

Potensi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai Bioreduktor Untuk Biosintesis Nanopartikel

Hawa Aritma Sunarko Putri, Rahmi Oktarini, Sri Redjeki, Rachmad Ramadhan Yogaswara*

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Jl. Raya Rungkut Madya No. 1, Surabaya - Jawa Timur 60294.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 8 April 2024

Direvisi: 14 Mei 2024

Diterima: 24 Juni 2024

Kata kunci:

Biosintesis

Kulit Buah Naga

Nanopartikel ZnO

Keywords:

Biosynthesis

Dragon Fruit Peel

ZnO Nanoparticle

Penulis Korespondensi:

Rachmad Ramadhan Yogaswara

Email:

r.yogaswara.tk@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Salah satu jenis antioksidan yang biasanya terdapat pada tanaman seperti buah, kulit, daun, dan lain-lain adalah flavonoid. Selain itu, flavonoid dapat digunakan untuk pembentukan nanopartikel (NPs) sebagai bioreduktor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pemanfaatan ekstrak kulit buah naga merah sebagai bioreduktor pada sintesis nanopartikel seng oksida dari prekursor seng nitrat menggunakan metode biosintesis. Kulit buah naga merah dimaserasi untuk mendapatkan flavonoid. Seng nitrat digunakan sebagai prekursor untuk membuat ZnO NP. Pada hasil analisis spektrofotometri UV-VIS menunjukkan bahwa flavonoid total yang terkandung dalam ekstrak adalah sebesar $5,6 \times 10^{-4}$ mg QE/g. Dengan uji FTIR nanopartikel ZnO diketahui mengandung gugus OH yang ditandai dengan *peak* di daerah $3374,10 \text{ cm}^{-1}$. Hasil XRD menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO memiliki bentuk *wurtzite* heksagonal. Hasil SEM-EDX menunjukkan nanopartikel ZnO yang terbentuk memiliki ukuran sebesar 157-174 nm dan terkandung komposisi penyusun yaitu 69,41% seng dan 29,35% oksigen. Nanopartikel ZnO memiliki efek antikanker yang dapat digunakan dalam obat antikanker, yang dapat secara efisien menekan sitoksisitas sinergis pada garis sel leukemia di bawah iradiasi UV.

One type of antioxidant that is usually found in plants such as fruit, skin, leaves, and others is flavonoids. In addition, flavonoids can be used for the formation of nanoparticles (NPs) as a bioreduktor. The purpose of this study was to examine the utilization of red dragon fruit peel extract as a bioreduktor in the synthesis of zinc oxide nanoparticles from zinc nitrate precursors using the biosynthesis method. Red dragon fruit peel was macerated to obtain flavonoids. Zinc nitrate was used as a precursor to make ZnO NPs. UV-VIS spectrophotometric analysis showed that the total flavonoids contained in the extract were 5.6×10^{-4} mg QE/g. By FTIR test, ZnO nanoparticles are known to contain OH groups characterized by a peak in the 3374.10 cm^{-1} region. XRD results show that ZnO nanoparticles have a hexagonal wurtzite shape. SEM-EDX results show that the ZnO nanoparticles formed have a size of 157-174 nm and contain the constituent composition of 69.41% zinc and 29.35% oxygen. ZnO nanoparticles have anticancer effects that can be used in anticancer drugs, which can efficiently suppress synergistic cytotoxicity in leukemia cell lines under UV irradiation.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Nanoteknologi menawarkan pembuatan dan aplikasi yang unggul di berbagai bidang, seperti farmasi (pembuatan obat), industri kosmetik (filter UV), dan lain-lain, akhir-akhir ini nanoteknologi telah menarik perhatian banyak peneliti, baik dari kalangan akademis maupun industri (Hasan et al., 2012). Salah satu aplikasi nanoteknologi adalah nanopartikel dengan ukuran nano kurang dari 100 nm (Nalawati et al., 2021). Biosintesis adalah istilah untuk proses biologis dalam menciptakan nanopartikel. Salah satu cara yang tepat untuk menggunakan konsep industri hijau dan bergerak menuju *net-zero emissions* adalah melalui biosintesis (F. S. Arifin, 2022).

Seng oksida (ZnO) merupakan jenis semikonduktor yang tergolong dalam grup II-VI dan memiliki lebar celah pita sebesar 3,2 eV pada kondisi suhu ruangan. Sifat-sifat ramah lingkungan, ketidakberacunan, dan ketahanan terhadap korosi membuat oksida logam dalam ZnO menjadi bahan yang menarik untuk diteliti dan dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi., seperti antibakteri, antioksidan, antikanker, pelindung dari sinar matahari, dan lain-lain (Yunita et al., 2020). Nanopartikel seng oksida memiliki kemampuan untuk menyerap sinar ultraviolet (UV) dan dapat ditambahkan sebagai lapisan pelindung UV pada bahan tekstil (Sugiyana et al., 2017). Nanopartikel seng oksida dapat diproduksi menggunakan bahan biologis sebagai agen pereduksi alami yang mengandung flavonoid atau antioksidan, dimana komponen tersebut dapat mereduksi seng oksida (Susanti et al., 2021).

Buah naga merupakan buah yang berasal dari wilayah tropis dan subtropis dan umumnya dibudidayakan di beberapa negara seperti Indonesia, Taiwan, Vietnam, Malaysia, dan Filipina (Aryanta, 2022). Buah ini termasuk dalam famili kaktus (*Cactaceae*). Terdapat dua varietas utama dari buah naga, yaitu buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dan buah naga putih (*Hylocereus undatus*) (Phongtongpasuk et al., 2016). Kulit buah naga umumnya terbuang karena orang hanya memakan dagingnya saja. Daging dan kulit buah keduanya mengandung bahan kimia antioksidan. Senyawa antioksidan terdapat pada daging buah dan juga terdapat pada kulit buah (Manihuruk et al., 2017).

Kandungan ekstrak kulit buah naga tersebut mencakup berbagai metabolit sekunder seperti terpenoid dan flavonoid yang memiliki sifat antioksidan, sehingga bagian tersebut berpotensi berperan sebagai agen bioreduktor (Taba et al., 2019). Flavonoid dapat berperan sebagai bioreduktor dan stabilisator dalam biosintesis ZnO NPs karena senyawa ini memiliki gugus hidroksil (OH) yang dapat mendonorkan elektronnya kepada ion Zn^{2+} dengan menggunakan prekursor tambahan sehingga terbentuk nanopartikel ZnO (B. Arifin & Ibrahim, 2018). Prekursor adalah bahan dasar yang digunakan untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang berbeda dari penyusunnya (Ningsih, 2016).

Rencana studi ini akan merujuk pada penelitian sebelumnya sebagai landasan dan analisis perbandingan. Penelitian sebelumnya, yang dipimpin oleh (R. Sari et al., 2013), akan menjadi dasar untuk kajian yang akan dilakukan dimana digunakan ekstrak kulit *Ananas Comosusukuran* sebagai bioreduktor dan ukuran nanopartikel ZnO yang didapatkan adalah 510-560 nm. Selain itu, (R. N. Sari et al., 2017) dengan ekstrak rumput laut hijau *Caulerpa sp.* menghasilkan ukuran nanopartikel ZnO sebesar 370,72 nm.

Berdasarkan latar belakang penelitian sebelumnya, karena harga seng nitrat tetrahidrat lebih terjangkau dibandingkan dengan prekursor lainnya, para peneliti bermaksud untuk menggunakannya sebagai prekursor. Sejumlah penelitian telah berhasil mensintesis ZnO NPs dengan menggunakan seng nitrat tetrahidrat sebagai prekursor (Amanda et al., 2022). Mengenai bioreduktor yang akan digunakan yaitu ekstrak kulit buah naga, perlu diingat bahwa antara 30 hingga 35 persen kulit buah naga sering kali dibuang menjadi sampah. Pemeriksaan kuantitatif komponen flavonoid total akan menggunakan analisis spektrofotometri menggunakan UV-Vis. Flavonoid mengandung sistem aromatik yang terkonjugasi, menunjukkan pita serapan yang signifikan dalam rentang spektrum cahaya tampak dan ultraviolet (Aminah et al., 2017). Nanopartikel ZnO yang dihasilkan dari biosintesis menggunakan bioreduktor dari ekstrak kulit buah naga memiliki potensi digunakan dalam bidang medis sebagai antikanker karena adanya kemampuan ZnO NP menghancurkan sel tumor dengan kerusakan minimal pada sel-sel sehat, kulit buah naga juga mengandung senyawa yang efektif sebagai agen anti bakteri dan antioksidan alami (Victoria et al., 2022). Penelitian tentang morfologi permukaan ZnO, analisis ukuran partikel, serta kandungan dalam nanopartikel, menggunakan metode Analisis Mikroskop Elektron Terpindai-Berkas Energi-X (SEM-EDX), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Fourier Transform Infra-red* (FT-IR) (Rozi & Astuti, 2016).

II. METODE

Pada sintesis ZnO nanopartikel, digunakan prekursor seng nitrat tetrahidrat dengan konsentrasi 0,05 M sebanyak 95; 85; 75; 65; dan 55 (ml) yang ditambahkan dengan ekstrak kulit buah naga masing-masing sebesar 5; 15; 25; 35; dan 45 (% v/v). Kemudian dicampur menggunakan alat *magnetic stirrer* pada suhu 80°C dan kecepatan 700 rpm selama 3 jam. Setelah itu, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 1 jam sebelum dikalsinasi. Proses kalsinasi menggunakan *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam. Gas hidrogen dan H₂O pada seng hidroksida Zn(OH)₂ dihilangkan pada saat proses kalsinasi sehingga diperoleh produk serbuk seng oksida (ZnO) dengan kemurnian yang lebih tinggi (Meilianti, 2018).

2.1 Analisis Spektrofotometri UV-Vis

Prosedur analisis kuantitatif flavonoid total berpatokan pada metode Chang dengan beberapa konsentrasi kuersetin sebagai larutan standar (Chang et al., 2002). Sebanyak 25 mg kuersetin standar diukur dan diencerkan dalam larutan etanol sebanyak 25 mL (1000 ppm). Kemudian, 1 mL dari larutan kuersetin standar (1000 ppm) dicampur dengan etanol hingga volumenya mencapai 10 mL, sehingga konsentrasinya menjadi 100 ppm.

Larutan standar kuersetin dijadikan dasar untuk menciptakan lima variasi konsentrasi, yaitu 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Kemudian, diambil 1 mL dari masing-masing lima konsentrasi larutan dan dicampur dengan 0,1 mL AlCl₃ 10%. Dilanjutkan dengan penambahan 0,1 mL larutan Natrium Asetat ber konsentrasi 1 M dan 2,8 mL aquades. Campuran kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruangan, dan absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 435 nm.

Adapun setelah melakukan uji spektrofotometri UV-Vis diperlukan perhitungan agar persentase konsentrasi flavonoid dalam ekstrak kulit buah naga merah dapat diketahui, dimana sebelum menghitung persentase konsentrasi, dibutuhkan data massa flavonoid dalam ekstrak dengan Persamaan 1.

$$m_1 = V \times M_1 \quad (1)$$

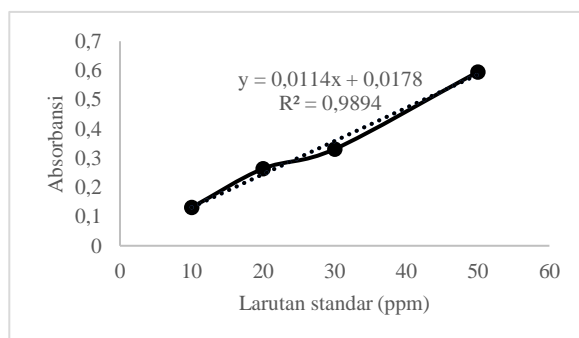
dimana m_1 merupakan massa flavonoid dalam ekstrak, V sebagai volume yang digunakan dalam maserasi, dan M_1 sebagai konsentrasi ekstrak yang terbaca dalam spektrofotometer UV-Vis. Setelah mengetahui nilai massa flavonoid dalam ekstrak, barulah menghitung % konsentrasi flavonoid dalam ekstrak dengan Persamaan 2.

$$\% \text{Konsentrasi} = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \quad (2)$$

dimana m_2 merupakan massa buah naga yang digunakan dalam maserasi.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Kandungan Total Flavonoid dalam Ekstrak Kulit Buah Naga Merah



Gambar 1 Hasil Uji Spektrofotometri UV-Vis

Metode UV-Vis spektrofotometri digunakan untuk menganalisis total flavonoid dalam ekstrak kulit buah naga merah. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi flavonoid sebesar 185,2 ppm pada panjang gelombang 435 nm, menggunakan metode maserasi, seperti yang terlihat dalam Gambar 1.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kadar total flavonoid dalam ekstrak tersebut, yang tercantum dalam Tabel 1. Konsentrasi flavonoid tersebut digunakan dalam persamaan regresi linier larutan standar $y = 0,0114x + 0,0178$, dengan koefisien korelasi sebesar 0,9894, sehingga kadar total flavonoid dalam ekstrak kulit buah naga merah diestimasi sebesar 0,000559 mg QE/g atau 0,00006%. Kadar tersebut masih terbilang kecil dibandingkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Paramita (2015) dimana kadar flavonoid yang dihasilkan dari ekstraksi kulit buah naga merah menggunakan pelarut etanol 70% adalah 0,14 mg QE/g atau 0,014%.

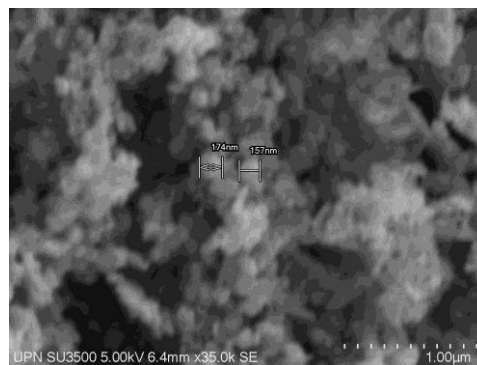
Tabel 1 Total Flavonoid

Satuan	Hasil Penelitian	Hasil Penelitian (Paramita et al., 2015)
mg QE/g	0,000559	0,14
%	0,00006	0,014

Perbedaan yang signifikan tersebut dapat disebabkan oleh proses maserasi yang kurang maksimal, senyawa metabolit sekunder tidak terekstraksi maksimal, serta suhu pengeringan kulit buah yang terlalu tinggi yang dapat merusak senyawa metabolit sekunder. Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu maserasi, intensitas cahaya, dan pH dapat mempengaruhi kadar metabolit sekunder (Utomo et al., 2020).

3.2 Karakteristik Nanopartikel ZnO

3.2.1 Analisis SEM-EDX



Gambar 2 Hasil Uji SEM-EDX Nanopartikel ZnO Variabel 35% v/v dengan Perbesaran 35.000 kali

Hasil analisa SEM-EDX dapat ditinjau pada gambar di atas, dimana pada gambar dapat diketahui bahwa nanopartikel ZnO yang terbentuk memiliki ukuran diameter 157-174 nm, berbentuk *spherical agglomerates* yang menyerupai seperti sekumpulan buah anggur. Hal tersebut berbeda dari hasil penelitian yang dilakukan oleh (R. Sari et al., 2013) dimana Sari menggunakan ekstrak kulit *Ananas Comosusukuran* sebagai bioreduktor dan ukuran nanopartikel ZnO yang didapatkan adalah 510-560 nm. Selain itu, (R. N. Sari et al., 2017) dengan ekstrak rumput laut hijau *Caulerpa sp.* menghasilkan ukuran nanopartikel ZnO sebesar 370,72 nm. Maka dapat disimpulkan bahwa keberadaan kandungan flavonoid dalam ekstrak kulit buah naga merah dapat mereduksi dan menstabilkan nanopartikel dalam pembentukannya sehingga partikel yang didapatkan lebih kecil. Nanopartikel yang memiliki diameter <1000 nm dapat diterima sebagai zat pembawa berukuran nano yang dapat digunakan dalam industri farmasi (Vasquez et al., 2016).

Tabel 2 Hasil Smart Quart SEM-EDX

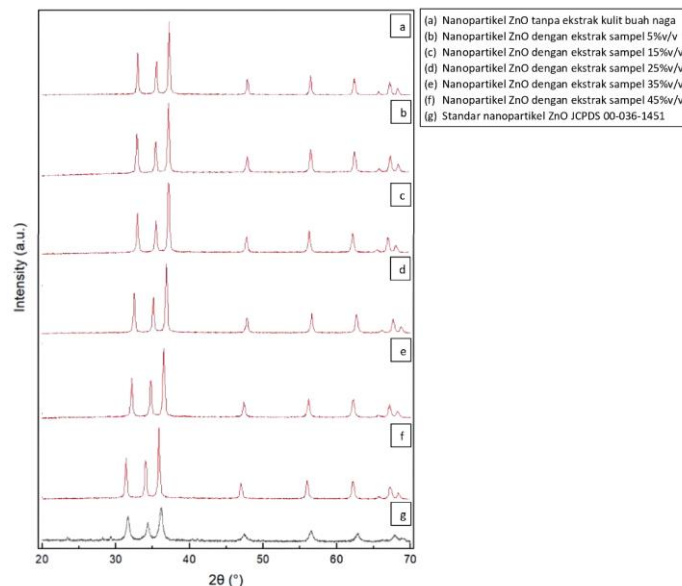
Komponen	Berat (%)
Zn	69,41
O	29,35
Si	1,24

Dari tabel di atas, prosedur biosintesis NPs menggunakan ekstrak kulit buah naga pada percobaan ini terbukti dapat menghasilkan komponen Zn dan O secara dominan. Kemunculan silika sebagai zat pengotor dipengaruhi oleh beberapa sebab, yaitu bisa dari bahan baku yang terkontaminasi

dan/atau alat yang digunakan tidak steril (Wijayanti & Rahmadhia, 2021). Keberadaan komponen silika terhadap sampel nanopartikel ZnO biosintesis juga dapat dipengaruhi oleh penambahan pupuk dalam perawatan buah naga, dimana pupuk memiliki kandungan unsur hara silika yang berfungsi sebagai pembentuk lapisan ganda kutikula (Triadiati, T. et al., 2019).

3.2.2 Analisis XRD

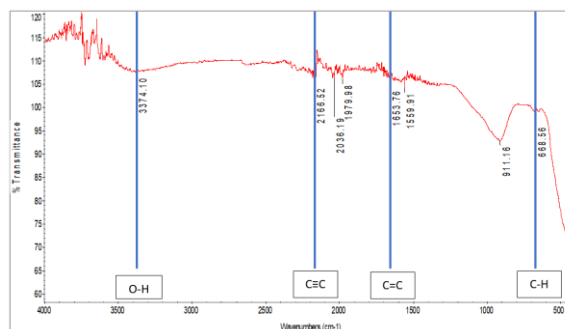
Pengujian XRD dilakukan dengan sudut pengukuran *long range order* ($\theta - 2\theta$). Tujuan Analisa XRD untuk menentukan kristalinitas, fase, dan kemurnian partikel yang terkandung di dalamnya. Pola grafik tersebut kemudian dicocokkan dengan standar senyawa ZnO (Morris et al., 1985). Gambar 3 menunjukkan kemiripan pola grafik antara kesemua sampel yang diuji dengan standar ZnO. Dimana adanya *peak* yang signifikan pada sudut $30-38^\circ$, munculnya *peak* yang signifikan ini menunjukkan terdapat kandungan ZnO yang dibuat dengan metode sintesis menggunakan ekstrak kulit buah naga merah. Dari kecocokan grafik tersebut dapat diketahui pula bentuk nanopartikel ZnO yang terbentuk yaitu *hexagonal wurtzite*. Dimana ketajaman puncak yang ada pada grafik menunjukkan kristalinitas sampel dan tidak adanya puncak sekunder lain, atau dengan kata lain sampel tersebut memiliki kemurnian tinggi.



Gambar 3 Hasil Uji XRD

3.2.3 Analisis FTIR

Dari gambar 4, dibuktikan bahwa nanopartikel ZnO yang terbentuk dari hasil biosintesis memiliki beberapa posisi *peak*, dimana titik-titik puncak tersebut kemudian dicocokkan dengan data *IR absorption standard* (Skoog et al., 2018) untuk mencari gugus fungsi yang dimiliki sampel. Keberadaan *peak* pada $3374,10\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus O-H pada alkohol dan fenol. Lalu pada *peak* $2166,52\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan kemungkinan hadirnya gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ alkuna. *Peak* $1653,76\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus $\text{C}=\text{C}$ cincin aromatik. Serta *peak* $668,56\text{ cm}^{-1}$ yang berarti sampel memiliki gugus C-H alkana. Stabilitas nanopartikel ZnO dapat dipengaruhi oleh gugus amino bebas yang berinteraksi dengan permukaan seng. Gugus fungsi seperti $-\text{CO}-\text{C}-$; $-\text{CO}-$; dan $-\text{C}=\text{C}-$ merupakan turunan heterokompleks, yaitu turunan dari protein yang terkandung dalam ekstrak kulit buah naga dan bertindak sebagai *capping agent* dalam biosintesis nanopartikel ZnO. Selain itu, asam fenolik dan senyawa flavonoid dapat menjadi reduktor untuk Zn^{2+} dikarenakan sifatnya yang mudah larut di air (Peletiri et al., 2012).



Gambar 4 Hasil Uji FTIR Nanopartikel ZnO

IV. KESIMPULAN

Ekstrak kulit buah naga telah digunakan secara efektif sebagai bioreduktor dalam biosintesis nanopartikel ZnO. Pada hasil analisis spektrofotometri UV-VIS menunjukkan bahwa flavonoid total yang terkandung dalam ekstrak adalah sebesar $5,6 \times 10^{-4}$ mg QE/g. Dengan uji FTIR nanopartikel ZnO diketahui mengandung gugus OH yang ditandai dengan *peak* di daerah $3374,10 \text{ cm}^{-1}$. Hasil XRD menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO memiliki bentuk *hexagonal wurtzite*. Hasil SEM-EDX menunjukkan kandungan komposisi penyusun yang ada di dalam nanopartikel ZnO, yaitu terdiri dari 69,41% seng dan 29,35% oksigen. Nanopartikel ZnO yang terbentuk memiliki ukuran sebesar 157-174 nm.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanda, N. A., Ramadhika, N. F., Bahtiar, A., Safriani, L., & Aprilia, A. (2022). Pengaruh Jenis Prekursor Terhadap Karakteristik Partikel ZnO Beserta Pengujian Sifat Fotokatalitiknya. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 12(01), 08. <https://doi.org/10.24198/jme.v12i01.40511>
- Aminah, A., Tomayahu, N., & Abidin, Z. (2017). Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill.) dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 4(2), 226–230. <https://doi.org/10.33096/jffi.v4i2.265>
- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal Zarah*, 6(1), 21–29.
- Arifin, F. S. (2022). Biosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs) Menggunakan Ekstrak Daun Kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 56–63. <https://doi.org/10.32734/jtk.v11i2.9127>
- Aryanta, I. W. R. (2022). Manfaat Buah Naga Untuk Kesehatan. *Widya Kesehatan*, 4(2).
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Hasan, A. E. Z., Artika, I. M., Fahri, V. R., & Sari, N. (2012). Penerapan Teknologi Nanopartikel untuk Sediaan Obat (Antibiotik Berbasis Bahan Alam, Propolis *Trigona* spp). *Chem. Prog*, 5(1), 1–6.
- Manihuruk, F. M., Suryati, T., & Arief, I. I. (2017). Effectiveness of the red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel extract as the colorant, antioxidant, and antimicrobial on beef sausage. *Media Peternakan*, 40(1), 47–54. <https://doi.org/10.5398/medpet.2017.40.1.47>
- Meilianti, M. (2018). Isolasi Kalsium Oksida (CaO) pada Cangkang Sotong (Cuttlefish) dengan Proses Kalsinasi Menggunakan Asam Nitrat dalam Pembuatan Precipitated Calcium Carbonat (PCC). *Jurnal Distilasi*, 2(1), 1–8.
- Morris, M. C., McMurdie, H. F., Evans, E. H., Paretzkin, B., Parker, H. S., Wong-Ng, W., & Gladhill, D. M. (1985). Standard X-Ray Diffraction Powder Patterns. In *International Centre for Diffraction Data*.
- Nalawati, A.N., Suyatma, N.E., & Wardhana, D.I. (2021). Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg) dengan Bioreduktor Ekstrak Biji Jarak Pagar dan Kajian Aktivitas Antibakterinya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 32(1), 98–106. <https://doi.org/10.6066/jtip.2021.32.2.98>
- Ningsih, S. K. W. (2016). *Sintesis Anorganik*. UNP press.

- Paramita, V., Abidin, Z., Wikanta, D. K., Aini, F. N., & Adiatma, A. L. (2015). Emulsifikasi Ekstrak Kulit dan Buah Naga Merah Menggunakan Xanthan gum: Analisis Kadar Fenolik, Kadar Flavonoid dan Kestabilan Emulsi. *Metana*, 11(02), 13–20.
- Peletiri, I. C., Matur, B. M., Ihongbe, J. C., & Okoye, M. (2012). The Effect of *Azadirachta indica* (Neem Tree) On Human Plasmodiasis: The Laboratory Perspective. *Global Research Journal of Medical Sciences*, 2(1), 13–017.
- Phongtongpasuk, S., Poadang, S., & Yongvanich, N. (2016). Environmental-friendly Method for Synthesis of Silver Nanoparticles from Dragon Fruit Peel Extract and their Antibacterial Activities. *Energy Procedia*, 89, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.05.031>
- Rozi, T. Y., & Astuti. (2016). Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Sintesis Nanopartikel Silika Pantai Purus Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), 351–356. <https://doi.org/10.25077/jfu.5.4.351-356.2016>
- Sari, R., Mustari, F. N. A., & Wahdaningsih, S. (2013). Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pontianak Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Majalah Obat Tradisional*, 18(2), 121–126.
- Sari, R. N., Nurhasni, N., & Yaqin, M. A. (2017). Green Synthesis Nanoparticle ZnO Sargassum sp. Extract and The Products Characteristic. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 238. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17905>
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2018). *Principles of Instrumental Analysis*. Cengage Learning.
- Sugiyana, D., Septiani, W., Mulyawan, A. S., & Wahyudi, T. (2017). Sintesis Nanopartikel ZnO dan Immobilisasinya Pada Kain Kapas Sebagai Absorber Ultraviolet, Synthesis Of ZnO Nanoparticles And Its Immobilization On Cotton Fabric As Ultraviolet Absorber. *Arena Tekstil*, 32(2), 59–66.
- Susanti, S., Ramadhani, F., Soraya, M., & Afriani, F. (2021). Potensi Green-Synthesis Nanopartikel Perak Berbasis Bahan Floral Di Indonesia: Sebuah Review. *Proceedings of National Colloquium Research and Community Service*, 174–176.
- Taba, P., Parmitha, N. Y., & Kasim, S. (2019). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Bioreduktor Dan Uji Aktivasnya Sebagai Antioksidan. *Indo. J. Chem. Res.*, 7(1), 51–60. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.7-ptb>
- Triadiati, T., Muttaqin, M., & Saidah Amalia, N. (2019). Growth, Yield, and Fruit of Melon Quality Using Silica Fertilizer. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(4), 366–374. <https://doi.org/10.18343/jipi.24.4.366>
- Utomo, D. S., Kristiani, E. B. E., & Mahardika, A. (2020). The Effect of Growth Location on Flavonoid, Phenolic, Chlorophyll, Carotenoid and Antioxidant Activity Levels in Horse Whip (*Stachytarpheta Jamaicensis*). *Bioma*, 22(2), 143–149.
- Vasquez, R. D., Apostol, J. G., de Leon, J. D., Mariano, J. D., Mirhan, C. M. C., Pangan, S. S., Reyes, A. G. M., & Zamora, E. T. (2016). Polysaccharide-mediated green synthesis of silver nanoparticles from *Sargassum siliquosum* J.G. Agardh: Assessment of toxicity and hepatoprotective activity. *OpenNano*, 1, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.onano.2016.03.001>
- Victoria, J. A., Isnaeni, I., & Sugihartono, I. (2022). Review Zinc Oxide (Zno) Nanopartikel Sebagai Pengobatan Kanker. ... *Fisika (E-Journal)*, X, 43–48.
- Wijayanti, N. R. A., & Rahmadhia, S. N. (2021). Analisis Kadar Pati Dan Impurities Tepung Tapioka. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 16(2), 23. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v16i2.4546>
- Yunita, Y., Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2020). Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent. *Positron*, 10(2), 44. <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.42136>