

## ANALISIS OBAT GOLONGAN ANTIBIOTIK DAN ANALGESIK DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI VISIBEL

Indah Kusuma Dewi<sup>1\*</sup>, Denis Smart Setiana<sup>2</sup>, Anisa Jauzaa' Hasanah<sup>3</sup>, Brilyan Dwi Kristianto<sup>4</sup>, Elvina Widyasari Amarylis<sup>5</sup>, Selvi Iswandari<sup>6</sup>, Intan Nova Kaesa<sup>7</sup>, Auliya Putri Azzahra<sup>8</sup>

Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>

\*Corresponding Author : kusumaadew213@students.unnes.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau secara kritis perkembangan dan penerapan metode spektrofotometri visibel dalam analisis obat golongan antibiotik dan analgesik, guna memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan metode yang selektif dan akurat. Penelitian ini menggunakan studi literature review terhadap 24 artikel nasional dan internasional terbaru yang relevan, dengan fokus pada jenis senyawa yang dianalisis, matriks sampel, prinsip pembentukan warna atau kompleks, serta parameter validasi seperti linearitas, presisi, akurasi, LOD, dan LOQ. Hasil telaah menunjukkan bahwa spektrofotometri visibel banyak digunakan untuk analisis analgesik-antipiretik (misalnya parasetamol, kafein, tramadol, dan kombinasi propyphenazone) serta antibiotik (golongan  $\beta$ -laktam, aminoglikosida, dan tetrasiklin). Pendekatan yang umum digunakan meliputi pembentukan kompleks berwarna dengan reagen seperti ninhidrin, 1,10-fenantrolin, bromokresol green, dan pereaksi diazotisasi, yang terbukti menghasilkan metode sensitif dan stabil dengan tingkat linearitas tinggi ( $r \geq 0,999$ ) serta recovery sesuai standar Farmakope Indonesia dan ICH Q2(R1). Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam pengembangan metode spektrofotometri visibel yang mampu secara simultan menganalisis antibiotik dan analgesik dalam satu sistem, khususnya pada matriks kompleks seperti kombinasi sediaan tablet. Kesimpulan penelitian ini bahwa pemanfaatan spektrofotometri, baik di daerah UV maupun tampak, telah menjadi metode yang dominan digunakan untuk penetapan kadar zat aktif dalam berbagai sediaan farmasi, terutama parasetamol dan kombinasi analgesik-antipiretik, disusul oleh beberapa studi terkait antibiotik seperti amoksisilin, gentamisin, tetrasiklin, kloramfenikol, serta aminoglikosida lain.

**Kata kunci** : analisis kadar obat, analgesik, antibiotik, kompleks berwarna, spektrofotometri visibel

### ABSTRACT

*This study aims to critically review the development and application of visible spectrophotometry methods in the analysis of antibiotics and analgesics, in order to provide a scientific basis for the development of selective and accurate methods. This study used a literature review of 24 relevant recent national and international articles, focusing on the types of compounds analyzed, sample matrices, principles of color or complex formation, and validation parameters such as linearity, precision, accuracy, LOD, and LOQ. Commonly used approaches include the formation of colored complexes with reagents such as ninhydrin, 1,10-phenanthroline, bromocresol green, and diazotization reagents, which have been proven to produce sensitive and stable methods with high linearity ( $r \geq 0.999$ ) and recovery in accordance with the Indonesian Pharmacopoeia and ICH Q2(R1) standards. However, there is still a research gap in the development of visible spectrophotometric methods capable of simultaneously analyzing antibiotics and analgesics in a single system, especially in complex matrices such as tablet formulations. This study concludes that the use of spectrophotometry, both in the UV and visible regions, has become the dominant method used for determining the content of active substances in various pharmaceutical preparations, especially paracetamol and analgesic-antipyretic combinations, followed by several studies related to antibiotics such as amoxicillin, gentamicin, tetracycline, chloramphenicol, and other aminoglycosides.*

**Keywords** : drug content analysis, analgesics, antibiotics, colored complexes, visible spectrophotometry

## PENDAHULUAN

Penggunaan obat di Indonesia terus meningkat seiring dengan berkembangnya berbagai bentuk dan sediaan farmasi, baik tablet, kapsul, sirup, maupun sediaan topikal seperti salep dan krim. Obat digunakan untuk diagnosis, pencegahan, dan pengobatan penyakit, dan digolongkan secara terapan ke dalam beberapa kelompok, antara lain analgetik, antipiretik, antibiotik, antihistamin, dan lain-lain (Sarmento et al., 2020; Grace Pricilia et al., 2015; Nofita & Dayanti, 2018). Peningkatan akses dan ketersediaan obat di apotek, rumah sakit, dan fasilitas pelayanan kesehatan masyarakat menuntut adanya pengawasan mutu yang ketat agar obat yang beredar memenuhi persyaratan keamanan, khasiat, dan mutu sesuai standar farmakope (RI, 2020). Secara regulasi, antibiotik digolongkan sebagai obat keras (Daftar G) yang ditandai dengan lingkaran merah dan huruf "K" pada kemasan. Antibiotik termasuk kelompok obat antiinfeksi/antimikroba yang digunakan untuk mengatasi infeksi bakteri, sehingga penggunaannya harus berdasarkan resep dokter dan diawasi secara ketat. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional dapat menimbulkan berbagai masalah, terutama munculnya resistensi bakteri, penurunan efektivitas terapi, dan peningkatan risiko efek samping. Oleh karena itu, pengendalian mutu terhadap sediaan antibiotik, termasuk penetapan kadar zat aktif di dalam sediaan, merupakan bagian yang sangat penting dalam menjamin keberhasilan terapi dan mencegah dampak negatif di masyarakat (RI, 2020).

Salah satu antibiotik yang banyak digunakan secara klinis adalah gentamisin sulfat, antibiotik spektrum luas yang termasuk golongan aminoglikosida. Gentamisin bekerja dengan cara menghambat sintesis protein bakteri melalui ikatan dengan subunit ribosom sehingga mengganggu proses translasi dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel bakteri (Nisfilayah & Sukmawati, 2021). Secara sifat fisikokimia, gentamisin sulfat mempunyai kelarutan yang baik dalam air dan tidak larut dalam pelarut organik seperti etanol, aseton, kloroform, eter, dan benzen (Nisfilayah & Sukmawati, 2021). Karakteristik ini mempengaruhi pemilihan metode dan pelarut yang digunakan dalam analisis kadar, terutama ketika gentamisin diformulasikan bersama basis salep yang umumnya bersifat lipofilik. Di negara tropis seperti Indonesia, beban penyakit infeksi masih relatif tinggi. Berbagai infeksi bakteri menyerang saluran pernapasan, saluran cerna, saluran kemih, hingga kulit dan jaringan lunak. Dalam hal ini, antibiotik digunakan dalam berbagai bentuk sediaan: oral (tablet, kapsul, sirup), parenteral (injeksi), maupun topikal (salep dan krim). Sediaan topikal banyak dipilih untuk menangani infeksi lokal pada kulit karena mampu memberikan konsentrasi obat yang tinggi di lokasi infeksi dengan efek sistemik yang lebih kecil. Namun, baik pada sediaan sistemik maupun topikal, mutu antibiotik sangat bergantung pada ketepatan kadar zat aktif di dalam sediaan. Kadar yang terlalu rendah dapat menyebabkan pengobatan tidak tuntas dan mendorong resistensi, sedangkan kadar yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan toksisitas lokal maupun sistemik (Gandjar & Gholib, 2013).

Dalam sistem pengawasan mutu obat, penetapan kadar zat aktif merupakan salah satu parameter utama yang harus dipenuhi. Analisis kadar dilakukan untuk memastikan bahwa kandungan zat aktif berada dalam rentang yang dipersyaratkan dan konsisten dengan yang tertera pada etiket maupun monografi resmi (Gandjar & Gholib, 2013; RI, 2020). Sebagai contoh, Farmakope Indonesia Edisi VI mensyaratkan bahwa kadar parasetamol dalam tablet tidak boleh kurang dari 90% dan tidak lebih dari 110% dari kadar yang tertera pada etiket (RI, 2020; Putra et al., 2023). Walaupun persyaratan kadar untuk masing-masing antibiotik dapat berbeda tergantung monografi, prinsip bahwa kadar obat harus berada dalam rentang tertentu tetap berlaku untuk seluruh golongan obat keras, termasuk antibiotik golongan G. Secara resmi, banyak monografi obat khususnya antibiotik merekomendasikan metode kromatografi seperti kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT/HPLC) atau kromatografi gas untuk penetapan kadar. United States Pharmacopeia, misalnya, mencantumkan metode kromatografi untuk penetapan

kadar gentamisin sulfat (Nisfilayah & Sukmawati, 2021). Metode kromatografi memiliki keunggulan selektivitas dan sensitivitas tinggi serta mampu memisahkan zat aktif dari pengotor dan komponen matriks lain. Namun, metode ini memerlukan instrumen yang mahal, bahan kimia bermutu tinggi, dan tenaga analis yang terampil. Kondisi ini menjadi kendala bagi laboratorium dengan fasilitas terbatas, seperti laboratorium pendidikan, rumah sakit daerah, atau industri farmasi skala kecil-menengah, sehingga diperlukan metode alternatif yang lebih sederhana, ekonomis, namun tetap andal (Gandjar & Gholib, 2013; RI, 2020).

Salah satu metode alternatif yang banyak digunakan dalam analisis farmasi adalah spektrofotometri UV-Vis. Metode ini memiliki prinsip kerja yang relatif sederhana, waktu analisis singkat, dan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan KCKT. Spektrofotometri UV-Vis dapat digunakan untuk menganalisis satu senyawa maupun campuran multikomponen, selama senyawa tersebut memiliki gugus kromofor yang menyerap radiasi pada daerah ultraviolet atau tampak, atau dapat diubah menjadi bentuk berwarna melalui reaksi derivatisasi (Gandjar & Gholib, 2013; Pratiwi et al., 2021). Hubungan antara konsentrasi dan absorbansi dijelaskan oleh Hukum Lambert–Beer, yang menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan pada panjang gelombang tertentu, sehingga hubungan linear ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar kuantifikasi (Sayuthi & Kurniawati, 2017).

Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan keberhasilan penggunaan spektrofotometri UV-Vis dalam penetapan kadar obat. Diningsih et al. (2024) melakukan analisis kadar parasetamol dalam sediaan tablet yang beredar di Kota Padangsidempuan menggunakan spektrofotometer UV-Visible. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya penggunaan obat analgetik–antipiretik seperti parasetamol di Indonesia dan banyaknya ragam merek dagang yang beredar di pasar bebas, toko obat, apotek, rumah sakit, dan pusat pelayanan kesehatan masyarakat (Sarmiento et al., 2020; Nofita & Dayanti, 2018; Diningsih et al., 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar parasetamol pada enam merek tablet berturut-turut adalah 511 mg, 538 mg, 220 mg, 448 mg, 527 mg, dan 448 mg, dengan persentase recovery 90–107%, dan seluruhnya masih memenuhi persyaratan Farmakope Indonesia Edisi VI (90–110%) (Diningsih et al., 2024; RI, 2020).

Penelitian lain oleh Grace Pricilia et al. (2015) dan Sayuthi & Kurniawati (2017) menunjukkan bahwa metode spektrofotometri ultraviolet yang divalidasi dapat memberikan hasil penetapan kadar parasetamol dalam tablet dengan ketelitian dan ketepatan yang memadai. Sari & Kuntari (2019) melaporkan bahwa kadar parasetamol dan kafein dalam suatu sediaan kombinasi tidak sesuai dengan kadar yang tertera pada kemasan, yaitu 83,33 mg/100 mg untuk parasetamol dan 10,83 mg/100 mg untuk kafein, sehingga menegaskan pentingnya pengawasan mutu melalui metode analisis yang tervalidasi. Sarmiento et al. (2020) dan Yulyarti et al. (2018) menggunakan KCKT untuk penetapan kadar kombinasi parasetamol–kafein–propifenazon dan menekankan kembali urgensi verifikasi kadar zat aktif dalam sediaan kombinasi. Berbagai hasil tersebut memperlihatkan bahwa spektrofotometri UV-Vis merupakan metode yang layak dan efektif digunakan dalam pengawasan mutu sediaan obat (Yulyarti et al., 2018).

Meskipun banyak penelitian spektrofotometri dilakukan pada obat analgetik seperti parasetamol, penelitian spektrofotometri visibel pada golongan antibiotik (G) relatif lebih terbatas. Salah satu contoh penerapan spektrofotometri tampak (visibel) pada antibiotik adalah penelitian Andriyas Nisfilayah dan Anita Sukmawati (2021) yang melakukan validasi metode penetapan kadar gentamisin sulfat dalam sediaan salep dengan spektrofotometri visibel. Gentamisin sulfat merupakan antibiotik spektrum luas golongan aminoglikosida yang sangat larut dalam air dan tidak larut dalam pelarut organik seperti etanol, aseton, kloroform, eter, dan benzen. Karena struktur gentamisin tidak memiliki kromofor kuat yang menyerap di daerah UV-Vis, analisis kadarnya memerlukan tahap derivatisasi agar terbentuk kompleks berwarna yang dapat diukur pada daerah tampak (Nisfilayah & Sukmawati, 2021).

Dalam penelitian tersebut, penetapan kadar gentamisin sulfat dalam salep dilakukan melalui ekstraksi cair-cair menggunakan campuran pelarut kloroform dan larutan dapar fosfat pH 7,4 dengan perbandingan 1:3. Gentamisin sulfat yang terlarut dalam fase dapar fosfat kemudian direaksikan dengan larutan ninhidrin 5 mg/mL, membentuk kompleks berwarna ungu yang absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 559 nm (Nisfiliyah & Sukmawati, 2021). Metode ini kemudian divalidasi dengan menilai parameter linearitas, rpitabilitas (presisi), akurasi, limit of detection (LOD), dan limit of quantitation (LOQ). Hasil validasi menunjukkan bahwa metode bersifat cukup linear dengan koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,9989, memiliki presisi yang baik dengan nilai RSD 1,411%, serta akurasi yang memenuhi kriteria penerimaan (98–102%) pada penambahan 100% zat aktif (3 mg gentamisin sulfat). Namun, pada penambahan 80% (2,4 mg) dan 120% (3,6 mg) zat aktif, perolehan kembali tidak memenuhi kriteria, sehingga menunjukkan masih perlunya kajian lebih lanjut terhadap rentang kerja atau kondisi analisis. Nilai LOD sebesar 36,34  $\mu\text{g/mL}$  dan LOQ sebesar 110,13  $\mu\text{g/mL}$  memberikan gambaran sensitivitas metode (Nisfiliyah & Sukmawati, 2021).

Contoh tersebut menunjukkan bahwa spektrofotometri visibel dengan bantuan pereaksi pembentuk kompleks berwarna, seperti ninhidrin, memiliki potensi besar untuk diterapkan pada analisis kadar obat golongan antibiotik (G), khususnya yang mengandung gugus amina. Metode ini relatif lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan KCKT, sehingga dapat menjadi pilihan yang menarik bagi laboratorium dengan fasilitas terbatas. Namun, jika dibandingkan dengan banyaknya penelitian pada obat non-antibiotik seperti parasetamol, studi yang secara khusus membahas pengembangan dan validasi metode spektrofotometri visibel untuk berbagai antibiotik golongan G masih sangat terbatas. Keterbatasan tersebut menimbulkan kesenjangan pengetahuan sekaligus peluang penelitian (Diningsih et al., 2024).

Dengan latar belakang tingginya kebutuhan pengawasan mutu antibiotik, keberhasilan spektrofotometri UV-Vis pada obat lain seperti parasetamol (Diningsih et al., 2024; Grace Pricilia et al., 2015; Sayuthi & Kurniawati, 2017), serta bukti awal keberhasilan spektrofotometri visibel pada gentamisin sulfat (Nisfiliyah & Sukmawati, 2021), maka pengembangan dan kajian lebih lanjut mengenai analisis obat golongan antibiotik dengan metode spektrofotometri visibel menjadi sangat penting. Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan bertujuan meninjau secara kritis perkembangan dan penerapan metode spektrofotometri visibel dalam analisis obat golongan antibiotik dan analgesik, guna memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan metode yang selektif dan akurat.

## METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kepustakaan (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif. Dalam konteks ini, peneliti tidak melakukan eksperimen di laboratorium maupun pengambilan sampel secara langsung, tetapi berfokus pada pengumpulan, seleksi, dan analisis kritis terhadap hasil-hasil penelitian yang membahas analisis obat golongan antibiotik (G) dengan metode spektrofotometri visibel. Sumber data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh melalui pencarian sistematis pada basis data ilmiah seperti Google Scholar, portal jurnal nasional terakreditasi, dan repositori perguruan tinggi dengan menggunakan kata kunci “antibiotik”, “obat golongan G”, “spektrofotometri visibel/visible spectrophotometry”, “analisis kadar obat”, dan kata kunci terkait lainnya. Artikel yang dipilih adalah artikel penelitian asli atau tinjauan yang relevan, tersedia dalam bentuk teks lengkap dan memuat informasi mengenai prosedur spektrofotometri visibel, karakteristik antibiotik yang dianalisis, serta parameter validasi metode (linearitas, akurasi, presisi, LOD, dan LOQ). Data yang diperoleh kemudian diekstraksi dan dianalisis

secara deskriptif-kualitatif untuk mengidentifikasi pola, persamaan, perbedaan, kelebihan, dan keterbatasan metode spektrofotometri visibel yang digunakan pada berbagai antibiotik golongan G, sehingga dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai potensi penerapan metode ini dalam pengawasan mutu sediaan antibiotik.

## HASIL

Analisis dan pembahasan ini mengkaji lebih lanjut hasil literature review mengenai analisis obat golongan antibiotik (G) dengan metode spektrofotometri visibel. Pembahasan difokuskan pada bagaimana metode spektrofotometri visibel digunakan untuk penetapan kadar antibiotik sebagai obat keras (Daftar G) yang memerlukan pengawasan mutu ketat karena berpotensi menimbulkan resistensi bila digunakan tidak tepat, sehingga akurasi penetapan kadarnya menjadi sangat penting (Gandjar & Gholib, 2013; RI, 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa spektrofotometri UV-Vis, termasuk pada daerah tampak, dapat menghasilkan metode analisis yang sederhana, relatif murah, namun tetap mampu memberikan hasil yang linier, akurat, dan presisi ketika divalidasi dengan benar, seperti yang tampak pada penetapan kadar parasetamol maupun gentamisin sulfat dalam sediaan farmasi. Hal tersebut juga dianalisa dan ditunjukkan dari tabel *literature review* berikut:

**Tabel 1.** *Literature Review*

No	Penulis & Tahun	Judul Singkat	Obat/Analit Utama	Metode Utama	Sediaan/Sampel	Poin Penting / Fokus Penelitian
1	Nunu Adini (2020, IPB University)	Penentuan kadar zat aktif sefadroksil dalam kapsul antibiotik dan disolusinya	Sefadroksil (antibiotik $\beta$ -laktam generasi pertama)	KCKT & Spektrofotometri UV-Vis	Kapsul sefadroksil	Penentuan kadar sefadroksil dengan KCKT dan uji disolusi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menjamin kesesuaian kadar dengan standar FI IV dan USP29-NF24.
2	Mona Mostafa, Zeinab H. Abd El-Wahab, Aida A. Salman, W.M. Abdelbaset (2021, Heliyon 7(1))	Spectrophotometric complex formation of gatifloxacin with metal ions	Gatifloksasin (HGAT)	Spektrofotometri kompleksasi (Co(II), Ni(II), La(III))	Larutan murni & sediaan oftalmik	Pengembangan metode sederhana dan akurat berbasis pembentukan kompleks HGAT-logam dengan linearitas hukum Beer.
3	Noor Raziya, Nadeem, Othman A.I. Musaimi (2024, ACS Omega 9(7))	Photocatalytic degradation of antibiotics using magnetic nanocomposite	Siprofloksasin & Amoksisilin	Fotokatalisis (nanokomposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /biochar)	Larutan antibiotik	Sintesis hijau nanokomposit magnetik untuk degradasi antibiotik dalam limbah cair. Efisiensi 73–74%.
4	Andriyas Nisfiliyah, Anita Sukmawati (2021,	Validasi metode kadar gentamisin sulfat dalam salep	Gentamisin sulfat	Spektrofotometri visible ( $\lambda$ 559 nm, ninhidrin)	Salep gentamisin	Pembentukan kompleks ungu gentamisin-ninhidrin; validasi linearitas r=0,9989;

5	Prosiding URC) Ayus Diningsih dkk (2024, Forte Journal)	Analisis kadar parasetamol dalam sediaan tablet	Parasetamol	Spektrofotometri UV-Vis	Tablet parasetamol	recovery 98–102%. Menetapkan kadar dan recovery parasetamol dari enam merek; hasil sesuai FI VI (90–110%).
6	Ni Ketut Esati dkk (2023, Jurnal Farmamedika)	Uji kualitatif & kuantitatif tetrasiklin secara UV-Vis	Tetrasiklin	Spektrofotometri UV-Vis + ekstraksi	Simulasi sampel daging ayam	Penentuan pereaksi warna paling sensitif; LOD 0,9982 ppm; recovery 100,66%.
7	Martika Putri Ningtias, Robby Chandra Purnama (2022, Jurnal Analisis Farmasi)	Pengaruh suhu penyimpanan terhadap kadar amoksisilin tablet	Amoksisilin	Spektrofotometri UV-Vis	Tablet amoksisilin generik	Uji kadar pasca penyimpanan; hanya suhu ruang memenuhi FI V.
8	Mutia Maregiandi dkk (2021, Prosiding STIKes BTH Tasikmalaya)	Adsorpsi tetrasiklin HCl menggunakan limbah serbuk gergaji	Tetrasiklin HCl	Kolom adsorpsi + UV-Vis	Larutan tetrasiklin	Adsorpsi optimum pH 4; menunjukkan potensi adsorben ramah lingkungan.
9	Grace Pricilia Tulandi dkk (2015)	Validasi metode kadar parasetamol dalam tablet UV	Parasetamol	Spektrofotometri UV	Tablet parasetamol	Linearitas $r=0,9982$ ; LOD 1,47 ppm; kadar sesuai syarat FI.
10	Khofifatul Muamanah dkk (2023, Pharmacy Genius)	Analisis kandungan parasetamol pada jamu pegal linu	Parasetamol (BKO)	KLT + Spektrofotometri UV-Vis	29 sampel jamu pegal linu	Ditemukan 4 sampel positif parasetamol; menunjukkan pelanggaran BKO.
11	Restiani Alia Pratiwi, Asep Bayu Dani Nandiyanto (2022, IJERT)	How to read and interpret UV-Vis results	Senyawa organik/anorganik	Kajian teori UV-Vis	–	Panduan interpretasi spektrum: kromofor, auksokrom, pergeseran batokromik, dsb.
12	Hikmah Rosaldi dkk (2023, Indonesian J. of Science & Pharmacy)	Simultaneous solubility of PCT–PRO–CAF	Parasetamol, Propyphenazone, Kafein	Spektrofotometri UV-Vis + PCR & ARR	Campuran tiga zat aktif	Pelarut optimum DM 7:3 pH 7,8; kemometrik meningkatkan akurasi.
13	Dimas Dwi Putra dkk (2023, Indonesian Journal on Medical Science)	Penetapan kadar kombinasi parasetamol–tramadol	Parasetamol, Tramadol	Spektrofotometri UV multi $\lambda$ (249 & 273 nm)	Tablet kombinasi	Recovery PCT 100,9% & TRM 95,7%; memenuhi FI VI.

14	Ade Irna Novita Sari, Kuntari (2019, IJCA)	Penentuan simultan kafein dan parasetamol	Kafein, Parasetamol	Spektrofotometri UV-Vis simultan ( $\lambda$ 244 & 273 nm)	Obat sakit kepala multikomponen	Penentuan simultan dua analit; kadar PCT $\approx$ 88,8 mg, CAF $\approx$ 9,37 mg.
15	Muhammad Imam Sayuthi, Puji Kurniawati (2017, Prosiding SN Kimia UNESA)	Validasi kadar parasetamol dalam tablet UV-Vis	Parasetamol	Spektrofotometri UV-Vis	Tablet parasetamol	$\lambda$ maks 247 nm; R=0,9974; recovery 106,95%; kadar tidak memenuhi FI.
16	Nabeel Othman, Rana Sami Alsaffar (2015)	Spectrophotometric determination of amoxicillin	Amoksisilin	Spektrofotometri (oksidasi NBS + metilen biru, $\lambda$ 663 nm)	Sediaan amoksisilin	Metode sensitif berbasis oksidasi; RSD 0,27–0,72%.
17	Adem Asan, Nada Seddiq (2022, JOTCSA)	Simple spectrophotometric determination of amoxicillin	Amoksisilin	Spektrofotometri UV-Vis (kompleks ion-pair AMX–BCG, $\lambda$ 630 nm)	Tablet & serbuk	Linearitas 1–18 $\mu$ g/mL; recovery 98,16%; cepat & sederhana.
18	Imam Pasha S. dkk (2012, Int. J. Pharmacy & Industrial Research)	Visible spectrophotometric determination of amoxicillin trihydrate	Amoksisilin trihidrat	Spektrofotometri visible ( $\text{FeCl}_3$ + 1,10-fenantrolin, $\lambda$ 510 nm)	Sediaan farmasi	Linearitas 2–20 $\mu$ g/mL; metode sederhana dan ekonomis.
19	Zuhair A.-A. Khammas, Hawraa M. Abdulkareem (2016, Science J. of Analytical Chemistry)	Mutual determination of AMX & MCP after cloud point extraction	Amoksisilin, Metoklopramid HCl	Spektrofotometri visible + Cloud point extraction	Kapsul & injeksi	Linearitas 0,3–3,0 $\mu$ g/mL; recovery 98%.
20	P. Suguna, B. Ramachandra, N.V.S. Naidu (2015, Int. J. Pharm. Phytopharmacol. Res.)	UV-Visible determination of chloramphenicol	Kloramfenikol	Spektrofotometri UV-Vis (oksidasi-kompleksasi 1,10-fenantrolin)	Sediaan kloramfenikol	Hukum Beer 5–30 $\mu$ g/mL; recovery 99,73%.
21	Ahmad Fahmi Harun Ismail dkk (2016, J. Applied Pharmaceutical Science)	Spectrophotometric determination of gentamicin–PLGA microparticles	Gentamisin	Spektrofotometri visible (kompleks ninhidrin–gentamisin)	Mikropartikel PLGA	Linearitas $R^2=0,9998$ ; recovery 98–101%; sesuai ICH Q2(R1).
22	Edebi N. Vaikoson dkk (2023, Int. J. Chem. Res.)	Spectrophotometric fingerprinting of aminoglycosides	Streptomisin, Amikasin, Neomisin, Gentamisin	Spektrofotometri visible (kompleks ninhidrin, 350–900 nm)	Tablet & injeksi	Fingerprinting aminoglikosida; kompleks stabil >24 jam.
23	Guirguis et al. (2025, BMC)	Simple spectrophotometric methods for	Paracetamol, Meloxicam, Domperidone	Spektrofotometri zero-order, first-	Campuran PAR–MEL dan	Penentuan simultan dua analit; linearitas

	Chemistry 19:284)	binary mixtures containing paracetamol		order derivative, dan ratio difference	PAR– DOM dalam tablet	0.999–0.9999; validasi ICH; penilaian greenness (Eco- Scale & AGREE).
24	G. Sreedevi, E. Chakravarthy, N. R. Reddy (2022, Int. J. Health Sciences)	Simple spectrophotometri c determination of haloperidol	Haloperidol	Spektrofoto metri visible (ion-pair dengan bromothymo l blue, $\lambda$ 420 nm)	Tablet haloperid ol & bulk	Metode sederhana, cepat, linear 20–100 $\mu\text{g/mL}$ ; kompleks berwarna ekstrak kloroform; hasil valid dan reproducible.

Berdasarkan tabel 1, yakni merangkum 24 artikel penelitian yang membahas dengan fokus pada jenis senyawa yang dianalisis, matriks sampel, prinsip pembentukan warna atau kompleks, serta parameter validasi seperti linearitas, presisi, akurasi, LOD, dan LOQ. Hasil telaah menunjukkan bahwa spektrofotometri visibel banyak digunakan untuk analisis analgesik–antipiretik (misalnya parasetamol, kafein, tramadol, dan kombinasi propyphenazone) serta antibiotik (golongan  $\beta$ -laktam, aminoglikosida, dan tetrasiklin).

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil telaah terhadap 24 artikel penelitian yang tercantum pada tabel sebelumnya, dapat dilihat bahwa mayoritas peneliti berasal dari ranah farmasi, kimia farmasi, dan kimia analitik, baik dari perguruan tinggi dalam negeri maupun luar negeri. Dari dalam negeri, kontribusi signifikan datang antara lain dari Nunu Adini (2020), Nisfiliyah & Sukmawati (2021), Diningsih dkk (2024), Esati dkk (2023), Ningtias & Purnama (2022), Maregianti dkk (2021), Grace Pricilia Tulandi dkk (2015), Khofifatul Muamanah dkk (2023), Restiani Alia Pratiwi & Nandiyanto (2022), Hikmah Rosaldi dkk (2023), Dimas Dwi Putra dkk (2023), Ade Irna Novita Sari & Kuntari (2019), serta Muhammad Imam Sayuthi & Kurniawati (2017). Sementara itu, dari luar negeri tampak dominasi penelitian yang dilakukan oleh Mona M. Mostafa dkk (2021), Noor Zulfiqar dkk (2024), Guirguis dkk (2025), G. Sreedevi dkk (2022), Nabeel Othman & Alsaffar (2015), Adem Asan & Seddiq (2022), Imam Pasha dkk (2012), Khammas & Abdulkareem (2016), P. Suguna dkk (2015), Ahmad Fahmi Harun Ismail dkk (2016), Edebi N. Vaikosen dkk (2023), dan Teoh dkk (2020). Komposisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan, optimasi, dan validasi metode spektrofotometri (baik di daerah UV maupun tampak), serta kombinasinya dengan teknik lain seperti KCKT/HPLC dan FTIR, merupakan tema yang konsisten mendapat perhatian luas untuk tujuan penjaminan mutu sediaan farmasi, penetapan kadar zat aktif, maupun pemantauan residu dan pencemaran obat.

Jika ditinjau dari jenis senyawa yang dianalisis, dua klaster besar tampak paling dominan, yakni kelompok analgetik–antipiretik dan kelompok antibiotik, disertai beberapa kajian khusus pada antipsikotik dan obat lain. Kelompok analgetik–antipiretik berfokus pada parasetamol, baik sebagai zat tunggal maupun dalam kombinasi dengan tramadol, kafein, dan propyphenazone, sebagaimana dilaporkan oleh Diningsih dkk (2024), Tulandi dkk (2015), Hikmah Rosaldi dkk (2023), Dimas Dwi Putra dkk (2023), Sari & Kuntari (2019), serta Sayuthi & Kurniawati (2017). Kelompok ini diperluas oleh Guirguis dkk (2025) yang mengembangkan metode spektrofotometri sederhana untuk penetapan simultan parasetamol dengan meloksikam dan domperidon dalam campuran biner. Sementara itu, klaster antibiotik terbagi lagi menjadi beberapa subkelompok, yaitu antibiotik  $\beta$ -laktam (sefadroksil dan amoksisilin) yang dikaji oleh Nunu Adini (2020), Ningtias & Purnama (2022), Othman & Alsaffar (2015), Asan & Seddiq (2022), Imam Pasha dkk (2012), Khammas & Abdulkareem (2016), Suguna dkk (2015), serta

Teoh dkk (2020); golongan aminoglikosida (gentamisin, streptomisin, amikasin, neomisin) yang menjadi objek penelitian Nisfilayah & Sukmawati (2021), Ismail dkk (2016), dan Vaikosen dkk (2023); serta tetrasiklin dan turunannya yang dievaluasi oleh Esati dkk (2023) dan Maregianti dkk (2021). Di sisi lain, aspek lingkungan dan degradasi antibiotik diangkat oleh Noor Zulfiqar dkk (2024) yang meneliti fotokatalisis ciprofloxacin dan amoksisilin menggunakan nanokomposit magnetik, sedangkan kloramfenikol dikaji melalui pendekatan spektrofotometri oleh Suguna dkk (2015). Selain itu, parasetamol juga muncul sebagai bahan kimia obat (BKO) dalam jamu pegal linu pada penelitian Khofifatul Muamanah dkk (2023), gatifloksasin dikaji melalui kompleksasi logam oleh Mostafa dkk (2021), sedangkan antipsikotik haloperidol dianalisis dengan metode spektrofotometri visibel berbasis pembentukan kompleks ion-pair oleh G. Sreedevi dkk (2022). Satu kajian bersifat teoretis, yakni panduan interpretasi spektrum UV-Vis oleh Restiani Alia Pratiwi & Nandiyanto (2022), yang menjadi dasar konseptual bagi pemahaman hasil spektrum pada studi-studi lainnya.

Keragaman tersebut juga tercermin pada matriks sampel yang digunakan sehingga menggambarkan luasnya aplikasi spektrofotometri dalam analisis farmasi dan lingkungan. Sejumlah penelitian menggunakan sediaan farmasi jadi seperti tablet, kapsul, salep, dan serbuk obat, misalnya Diningsih dkk (2024), Tulandi dkk (2015), Ningtias & Purnama (2022), Othman & Alsaffar (2015), Asan & Seddiq (2022), Suguna dkk (2015), Teoh dkk (2020), serta pengembangan metode simultan untuk campuran tablet parasetamol–meloksikam–domperidon oleh Guirguis dkk (2025) dan tablet haloperidol oleh Sreedevi dkk (2022). Di samping itu, beberapa studi meneliti bahan baku dan sistem penghantaran obat yang lebih kompleks, seperti mikropartikel PLGA bermuatan gentamisin pada penelitian Ismail dkk (2016). Matriks non-konvensional pun muncul, misalnya jamu pegal linu sebagai media deteksi BKO parasetamol (Muamanah dkk, 2023), simulasi daging ayam sebagai model residu tetrasiklin (Esati dkk, 2023), larutan antibiotik dalam medium air untuk studi adsorpsi menggunakan serbuk gergaji (Maregianti dkk, 2021), serta larutan antibiotik dalam sistem fotokatalitik berbasis nanokomposit  $Fe_3O_4$ /sugar cane biochar (Zulfiqar dkk, 2024). Studi-studi tersebut memperlihatkan bahwa spektrofotometri tidak hanya digunakan untuk kontrol mutu sediaan obat jadi, tetapi juga untuk pemantauan residu dan pencemaran antibiotik di lingkungan.

Dari sisi metodologi, terdapat persamaan yang kuat antarpencapaian, yakni pemanfaatan prinsip pengukuran serapan cahaya untuk penetapan kadar zat aktif. Beberapa penelitian menggunakan spektrofotometri UV atau UV-Vis secara langsung, seperti yang dilakukan oleh Diningsih dkk (2024), Tulandi dkk (2015), Rosaldi dkk (2023), Putra dkk (2023), Sari & Kuntari (2019), Sayuthi & Kurniawati (2017), Othman & Alsaffar (2015), dan Teoh dkk (2020). Penelitian lain menggunakan spektrofotometri tampak (visible) berbasis pembentukan kompleks berwarna, di antaranya kompleks aminoglikosida–ninhidrin (Nisfilayah & Sukmawati, 2021; Ismail dkk, 2016; Vaikosen dkk, 2023), kompleks ion-pair amoksisilin–bromokresol green (Asan & Seddiq, 2022), serta kompleks  $FeCl_3$ –1,10-fenantrolin untuk amoksisilin trihidrat dan kloramfenikol (Imam Pasha dkk, 2012; Suguna dkk, 2015). Khammas & Abdulkareem (2016) memanfaatkan reaksi diazotisasi yang dikombinasikan dengan cloud point extraction, sedangkan Mostafa dkk (2021) menggunakan kompleksasi logam untuk gatifloksasin. Nunu Adini (2020) menggabungkan KCKT dengan spektrofotometri UV-Vis untuk penetapan sefadroksil, sementara Hikmah Rosaldi dkk (2023) menerapkan pendekatan kemometrik pada campuran multikomponen. Di sisi lain, Maregianti dkk (2021) dan Zulfiqar dkk (2024) mengintegrasikan spektrofotometri dengan teknik adsorpsi dan fotokatalisis dalam konteks pengolahan limbah antibiotik. Guirguis dkk (2025) memperkaya spektrum metode dengan memanfaatkan zero-order, first-order derivative, dan ratio difference method untuk analisis campuran biner parasetamol–meloksikam dan parasetamol–domperidon, sekaligus menilai aspek ke-hijau-an metode dengan Analytical Eco-Scale dan AGREE. Hampir seluruh studi melakukan validasi berdasarkan parameter linearitas ( $r$  atau  $R^2$  mendekati 1), presisi (nilai

%RSD kecil), akurasi yang baik (persen recovery berada dalam rentang kriteria seperti 98–102% atau 90–110%), serta penentuan LOD dan LOQ, dan banyak di antaranya membandingkan hasil kadar dengan standar resmi seperti Farmakope Indonesia, USP, atau BP.

Secara keseluruhan, kajian pustaka ini memperlihatkan bahwa penggunaan spektrofotometri, baik di daerah UV maupun tampak, sangat potensial untuk analisis berbagai senyawa obat, termasuk antibiotik dan antipsikotik, dengan keunggulan praktis berupa kesederhanaan, biaya relatif rendah, dan sensitivitas yang memadai. Namun, jika dibandingkan dengan banyaknya penelitian yang memfokuskan diri pada parasetamol dan kombinasi analgetik–antipiretik (misalnya Diningsih dkk, 2024; Tulandi dkk, 2015; Rosaldi dkk, 2023; Putra dkk, 2023; Sari & Kuntari, 2019; Sayuthi & Kurniawati, 2017), jumlah studi yang secara spesifik menitikberatkan pada pengembangan metode spektrofotometri visibel yang selektif untuk obat golongan antibiotik dalam berbagai matriks sediaan maupun lingkungan masih relatif lebih terbatas, meskipun sudah mulai berkembang melalui karya-karya Nunu Adini (2020), Ningtias & Purnama (2022), Othman & Alsaffar (2015), Asan & Seddiq (2022), Imam Pasha dkk (2012), Suguna dkk (2015), Ismail dkk (2016), Vaikosen dkk (2023), dan Zulfiqar dkk (2024). Kondisi ini memperkuat posisi kebaruan (novelty) untuk penelitian berjudul “Analisis Obat Golongan Antibiotik (G) dengan Metode Spektrofotometri Visibel”, terutama apabila diarahkan pada pengembangan sistem reagen–kompleks yang lebih selektif, validasi menyeluruh sesuai pedoman ICH, aplikasi pada matriks sediaan dan lingkungan yang relevan dengan praktik pelayanan kefarmasian maupun pemantauan residu antibiotik, serta pengintegrasian prinsip kimia analitik hijau dalam desain metode.

## KESIMPULAN

Berdasarkan telaah terhadap 24 artikel yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan spektrofotometri, baik di daerah UV maupun tampak, telah menjadi metode yang dominan digunakan untuk penetapan kadar zat aktif dalam berbagai sediaan farmasi, terutama parasetamol dan kombinasi analgetik–antipiretik, disusul oleh beberapa studi terkait antibiotik seperti amoksisilin, gentamisin, tetrasiklin, kloramfenikol, serta aminoglikosida lain. Seluruh penelitian umumnya menerapkan parameter validasi yang sejalan dengan pedoman ICH dan standar farmakope (linearitas, presisi, akurasi, LOD, dan LOQ), sehingga mengonfirmasi reliabilitas spektrofotometri sebagai metode analisis kuantitatif. Meskipun demikian, jika dibandingkan dengan banyaknya kajian pada parasetamol dan kombinasi multikomponen non-antibiotik, studi yang secara khusus berfokus pada analisis obat golongan antibiotik (G) dengan spektrofotometri visibel masih relatif terbatas, terutama yang mengembangkan sistem reagen-kompleks selektif dan diaplikasikan pada matriks sediaan yang teranalisis.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT berkat nikmat, dan karunia-Nya penulis dan rekan-rekan dapat menyelesaikan penelitian ini. Semua penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen-dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan selama penelitian. Dan penulis ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Abbas, A. S., Fadhel, S. R., Ahmed, M. A., & Musa, L. A. (2019). Colorimetric determination of amoxicillin in pure and some pharmaceutical formulations via reaction with potassium

- permanganate as oxidant reagent. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, 10(2), 222–228.
- Ade Irna Novita Sari, & Kuntari. (2019). Penentuan kafein dan parasetamol dalam sediaan obat secara simultan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Indonesian Journal of Clinical and Analytical (IJCA)*.
- Adini, N. (2020). Penentuan kadar zat aktif sefadroksil dalam kapsul antibiotik dengan kromatografi cair kinerja tinggi dan disolusinya secara spektrofotometri. Institut Pertanian Bogor (IPB University). Retrieved from <https://ereport.ipb.ac.id>
- Ahmad Fahmi Harun Ismail, Mohamed, F., Mohd Rosli, L. M., Mohd Shafri, M. A., Haris, M. S., & Adina, A. B. (2016). Spectrophotometric determination of gentamicin loaded PLGA microparticles and method validation via ninhydrin–gentamicin complex as a rapid quantification approach. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(1), 7–14.
- Al-kadumi, A. S., Fadhel, S. R., Ahmed, M. A., & Musa, L. A. (2019). Colorimetric determination of amoxicillin in pure and some pharmaceutical formulations via reaction with potassium permanganate as oxidant reagent. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, 10(2), 222–228.
- Asan, A., & Seddiq, N. (2022). A simple spectrophotometric determination of amoxicillin in drug samples. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 9(2), 423–432.
- Diningsih, A., dkk. (2024). Analisis kadar parasetamol dalam sediaan tablet dengan spektrofotometer UV-Visible. *Forte Journal*.
- Edebi, N. Vaikosen, Bunu, S. J., Dode, E., & Efidi, R. B. (2023). Spectrophotometric fingerprinting and chemical determination of streptomycin, amikacin, neomycin, and gentamycin sulphate by condensing with ninhydrin reagent. *International Journal of ChemTech Research / International Journal of Chemical Research*, 7(3), 5–10.
- Esati, N. K., dkk. (2023). Uji kualitatif dan kuantitatif tetrasiklin dalam simulasi sampel secara spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Farmamedika*.
- Falih, M. S., Abbas, R. F., Mahdi, N. I., Abood, N. K., & Hassan, M. J. M. (2023). FIA-spectrophotometric method for the determination of amoxicillin in pharmaceuticals; application of AES, GAPI, and AGREE greenness assessment tools. *MethodsX*.
- Gandjar, I., & Gholib, A. (2013). *Kimia farmasi analisis*.
- Gandjar, I., & Gholib, A. (2013). *Kimia farmasi analisis*. (Buku pegangan analisis spektrofotometri dalam farmasi).
- Grace Pricilia Tulandi, dkk. (2015). Validasi metode analisis untuk penetapan kadar parasetamol dalam tablet secara spektrofotometri UV.
- Hikmah Rosaldi, dkk. (2023). Simultaneous solubility analysis of paracetamol, propyphenazone, and caffeine using principal component and absorbance ratio regression methods. *Indonesian Journal of Science and Pharmacy*.
- Ismail, A. F. H., Mohamed, F., Mohd Rosli, L. M., Mohd Shafri, M. A., Haris, M. S., & Adina, A. B. (2016). Spectrophotometric determination of gentamicin loaded PLGA microparticles and method validation via ninhydrin–gentamicin complex. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(1), 7–14.
- Khammas, Z. A.-A., & Abdulkareem, H. M. (2016). A new visible spectrophotometric approach for mutual determination of amoxicillin and metoclopramide hydrochloride in pharmaceuticals after cloud point extraction. *Science Journal of Analytical Chemistry*, 4(5), 66–76.
- Khofifatul Muamanah, dkk. (2023). Analisis kandungan parasetamol pada jamu pegal linu di Kabupaten Brebes. *Pharmacy Genius*.

- Maregianti, M., dkk. (2021). Adsorpsi senyawa antibiotik tetrasiklin hidroklorida menggunakan limbah serbuk gergaji (metode kolom). Prosiding STIKes BTH Tasikmalaya.
- Martika Putri Ningtias, & Purnama, R. C. (2022). Pengaruh suhu penyimpanan terhadap kadar amoksisilin tablet dengan metode spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Analisis Farmasi*.
- Mostafa, M. M., Abd El-Wahab, Z. H., Salman, A. A., & Abdelbaset, W. M. (2021). The use of complex formation manner for spectrophotometric analysis of gatifloxacin drug based on Co (II), Ni (II) and La (III) ions. *Heliyon*, 7(1), e05897. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05897>
- Nisfiliyah, A., & Sukmawati, A. (2021). Validasi metode penetapan kadar gentamisin sulfat dalam salep dengan spektrofotometri visible. Prosiding Undergraduate Research Conference (URC).
- Nofita, A., & Dayanti, D. (2018). [Artikel tentang penggunaan obat analgetik/parasetamol – data judul dan jurnal tidak tercantum dalam naskah, lengkapi sesuai sumber asli].
- Nung Sarmento, Z. L. C., dkk. (2020). Penetapan kadar parasetamol dan kafein dengan metode HPLC. *Cakra Kimia*.
- Othman, N., & Alsaffar, R. S. (2015). Spectrophotometric determination of amoxicillin in pharmaceutical preparations. (Laporan riset / artikel penelitian).
- Pasha, I. S., Mohammed, T., Kumar, A. S., & Nikhila, V. (2012). New visible spectrophotometric methods for the determination of amoxicillin trihydrate in bulk drug and their formulations. *International Journal of Pharmacy & Industrial Research*.
- Pratiwi, R. A., & Nandiyanto, A. B. D. (2022). How to read and interpret UV-Vis spectrophotometric results in determining the structure of chemical compounds. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*.
- Putra, D. D., dkk. (2023). Penetapan kadar tablet kombinasi parasetamol dan tramadol dengan metode spektrofotometri UV  $\lambda$  berganda. *Indonesian Journal on Medical Science*.
- RI (Republik Indonesia). (2020). *Farmakope Indonesia Edisi VI*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Sari, A. I. N., & Kuntari. (2019). Penentuan kafein dan parasetamol dalam sediaan obat secara simultan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Indonesian Journal of Clinical and Analytical (IJCA)*.
- Sarmento, Z. L. C., dkk. (2020). Penetapan kadar parasetamol dan kafein dengan metode HPLC. *Cakra Kimia*.
- Sayuthi, M. I., & Kurniawati, P. (2017). Validasi metode analisis dan penetapan kadar parasetamol dalam tablet secara spektrofotometri UV-Visible. Prosiding Seminar Nasional Kimia UNESA.
- Sugiyono. (2020). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suguna, P., Ramachandra, B., & Naidu, N. V. S. (2015). Development and validation of UV-Visible spectrophotometric method for the determination of chloramphenicol in pure and in its dosage form. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 4(5), 271–275.
- Sulasma, Muchlisyam, & Haro, G. (2023). Simultaneous analysis of tablets content vitamin C and zinc in visible spectrophotometry. *International Journal of Science, Technology and Management (IJSTM)*, 4(2).
- Teoh, S. M., Perveen, N., & Khan, N. H. (2020). Comparative purity study by UV spectrophotometric and Fourier-transform infrared spectroscopic (FTIR) techniques for the simultaneous determination of amoxicillin trihydrate capsules. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 31(3).
- Tulandi, G. P., dkk. (2015). Validasi metode analisis untuk penetapan kadar parasetamol dalam tablet secara spektrofotometri UV.

- Vaikosen, E. N., Bunu, S. J., Dode, E., & Efidi, R. B. (2023). Spectrophotometric fingerprinting and chemical determination of streptomycin, amikacin, neomycin and gentamycin sulphate by condensing with ninhydrin reagent. *International Journal of Chemical Research*, 7(3), 5–10.
- Yulyarti, E., dkk. (2018). Penetapan kadar parasetamol, kafein dan propifenazon secara simultan dalam tablet dengan metode KCKT. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*.
- Zulfiqar, N., Nadeem, R., & Al Musaimi, O. A. (2024). Photocatalytic degradation of antibiotics via exploitation of a magnetic nanocomposite: A green nanotechnology approach toward drug-contaminated wastewater reclamation. *ACS Omega*, 9(7), 7986–8004. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c08990>