



Penentuan kadar asam secara titrasi menggunakan indikator pigmen rimpang kunyit

MARIA ALOISIA URON LEBA

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Katolik Widya Mandira - Kupang

Kata kunci:

kandungan asam,
kurkuminoid,
pigmen kuning,
ramah lingkungan,
asam basa

ABSTRAK: Rimpang kunyit (RK) merupakan sumber kurkuminoid, yaitu pigmen kuning yang dapat berubah warna pada pH asam, basa, dan netral. Pigmen rimpang kunyit (PRK) telah banyak dimanfaatkan sebagai pewarna alami makanan, obat tradisional, dan obat herbal. PRK juga telah digunakan sebagai indikator titrasi untuk titrasi larutan asam-basa, namun belum dilaporkan untuk titrasi sampel asam ataupun basa. Dalam penelitian ini, PRK diekstraksi dengan etanol dan digunakan sebagai indikator titrasi untuk penentuan asam dalam sampel. Sampel asam dititrasi dengan larutan standar NaOH dan NH_4OH . Berdasarkan penelitian ini, PRK menunjukkan perubahan warna yang jelas pada titik akhir titrasi seperti pada titrasi menggunakan indikator *methyl red* (MR) dan *phenolphthalein* (PP). Berdasarkan penelitian ini diperoleh kandungan HCl pada sampel yang dititrasi dengan NaOH menggunakan indikator PRK, MR, dan PP masing-masing adalah 149,98 mg, 149,91 mg, dan 149,91 mg, dan pada titrasi dengan NH_4OH menggunakan ketiga indikator yang sama berturut-turut adalah 149,91 mg, 149,98 mg, dan 149,87 mg. Penggunaan PRK sebagai indikator lebih murah, mudah diperoleh, ramah lingkungan, dan mendukung *green chemistry* jika dibandingkan MR dan PP.

Keywords:

acid content,
curcuminoid,
yellow pigment,
environmentally friendly,
acid-base

ABSTRACT: Turmeric rhizome (TR) are sources of curcuminoid, a yellow pigment that can show changes color at acid, base and neutral pH. Turmeric rhizome pigment (TRP) has been widely used as a natural food coloring, traditional medicine, and herbal medicine. TRP has also used as a titration indicator for titrate acid base solution, but it has not been reported for titration of acidic or basic samples. In this study, TRP was extracted with ethanol and used as a titration indicator for acid determination in samples. The acid sample was titrated with NaOH and NH_4OH standard solutions. Based on this research, TRP shows a clear color change at the end point of the titration as shown by methyl red (MR) and phenolphthalein (PP). It was found that the acid content in the samples with titration by NaOH using TRP, MR, and PP as indicators was 149,98 mg, 149,91 mg, and 149,91 mg, respectively, and in titration by NH_4OH with the three indicators was 149,91 mg, 149,98 mg, and 149,87 mg, respectively. The use of TRP as an indicator is cheaper, easier to obtain, environmentally friendly, and supports green chemistry compared to MR and PP.

1 PENDAHULUAN

Dalam titrasi asam basa, diperlukan indikator untuk mendeteksi titik akhir titrasi [1]. Titik akhir titrasi merupakan suatu kondisi dimana salah satu zat yang terlibat dalam reaksi berada dalam jumlah berlebih atau suatu kondisi terlampauinya titik ekuivalen [2]. Kelebihan zat ini menyebabkan perubahan nilai pH secara drastis. Kondisi ini menyebabkan senyawa indikator terionisasi [3]. Senyawa indikator dalam bentuk molekul dan ion mempunyai warna yang berbeda. Hal ini terlihat

melalui perubahan warna indikator sebelum titik akhir titrasi dan pada titik akhir titrasi [3], [4]. Apabila indikator berubah warna maka titrasi dihentikan dan disebut titik akhir titrasi [5]. Indikator titrasi pada umumnya berupa asam atau basa organik lemah. Indikator yang banyak digunakan dalam titrasi asam basa adalah fenoltalein, metil merah, metil jingga, bromin timol biru, dan lain-lain. Indikator-indikator ini mahal, beracun, dan berbahaya bagi lingkungan [6]–[8]. Dalam mengatasi permasalahan tersebut digunakan pendekatan *green chemistry* dengan memanfaatkan pigmen tumbuhan sebagai indikator titrasi [4], [9], [10].

* Corresponding Author: mariaaloisiauronleba@mail.com

<https://doi.org/10.56064/jps.v26i3.1014>

Naskah diusulkan: 1 Juli 2024; Naskah disetujui: 21 Agustus 2024
p-ISSN: 1410-7058 e-ISSN: 2597-7059 © 2024 JPS MIPA UNSRI

Rimpang kunyit merupakan sumber pigmen kuning yang kaya akan kurkuminoid (kurkumin dan turunannya). Rimpang kunyit banyak dimanfaatkan sebagai pewarna makanan alami, obat tradisional [11], dan obat herbal karena memberikan efek anti-inflamasi, antioksidan, antikanker, antimutagenik, antimikroba, antijamur, dan antibakteri [12]–[14]. Rimpang kunyit juga berpotensi menjadi indikator pH alami karena kandungan kurkuminnya [15]–[17]. Pigmen rimpang kunyit (PRK) telah dipelajari penggunaannya sebagai indikator pH [18]. Penggunaan PRK sebagai indikator titrasi telah dipelajari oleh Sundari (2016) dan Onuegbu et al., (2023) [19], [20]. Pada kedua penelitian tersebut, PRK hanya digunakan sebagai indikator untuk titrasi beberapa larutan asam dengan larutan basa. Penggunaannya sebagai indikator untuk menentukan konsentrasi asam dalam sampel belum dilaporkan.

Kebaruan penelitian ini adalah memanfaatkan PRK sebagai indikator titrasi untuk menentukan kandungan asam dalam sampel. Sebagai perbandingan dengan PRK, kami menggunakan fenolftalein dan metil merah sebagai indikator standar laboratorium.

2 BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan dan alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah etanol 95% (*grade* medis, one med, Indonesia), NaOH 99%, NH₃ 99%, HCl 37% (*grade* analysis, Merk, Indonesia), aquades, obat batuk pilek (tablet) dan rimpang kunyit. Alat-alat yang digunakan diantaranya *rotary evaporator* (Buchi Rotavapor R-210), buret, alat-alat gelas standar untuk membuat larutan dan titrasi (pyrex, Indonesia).

2.2 Prosedur penelitian

Ekstraksi pigmen rimpang kunyit (PRK)

Pada penelitian ini rimpang kunyit digunakan sebagai sumber pigmen untuk indikator titrasi. Rimpang kunyit (RK) diperoleh dari pasar tradisional di Kupang, Indonesia. RK dicuci, dibersihkan dari kulitnya, dikeringkan, dan dihaluskan. Sebanyak 25 g serbuk RK dimaserasi dengan 100 mL etanol 95% *grade* medis selama 24 jam [18]. Ekstrak PRK yang diperoleh dievaporasi dengan *rotary evaporator*. Sebanyak 2 g PRK dilarutkan dan diencerkan dengan etanol dalam labu volumetrik 10 mL [21] dan digunakan sebagai indikator untuk titrasi.

Preparasi larutan

Larutan standar primer: sebanyak 1,26 g H₂C₂O₄·2H₂O ditimbang, dilarutkan dalam gelas kimia, masukkan ke dalam labu takar 100 mL, ditambahkan aquades hingga tanda 100 mL, dihomogenkan, dan disimpan untuk digunakan dalam standarisasi larutan lainnya.

Larutan standar sekunder: Sebanyak 4 g NaOH ditimbang, dilarutkan dan diencerkan dalam labu volumetrik 1000 mL, dihomogenkan dan disimpan untuk prosedur titrasi selanjutnya. Sebanyak 4,2 mL HCl pekat dipipet dimasukkan ke dalam labu volumetrik 500 mL yang sebelumnya telah diisi dengan sedikit aquades, diencerkan hingga tanda batas 500 mL, dihomogenkan, dan disimpan untuk prosedur selanjutnya. Sebanyak 7,5 mL NH₃ pekat dipipet, dimasukkan ke dalam labu volumetrik 1000 mL, yang sebelumnya telah diisi sedikit aquades, diencerkan hingga tanda batas 1000 mL, dihomogenkan, dan disimpan untuk prosedur selanjutnya [21].

Standarisasi larutan NaOH dan NH₄OH

Larutan NaOH dan NH₄OH distandarisasi dengan larutan H₂C₂O₄·2H₂O 0,1 M. Larutan NaOH dimasukkan ke dalam buret. 10 mL H₂C₂O₄·2H₂O 0,1 M dimasukkan ke dalam labu titrasi, ditambahkan tiga tetes indikator fenolftalein. Titrasi dilakukan hingga indikator berubah dari tidak berwarna menjadi merah muda. Volume NaOH yang digunakan dapat dibaca pada skala buret. Titrasi ini diulang sebanyak tiga kali. Prosedur yang sama dilakukan untuk standarisasi larutan NH₄OH.

Preparasi sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah salah satu obat batuk-pilek yang beredar di Kupang-Indonesia; yang diketahui mengandung HCl. Satu tablet obat ini digerus dan dilarutkan dalam 50 mL aquades. Campuran disaring, filtrat dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, diencerkan dengan aquades hingga tanda 100 mL, dan dihomogenkan [21].

Penentuan kadar asam secara titrasi

PRK digunakan sebagai indikator dalam titrasi HCl-NaOH, HCl-NH₄OH, sampel-NaOH, dan sampel-NH₄OH.

Titrasi larutan HCl: Larutan NaOH yang telah distandarisasi, dimasukkan ke dalam buret. Sebanyak 10 mL larutan HCl dimasukkan ke dalam labu titrasi, diteteskan tiga tetes PRK. Titrasi dilakukan hingga

PRK berubah warna dari kuning menjadi coklat kemerahan. Volume NaOH yang digunakan dapat dibaca pada skala buret. Langkah-langkah ini diulangi sebanyak tujuh kali. Prosedur yang sama dilakukan untuk larutan NH₄OH. Titrasi yang sama juga dilakukan untuk indikator metil merah (MM) dan fenolftalein (PP). Volume rata-rata NaOH dan NH₄OH yang digunakan, dan standar deviasi dibandingkan dengan titrasi dengan fenolftalein [21].

Titrasi sampel: Prosedur titrasi sampel mengikuti prosedur titrasi larutan HCl.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Standarisasi larutan NaOH and NH₄OH

NaOH dan NH₄OH merupakan larutan standar sekunder, sehingga kedua larutan ini harus distandarisasi dengan standar primer seperti asam oksalat (H₂C₂O₄·2H₂O). Adapun hasil standarisasi larutan NaOH dan NH₄OH dengan larutan H₂C₂O₄·2H₂O ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Standarisasi larutan NaOH and NH₄OH

Titran	Rerata volume NaOH ± SD (mL) ^a	Konsentrasi NaOH (M)	Rerata volume NH ₄ OH ± SD (mL) ^a	Konsentrasi NH ₄ OH (M)
10 mL H ₂ C ₂ O ₄ ·2H ₂ O 0.1 M	19,5067 ± 0,0115	0,1025	19,5167 ± 0,0289	0,1025

^aRata-rata volume ± SD dari tiga kali pengulangan pengukuran; SD= Standar deviasi

Penentuan konsentrasi larutan HCl dengan indikator PRK

Konsentrasi larutan HCl ditentukan dengan menggunakan larutan NaOH dan NH₄OH yang telah distandarisasi sebelumnya. Dalam titrasi ini digunakan indikator *phenolphthalein* (PP), *methyl red* (MR), dan pigmen rimpang kunyit (PRK). Adapun data konsentrasi HCl menggunakan ketiga indikator ini ditampilkan dalam Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Konsentrasi HCl yang dititrasi dengan NaOH 0,1025 M menggunakan ketiga indikator

Titran	Indikator	Rerata volume NaOH ± SD (mL) ^b	Perubahan warna Indikator	Konsentrasi HCl (M)
10 mL HCl	PP	9,8857 ± 0,0378	Tidak berwarna menjadi merah muda	0,1013
	MR	9,8857 ± 0,0378	Merah menjadi kuning	0,1013
	PRK	9,8715 ± 0,0488	Kuning menjadi merah bata	0,1012

^bRata-rata volume ± SD dari tujuh kali pengulangan; SD= Standar deviasi

Tabel 3. Konsentrasi HCl yang dititrasi dengan NH₄OH 0,1025 M menggunakan ketiga indikator

Titran	Indikator	Rerata volume NH ₄ OH ± SD (mL) ^b	Perubahan warna indikator	Konsentrasi HCl (M)
10 mL HCl	PP	9,8714 ± 0,0488	Tidak berwarna menjadi merah muda	0,1012
	MR	9,8714 ± 0,0488	Merah menjadi kuning	0,1012
	PRK	9,8643 ± 0,0476	Kuning menjadi merah bata	0,1011

Tabel 2 menunjukkan data titrasi larutan HCl dengan larutan standar NaOH menggunakan indikator PP, MR, dan TRP. Tabel 3 menunjukkan data titrasi larutan HCl dengan larutan standar NH₄OH menggunakan tiga indikator yang sama. Pada titrasi menggunakan indikator PP, larutan sebelum dititrasi tidak berwarna dan berubah menjadi merah muda pada titik akhir titrasi. Pada titrasi menggunakan MR, larutan sebelum titrasi berwarna merah dan kemudian berubah menjadi kuning pada titik akhir titrasi. Pada titrasi menggunakan TRP, larutan sebelum titrasi berwarna kuning, kemudian berubah menjadi merah bata pada titik akhir titrasi. TRP menunjukkan perubahan warna yang jelas pada titik akhir titrasi, seperti PP dan MR. Selanjutnya rata-rata volume NaOH dan HN₄OH pada Tabel 2 dan 3 menunjukkan nilai dan simpangan baku yang sama, baik pada titrasi menggunakan indikator TRP, PP, maupun MR. Begitu pula dengan konsentrasi HCl yang diperoleh menunjukkan nilai yang sama yaitu 0,101 M pada kedua titrasi dengan NaOH dan NH₄OH untuk ketiga indikator yang digunakan. Data pada Tabel 2 dan 3 menunjukkan bahwa TRP dapat digunakan sebagai indikator untuk titrasi HCl-NaOH dan HCl-NH₄OH seperti yang dilaporkan oleh Sundari (2016) [19].

Penentuan kadar HCl dalam sampel

Kadar HCl dalam sampel yang diperoleh secara titrasi menggunakan indikator PRK, PP dan MR dinyatakan dalam konsentrasi molaritas (M) dan miligram (mg) yang ditampilkan dalam Tabel 4 dan 5.

Tabel 4 menunjukkan data titrasi sampel dengan larutan standar NaOH, sedangkan Tabel 5 menunjukkan data titrasi sampel dengan larutan standar NH₄OH. Dari data pada Tabel 4 dan 5 diperoleh konsentrasi dan masa HCl dalam 1 tablet sampel obat. Pada titrasi sampel menggunakan larutan NaOH dan NH₄OH dengan indikator TRP diperoleh massa HCl berturut-turut adalah 149,98 mg dan 149,91 mg. Pada titrasi menggunakan indikator PP diperoleh massa HCl masing-masing sebesar 149,91 dan 149,87 mg. Pada titrasi menggunakan indikator

MR, diperoleh massa HCl masing-masing sebesar 149,91 dan 149,98 mg. Penggunaan TRP sebagai indikator untuk titrasi sampel HCl memberikan kinerja yang sama seperti PP dan MR. Data ini menunjukkan bahwa TRP dapat digunakan sebagai indikator untuk penentuan HCl dalam sampel dengan cara titrasi. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian Kopon dkk. (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan TRP sebagai indikator titrasi HCl-NaOH dan HCl-NH₄OH menunjukkan ketelitian dan akurasi yang baik [21].

Tabel 4. Kadar HCl dalam sampel yang dititrasi dengan NaOH 0,1025 M

Titran	Indikator	Rerata volume NaOH±SD (mL) ^b	Perubahan Warna indikator	HCl (M)	HCl (mg) ^c
10 mL sampel	PP	4,0071±0,0189	Tidak berwarna menjadi merah muda	0,0411	149,9055
	MR	4,0071±0,0189	Merah menjadi kuning	0,0411	149,9055
	PRK	4,0086±0,0199	Kuning menjadi merah bata	0,0411	149,9785

^cMasa HCl dalam 1 tablet sampel obat

Table 5. Kadar HCl dalam sampel yang dititrasi dengan NH₄OH 0,1025 M

Titran	Indikator	Rerata volume NH ₄ OH±SD (mL) ^b	Perubahan warna indikator	HCl (M)	HCl (mg) ^c
10 mL sampel	PP	4,0057±0,0151	Tidak berwarna menjadi merah muda	0,0411	149,8690
	MR	4,0086±0,0150	Merah menjadi kuning	0,0411	149,9785
	PRK	4,0071±0,0189	Kuning menjadi merah bata	0,0411	149,9055

4 KESIMPULAN

TRP dapat digunakan sebagai indikator visual untuk titrasi HCl-NaOH dan HCl-NH₄OH dan untuk penentuan asam dalam sampel. TRP memberikan perubahan warna yang jelas pada titik akhir, memberikan presisi yang baik, seperti yang ditunjukkan oleh MR dan PP. Volume rata-rata NaOH dan NH₄OH pada titrasi dengan TRP mendekati volume rata-rata NaOH dan NH₄OH pada titrasi dengan MR dan PP, begitupun dengan standar deviasinya. Diketahui kandungan HCl dalam sampel yang dititrasi dengan NaOH menggunakan indikator TRP, MR, dan PP masing-masing sebesar 149,98 mg, 149,91 mg, dan 149,91 mg. Kandungan HCl dalam sampel yang dititrasi dengan NH₄OH menggunakan ketiga indikator tersebut berturut-turut adalah

149,91 mg, 149,98 mg, dan 149,87 mg. Dengan demikian, TRP dapat digunakan sebagai indikator titrasi untuk penentuan HCl dalam percobaan titrasi di sekolah. Penggunaan TRP sebagai indikator lebih murah, mudah didapat, ramah lingkungan, dan mendukung *green chemistry* dibandingkan MR dan PP, namun penggunaan PRK selalu memerlukan preparasi setiap kali akan menggunakannya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat dengan No kontrak 117/ES/PG.02.00.PL/2024 yang telah mendanai penelitian ini, juga Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang yang telah mendukung penelitian ini.

REFERENSI

- [1] L. Kejla, P. Svoboda, J. Sedláček, and P. Šimáček, "Gravimetric titrations in a modern analytical laboratory: evaluation of performance and practicality in everyday use," *Chem Pap.*, vol. 76, pp. 2051–2058, 2022.
- [2] G. Sweta, G. Ashish, S. M. P, V. Durgahati, and S. S, "Investigation of Plant Source As Natural Indicators for Acid Base Titration To Reduce the Use of Harmful Chemicals in Some Extent," *Ijbpas*, vol. 7, no. 1, pp. 64–70, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/324570322>
- [3] P. Sharma *et al.*, "Plant Extracts as Acid Base Indicator: An Overview," *Inven. Rapid Planta Act.*, vol. 2013, no. 3, pp. 1–3, 2013, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/301200786_Plant_extract_as_acid_base_indicator_an_overview
- [4] N. Kapilraj, S. Keerthan, and M. Sithambaresan, "Natural Plant Extracts as Acid-Base Indicator and Determination of Their pKa Value," *J. Chem.*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/2031342.
- [5] F. Salvatore and M. M. Salvatore, "An Attractive Way of Developing the Concept of Systematic Titration Error of Visual Acid-Base Titrations (on the Basis of Logarithmic Acid-Base Diagrams)," *World J. Chem. Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–20, 2014, doi: 10.12691/wjce-2-1-3.
- [6] N. Pattarapongdilok, P. Malichim, N. Simmee, and J. Sichaem, "Natural Indicator for Acid-Base Titration from Thai Yellow Flower Extracts," *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, vol. 10, no. 1, pp. 24–28, 2019, doi: 10.18178/ijcea.2019.10.1.734.
- [7] E. Vadivel and S. D. Chipkar, "Eco-Friendly Natural Acid-Base Indicator Properties of Four Flowering Plants from Western Ghats," *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, vol. 8, no. 6, pp. 250–252, 2016, [Online]. Available: <https://innovareacademics.in/journals/index.php/ijpps/article/view/11555>

- [8] M. A. U. Leba, F. Komisia, and M. B. Tukan, "Karakter Pigmen Daun Adam Hawa Ungu (*Tradescantia pallida*) sebagai Indikator pH," *J. Penelit. Sains*, vol. 25, no. 2, pp. 174–179, 2023.
- [9] A. Falahudin, N. Insin, S. S. Yudha, and M. Adfa, "Green Synthesis of Gold Nanoparticles using *Peronea canescens* Leaves Extract and Their Catalytic Performance for Dyes and Nitro Compounds," *Melekul*, vol. 18, no. 2, pp. 236–242, 2023.
- [10] M. A. U. Leba *et al.*, "Exploring Purple Sweet Potato Pigment as An Eco-Friendly Titration Indicator for Acid Determination," *Trop. J. Nat. Prod. Res.*, vol. 8, no. 6, pp. 7403–7409, 2024.
- [11] S. Hadi, A. N. Artanti, Y. Rinanto, and D. S. C. Wahyuni, "Curcuminoid content of *Curcuma longa* L. and *Curcuma xanthorrhiza* rhizome based on drying method with NMR and HPLC-UV," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 349, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/349/1/012058.
- [12] T. D. S. F. Fagundes, K. D. B. Dutra, C. M. R. Ribeiro, R. D. A. Epifanio, and A. L. Valverde, "Using a Sequence of Experiments with Turmeric Pigments from Food to Teach Extraction, Distillation, and Thin-Layer Chromatography to Introductory Organic Chemistry Students," *J. Chem. Educ.*, vol. 93, no. 2, pp. 326–329, 2016, doi: 10.1021/acs.jchemed.5b00138.
- [13] S. J. Hewlings and D. S. Kalman, "Curcumin: A review of its effects on human health," *Foods*, vol. 6, no. 10, pp. 1–11, 2017, doi: 10.3390/foods6100092.
- [14] G. M. Iova *et al.*, "The antioxidant effect of curcumin and rutin on oxidative stress biomarkers in experimentally induced periodontitis in hyperglycemic wistar rats," *Molecules*, vol. 26, no. 5, pp. 1–12, 2021, doi: 10.3390/molecules26051332.
- [15] A. Bahadori and NG. Maroufi, "Volumetric Acid-Base Titration by using of Natural Indicators and Effects of Solvent and Temperature," *Austin Chromatogr.*, vol. 3, no. 1, pp. 1041–1044, 2016, [Online]. Available: <https://austinpublishinggroup.com/chromatography/fulltext/chromatography-v3-id1041.php>
- [16] S. H. Burungale and A. V. Mali, "Natural indicator as a eco-friendly in acid base titration," *J. Chem. Pharm. Res.*, vol. 6, no. 5, pp. 901–903, 2014.
- [17] S. ang Supharoek, K. Ponghong, W. Siriengkawut, and K. Grudpan, "Employing natural reagents from turmeric and lime for acetic acid determination in vinegar sample," *J. Food Drug Anal.*, vol. 26, no. 2, pp. 583–590, 2018, doi: 10.1016/j.jfda.2017.06.007.
- [18] M. A. U. Leba, M. B. Tukan, and F. Komisia, "pH Indicator Paper by Immobilizing Turmeric Rhizome Ethanol Extract on Filter paper," *J. Sains Nat.*, vol. 12, no. 2, pp. 45–53, 2022, [Online]. Available: <https://ejournalunb.ac.id/index.php/JSN/article/view/377>
- [19] R. Sundari, "Pemanfaatan dan efisiensi kurkumin kunyit (," vol. 22, no. 8, pp. 595–601, 2016.
- [20] G. C. Onuegbu, O. O. Nnorom, and G. O. Onyedika, "Comparative Study on the Acid-Base Indicator Properties of Natural Dye, Turmeric Rhizome (<i>Curcuma longa</i>) and Synthetic Dyes," *J. Text. Sci. Technol.*, vol. 09, no. 01, pp. 20–29, 2023, doi: 10.4236/jtst.2023.91002.
- [21] A. M. Kopon *et al.*, "Aplication of Turmeric Rhizome Pigment as Acid-Base Titration Indicator," *J. Sains Nat.*, vol. 12, no. 4, pp. 143–152, 2022.