

ANALISIS FARMASI dan BIOMEDIS



Penulis:

Yanulia Handayani

Kadar Ismah

I Wayan Karta

Carla Wulandari Sabandar

Wa Ode Sitti Musnina

Rokhana

Eny Hastuti

ANALISIS FARMASI DAN BIOMEDIS

**Yanulia Handayani
Kadar Ismah
I Wayan Karta
Carla Wulandari Sabandar
Wa Ode Sitti Musnina
Rokhana
Eny Hastuti**

**Editor:
Eri Manuri**



PT. Mustika Sri Rosad

ANALISIS FARMASI DAN BIOMEDIS

Penulis:

1. Yanulia Handayani
2. Kadar Ismah
3. I Wayan Karta
4. Carla Wulandari Sabandar
5. Wa Ode Sitti Musnina
6. Rokhana
7. Eny Hastuti

Editor: Eri Manuri

Layout: Tim PT. Mustika Sri Rosadi

Desain Sampul: Eri Manuri

ISBN: 978-634-7535-41-2 (PDF)

Cetakan Pertama: 10 Januari 2026

Hak Cipta 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Diterbitkan oleh Penerbit PT Mustika Sri Rosadi

Alamat Penerbit: Citra Indah City, Bukit Heliconia AG
23/32, Kecamatan Jonggol, Kab. Bogor.

Email: mars.mustikasrirosadi@gmail.com

KATA PEGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga **Buku Ajar Analisis Farmasi dan Biomedis** ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Buku ajar ini disusun sebagai bahan pembelajaran untuk mendukung proses pendidikan di bidang farmasi, khususnya dalam memahami berbagai metode analisis yang digunakan dalam pengujian sediaan farmasi dan aplikasi biomedis. Analisis farmasi dan biomedis merupakan bidang yang sangat penting dalam menjamin mutu, keamanan, dan efektivitas obat serta produk kesehatan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut tenaga kefarmasian untuk memiliki pemahaman yang kuat terhadap prinsip analisis kimia, fisika, dan mikrobiologi, serta mampu menerapkannya secara tepat dan bertanggung jawab. Oleh karena itu, buku ajar ini disusun secara sistematis dan terintegrasi untuk membantu mahasiswa memahami konsep dasar hingga aplikasi lanjutan metode analisis.

Materi dalam buku ini mencakup prinsip dasar analisis kimia dalam farmasi, teknik spektroskopi, kromatografi, metode analisis elektrokimia, validasi dan verifikasi metode analisis, analisis farmasi berbasis mikrobiologi, serta pentingnya kolaborasi multidisiplin dalam pengembangan metode analisis. Setiap bab dilengkapi

dengan latihan soal yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman, kemampuan analisis, dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi mahasiswa, dosen, dan praktisi di bidang farmasi dan biomedis.

Bogor, 10 Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB 1. PRINSIP DASAR ANALISIS KIMIA DALAM FARMASI - Yanulia Handayani	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Analisis Volumetri (Titrasi)	2
C. Analisis Gravimetri	7
D. Metode Spektrofotometri.....	11
E. Perbandingan Metode Analisis dan Aplikasi Praktis	14
F. Latihan Soal	16
BAB 2. TEKNIK SPEKTROSKOPI DALAM ANALISIS OBAT - Kadar Ismah	19
A. Pendahuluan.....	19
B. Spektroskopi dalam Farmasi.....	20
C. Spektroskopi UV-Vis (Ultraviolet-Visible).....	21
D. Spektroskopi Inframerah (Infrared/IR)	23
E. Spektroskopi Resonansi Magnet Inti (Nuclear Magnetic Resonance/NMR)	24
F. Perbandingan Teknik Spektroskopi dalam Analisis Obat	25
G. Latihan Soal	28

BAB 3. Kromatografi: Jenis dan Aplikasinya dalam Farmasi - I Wayan Karta	31
A. Pendahuluan.....	31
B. Konsep dan Prinsip Dasar Kromatografi	33
C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemisahan Kromatografi.....	35
D. Jenis-jenis kromatografi dalam analisis farmasi	42
E. Contoh soal	54
F. Latihan Soal	56
BAB 4. METODE ANALISIS ELEKTROKIMIA DALAM FARMASI - Carla Wulandari Sabandar	61
A. Pendahuluan.....	61
B. Dasar Elektrokimia	63
C. Elektroda	64
D. Metode Analisis Elektrokimia.....	66
E. Latihan Soal	80
BAB 5. VALIDASI DAN VERIFIKASI METODE ANALISIS – Wa Ode Sitti Musnina	83
A. Pendahuluan.....	83
B. Pengantar Validasi dan Verifikasi Metode Analisis	84
C. Validasi Metode Analisis	90
D. Parameter Validasi Metode Analisis	95
E. Verifikasi Metode Analisis.....	99
F. Perbandingan Validasi dan Verifikasi Metode	102

G. Latihan Soal	105
BAB 6. ANALISIS FARMASI BERBASIS MIKROBIOLOGI	
- Rokhana	111
A. Pendahuluan.....	111
B. Uji Sterilitas Sediaan Steril.....	112
C. Uji Efektivitas Pengawet	116
D. Pengujian Antibiotik.....	121
E. Uji Cemaran Mikroba	129
F. Latihan Soal	133
BAB 7. KOLABORASI MULTIDISIPLIN DALAM	
PENGEMBANGAN METODE ANALISIS - Eny Hastuti	
.....	137
A. Pendahuluan.....	137
B. Konsep Kolaborasi Multidisiplin	140
C. Peran Masing-Masing Disiplin Ilmu.....	145
D. Contoh Implementasi Kolaborasi	163
E. Dampak Kolaborasi Multidisiplin	170
F. Tantangan dan Strategi.....	180
G. Latihan Soal.....	182
DAFTAR PUSTAKA	188
BIOGRAFI PENULIS	208
KUNCI JAWABAN	217
SINOPSIS	218

DAFTAR TABEL

Gambar 3. 1. Proses KLT (a) penotolan sampel pada plat KLT, (b) Pemisahan dengan fase gerak jenuh pada chamber, (c) pengukuran R _f (contoh R _f senyawa a = a/d)	47
Gambar 3. 2. Instrumentasi HPLC	49
Gambar 3. 3. Instrumentasi Kromatografi Gas	52
 Gambar 4. 1. Ilustrasi (a) sel Galvani dan (b) sel elektrolisis	64
Gambar 4. 2. Penjabaran metode elektrokimia	66
Gambar 4. 3. Penjabaran metode voltametri	69
Gambar 4. 4. Ilustrasi (a) analisis elektrokimia dengan metode CV (dibuat dalam BioRender.com), (b) Sel elektrokimia untuk percobaan CV (modifikasi dari Elgrishi et al., 2017), (c) voltamogram CV (modifikasi dari Elgrishi et al., 2017)	77
Gambar 4. 5. (a) Voltamogram CV paclitaxel dalam dapar asetat 5.0 mol/L (pH 4.0) (Modifikasi dari Lang et al., 2022), (b) mekanisme elektrokimia paclitaxel	78
 Gambar 6. 1. Uji potensi antibiotik metode lempeng silinder	124
Gambar 6. 2. Uji sensitivitas antibiotik metode difusi Kirby-Bauer	126
Gambar 6. 3. Uji sensitivitas antibiotik metode difusi Kirby-Bauer	128
Gambar 6. 4. Skema prosedur pengujian	133

DAFTAR GAMBAR

Tabel 1. 1. Perbandingan Metode Analisis dan Aplikasi Praktis.....	15
Tabel 2. 1. Perbandingan Karakteristik Teknik Spektroskopi	26
Tabel 3. 1. Jenis Fase Diam dan Pemanfaatannya dalam Kromatografi Farmasi	36
Tabel 3. 2. Contoh Komposisi dan Sifat Fase Gerak dengan Obat Spesifik dalam Analisis Farmasi.....	38
Tabel 3. 3. Jenis Kromatografi dalam analisis farmasi....	43
Tabel 4. 1. Beberapa obat-obat yang dianalisis dengan metode potensiometri.....	67
Tabel 4. 2. Gugus fungsi organik yang elektroaktif.....	70
Tabel 4. 3. Elektroda logam pada voltametri stripping .	73
Tabel 5. 1. Perbandingan Karakteristik Validasi dan Verifikasi Metode	103
Tabel 6. 1. Jumlah wadah dalam tiap betas	114
Tabel 6. 2. Jumlah zat uji	114
Tabel 6. 3. Kategori Sediaan	118
Tabel 6. 4. Kriteria Untuk Mikroba Uji.....	120

BAB 1. PRINSIP DASAR ANALISIS KIMIA DALAM FARMASI

A. Pendahuluan

1. Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran pada bab Prinsip Dasar Analisis Kimia dalam Farmasi ini adalah untuk memberikan pemahaman konseptual dan aplikatif kepada mahasiswa mengenai prinsip-prinsip dasar analisis kimia yang digunakan dalam bidang farmasi. Melalui pembelajaran ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami konsep analisis volumetri (titrasi), gravimetri, dan spektrofotometri serta penerapannya dalam penetapan kadar dan pengendalian mutu sediaan farmasi secara tepat dan sistematis.

2. Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran pada topik ini, diharapkan mahasiswa mampu:

- a. Menjelaskan pengertian, ruang lingkup, dan peran analisis kimia dalam bidang farmasi.
- b. Memahami prinsip dasar analisis volumetri (titrasi) beserta jenis-jenisnya yang digunakan dalam analisis farmasi.
- c. Menguraikan tahapan pelaksanaan titrasi serta fungsi indikator dalam penentuan titik akhir titrasi.

- d. Menjelaskan konsep dasar analisis gravimetri dan mekanisme pembentukan endapan dalam penetapan kadar zat.
- e. Menganalisis kelebihan dan keterbatasan metode gravimetri dalam aplikasi farmasi.
- f. Menjelaskan prinsip kerja metode spektrofotometri berdasarkan interaksi cahaya dengan zat kimia.
- g. Menerapkan hukum Lambert–Beer dalam penentuan kadar senyawa secara spektrofotometri.
- h. Membandingkan karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan metode titrasi, gravimetri, dan spektrofotometri.
- i. Menentukan metode analisis yang sesuai untuk berbagai kebutuhan analisis dalam bidang farmasi.
- j. Menunjukkan sikap teliti, sistematis, dan bertanggung jawab dalam memahami proses analisis kimia untuk menjamin mutu produk farmasi.

B. Analisis Volumetri (Titrasi)

1. Definisi dan Konsep Dasar

Analisis volumetri atau titrasi merupakan salah satu metode analisis kuantitatif yang digunakan untuk menentukan **konsentrasi suatu zat**

terlarut dengan cara mereaksikannya dengan larutan lain yang konsentrasinya telah diketahui secara tepat. Larutan yang digunakan sebagai pereaksi disebut **larutan baku (titrant)**, sedangkan larutan yang dianalisis disebut **analit**.

Prinsip utama titrasi didasarkan pada **reaksi kimia yang berlangsung secara stoikiometrik dan sempurna** antara analit dan titran. Proses titrasi dilakukan hingga tercapai kondisi di mana jumlah titran yang ditambahkan secara tepat bereaksi dengan seluruh analit. Kondisi ini dikenal sebagai **titik ekuivalen**, yang secara praktis diamati sebagai **titik akhir titrasi**. Penentuan titik akhir dapat dilakukan menggunakan indikator kimia yang menunjukkan perubahan warna, pengukuran perubahan pH, atau dengan bantuan alat instrumentasi tertentu seperti potensiometer.

Dalam bidang farmasi, metode titrasi banyak digunakan untuk penetapan kadar zat aktif, bahan tambahan, serta pengujian kemurnian bahan baku obat karena prosedurnya relatif sederhana, presisi tinggi, dan dapat diterapkan secara luas.

2. Jenis-Jenis Titrasi

Berdasarkan jenis reaksi kimia yang terjadi, metode titrasi yang digunakan dalam analisis farmasi dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. **Titration Asam-Basa**

Titration asam-basa merupakan metode yang memanfaatkan reaksi netralisasi antara asam dan basa. Dalam proses ini, ion hidrogen (H^+) bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-) membentuk air. Penentuan titik akhir titration biasanya menggunakan indikator asam-basa yang mengalami perubahan warna pada rentang pH tertentu.

Metode ini banyak digunakan untuk menentukan kadar senyawa asam atau basa dalam sediaan farmasi, baik yang bersifat kuat maupun lemah, dengan pemilihan indikator yang sesuai.

b. **Titration Redoks (Oksidasi-Reduksi)**

Titration redoks didasarkan pada reaksi transfer elektron antara zat yang dianalisis dengan larutan penitrasi. Pada reaksi ini, salah satu zat mengalami oksidasi sementara zat lainnya mengalami reduksi. Titran yang umum digunakan antara lain kalium permanganat, iodine, atau natrium tiosulfat.

Dalam analisis farmasi, titration redoks sering dimanfaatkan untuk penetapan kadar zat yang mudah mengalami perubahan bilangan oksidasi, seperti vitamin, senyawa antioksidan, dan beberapa bahan aktif obat tertentu.

c. **Titration Kompleksometri**

Titration kompleksometri merupakan metode titration yang melibatkan pembentukan kompleks stabil antara ion logam dengan senyawa pengompleks. Salah satu agen pengompleks yang paling sering digunakan adalah **EDTA (asam etilendiamintetraasetat)**, yang mampu membentuk kompleks dengan berbagai ion logam.

Metode ini banyak digunakan dalam analisis farmasi untuk menentukan kandungan ion logam, baik sebagai zat aktif maupun sebagai pengotor, seperti kalsium, magnesium, atau logam berat yang harus dikontrol kadarnya.

d. **Titration Pengendapan**

Titration pengendapan didasarkan pada reaksi antara analit dan titran yang menghasilkan senyawa padat tidak larut. Pembentukan endapan ini menjadi dasar perhitungan kadar zat dalam sampel. Salah satu contoh titration pengendapan yang umum adalah titration ion klorida menggunakan larutan perak nitrat.

Metode ini sering digunakan dalam pengujian farmasi untuk analisis ion anorganik

tertentu yang membentuk endapan dengan reagen spesifik.

3. **Langkah-Langkah Umum Pelaksanaan Titrasi**

Secara umum, prosedur titrasi dalam analisis farmasi melibatkan tahapan sebagai berikut:

a. **Persiapan Larutan Baku**

Menyiapkan larutan titran dengan konsentrasi yang telah ditetapkan atau distandarisasi menggunakan zat baku primer.

b. **Penyiapan Sampel**

Sampel dilarutkan atau diperlakukan terlebih dahulu agar berada dalam bentuk larutan yang sesuai untuk dititrasi.

c. **Proses Penitrasi**

Larutan titran ditambahkan secara bertahap ke dalam larutan sampel sambil dilakukan pengadukan hingga mendekati titik akhir.

d. **Penentuan Titik Akhir**

Titik akhir titrasi ditentukan melalui perubahan warna indikator, perubahan nilai pH, atau sinyal instrumentasi lainnya.

e. **Perhitungan Kadar Analit**

f. Volume titran yang digunakan dicatat dan digunakan untuk menghitung konsentrasi atau kadar analit berdasarkan persamaan reaksi dan prinsip stoikiometri.

4. **Keunggulan dan Keterbatasan Metode Titrasi**

a. **Keunggulan metode titrasi:**

- 1) Prosedur relatif sederhana dan mudah dilakukan
- 2) Ketelitian dan presisi yang baik
- 3) Tidak memerlukan peralatan instrumen yang kompleks

b. **Keterbatasan metode titrasi:**

- 1) Memerlukan reaksi yang berlangsung cepat dan sempurna
- 2) Ketepatan hasil sangat bergantung pada pemilihan indikator
- 3) Kurang sesuai untuk analit dengan konsentrasi sangat rendah.

C. Analisis Gravimetri

1. Prinsip Dasar Analisis Gravimetri

Analisis gravimetri merupakan salah satu metode analisis kuantitatif yang menentukan jumlah suatu zat berdasarkan pengukuran massa senyawa hasil reaksi kimia tertentu. Dalam metode ini, komponen yang dianalisis diubah menjadi bentuk senyawa padat yang stabil, murni, dan memiliki komposisi yang diketahui, sehingga dapat ditimbang secara akurat.

Ketelitian metode gravimetri sangat bergantung pada ketepatan proses pemisahan,

pengeringan, dan penimbangan, sehingga setiap tahapan harus dilakukan secara sistematis. Karena pengukuran massa relatif tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan tekanan, metode ini dikenal memiliki akurasi tinggi dan sering dijadikan metode pembandingan (reference method) dalam analisis kimia, termasuk di bidang farmasi.

Dalam praktik farmasi, analisis gravimetri digunakan untuk penetapan kadar zat tertentu, terutama untuk senyawa anorganik atau ion yang dapat membentuk endapan dengan sifat fisika dan kimia yang sesuai.

2. Mekanisme Umum Analisis Gravimetri

Pelaksanaan analisis gravimetri umumnya melalui beberapa tahapan utama sebagai berikut:

a. Pembentukan Endapan

Analit direaksikan dengan reagen yang sesuai sehingga terbentuk senyawa padat yang sukar larut dan memiliki komposisi kimia yang tetap. Proses ini harus dikondisikan agar endapan terbentuk secara sempurna dan homogen.

b. Pematangan Endapan (Digestion)

Endapan yang terbentuk sering kali didiamkan atau dipanaskan ringan untuk meningkatkan ukuran partikel dan mengurangi pengotor

yang terperangkap, sehingga mempermudah proses penyaringan.

c. Penyaringan dan Pencucian

Endapan dipisahkan dari larutan induknya menggunakan kertas saring atau media penyaring lain, kemudian dicuci dengan larutan tertentu untuk menghilangkan sisa ion atau zat pengganggu.

d. Pengeringan atau Pemijaran

Endapan yang telah bersih dikeringkan dalam oven atau dipijarkan pada suhu tertentu hingga mencapai berat konstan, yang menandakan bahwa air atau zat volatil telah hilang sepenuhnya.

e. Penimbangan dan Perhitungan

Padatan hasil akhir ditimbang dengan neraca analitik, kemudian massa tersebut digunakan untuk menghitung kadar analit dalam sampel berdasarkan hubungan stoikiometri reaksi yang terjadi.

3. Jenis-Jenis Analisis Gravimetri

Berdasarkan cara penentuan massanya, analisis gravimetri dapat dibedakan menjadi:

a. Gravimetri Pengendapan

Metode yang paling umum, di mana analit diubah menjadi endapan tidak larut dan ditimbang dalam bentuk senyawa tertentu.

- b. Gravimetri Penguapan (Volatilisasi)
Penentuan analit dilakukan berdasarkan kehilangan massa akibat penguapan zat volatil atau hasil reaksi tertentu.
 - c. Gravimetri Elektrolitik
Analit diendapkan pada elektroda melalui proses elektrolisis, kemudian massa endapan pada elektroda ditentukan.
4. Keunggulan dan Keterbatasan Analisis Gravimetri
- a. Keunggulan metode gravimetri:
 - 1) Memberikan hasil dengan tingkat ketelitian dan akurasi yang sangat tinggi
 - 2) Tidak memerlukan instrumen analitik yang kompleks
 - 3) Cocok sebagai metode rujukan atau validasi hasil metode lain
 - b. Keterbatasan metode gravimetri:
 - 1) Proses analisis relatif lama dan membutuhkan ketelitian tinggi
 - 2) Kurang efektif untuk analit dengan kadar sangat kecil
 - 3) Rentan terhadap kesalahan jika endapan tidak murni atau tidak dikeringkan sempurna
5. Aplikasi Analisis Gravimetri dalam Farmasi
- Dalam bidang farmasi, analisis gravimetri digunakan antara lain untuk:

- 1) Penetapan kadar ion anorganik dalam bahan baku obat
- 2) Penentuan kandungan residu atau pengotor tertentu
- 3) Pengujian kesesuaian mutu bahan farmasi berdasarkan farmakope

D. Metode Spektrofotometri

1. Konsep Dasar Spektrofotometri

Spektrofotometri merupakan metode analisis instrumental yang memanfaatkan hubungan antara radiasi elektromagnetik dan zat kimia. Pada metode ini, berkas cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan melalui sampel, kemudian jumlah cahaya yang diserap oleh zat dalam sampel diukur secara kuantitatif.

Setiap senyawa kimia memiliki karakteristik penyerapan cahaya yang khas pada panjang gelombang tertentu. Oleh karena itu, spektrofotometri tidak hanya digunakan untuk penetapan kadar, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk identifikasi senyawa berdasarkan spektrum serapannya. Hubungan antara jumlah cahaya yang diserap dan konsentrasi zat inilah yang menjadi dasar penentuan kadar analit dalam larutan.

Dalam analisis farmasi, metode spektrofotometri banyak dipilih karena prosedurnya relatif sederhana, waktu analisis singkat, serta mampu memberikan hasil yang presisi pada rentang konsentrasi tertentu.

2. Hukum Lambert–Beer

Dasar teoritis utama dalam spektrofotometri adalah hukum Lambert–Beer, yang menyatakan bahwa besarnya cahaya yang diserap oleh suatu larutan sebanding dengan konsentrasi zat terlarut dan panjang lintasan cahaya yang dilewati oleh berkas cahaya.

Secara matematis hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \epsilon \times c \times l$$

di mana:

A = absorbansi

ϵ = koefisien serapan molar

c = konsentrasi larutan

l = panjang lintasan cahaya

Persamaan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi analit dalam larutan akan diikuti oleh peningkatan nilai absorbansi,

selama sistem memenuhi syarat hukum Lambert–Beer, seperti penggunaan cahaya monokromatik dan larutan yang jernih.

3. Instrumen dan Komponen Utama Spektrofotometer

Sebuah spektrofotometer umumnya terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu:

- a. Sumber cahaya, yang menghasilkan radiasi elektromagnetik pada daerah ultraviolet atau tampak
- b. Monokromator, berfungsi memilih panjang gelombang tertentu
- c. Kuvet, tempat larutan sampel yang dianalisis
- d. Detektor, yang mengukur intensitas cahaya setelah melewati sampel
- e. Sistem pembaca (readout), yang menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk absorbansi atau transmitansi

4. Aplikasi Spektrofotometri dalam Bidang Farmasi
Spektrofotometri, khususnya UV-Vis, широко digunakan dalam analisis farmasi untuk berbagai keperluan, antara lain:

- a. Penetapan kadar zat aktif dalam bahan baku obat dan sediaan farmasi
- b. Pengujian keseragaman kandungan dalam tablet atau kapsul
- c. Pengawasan mutu selama proses produksi

- d. Studi stabilitas senyawa farmasi
- 5. Keunggulan dan Keterbatasan Metode Spektrofotometri
 - a. Keunggulan spektrofotometri:
 - 1) Sensitivitas tinggi dan mampu mendeteksi analit dalam konsentrasi rendah
 - 2) Waktu analisis relatif singkat
 - 3) Dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif
 - b. Keterbatasan spektrofotometri:
 - 1) Memerlukan instrumen khusus dan biaya perawatan alat
 - 2) Tidak semua senyawa memiliki kemampuan menyerap cahaya
 - 3) Rentan terhadap gangguan matriks sampel

E. Perbandingan Metode Analisis dan Aplikasi Praktis

Pemilihan metode analisis kimia dalam farmasi harus mempertimbangkan sifat analit, tujuan analisis, dan sumber daya yang tersedia. Perbandingan singkat antara metode titrasi, gravimetri, dan spektrofotometri disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1. 1. Perbandingan Metode Analisis dan Aplikasi Praktis

Metode Analisis	Prinsip Dasar	Keunggulan	Keterbatasan
Titrasi (Volumetri)	Pengukuran volume larutan standar yang bereaksi secara stoikiometrik	Prosedur sederhana, cepat, dan cukup akurat	Ketelitian sangat dipengaruhi pemilihan indikator
Gravimetri	Penentuan kadar berdasarkan massa senyawa hasil reaksi	Akurasi sangat tinggi dan tidak memerlukan alat kompleks	Proses analisis memerlukan waktu lama
Spektrofotometri	Pengukuran penyerapan cahaya oleh analit	Sensitif, cepat, dan cocok untuk konsentrasi rendah	Membutuhkan instrumen spektrofotometer

F. Latihan Soal

1. Tujuan utama analisis kimia dalam bidang farmasi adalah ...
 - A. Menentukan struktur molekul obat secara teoritis
 - B. Mengidentifikasi reaksi kimia baru
 - C. Menjamin mutu, keamanan, dan kadar zat aktif obat
 - D. Menentukan stabilitas fisik kemasan obat
 - E. Mempelajari interaksi obat dengan reseptor
2. Prinsip dasar metode titrasi didasarkan pada ...
 - A. Pembentukan endapan tidak larut
 - B. Pengukuran intensitas cahaya
 - C. Pengukuran massa senyawa hasil reaksi
 - D. Reaksi stoikiometrik antara analit dan larutan standar
 - E. Perubahan suhu selama reaksi
3. Perubahan warna indikator dalam titrasi menunjukkan ...
 - A. Titik awal reaksi
 - B. Titik kesetimbangan reaksi
 - C. Titik akhir titrasi
 - D. Titik maksimum absorbansi
 - E. Titik minimum konsentrasi
4. Metode titrasi yang banyak digunakan untuk penetapan ion logam dalam farmasi adalah ...
 - A. Titrasi asam–basa

- B. Titrasi redoks
 - C. Titrasi kompleksometri
 - D. Titrasi pengendapan
 - E. Titrasi non-aqueous
5. Analisis gravimetri menentukan kadar zat berdasarkan ...
- A. Volume larutan yang bereaksi
 - B. Perubahan pH larutan
 - C. Intensitas warna larutan
 - D. Massa endapan atau residu yang terbentuk
 - E. Panjang gelombang maksimum
6. Tahap akhir penting dalam analisis gravimetri sebelum penimbangan adalah ...
- A. Penambahan indicator
 - B. Pengenceran larutan
 - C. Pengadukan kontinu
 - D. Pengeringan atau pemijaran endapan
 - E. Pengukuran absorbansi
7. Salah satu kelebihan utama metode gravimetri dibanding metode lainnya adalah ...
- A. Lebih cepat dilakukan
 - B. Tidak memerlukan perhitungan stoikiometri
 - C. Akurasi dan ketelitian yang tinggi
 - D. Dapat digunakan untuk semua jenis analit
 - E. Tidak memerlukan penimbangan

8. Prinsip dasar spektrofotometri UV-Vis berkaitan dengan ...
 - A. Pemantulan cahaya oleh larutan
 - B. Penyerapan cahaya oleh molekul analit
 - C. Hamburan cahaya oleh partikel padat
 - D. Perubahan warna indicator
 - E. Reaksi pengendapan
9. Menurut hukum Lambert–Beer, absorbansi larutan berbanding lurus dengan ...
 - A. Panjang gelombang dan suhu
 - B. Waktu pengukuran dan pH
 - C. Konsentrasi dan panjang lintasan cahaya
 - D. Volume larutan dan tekanan
 - E. Massa molekul dan viskositas
10. Metode spektrofotometri banyak digunakan dalam analisis farmasi karena ...
 - A. Tidak memerlukan larutan standar
 - B. Dapat mengukur semua senyawa tanpa pengecualian
 - C. Bersifat destruktif terhadap sampel
 - D. Sensitif dan cocok untuk konsentrasi rendah
 - E. Tidak memerlukan perhitungan matematis

BAB 2. TEKNIK SPEKTROSKOPI DALAM ANALISIS OBAT

A. Pendahuluan

1. Tujuan Pembelajaran

- a. Menjelaskan prinsip dasar spektroskopi UV-Vis, IR, dan NMR dalam konteks analisis farmasi.
- b. Mengidentifikasi komponen spektrum yang relevan untuk penentuan struktur molekul obat.
- c. Menerapkan teknik spektroskopi untuk menentukan konsentrasi zat aktif dalam sampel obat.
- d. Menilai kelebihan, keterbatasan, serta aplikasi praktis setiap teknik spektroskopi dalam penentuan struktur dan kuantifikasi obat.
- e. Menginterpretasikan data spektral untuk pengendalian mutu dan identifikasi obat dalam formulasi farmasi.

2. Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran pada bab ini, diharapkan mahasiswa mampu:

- a. Memformulasikan prinsip elektromagnetik yang menjadi dasar spektroskopi dalam analisis obat.
- b. Menjelaskan setiap jenis transisi energi yang terjadi pada UV-Vis, IR, dan NMR.

- c. Menghubungkan fitur spektral dengan struktur molekul seperti gugus fungsi (IR) dan lingkungan atom (NMR).
- d. Menggunakan spektroskopi untuk analisis kuantitatif dosis obat melalui hukum Beer-Lambert (UV-Vis).
- e. Mengevaluasi hasil spektroskopi secara kritis untuk aplikasi riset, QC/QA, dan pengembangan farmasi.

B. Spektroskopi dalam Farmasi

Spektroskopi merupakan pendekatan analitis yang memanfaatkan respons suatu zat terhadap paparan radiasi elektromagnetik untuk memperoleh informasi kimia yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Interaksi antara energi radiasi dan molekul menyebabkan perubahan tingkat energi tertentu, seperti transisi elektronik, vibrasi ikatan, atau resonansi inti atom yang kemudian direkam dalam bentuk pola spektrum khas. Pola ini berfungsi sebagai dasar untuk mengenali identitas senyawa, menelusuri susunan struktur molekul, serta menentukan kadar komponen kimia dalam suatu sistem farmasi.

Dalam bidang farmasi dan biomedis, teknik spektroskopi memiliki peran strategis karena mampu memberikan data analisis secara cepat, presisi, dan non-destruktif. Metode ini digunakan secara luas pada berbagai tahapan siklus hidup obat, mulai dari penemuan dan pengembangan bahan aktif, verifikasi struktur hasil sintesis, hingga pengujian mutu sediaan farmasi. Selain itu, spektroskopi juga dimanfaatkan

untuk memantau stabilitas obat, mendeteksi degradasi kimia, serta mengevaluasi interaksi antara zat aktif dan eksipien dalam formulasi.

Dengan kemajuan teknologi instrumen, spektroskopi kini menjadi komponen penting dalam pengendalian kualitas (quality control) dan jaminan mutu (quality assurance) di industri farmasi. Kombinasi teknik seperti UV-Vis, inframerah, dan resonansi magnet inti memungkinkan analisis obat dilakukan secara komprehensif, sehingga mendukung keamanan, efektivitas, dan konsistensi produk farmasi yang beredar di masyarakat.

C. Spektroskopi UV-Vis (Ultraviolet-Visible)

1. Prinsip Dasar

Spektroskopi UV-Vis merupakan metode analisis yang bekerja berdasarkan kemampuan suatu molekul untuk menyerap radiasi ultraviolet dan cahaya tampak, sehingga terjadi perpindahan elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Proses ini umumnya melibatkan elektron pada ikatan rangkap atau sistem terkonjugasi dalam struktur molekul obat. Intensitas cahaya yang diserap dinyatakan sebagai absorbansi, yang nilainya berkaitan langsung dengan jumlah zat terlarut dalam sampel.

Hubungan antara absorbansi, konsentrasi, dan panjang lintasan cahaya dijelaskan melalui hukum Beer-Lambert, yang menyatakan bahwa absorbansi meningkat secara linear seiring

dengan kenaikan konsentrasi senyawa dan jarak yang ditempuh cahaya dalam medium. Prinsip ini menjadikan spektroskopi UV–Vis sangat sesuai untuk analisis kuantitatif dalam sistem farmasi yang relatif sederhana.

2. Aplikasi dalam Analisis Obat

Dalam praktik farmasi, spektroskopi UV–Vis banyak digunakan untuk:

- a. Menentukan kadar zat aktif farmasi (Active Pharmaceutical Ingredient/API) baik pada bahan baku maupun sediaan jadi.
- b. Menilai tingkat kemurnian senyawa obat, serta mendeteksi keberadaan komponen lain yang memiliki karakteristik spektrum berbeda.
- c. Berperan sebagai sistem deteksi pada teknik kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), khususnya untuk analisis campuran obat dan penetapan kadar komponen dalam formulasi multikomponen.

3. Kelebihan dan Keterbatasan

Keunggulan utama metode UV–Vis terletak pada kecepatan analisis, kemudahan operasional, dan biaya instrumen yang relatif terjangkau, sehingga sangat sesuai untuk pengujian rutin di laboratorium farmasi. Namun, keterbatasannya muncul pada analisis sampel dengan komposisi kompleks, karena spektrum serapan yang tumpang tindih dapat menurunkan selektivitas jika tidak didahului oleh proses pemisahan.

D. Spektroskopi Inframerah (Infrared/IR)

1. Prinsip Dasar

Spektroskopi inframerah didasarkan pada interaksi antara radiasi inframerah dan ikatan kimia dalam molekul, yang menyebabkan terjadinya gerakan vibrasi seperti regangan dan tekukan. Setiap jenis ikatan dan gugus fungsi menyerap energi inframerah pada rentang bilangan gelombang tertentu, sehingga menghasilkan pola spektrum unik yang dapat digunakan sebagai identitas molekul.

Karakteristik ini menjadikan spektroskopi IR sebagai teknik yang sangat efektif untuk analisis kualitatif, khususnya dalam mengenali keberadaan gugus fungsi utama dalam struktur senyawa obat.

2. Aplikasi dalam Analisis Obat

Penerapan spektroskopi IR dalam bidang farmasi meliputi:

- a. Identifikasi gugus fungsi spesifik yang menyusun molekul obat, seperti karbonil, hidroksil, dan amina.
- b. Verifikasi kesesuaian struktur kimia hasil sintesis dengan struktur teoritis serta evaluasi bentuk polimorfik bahan aktif.
- c. Deteksi perubahan struktur kimia yang disebabkan oleh degradasi, oksidasi, atau interaksi antara API dan eksipien dalam sediaan farmasi.

3. Kelebihan dan Keterbatasan

Spektroskopi IR memiliki keunggulan berupa kemampuan menghasilkan “sidik jari” molekul yang sangat spesifik. Penggunaan teknik FT-IR (Fourier Transform Infrared) semakin meningkatkan efisiensi pengukuran serta kualitas resolusi spektrum. Meski demikian, interpretasi spektrum IR dapat menjadi rumit, terutama untuk senyawa kompleks, sehingga sering memerlukan basis data spektrum referensi sebagai pembanding.

E. Spektroskopi Resonansi Magnet Inti (Nuclear Magnetic Resonance/NMR)

1. Prinsip Dasar

Spektroskopi NMR merupakan metode analisis lanjutan yang memanfaatkan sifat spin inti atom tertentu, terutama hidrogen (^1H) dan karbon (^{13}C), ketika ditempatkan dalam medan magnet yang sangat kuat. Paparan gelombang radio menyebabkan inti atom beresonansi pada frekuensi tertentu, menghasilkan sinyal yang dipengaruhi oleh lingkungan kimia di sekitarnya. Perbedaan lingkungan ini direpresentasikan dalam bentuk pergeseran kimia (chemical shift) yang khas.

Melalui analisis sinyal tersebut, NMR mampu memberikan informasi rinci mengenai susunan atom, jenis ikatan, serta konfigurasi molekul, menjadikannya teknik utama dalam penentuan struktur senyawa obat.

2. Aplikasi dalam Analisis Obat

Dalam analisis farmasi, NMR digunakan untuk:

- a. Elusidasi struktur molekul kompleks, termasuk penentuan stereokimia dan konformasi tiga dimensi.
- b. Identifikasi serta karakterisasi impuritas struktural yang tidak dapat dibedakan dengan metode spektroskopi lainnya.
- c. Penetapan kadar zat aktif menggunakan quantitative NMR (qNMR), yang memungkinkan analisis kuantitatif tanpa memerlukan standar pembanding eksternal.

3. Kelebihan dan Keterbatasan

Kekuatan utama NMR terletak pada kemampuannya memberikan informasi struktur yang sangat komprehensif secara non-destruktif. Selain itu, teknik ini juga dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dengan tingkat akurasi tinggi. Namun demikian, penggunaan NMR dibatasi oleh biaya instrumen yang tinggi serta kebutuhan akan keterampilan khusus dalam pengolahan dan interpretasi data spektral.

F. Perbandingan Teknik Spektroskopi dalam Analisis Obat

Berbagai metode spektroskopi memiliki karakteristik dan fungsi analitis yang berbeda, sehingga pemilihannya dalam analisis farmasi harus disesuaikan dengan tujuan pengujian, kompleksitas sampel, serta informasi yang dibutuhkan. Perbandingan antara spektroskopi UV-Vis,

inframerah, dan resonansi magnet inti disajikan pada Tabel berikut untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai peran masing-masing teknik.

Tabel 2. 1. Perbandingan Karakteristik Teknik Spektroskopi

Teknik Spektroskopi	Informasi Analitis yang Dihasilkan	Keunggulan Utama	Keterbatasan
UV-Vis	Hubungan antara intensitas serapan cahaya dengan kadar senyawa, khususnya untuk penetapan konsentrasi zat aktif	Prosedur analisis sederhana, waktu pengukuran singkat, biaya operasional relatif rendah, sesuai untuk analisis rutin dan kontrol mutu	Selektivitas terbatas pada sampel multikomponen; sering memerlukan pemisahan awal bila terjadi tumpang tindih spektrum
Inframerah (IR)	Informasi kualitatif mengenai keberadaan	Memberikan pola spektrum khas	Interpretasi spektrum dapat kompleks,

Teknik Spektroskopi	Informasi Analitis yang Dihasilkan	Keunggulan Utama	Keterbatasan
	n gugus fungsi dan karakteristik ikatan kimia dalam molekul	sebagai identitas molekul; efektif untuk verifikasi struktur dan evaluasi kemurnian	terutama pada senyawa dengan banyak gugus fungsi atau matriks campuran
NMR	Data rinci tentang lingkungan atom, konektivitas, serta konfigurasi dan stereokimia molekul	Mampu mengungkapkan struktur molekul secara menyeluruh dan non-destruktif; dapat digunakan untuk analisis kuantitatif presisi tinggi	Membutuhkan instrumen mahal, pemeliharaan khusus, serta keahlian tinggi dalam pengolahan dan interpretasi data

G. Latihan Soal

1. Parameter utama yang dianalisis dalam spektroskopi UV-Vis adalah....
 - A. Perubahan vibrasi ikatan
 - B. Intensitas absorbansi cahaya
 - C. Interaksi spin inti atom
 - D. Transmisi gelombang mikro
 - E. Massa molekul senyawa
2. Hubungan antara absorbansi dan konsentrasi dalam spektroskopi UV-Vis dijelaskan melalui hukum?
 - A. Fick
 - B. Beer-Lambert
 - C. Henderson
 - D. Arrhenius
 - E. Raoult
3. Teknik spektroskopi inframerah sangat bermanfaat untuk mengidentifikasi?
 - A. Jumlah atom dalam molekul
 - B. Jenis gugus fungsi
 - C. Suhu transisi senyawa
 - D. Jumlah isotop
 - E. Waktu retensi kromatografi
4. Spektroskopi NMR didasarkan pada interaksi antara
 - A. Elektron dan medan magnet
 - B. Inti atom dan medan magnet
 - C. Foton gamma dan molekul
 - D. Ion dan medan listrik
 - E. Proton dan gaya gravitasi

5. Teknik spektroskopi yang mampu memberikan informasi mengenai stereokimia molekul adalah....
 - A. UV-Vis
 - B. IR
 - C. NMR
 - D. GC
 - E. TLC
6. Pemanfaatan utama spektroskopi UV-Vis dalam analisis farmasi adalah untuk?
 - A. Identifikasi gugus fungsi
 - B. Penentuan nilai pH
 - C. Penetapan kadar zat aktif (API)
 - D. Penentuan struktur molekul secara menyeluruh
 - E. Analisis isotop
7. Spektroskopi inframerah menggunakan radiasi elektromagnetik pada daerah?
 - A. Ultraviolet
 - B. Gelombang radio
 - C. Inframerah
 - D. Sinar-X
 - E. Sinar gamma
8. Istilah yang digunakan untuk menyatakan posisi sinyal dalam spektrum NMR adalah...
 - A. Bilangan gelombang
 - B. Pergeseran kimia (chemical shift)
 - C. Absorbansi
 - D. Energi aktivasi
 - E. Puncak fluoresensi
9. Keunggulan utama spektroskopi NMR dibandingkan spektroskopi UV-Vis adalah....

- A. Biaya instrumen lebih murah
 - B. Kemampuan memberikan informasi struktur molekul lengkap
 - C. Waktu analisis lebih singkat
 - D. Tidak memerlukan medan magnet
 - E. Tidak membutuhkan detektor
10. Dalam pengendalian mutu farmasi, teknik spektroskopi digunakan terutama untuk
- A. Menentukan berat tablet
 - B. Menetapkan dosis terapi pasien
 - C. Memastikan identitas dan kemurnian obat
 - D. Mengolah data uji klinik
 - E. Menentukan harga produk farmasi