

HISTORY OF MANUSCRIPT PUBLICATION

Jurnal Praxis (Sinta 5)

Judul :

Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto (*Medinilla speciosa*) dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan

Penulis:

Novita I Putri*, Ivan Wijaya, Yohanes Alan Sarsita Putra, Berndeta Soedarini, Alberta Rika Pratiwi, Victoria Kristina Ananingsih


Contents

1. Submission confirmation
2. Decision : revision required
3. Reviewer comments (Reviewer A and B)
4. Revised Manuscript
5. Accepted Confirmation
6. Final Article and Published Version

HISTORY OF MANUSCRIPT PUBLICATION

Novita Ika Putri

I. Submission confirmation

 Outlook

[praxis] Submission Acknowledgement

From Dr. T. Trihoni Nalesti Dewi, SH., M.Hum. <admin.journal@unika.ac.id>

Date Tue 05/11/2024 10:44

To Novita Ika Putri <novitaika@unika.ac.id>

Novita Ika Putri:

Thank you for submitting the manuscript, "Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik Dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan" to Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<https://journal.unika.ac.id/index.php/praxis/author/submission/12684>

Username: novitaika

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Dr. T. Trihoni Nalesti Dewi, SH., M.Hum.

Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring


PRAXIS

<http://journal.unika.ac.id/index.php/praxis>

HISTORY OF MANUSCRIPT PUBLICATION

Novita Ika Putri

II. Decision revision required

 Outlook

[praxis] Editor Decision: Revision Required

From Mr. Blasius Panditya Tri Danardana, MBA <admin.journal@unika.ac.id>

Date Mon 25/11/2024 08:28

To Novita Ika Putri <novitaika@unika.ac.id>

Dear Ms. Novita Ika Putri,

We have reached a decision regarding your submission to Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring, "Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik Dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan".

Our decision is: "revision required"

Mr. Blasius Panditya Tri Danardana, MBA
Soegijapranata Catholic University
Phone 087882260273
panditya@unika.ac.id

PRAXIS

<http://journal.unika.ac.id/index.php/praxis>

HISTORY OF MANUSCRIPT PUBLICATION

Novita Ika Putri

III. Reviewers' comments

Reviewer A

Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan

[Author]

Abstract

Medinilla speciosa, or Parijoto, is a plant with reddish-purple skin and bright yellowish-red flesh found around Mount Muria, Kudus, Central Java. Parijoto is known for its anti-inflammatory, anticancer, antibacterial, antidiabetic, and antioxidant properties due to its secondary metabolites, especially anthocyanins, which are highly unstable and degrade during extraction, processing, and storage. Nanodispersion, a system that disperses nano-sized particles, improves solubility and homogeneity, helping stabilize anthocyanins. This study investigates the impact of storage temperatures on Parijoto nanodispersion stability by analyzing physical (particle size, zeta potential, polydispersity index) and chemical (pH, absorbance, encapsulation efficiency, turbidity, % transmittance) characteristics. Samples were stored at refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), and room temperature ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) with Tween 80 as a stabilizer. Analysis was conducted over 28 days at 7-day intervals. Findings indicate that refrigerated storage yielded the best physical and chemical stability, with consistent pH, turbidity, transmittance, absorbance, anthocyanin content, encapsulation efficiency, and favorable particle size and polydispersity index. However, potential long-term instability was noted due to suboptimal zeta potential and conductivity.

Keywords: *Medinilla speciosa*, nanodispersion, storage stability, anthocyanin

Abstrak

Medinilla speciosa, atau Parijoto, adalah tanaman dengan kulit berwarna merah keunguan dan daging buah berwarna merah kekuningan yang tumbuh di sekitar Gunung Muria, Kudus, Jawa Tengah. Parijoto dikenal memiliki sifat antiinflamasi, antikanker, antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan berkat kandungan metabolit sekundernya, terutama antosianin, yang sangat tidak stabil dan rentan mengalami degradasi selama ekstraksi, pengolahan, dan penyimpanan. Nanodispersi, sistem yang mendispersikan partikel berukuran nano, dapat meningkatkan kelarutan dan homogenitas, sehingga membantu menstabilkan antosianin. Penelitian ini mengkaji pengaruh suhu penyimpanan terhadap stabilitas nanodispersi Parijoto dengan menganalisis karakteristik fisik (ukuran partikel, zeta potensial, indeks polidispersitas) dan kimia (pH, absorbansi, efisiensi enkapsulasi, turbiditas, % transmitansi). Sampel disimpan pada suhu refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), AC ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) dengan Tween 80 sebagai stabilisator. Analisis dilakukan selama 28 hari dengan interval 7 hari. Hasil menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu refrigerator memberikan stabilitas fisik dan kimia terbaik, dengan pH, turbiditas, transmitansi, absorbansi, kandungan antosianin, efisiensi enkapsulasi yang stabil, serta ukuran partikel dan indeks polidispersitas yang baik. Namun, ketidakstabilan jangka panjang mungkin terjadi akibat nilai zeta potensial dan konduktivitas yang kurang optimal.

Commented [fa1]: Beri nama ilmiahnya

Commented [fa2]: in a refrigerator

Kata Kunci: *Medinilla speciosa*, nanodispersi, stabilitas penyimpanan, antosianin

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Melihat kehidupan modern saat ini, **dimana** bidang pangan mendapatkan posisi penting dalam perkembangan kehidupan, menuntut adanya inovasi - inovasi baru termasuk dalam industri pangan. Salah satu inovasi yang menarik dalam bidang pangan adalah nanodispersi. Nanodispersi dibuat dengan memecah ukuran kristal nutraceutical menjadi ukuran nano disertai penambahan polimer ampifilik atau surfaktan dengan tujuan untuk menstabilkan campuran. Namun, penggunaan nanodispersi dalam bidang pangan masih mempunyai kelemahan, yaitu perlu adanya emulsifier food grade dengan efikasi tinggi dan harus dapat mencegah Ostwald ripening pada nanodispersi. (Qian et al., (2012) dalam Zhang et al., (2015).

Dalam pembentukan fase pada nanodispersi, diperlukan adanya suatu agen berupa surfaktan. Tween-80 merupakan surfaktan dengan sifat bioavailabilitas dan biokompatibilitas yang tinggi. Selain itu, tween-80 merupakan surfaktan bersifat non-ionik dan juga non-toksik. **Dalam keseharian**, tween-80 dimanfaatkan dalam industri farmasi (Sharma et al., 2020). Surfaktan mampu mengurangi tegangan permukaan pada nanoteknologi (Ayirala et al., 2020).

Dalam bidang nanodispersi, pemanfaatan bahan pangan menjadi pangan fungsional perlu memperhatikan berbagai hal seperti kandungan dan karakteristik bahan pangan tersebut. Salah satu bahan pangan yang dapat dimanfaatkan menjadi pangan fungsional adalah buah parijoto (*Medinilla speciosa*).

Buah parijoto adalah jenis tanaman epifit yang dapat tumbuh baik di dataran tinggi sekitar 800 hingga 2.300 meter diatas permukaan laut dan relatif lembab. *Medinilla speciosa* mengandung senyawa metabolit sekunder seperti glikosida, antosianin, saponin, tanin, alkaloid dan flavonoid yang mempunyai peran sebagai antiinflamasi, antikanker, antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan.

Dari semua kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada buah parijoto, senyawa antosianin menjadi kandungan yang paling utama (Vifta et al., 2021). Sayangnya, senyawa antosianin merupakan senyawa yang sangat rentan mengalami degradasi dan sangat tidak stabil. Menurut Chen & Stephen (2019), faktor yang dapat mempengaruhi kualitas antosianin adalah keberadaan ion logam, protein, suhu penyimpanan, pH, pelarut, struktur kimia, cahaya, dan juga oksigen.

Tingginya suhu serta pH dapat menyebabkan perubahan warna pada antosianin. Melihat kelemahan dari senyawa antosianin, maka diperlukan adanya perlakuan nanodispersi yang tepat dan juga sesuai. Menurut Chen & Stephen (2019), nanodispersi merupakan metode yang mampu menjaga sekaligus meningkatkan stabilitas, bioaktivitas, dan bioavailabilitas antosianin suatu bahan. Selain itu, dibutuhkan perlakuan tambahan guna menjaga kestabilan antosianin yang terdapat dalam nanodispersi ekstrak parijoto.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amperawati et al (2019), salah satu faktor yang dapat menentukan stabilitas kandungan antosianin dalam nanodispersi adalah suhu, dimana antosianin dalam nanodispersi mengalami penurunan sejalan dengan adanya peningkatan suhu dan tidak terlalu terpengaruh oleh oksigen. Menurut Cheong et al (2018), suhu penyimpanan memiliki peran yang cukup penting dalam menjaga kestabilan nanodispersi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Cheong et al (2018) suhu 4°C merupakan suhu penyimpanan yang paling optimal untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan dalam nanodispersi. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet,

Commented [fa3]: dimana bukan kata sambung, mohon ganti kalimatnya.

Commented [fa4]: hapus

Commented [fa5]: seluruh et al. dalam manuskrip bahasa indonesia ditulis miring

Commented [fa6]: kurang cocok. Mohon diganti katanya atau kalimatnya

Commented [fa7]: diganti Pada, mengingat terlalu banyak kata dalam di manuskrip ini

Commented [fa8]: semua nama spesies harus di cetak miring

Commented [fa9]: jika sudah disebutkan pada awal manuskrip penulisan cukup *M. speciosa*. Jangan lupa italic

Commented [fa10]: beri simbol yang benar

sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi. Melihat hal – hal yang telah disampaikan sebelumnya, diperlukan adanya analisis stabilitas nanodispersi pada variasi suhu penyimpanan nanodispersi ekstrak parijoto guna inovasi dan perkembangan produk olahan pangan nanodispersi.

1.2. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka hipotesis dari penelitian ini yaitu :

H₀: Variasi suhu refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan tidak memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

H₁: Variasi suhu refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

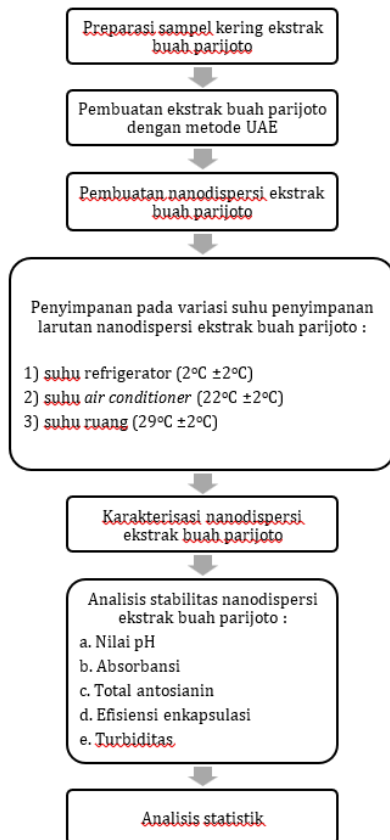
METODE PENELITIAN

Sampel utama dari penelitian ini adalah nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan penggunaan surfaktan berjenis Tween 80. Variasi kondisi yang diterapkan pada penelitian ini adalah 3 variasi kondisi suhu penyimpanan yaitu suhu refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu *air conditioner* ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Sampel akan diuji stabilitasnya berdasarkan sifat fisikokimia yang terlihat dari karakterisasi fisik, nilai pH, stabilitas absorbansi, jumlah total antosianin, turbiditas dan % transmitansi. Preparasi sampel dan analisis sampel akan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan interval waktu analisis yang digunakan adalah 7 hari dengan periode penyimpanan yang digunakan adalah 28 hari. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Commented [fa11]: analisis stabilitas nanodispersi ekstrak parijoto pada berbagai suhu penyimpanan diperlukan untuk mendukung inovasi dan pengembangan produk olahan pangan berbasis nanodispersi

Commented [fa12]: mohon berikan simbol yang tepat

Commented [fa13]: adakah referensi yang sama?? Beri referensi



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Preparasi Sampel Kering Ekstrak Buah Parijoto

Buah parijoto disortasi dan dicuci untuk membersihkannya dari segala kotoran menggunakan air. Buah parijoto segar kemudian ditimbang sebanyak 200 gram untuk dilanjutkan dengan proses *steam blanching* selama 3 menit. Selanjutnya, buah parijoto direndam menggunakan larutan asam sitrat 1% selama 5 menit. Buah parijoto kemudian disusun di atas wadah untuk dikeringkan selama 6 jam pada suhu 70°C [fa14] disusun diatas wadah untuk dikeringkan menggunakan alat *cabinet dryer*. Setelah dikeringkan buah parijoto kemudian dihaluskan dengan *grinder* dan bubuk buah parijoto diayak dengan ukuran ayakan 106 mesh hingga dihasilkan bubuk parijoto dengan ukuran yang seragam.

Commented [fa14]: hapus

Commented [fa15]: hapus

Commented [fa16]: koma

Commented [fa17]: referensi??

2.2. Pembuatan Ekstrak Buah Parijoto dengan *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE)

Ekstrak parijoto dibuat dengan mencampurkan 20 gram bubuk parijoto ke dalam 200 ml etanol 99,5%. Sampel kemudian disonikasi dengan waktu 30 menit pada frekuensi 40 KHz, 100W.

Selanjutnya, sampel digoyangkan selama 1 jam pada kecepatan 200 rpm dan disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm pada suhu 4°C dengan waktu 10 menit. Hasil sentrifugasi berupa supernatan dipisahkan dan etanol diuapkan hingga tersisa ekstrak pekat yang kemudian dilarutkan dengan aquadestilata dengan perbandingan 1:10 (w/v). Sampel yang telah homogen difiltrasi menggunakan membrane filter 0,22 mikrometer dan didapatkan ekstrak buah parijoto. Ekstrak disimpan pada suhu -20°C hingga analisis selanjutnya.

Commented [fa18]: Referensi?

2.3. Pembuatan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pembuatan nanodispersi ekstrak parijoto dilakukan dengan larutan surfaktan tween 80 12%. Ekstrak diperoleh pada tahap sebelumnya diencerkan menggunakan aquadestilata untuk mencapai konsentrasi ekstrak sebesar 7,5%(v/v). Larutan Tween 80 kemudian akan dicampur dengan ekstrak parijoto 7,5% dan disonikasi untuk pencampuran. Selanjutnya sampel akan dihomogenkan pada kecepatan 15.000 rpm dengan suhu 4°C selama 15 menit.

Commented [fa19]: hapus

Commented [fa20]: koma

Commented [fa21]: pada

Commented [fa22]: Referensi?

2.4. Penyimpanan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Nanodispersi ekstrak parijoto dimasukkan ke dalam botol berwarna dengan tutup ulir dan headspace minimal, lalu disimpan pada tiga variasi suhu penyimpanan yaitu suhu refrigerator (2°C ±2°C), suhu air conditioner (22°C ±2°C), dan suhu ruang (29°C ±2°C). Selanjutnya sampel akan disimpan untuk dianalisis stabilitasnya selama 28 hari.

Commented [fa23]: Referensi?

2.5. Karakterisasi Nanodispersi

Uji karakterisasi nanodispersi dalam penelitian ini menggunakan alat Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical) dan dengan aplikasi ZS Xplorer. Hasil yang diperoleh dari analisis ini antara lain nilai zeta potensial, ukuran partikel, indeks polidispersitas, dan konduktivitas.

Commented [fa24]: Referensi?

2.6. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran nilai pH selama penyimpanan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kondisi suhu penyimpanan terhadap stabilitas dan kualitas nanodispersi ekstrak parijoto. Nilai pH sampel akan diukur dengan memanfaatkan Schott pH meter pada suhu ruang. Pengukuran nilai pH dilakukan dalam interval waktu 7 hari selama 28 hari periode penyimpanan.

2.7. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran absorbansi dilakukan dengan mengukur cahaya yang dapat terserap pada panjang gelombang tertentu. Semakin kecil ukuran partikel maka interaksi dengan cahaya akan lebih mudah terjadi (Blink *et al.*, 2017). Absorbansi sampel akan dilakukan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 500 nm dalam interval waktu 7 hari selama 28 hari penyimpanan.

2.8. Total Antosianin pada Ekstrak Parijoto 7,5%

Metode pengujian total antosianin menggunakan metode pH diferensial yang merupakan modifikasi dari penelitian Zahed et al., (2023) dan Adhamatikha dan Murtini (2021). Larutan buffer potassium chloride 0,2 M (KCl) pH 1 dan larutan buffer pH 4,5 sodium acetate 0,2 M (CH₃COONa) dipersiapkan.

Sebanyak 1 ml ekstrak parijoto 7,5% diencerkan dengan aquabides dengan perbandingan 1 : 9. Ekstrak parijoto yang telah diencerkan kemudian dicampurkan dengan masing-masing 1 ml larutan buffer pH 1 dan pH 4,5. Masing-masing sampel divortex hingga homogen kemudian disimpan dalam ruang gelap selama 15 menit. Sampel yang telah diinkubasi dihitung absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm. Absorbansi (A) yang diperoleh ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4,5}$$

Total antosianin dalam ekstrak parijoto 7,5% dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Total Antosianin (mg)} = \frac{A \times FP \times BM \times 1000}{\epsilon \times L}$$

Keterangan :

- A = absorbansi
- BM = 449,2 g/mol (Berat molekul untuk cyanidin-3-glucoside)
- ϵ = 26.900 L/mol.cm (Absorptivitas molar untuk cyanidin-3-glucoside)
- 1000 = faktor konversi dari gram ke miligram
- FP = 10 (faktor pengenceran)
- L = lebar kuvet (1 cm)

2.9. Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Metode efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto mengacu pada metode yang diterapkan pada penelitian Zahed et al., (2023). Efisiensi Enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{TA - SA}{TAE} \times 100\%$$

Keterangan :

- TA = Total Antosianin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto

Commented [fa25]: Mohon cek penulisan yg benar

Commented [fa26]: Mohon cek penulisan yg benar

SA = Surface Antocyanin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto

TAE = Total Antosianin pada ekstrakparijoto 7,5%

2.10. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Perubahan dalam turbiditas dapat menjadi tanda perubahan dalam stabilitas sistem dispersi. Pengujian turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto mengacu pada metode Zhang et al., (2015). Uji turbiditas dilakukan menggunakan turbidimeter Hach 2100Q (Jerman).

Commented [fa27]: Mohon cek penulisan yg benar

2.11. %Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Persen (%) transmitansi menggambarkan intensitas cahaya yang dapat melewati suatu larutan. Semakin tinggi %transmitansi, maka semakin tinggi tingkat kejernihan suatu sampel. Pengukuran %transmitansi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis yang merupakan penerapan hukum Lambert-Beer (Siqhny et al., 2020). Seluruh sampel diukur transmitansinya dengan cara mengencerkan 1 ml seluruh jenis sampel ke dalam 9 mL aquabides yang mengacu pada metode Wiwiek et al., 2017. Sampel yang telah diencerkan diukur transmitansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 650 nm dengan blanko aquabides. %Transmitansi yang diperoleh dari setiap sampel kemudian dibandingkan dengan transmitansi aquabides atau dihitung dengan rumus berikut :

Commented [fa28]: Penulisan referensi kurang tepat

$$\%transmitansi = \frac{Transmitansi sampel}{Transmitansi aquabides} \times 100\%$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Tabel 1 menunjukkan karakteristik fisik dari nanodispersi ekstrak parijoto yang diamati selama dua periode, yaitu pada hari ke-0 dan hari ke-30, di bawah tiga kondisi penyimpanan yang berbeda: refrigerator (2°C ±2°C), suhu *air conditioner* (22°C ±2°C), dan suhu ruang (29°C ±2°C). Parameter yang diukur meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas, zeta potential, dan konduktivitas.

Pada hari ke-0, ukuran partikel relatif stabil di kisaran 47-49 nm untuk ketiga kondisi penyimpanan, dengan indeks polidispersitas yang tinggi di semua kondisi, menunjukkan distribusi partikel yang sangat beragam. Nilai zeta potential juga relatif serupa antar kondisi, namun nilai konduktivitas menunjukkan stabilitas di angka 0,57 ms/cm.

Namun, pada hari ke-30, hasil menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam beberapa parameter, terutama pada ukuran partikel dan zeta potential. Ukuran partikel pada suhu ruang meningkat secara drastis menjadi 386,37 ± 112,23 nm, dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih kecil pada kondisi refrigerator dan AC. Setelah penyimpanan selama 30 hari, terlihat pula nilai indeks polidispersitas yang menurun, menunjukkan keragaman partikel yang berkurang, namun partikel menjadi lebih besar, yang dapat mengindikasikan terjadinya *Ostwald ripening* (Prihantini et al., 2020). Perubahan pada nilai zeta potential dan konduktivitas juga teramati, dengan nilai yang sedikit bervariasi di setiap kondisi.

Commented [fa29]: Mohon jangan tiba2 disingkat, jika mau disingkat, berikan singkatan dan kepanjanganny di awal manuskrip

Commented [fa30]: Istilah asing harus italic

Pada Tabel 1., dapat dilihat bahwa hampir seluruh data ukuran partikel sesuai dengan penelitian Dipahayu & Kusumo (2021) yang menyatakan ukuran nanodispersi yang baik adalah berada pada range 10-1000 nm kecuali perlakuan suhu ruang pada hari ke-30. Hal tersebut sesuai dengan data turbiditas yang menunjukkan tingkat turbiditas yang tinggi pada perlakuan suhu ruang. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet, sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi (Rao & McClements, 2011). Hal tersebut disebabkan karena adanya perubahan dan perbedaan struktur polimer mengikuti suhu penyimpanan yang diterapkan. Selain itu, energi kinetik dalam molekul nanodispersi akan meningkat seiring meningkatnya suhu penyimpanan (Ramadhani & Widiyanti, 2022).

Menurut Gutoff et.al., (2015), penggunaan Tween 80 sebagai surfaktan dapat menyebabkan ketidakstabilan. Seperti yang sudah disampaikan sebelumnya, bahwa Tween 80 merupakan surfaktan yang bersifat non-ionik sehingga menghasilkan gaya tolak menolak yang rendah karena bagian droplet nanodispersi tidak bermuatan. Pada nilai konduktivitas, hasil yang relatif tinggi dikarenakan adanya kandungan ion yang berasal dari ekstrak parijoto. Selain itu, senyawa antosianin yang bersifat asam dan menurunkan pH mampu memberikan pengaruh terhadap nilai konduktivitas (Nafi'ah, 2022).

3.2. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil	pengujian	karakteristik	kimia
berupa nilai pH dari nanodispersi ekstrak			

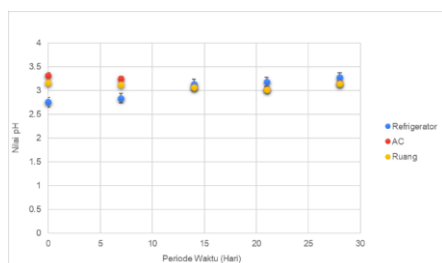
Commented [fa31]: Penulisan referensi kurang tepat

Commented [fa32]: Ketidakstabilan apa yang dimaksud?

Tabel 1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Waktu	Particle Size (nm)			Polydispersity Index			Zeta Potential (mV)			Conductivity (ms/cm)		
	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang
Day 0	48,45 ± 0,21	47,22 ± 0,16	49,14 ± 0,11	1 ± 0,00	1 ± 0,0	1 ± 0,000	-5,29 ± 0,08 ^a	-5,12 ± 0,03 ^a	-4,80 ± 0,03 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a
Day 30	28,01 ± 0,32	34,14 ± 0,36	386,37 ± 112,23	0,75 ± 0,03	0,90 ± 0,01	0,39 ± 0,012	-5,65 ± 2,66 ^b	-6,51 ± 1,45 ^b	-3,95 ± 0,16 ^b	0,62 ± 0,03 ^b	0,34 ± 0,01 ^b	0,75 ± 0,12 ^b

parijoto dengan variasi kondisi penyimpanan dapat diamati pada Grafik 1.



Grafik 1. Nilai pH Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 1., nilai pH pada suhu refrigerator mengalami kenaikan pada hari ke-0 hingga hari ke-28. Sedangkan nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menunjukkan penurunan pada hari ke-0 hingga hari ke-21 dan mengalami kenaikan pada hari ke-28. Pada perlakuan suhu refrigerator, laju trend untuk nilai pH cenderung stabil meskipun mengalami peningkatan yang tidak signifikan. Nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menggambarkan laju trend yang cenderung stabil meskipun mengalami penurunan yang tidak signifikan. Secara keseluruhan nilai pH nanodispersi ekstrak parijoto dapat dikatakan stabil dalam seluruh kondisi suhu penyimpanan meskipun mengalami perubahan yang tidak signifikan. Menurut Sighny et al (2020) perubahan nilai pH dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi ekstrak dan jenis surfaktan yang digunakan.

Commented [fa33]: Jelaskan disini tidak signifikan dikarenakan hasil statistik seperti apa?

Commented [fa34]: Mohon dibetulkan

3.3. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa absorbansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2. Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Waktu	Absorbansi ($\times 10^{-3}$)		
	Refrige-rator	AC	Ruang
Hari ke-0	65,2 \pm 0.2	67,7 \pm 0.1	77,6 \pm 0.1
Hari ke-7	52,0 \pm 0.03	43,5 \pm 0.02	75,3 \pm 0.04
Hari ke-14	45,8 \pm 0.08	45,2 \pm 0.02	58,4 \pm 0.02
Hari ke-21	41,2 \pm 0.07	77,0 \pm 0.13	666,2 \pm 1
Hari ke-28	40,6 \pm 0.04	44,1 \pm 0.04	301,7 \pm 0.05

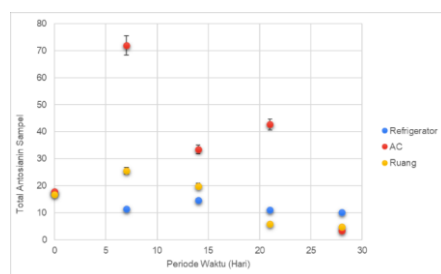
Berdasarkan Tabel 2., dapat dilihat bahwa rata-rata absorbansi terendah ditunjukkan pada hari ke-28 perlakuan suhu refrigerator yaitu sebesar $40,6 \times 10^{-3}$ dan rata-rata absorbansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-21 perlakuan suhu ruang yaitu sebesar $666,2 \times 10^{-3}$. Berdasarkan uji signifikansi dengan one way ANOVA menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan (p value $\geq 0,05$).

Commented [fa35]: dihapus

Menurut Blinks et al (2017) semakin kecil ukuran partikel droplet maka absorbansi yang dihasilkan semakin besar. Melihat hal tersebut, maka terjadi penyimpangan data antara ukuran partikel dengan absorbansi yang dihasilkan. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, absorbansi mempunyai hubungan yang berbanding lurus dengan konsentrasi partikel. Konsentrasi partikel yang tinggi akan menghasilkan nilai absorbansi yang tinggi, begitu juga jika konsentrasi partikel rendah akan menghasilkan nilai absorbansi yang rendah. Melihat pernyataan tersebut, maka dapat dikatakan apabila nilai absorbansi yang dihasilkan sampel perlakuan suhu refrigerator dan suhu AC relatif kecil dapat disebabkan karena konsentrasi partikel kedua perlakuan tersebut lebih kecil jika dibandingkan sampel pada suhu ruang, sehingga serapan cahaya pada spektrofotometer UV-Vis tidak maksimal seperti sampel suhu ruang yang kemungkinan memiliki konsentrasi partikel yang lebih besar.

3.4. Analisis Kestabilan Total Antosianin Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 2.



Grafik 2. Total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 2., Total antosianin sampel pada suhu refrigerator relatif mengalami penurunan yaitu pada hari ke-7, hari ke-21 dan hari ke-28, namun sempat mengalami kenaikan di hari ke-14. Total antosianin sampel pada suhu AC cenderung tidak stabil dimana mengalami kenaikan yang signifikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14, kemudian mengalami kenaikan pada hari ke-21 dan mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke-28. Total antosianin sampel suhu ruang mengalami kenaikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14 hingga hari ke-28. Berdasarkan data tersebut, total antosianin sampel pada suhu refrigerator memiliki laju trend yang paling stabil dan total antosianin sampel pada suhu AC memiliki laju trend yang kurang stabil. Berdasarkan data diatas terdapat penyimpangan pada perlakuan suhu AC. Menurut Enaru et al. (2021), total antosianin pada sampel akan menurun seiring lama penyimpanan karena adanya proses degradasi menjadi bentuk yang tidak berwarna. Proses degradasi dapat dipercepat seiring peningkatan suhu penyimpanan dan akan lebih lambat pada suhu rendah. Struktur antosianin akan mengalami perubahan dan akan membentuk aglikon yang disebut antosianidin. Aglikon memiliki sifat yang tidak stabil dan meningkatkan potensi terbentuknya cincin C (Oktavi et al., 2020). Pada perlakuan suhu refrigerator didapatkan data yang sesuai karena mengalami perubahan yang cenderung tidak signifikan atau dapat dikatakan stabil.

Commented [fa36]: betulkan penulisan referensi

Commented [fa37]: degradasi yang dimaksud karena apa? Enzim? Atau oksidasi? proses fermentasi? Mohon dijelaskan

3.5. Analisis Kestabilan Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa efisiensi enkapsulasi sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3., dapat dilihat bahwa rata-rata efisiensi enkapsulasi terendah ditunjukkan pada hari ke-0 perlakuan suhu refrigerator yaitu sebesar 98,74% dan rata-rata efisiensi enkapsulasi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-28 perlakuan suhu refrigerator yaitu sebesar 99,98%. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way ANOVA* didapatkan perbedaan yang tidak signifikan ($p \geq 0,05$). Efisiensi enkapsulasi pada seluruh perlakuan suhu penyimpanan menunjukkan laju trend yang relatif stabil dan mendekati angka 100%. Melihat hal tersebut dapat dikatakan bahwa seluruh sampel menunjukkan hasil enkapsulasi yang efisien. Selain itu, dilakukan juga perhitungan *surface anthocyanin* guna menunjukkan jumlah antosianin yang berada dalam fase kontinyu nanodispersi (Chen & Stephen Inbarai, 2019). Dengan kata lain, *surface anthocyanin* merupakan antosianin yang berada pada permukaan dan rentan mengalami degradasi.

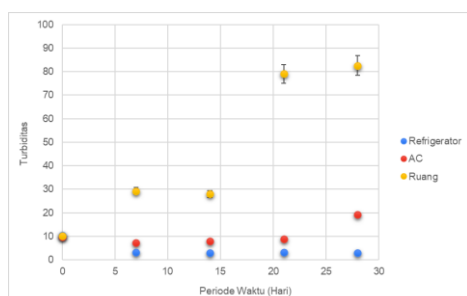
Tabel 3. Efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

Waktu	Efisiensi Enkapsulasi (%)		
	Refrigerator	AC	Ruang
Hari ke-0	98.74 \pm 0.550	99.45 \pm 0.064	99.36 \pm 0.082
Hari ke-7	99.88 \pm 0.130	99.97 \pm 0.015	99.34 \pm 0.223
Hari ke-14	99.62 \pm 0.009	99.93 \pm 0.022	99.74 \pm 0.059
Hari ke-21	99.58 \pm 0.048	99.83 \pm 0.004	99.35 \pm 0.389
Hari ke-28	99.98 \pm 0.066	99.95 \pm 0.133	99.87 \pm 0.090

3.6. Stabilitas Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 3.

Berdasarkan Grafik 3., turbiditas pada suhu refrigerator mengalami penurunan pada hari ke-7 hingga hari ke-14 dan mengalami kenaikan pada hari ke-21 namun mengalami penurunan kembali pada hari ke-28. Turbiditas pada suhu AC hanya mengalami penurunan pada hari ke-7. Turbiditas suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14. Turbiditas perlakuan suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14 dan mengalami peningkatan yang signifikan pada hari ke-21 hingga hari ke-28. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dikatakan perlakuan suhu refrigerator menjadi perlakuan suhu penyimpanan yang memiliki tingkat turbiditas paling stabil, sedangkan suhu ruang menjadi perlakuan suhu penyimpanan dengan tingkat turbiditas paling tidak stabil.



Grafik 3. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Menurut Fletcher & Morris (1995), peningkatan suhu penyimpanan dapat menyebabkan peningkatan energi kinetik yang akan memicu terjadinya proses agregasi atau koalesensi partikel yang terdapat pada sistem nanopartikel. Selain itu, surfaktan yang digunakan juga dapat mengalami degradasi sehingga tingkat stabilitas juga akan menurun. Lama penyimpanan juga dapat berpengaruh terhadap tingkat turbiditas. Semakin lama waktu penyimpanan, maka proses pengendapan partikel akan meningkat karena adanya interaksi dalam waktu yang semakin lama (Isya et al., 2014).

3.7. Stabilitas %Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa transmitansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4., dapat dilihat bahwa rata-rata %transmitansi terendah ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu ruang yaitu sebesar 99,38% dan rata-rata transmitansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu AC yaitu sebesar 99,95%. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way* ANOVA didapatkan perbedaan yang tidak signifikan ($p \geq 0,05$).

Tabel 4. Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Waktu	Transmitansi (%)		
	Refrige-rator	AC	Ruang
Hari ke-0	99.76 ± 0.02	99.90 ± 0.02	99.81 ± 0.01
Hari ke-7	99.87 ± 0.005	99.95 ± 0.01	99.38 ± 0.02
Hari ke-14	99.88 ± 0.03	99.89 ± 0.04	99.47 ± 0.03
Hari ke-21	99.88 ± 0.02	99.76 ± 0.04	99.54 ± 0.13
Hari ke-28	99.86 ± 0.02	99.51 ± 0.03	99.43 ± 0.2

Menurut Halnor et al (2018) nilai persentase transmitansi akan menunjukan nilai yang

Commented [fa38]: penulisan kurang tepat

semakin baik apabila mendekati 100%. Transmittansi mengukur banyaknya cahaya yang dapat melewati sampel. Adanya peningkatan ukuran partikel dapat mempengaruhi transmittansi dengan hasilnya transmittansi akan menurun (Drantantiyas *et al.*, 2020). Adanya perubahan dalam hasil pengukuran transmittansi pada panjang gelombang tertentu menggambarkan perubahan dalam struktur nanodispersi. Peningkatan suhu dapat memicu agregasi partikel atau perubahan ukuran partikel dapat mempengaruhi karakteristik dari nanodispersi (McClements, 2016).

SIMPULAN

Nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan refrigerator menunjukkan hasil yang paling stabil secara fisik dan kimia, dimana menunjukkan hasil uji karakteristik kimia berupa nilai pH, turbiditas, persentase transmittansi, absorbansi, total antosianin sampel, efisiensi enkapsulasi, dan surface anthocyanin yang paling stabil serta menunjukkan hasil uji particle size yang baik, polydispersity index yang mendekati standar jika dibandingkan perlakuan suhu AC dan suhu ruang.

Nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan refrigerator mempunyai potensi ketidakstabilan dalam jangka waktu yang panjang karena menunjukkan hasil zeta potential dan conductivity yang kurang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, A., Harini, N., & Damat, D. (2021). Pengaruh waktu dan suhu pengeringan menggunakan pengering kabinet dalam pembuatan MOCAF (modified cassava flour) dengan fermentasi ragi tape. *Food Technology and Halal Science Journal*, 4(2), 172-191.
- Aji, A., Bahri, S., & Tantalia, T. (2018). Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi HCl untuk Pembuatan Pektin dari Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 33-44.
- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2019). Efektifitas frekuensi ekstraksi serta pengaruh suhu dan cahaya terhadap antosianin dan daya antioksidan ekstrak kelopak rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1).
- Aoki, T., Decker, E.A., McClements, D.J. 2005. Influence of environmental stresses on stability of o/w emulsions containing droplets stabilized by multilayered membranes produced by a layer-layer electrostatic deposition technique. *Food Hydrocolloids* 19(2): 209-220.
- Ayirala, S., Alghamdi, A., Gmira, A., Cha, D. K., Alsaud, M. A., & Yousef, A. (2020). Linking pore scale mechanisms with macroscopic to core scale effects in controlled ionic composition low salinity waterflooding processes. *Fuel*, 264, 116798.

Commented [fa39]:

Commented [fa40R39]: secara general hasil pembahasan dan kesimpulan cukup baik. Namun ada beberapa point yang masih belum jelas:

1. Sebaiknya dijelaskan lebih detail mengenai parameter fisik dan kimia mana saja yang menunjukkan stabilitas yang paling baik pada suhu refrigerator. Misalnya, apakah ukuran partikel tetap seragam, apakah tidak terjadi agregasi, atau apakah warna dan aroma tetap terjaga?
2. Cobalah jelaskan mengapa suhu refrigerator dapat memberikan kondisi yang lebih stabil untuk nanodispersi. Apakah ada mekanisme tertentu yang menyebabkan peningkatan stabilitas pada suhu rendah?

- Cahyono, B. E., Utami, I. D., Lestari, N. P., & Oktaviany, N. S. (2019). Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 179-186.
- Chairunnisa, S., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2019). pengaruh suhu dan waktu maserasi terhadap karakteristik ekstrak daun bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri ISSN*, 2503, 488X.
- Chen, B. H., & Stephen *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri ISSN* Inbaraj, B. (2019). Nanodispersion and nanoliposome based strategies for improving anthocyanin stability and bioavailability. *Nutrients*, 11(5), 1052.
- Chen, T. T., Zhang, Z. H., Wang, Z. W., Chen, Z. L., Ma, H., & Yan, J. K. (2021). Effects of ultrasound modification at different frequency modes on physicochemical, structural, functional, and biological properties of citrus pectin. *Food Hydrocolloids*, 113, 106484.
- Cheong, A. M., Tan, C. P., & Nyam, K. L. (2018). Stability of bioactive compounds and antioxidant activities of kenaf seed oil-in-water nanodispersions under different storage temperatures. *Journal of food science*, 83(10), 2457-2465.
- Dos Santos Ramos, M. A., Da Silva, P. B., Spósito, L., De Toledo, L. G., Bonifacio, B. V., Roderio, C. F., ... & Bauab, T. M. (2018). Nanotechnology-based drug delivery systems for control of microbial biofilms: a review. *International journal of nanomedicine*, 1179-1213.
- Fauziah, J. H., Yuliawati, K. M., & Patricia, V. M. (2022, July). Pengaruh Perbedaan Pelarut Ekstraksi terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Naga yang Diekstraksi dengan Metode Ultrasound-Assisted Extraction (UAE). In *Bandung Conference Series: Pharmacy* (Vol. 2, No. 2, pp. 128-136).
- Firmansyah, F., Wulandari, W., Muhtadi, W. K., & Nofriyanti, N. (2022). Optimasi Formula Nanodispersi Antioksidan Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan Metode Box Behnken Design. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 8(2), 294-306.
- Lisa, M., Lutfi, M., dan Susilo, B. 2015. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap mutu tepung jamur tiram putih (*Plaeotus ostreatus*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3.
- Markakis, P. (1982). Stability of anthocyanins in foods. *Anthocyanins as food colors*, 163, 180.

- McClements, D. J. (2016). Food emulsions: principles, practices, and techniques. *CRC press*.
- McClements, D. J., & Rao, J. (2011). Food-grade nanodispersions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(4), 285-330.
- Milanda, T., Barliana, M. I., Rosidah, R., & Kusuma, A. S. (2021). Antibacterial activities of parijoto (*Medinilla speciosa blume*) fruit extracts against clinical isolates of *Salmonella typhi* and *Shigella dysenteriae*. *Pharmacol Clin Pharm Res*, 6(1), 25-34.
- Moldoveanu, G. M., Minea, A. A., Huminic, G., & Huminic, A. (2019). Al₂O₃/TiO₂ hybrid nanofluids thermal conductivity: an experimental approach. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 137, 583-592.
- Nikam, T. H., Patil, M. P., Patil, S. S., Vadnere, G. P., & Lodhi, S. (2018). Nanodispersion: A brief review on development and application in Parenteral Drug Delivery. *Adv. Pharm. J*, 3(2), 43-54.
- Nirmalayanti, N. L. P. K. V. (2021). Skrining Berbagai Jenis Surfaktan Dan Kosurfaktan Sebagai Dasar Pemilihan Formulasi Nanodispersi. *Metta: Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 1(3), 158-166.
- Nur, A. F., Bahar, M., Hadiwardjo, Y. H., & Setyaningsih, Y. (2024, June). Aktivitas Antibakteri Ekstrak *Graptophyllum Pictum* (L.) Griff Menggunakan Variasi Frekuensi Ultrasonik Terhadap *Salmonella Typhi*. In Seminar Nasional Riset Kedokteran (Vol. 5, No. 1).
- Nurhayati, N., & Budiyanto, B. (2016). Stability and Preference of Red Palm Oil Emulsion Prepared With Various Concentration of Tween 80. *Jurnal Agroindustri*, 6(2), 80-87.
- Panorama, S., Aminah, S., & Setiawansyah, A. (2024). Perbandingan Uji Mukolitik Ekstrak Dan Fraksi Daun Lamtoro (*Leucaena Leucocephala* (Lam) De Wit) Halus Dan Kasar Secara In Vitro. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 2(4), 12-20.
- Perez-Esteve, E., Bernardos, A., Martínez-Máñez, R., & M Barat, J. (2013). Nanotechnology in the development of novel functional foods or their package. *An overview based in patent analysis. Recent patents on food, nutrition & agriculture*, 5(1), 35-43.

Prasetyo, K. W. (2020). Aplikasi Nanoteknologi Dalam Industri Hasil Hutan (Application Of Nanotechnology In Forest Products Industry). *Akar*, 2(1), 15-26.

Purwanti, M., Jamaluddin, J., & Kadirman, K. (2017). Penguapan Air dan Penyusutan Irisan Ubi Kayu Selama Proses Pengeringan Menggunakan Mesin Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3(1), 127-136.

Qian, C., Decker, E. A., Xiao, H., & McClements, D. J. (2012). Nanodispersion delivery systems: Influence of carrier oil on β -carotene bioaccessibility. *Food Chemistry*, 135(3), 1440-1447.

Rachim, P. F., Mirta, E. L., & Thoha, M. Y. (2012). Pembuatan surfaktan natrium lignosulfonat dari tandan kosong kelapa sawit dengan sulfonasi langsung. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1).

Rahesti, M., Qonitah, F., & Khusna, K. (2022). Penetapan Kadar Formalin Pada Tahu yang Beredar di Pasar Arjowinangun Kabupaten Pacitan dengan Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis (Doctoral dissertation, Universitas Sahid Surakarta).

Ramadhani, D., & Widiyanti, N. (2022). Pengaruh Formulasi Serum Nanoemulgel Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor. *Jurnal Syntax Fusion*, 2(08), 714-729.

Redha, A., & Susilo, D. U. M. (2020). Formulasi Nanodispersi Oleoresin Jahe Merah Berbasis Lesitin Dan Stabilitasnya Selama Penyimpanan. *Agrofood*, 2(2), 1-8.

Redha, A., Saniah, S., & Ahmad, D. I. (2019). Stabilitas Nano-Edible Coating Oleoresin Jahe Berbasis Kitosan Selama Penyimpanan. *Vokasi: Jurnal Publikasi Ilmiah*, 14(2), 75-79.

Rohmah, S. A. A., Muadifah, A., & Martha, R. D. (2021). Validasi Metode Penetapan Kadar Pengawet Natrium Benzoat pada Sari Kedelai di Beberapa Kecamatan di Kabupaten Tulungagung Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(2), 120-127.

Sasongko, A., Nugroho, R. W., Setiawan, C. E., Utami, I. W., & Pusfitasari, M. D. (2017). Penentuan Total Fenol Ekstrak Umbi Bawang Dayak Hasil Ekstraksi Dengan Metode Ultrasound Assisted Extraction (UAE) dan Ultrasonic-Microwave Assisted Extraction (UMAE). *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 3(2).

Sekhon, B. S. (2010). Food nanotechnology—an overview. *Nanotechnology, science and applications*, 1-15.

Sharma, A. D., Farmaha, M. D., & Kaur, I. D. (2020). Preparation and characterization of O/W nanodispersion with eucalyptus essential oil and study of in vitro antibacterial activity. *Nanomedicine research journal*, 5(4), 347-354.

Singh, Y., Meher, J. G., Raval, K., Khan, F. A., Chaurasia, M., Jain, N. K., & Chourasia, M. K. (2017). Nanodispersion: Concepts, development and applications in drug delivery. *Journal of controlled release*, 252, 28-49.

Siqhny, Z. D., Azkia, M. N., & Kunarto, B. (2020). Karakteristik nanodispersi ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa blume*). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(1), 1-10.

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2017). Principles of instrumental analysis: Cengage learning. *Cengage learning*.

Suhartatik, N., Karyantina, M., Mustofa, A., Cahyanto, M. N., Raharjo, S., & Rahayu, E. S. (2013). Stabilitas ekstrak antosianin beras ketan (*Oryza sativa* var. glutinosa) hitam selama proses pemanasan dan penyimpanan. *Agritech*, 33(4), 384-390.

Syam, H., & Patang, P. (2018). Analisis Berbagai Suhu Pengering Yang Berbeda Terhadap Mutu Dendeng Ikan Nila (*Oerochromus Niloticus*). *Laporan Akhir Penelitian Pnbp Majelis Profesor*.

Trivana, L., Suyatma2a, N. E., Hunaefi2a, D. A. S. E., & Munarso3a, S. J. (2021). Pengaruh Penambahan Surfaktan Terhadap Sifat Fisikokimia dan Stabilitas Emulsi VCO. *Buletin Palma Volume*, 22(1), 31-42.

Ummah, M., Kunarto, B., & Pratiwi, E. (2021). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisikokimia serbuk ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa Blume*). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 16(1), 35-42.

Utami, P., Kasmungin, S., Pauhesti, P., Pramadika, H., Ibrahim, A., & Fadlu, A. (2019, October). Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Pada Lapangan Di Sumatera Selatan. *In Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan* (pp. 1-30).

Vifta, R. L., Shutawian, M. A., Maulidya, A., & Yuswantina, R. (2021). Skrining flavonoid ekstrak buah

parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) asal Kabupaten Kudus dan Semarang dengan pembanding kuersetin dan rutin. *Media Informasi Penelitian Kabupaten Semarang*, 3(1), 3-13.

Warsani, Z. (2022). Potensi nanoteknologi dalam membangun ketahanan pangan. *Jurnal Tampiasih*, 1(1), 30-39.

Wati, E. W., Mita, N., & Ardana, M. (2018, December). Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap stabilitas warna sari buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus* Britton and Rose). In *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences* (Vol. 8, pp. 30-34).

Widyasanti, A., Nurlaily, N., & Wulandari, E. (2018). Karakteristik Fisikokimia Antosianin Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Metode Uae (Physicochemical Characteristics of Red Dragon Fruit Skin Anthocyanin Extracts using UAE Method): Physicochemical Characteristics of Dragon Fruit Peels (*Hylocereus polyrhizus*) Anthocyanin Extracts using UAE (Ultrasound Assisted Extraction) Method. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 6(1), 27-38.

Winarno, F.G. 2002. Kimia Pangan dan Gizi. *Gramedia Pustaka Utama. Jakarta*.

Zhang, J., Bing, L., & Reineccius, G. A. (2015). Formation, optical property and stability of orange oil nanodispersions stabilized by Quallija saponins. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1063–1070.

Zhang, L., Liu, A., Wang, W., Ye, R., Liu, Y., Xiao, J., & Wang, K. (2017). Characterisation of Microemulsion Nanofilms based on Tilapia Fish Skin Gelatine and ZnO Nanoparticles incorporated with Ginger Essential Oil: Meat Packaging Application. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(7), 1670-1679. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13441>.

Zyuzina, K. D., Gelman, M. M., Zhdanova, G. O., Kupchinsky, A. B., & Stom, D. I. (2021, March). Toxic effects of Tween-80 and its mixtures with oil on oligochaetes.

Reviewer B

Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan

[Author]

Abstract

Medinilla speciosa, or Parijoto, is a plant with reddish-purple skin and bright yellowish-red flesh found around Mount Muria, Kudus, Central Java. Parijoto is known for its anti-inflammatory, anticancer, antibacterial, antidiabetic, and antioxidant properties due to its secondary metabolites, especially anthocyanins, which are highly unstable and degrade during extraction, processing, and storage. Nanodispersion, a system that disperses nano-sized particles, improves solubility and homogeneity, helping stabilize anthocyanins. This study investigates the impact of storage temperatures on Parijoto nanodispersion stability by analyzing physical (particle size, zeta potential, polydispersity index) and chemical (pH, absorbance, encapsulation efficiency, turbidity, % transmittance) characteristics. Samples were stored at refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), and room temperature ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) with Tween 80 as a stabilizer. Analysis was conducted over 28 days at 7-day intervals. Findings indicate that refrigerated storage yielded the best physical and chemical stability, with consistent pH, turbidity, transmittance, absorbance, anthocyanin content, encapsulation efficiency, and favorable particle size and polydispersity index. However, potential long-term instability was noted due to suboptimal zeta potential and conductivity.

Keywords: *Medinilla speciosa*, nanodispersion, storage stability, anthocyanin

Abstrak

Medinilla speciosa, atau Parijoto, adalah tanaman dengan kulit berwarna merah keunguan dan daging buah berwarna merah kekuningan yang tumbuh di sekitar Gunung Muria, Kudus, Jawa Tengah. Parijoto dikenal memiliki sifat antiinflamasi, antikanker, antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan berkat kandungan metabolit sekundernya, terutama antosianin, yang sangat tidak stabil dan rentan mengalami degradasi selama ekstraksi, pengolahan, dan penyimpanan. Nanodispersi, sistem yang mendispersikan partikel berukuran nano, dapat meningkatkan kelarutan dan homogenitas, sehingga membantu menstabilkan antosianin. Penelitian ini mengkaji pengaruh suhu penyimpanan terhadap stabilitas nanodispersi Parijoto dengan menganalisis karakteristik fisik (ukuran partikel, zeta potensial, indeks polidispersitas) dan kimia (pH, absorbansi, efisiensi enkapsulasi, turbiditas, % transmitansi). Sampel disimpan pada suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), Air conditioner (AC) ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) dengan Tween 80 sebagai stabilisator. Analisis dilakukan selama 28 hari dengan interval 7 hari. Hasil menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu lemari es memberikan stabilitas fisik dan kimia terbaik, dengan pH, turbiditas, transmitansi, absorbansi, kandungan antosianin, efisiensi enkapsulasi yang stabil, serta ukuran partikel dan indeks polidispersitas yang baik. Namun, ketidakstabilan jangka panjang mungkin terjadi akibat nilai zeta potensial dan konduktivitas yang kurang optimal.

Kata Kunci: *Medinilla speciosa*, nanodispersi, stabilitas penyimpanan, antosianin

PENDAHULUAN

1.3. Latar Belakang

Melihat kehidupan modern saat ini, dimana bidang pangan mendapatkan posisi penting dalam perkembangan kehidupan, menuntut adanya inovasi - inovasi baru termasuk dalam industri pangan. Salah satu inovasi yang menarik dalam bidang pangan adalah nanodispersi. Nanodispersi dibuat dengan memecah ukuran kristal nutraceutical menjadi ukuran nano disertai penambahan polimer amfifilik atau surfaktan dengan tujuan untuk menstabilkan campuran. Namun, penggunaan nanodispersi dalam bidang pangan masih mempunyai kelemahan, yaitu perlu adanya emulsifier food grade dengan efikasi tinggi dan harus dapat mencegah Ostwald ripening pada nanodispersi. (Qian et al., (2012) dalam Zhang et al., (2015).

Dalam pembentukan fase pada nanodispersi, diperlukan adanya suatu agen berupa surfaktan. Tween-80 merupakan surfaktan dengan sifat bioavailabilitas dan biokompatibilitas yang tinggi. Selain itu, tween-80 merupakan surfaktan bersifat non-ionik dan juga non-toksik. Dalam keseharian, tween-80 dimanfaatkan dalam industri farmasi (Sharma et al., 2020). Surfaktan mampu mengurangi tegangan permukaan pada nanoteknologi (Ayirala et al., 2020).

Dalam bidang nanodispersi, pemanfaatan bahan pangan menjadi pangan fungsional perlu memperhatikan berbagai hal seperti kandungan dan karakteristik bahan pangan tersebut. Salah satu bahan pangan yang dapat dimanfaatkan menjadi pangan fungsional adalah buah parijoto (*Medinilla speciosa*).

Buah parijoto adalah jenis tanaman epifit yang dapat tumbuh baik di dataran tinggi sekitar 800 hingga 2.300 meter diatas permukaan laut dan relatif lembab. *Medinilla speciosa* mengandung senyawa metabolit sekunder seperti glikosida, antosianin, saponin, tanin, alkaloid dan flavonoid yang mempunyai peran sebagai antiinflamasi, antikanker, antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan (Referensi?).

Dari semua kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada buah parijoto, senyawa antosianin menjadi kandungan yang paling utama (Vifta et al., 2021). Sayangnya, senyawa antosianin merupakan senyawa yang sangat rentan mengalami degradasi dan sangat tidak stabil. Menurut Chen & Stephen (2019) faktor yang dapat mempengaruhi kualitas antosianin adalah keberadaan ion logam, protein, suhu penyimpanan, pH, pelarut, struktur kimia, cahaya, dan juga oksigen.

Tingginya suhu serta pH dapat menyebabkan perubahan warna pada antosianin. Melihat kelemahan dari senyawa antosianin, maka diperlukan adanya perlakuan nanodispersi yang tepat dan juga sesuai. Menurut Chen & Stephen (2019) nanodispersi merupakan metode yang mampu menjaga sekaligus meningkatkan stabilitas, bioaktivitas, dan bioavailabilitas antosianin suatu bahan. Selain itu, dibutuhkan perlakuan tambahan guna menjaga kestabilan antosianin yang terdapat dalam nanodispersi ekstrak parijoto.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amperawati et al (2019) , salah satu faktor yang dapat menentukan stabilitas kandungan antosianin dalam nanodispersi adalah suhu, dimana antosianin dalam nanodispersi mengalami penurunan sejalan dengan adanya peningkatan suhu dan tidak terlalu terpengaruh oleh oksigen. Menurut Cheong et al (2018) suhu penyimpanan memiliki peran yang cukup penting dalam menjaga kestabilan nanodispersi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Cheong et al (2018) suhu 4°C merupakan suhu penyimpanan yang paling optimal untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan dalam nanodispersi. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet, sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi

(Referensi?). Melihat hal – hal yang telah disampaikan sebelumnya, diperlukan adanya analisis stabilitas nanodispersi pada variasi suhu penyimpanan nanodispersi ekstrak parijoto guna inovasi dan perkembangan produk olahan pangan nanodispersi.

1.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka hipotesis dari penelitian ini yaitu :

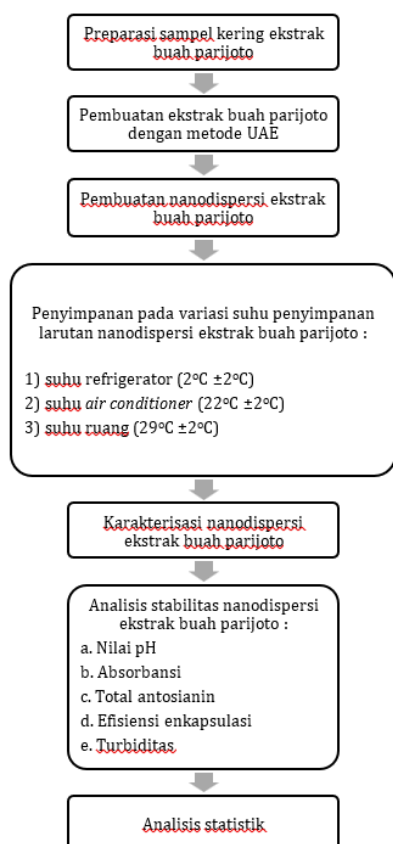
H₀: Variasi suhu refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan tidak memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

H₁: Variasi suhu refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

Commented [DW41]: Typo diperbaiki

METODE PENELITIAN

Sampel utama dari penelitian ini adalah nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan penggunaan surfaktan berjenis Tween 80. Variasi kondisi yang diterapkan pada penelitian ini adalah 3 variasi kondisi suhu penyimpanan yaitu suhu refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu *air conditioner* ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Sampel akan diuji stabilitasnya berdasarkan sifat fisikokimia yang terlihat dari karakterisasi fisik, nilai pH, stabilitas absorbansi, jumlah total antosianin, turbiditas dan % transmitansi. Preparasi sampel dan analisis sampel akan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan interval waktu analisis yang digunakan adalah 7 hari dengan periode penyimpanan yang digunakan adalah 28 hari. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Preparasi Sampel Kering Ekstrak Buah Parijoto

Buah parijoto disortasi dan dicuci untuk membersihkannya dari segala kotoran menggunakan air. Buah parijoto segar kemudian ditimbang sebanyak 200 gram untuk dilanjutkan dengan proses *steam blanching* selama 3 menit. Selanjutnya, buah parijoto direndam menggunakan larutan asam sitrat 1% selama 5 menit. Buah parijoto kemudian disusun di atas wadah untuk dikeringkan selama 6 jam pada suhu 70°C disusun diatas wadah untuk dikeringkan menggunakan alat *cabinet dryer*. Setelah dikeringkan buah parijoto kemudian dihaluskan dengan *grinder* dan bubuk buah parijoto diayak dengan ukuran ayakan 106 mesh hingga dihasilkan bubuk parijoto dengan ukuran yang seragam (Referensi).

2.2. Pembuatan Ekstrak Buah Parijoto dengan *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE)

Ekstrak parijoto dibuat dengan mencampurkan 20 gram bubuk parijoto ke dalam 200 ml

etanol 99,5%. Sampel kemudian disonikasi dengan waktu 30 menit pada frekuensi 40 KHz, 100W. Selanjutnya, sampel digoyangkan selama 1 jam pada kecepatan 200 rpm dan disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm pada suhu 4°C dengan waktu 10 menit. Hasil sentrifugasi berupa supernatan dipisahkan dan etanol diuapkan hingga tersisa ekstrak pekat yang kemudian dilarutkan dengan aquadestilata dengan perbandingan 1:10 (w/v). Sampel yang telah homogen difiltrasi menggunakan membrane filter 0,22 mikrometer dan didapatkan ekstrak buah parijoto. Ekstrak disimpan pada suhu -20°C hingga analisis selanjutnya (Referensi).

2.3. Pembuatan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pembuatan nanodispersi ekstrak parijoto dilakukan dengan larutan surfaktan tween 80 12%. Ekstrak diperoleh pada tahap sebelumnya diencerkan menggunakan aquadestilata untuk mencapai konsentrasi ekstrak sebesar 7,5%(v/v). Larutan Tween 80 kemudian akan dicampur dengan ekstrak parijoto 7,5% dan disonikasi untuk pencampuran. Selanjutnya sampel akan dihomogenkan pada kecepatan 15.000 rpm dengan suhu 4°C selama 15 menit (Referensi).

2.4. Penyimpanan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Nanodispersi ekstrak parijoto dimasukkan ke dalam botol berwarna dengan tutup ulir dan *headspace* minimal, lalu disimpan pada tiga variasi suhu penyimpanan yaitu suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu AC ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Selanjutnya sampel akan disimpan untuk dianalisis stabilitasnya selama 28 hari.

2.5. Karakterisasi Nanodispersi

Uji karakterisasi nanodispersi dalam penelitian ini menggunakan alat Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical)(Company, Country) dan dengan aplikasi ZS Xplorer. Hasil yang diperoleh dari analisis ini antara lain nilai zeta potensial, ukuran partikel, indeks polidispersitas, dan konduktivitas (Referensi).

2.6. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran nilai pH selama penyimpanan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kondisi suhu penyimpanan terhadap stabilitas dan kualitas nanodispersi ekstrak parijoto. Nilai pH sampel akan diukur dengan memanfaatkan Schott pH meter)(Company, Country) pada suhu ruang. Pengukuran nilai pH dilakukan dalam interval waktu 7 hari selama 28 hari periode penyimpanan (Referensi).

2.7. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran absorbansi dilakukan dengan mengukur cahaya yang dapat terserap pada panjang gelombang tertentu. Semakin kecil ukuran partikel maka interaksi dengan cahaya akan lebih mudah terjadi (Blink *et al.*, 2017). Absorbansi sampel akan dilakukan menggunakan alat

spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 500 nm dalam interval waktu 7 hari selama 28 hari penyimpanan (Referensi)..

2.8. Total Antosianin pada Ekstrak Parijoto 7,5%

Metode pengujian total antosianin menggunakan metode pH diferensial yang merupakan modifikasi dari penelitian Zahed et al., (2023) dan Adhamatikha dan Murtini (2021). Larutan buffer potassium chloride 0,2 M (KCl) pH 1 dan larutan buffer pH 4,5 sodium acetate 0,2 M (CH₃COONa) dipersiapkan.

Sebanyak 1 ml ekstrak parijoto 7,5% diencerkan dengan aquabides dengan perbandingan 1 : 9. Ekstrak parijoto yang telah diencerkan kemudian dicampurkan dengan masing-masing 1 ml larutan buffer pH 1 dan pH 4,5. Masing-masing sampel divortex hingga homogen kemudian disimpan dalam ruang gelap selama 15 menit. Sampel yang telah diinkubasi dihitung absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm. Absorbansi (A) yang diperoleh ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4,5}$$

Total antosianin dalam ekstrak parijoto 7,5% dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Total Antosianin (mg)} = \frac{A \times FP \times BM \times 1000}{\epsilon \times L}$$

Keterangan :

A	= absorbansi
BM	= 449,2 g/mol (Berat molekul untuk cyanidin-3-glucoside)
ϵ	= 26.900 L/mol.cm (Absorptivitas molar untuk cyanidin-3-glucoside)
1000	= faktor konversi dari gram ke miligram
FP	= 10 (faktor pengenceran)
L	= lebar kuvet (1 cm)

(Referensi)

2.9. Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Metode efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto mengacu pada metode yang diterapkan pada penelitian Zahed et al., (2023). Efisiensi Enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{T_A - S_A}{T_{AE}} \times 100\%$$

Keterangan :

- TA = Total Antosianin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto
 SA = Surface Antocyanin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto
 TAE = Total Antosianin pada ekstrakparijoto 7,5%

(Referensi)

2.10. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Perubahan dalam turbiditas dapat menjadi tanda perubahan dalam stabilitas sistem dispersi. Pengujian turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto mengacu pada metode Zhang et al., (2015). Uji turbiditas dilakukan menggunakan turbidimeter Hach 2100Q (Company, Jerman).

2.11. Persen (%) Transmittansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Persen (%) transmittansi menggambarkan intensitas cahaya yang dapat melewati suatu larutan. Semakin tinggi % transmittansi, maka semakin tinggi tingkat kejernihan suatu sampel. Pengukuran % transmittansi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis yang merupakan penerapan hukum Lambert-Beer (Sihny et al., 2020). Seluruh sampel diukur transmittansinya dengan cara mengencerkan 1 ml seluruh jenis sampel ke dalam 9 mL aquabides yang mengacu pada metode Wiwiek et al., 2017. Sampel yang telah diencerkan diukur transmittansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 650 nm dengan blanko aquabides. %Transmittansi yang diperoleh dari setiap sampel kemudian dibandingkan dengan transmittansi aquabides atau dihitung dengan rumus berikut :

$$\%transmittansi = \frac{Transmittansi\ sampel}{Transmittansi\ aquabides} \times 100\%$$

(Referensi)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Tabel 1 menunjukkan karakteristik fisik dari nanodispersi ekstrak parijoto yang diamati selama dua periode, yaitu pada hari ke-0 dan hari ke-30, di bawah tiga kondisi penyimpanan yang berbeda: refrigerator (2°C ±2°C), suhu *air conditioner* (22°C ±2°C), dan suhu ruang (29°C ±2°C). Parameter yang diukur meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas, zeta potential, dan konduktivitas.

Pada hari ke-0, ukuran partikel relatif stabil di kisaran 47-49 nm untuk ketiga kondisi penyimpanan, dengan indeks polidispersitas yang tinggi di semua kondisi, menunjukkan distribusi

partikel yang sangat beragam. Nilai zeta potential juga relatif serupa antar kondisi, namun nilai konduktivitas menunjukkan stabilitas di angka 0,57 ms/cm.

Namun, pada hari ke-30, hasil menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam beberapa parameter, terutama pada ukuran partikel dan zeta potential. Ukuran partikel pada suhu ruang meningkat secara drastis menjadi $386,37 \pm 112,23$ nm, dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih kecil pada kondisi refrigerator dan AC. Setelah penyimpanan selama 30 hari, terlihat pula nilai indeks polidispersitas yang menurun, menunjukkan keragaman partikel yang berkurang, namun partikel menjadi lebih besar, yang dapat mengindikasikan terjadinya *Ostwald ripening* (Prihantini *et al.*, 2020). Perubahan pada nilai zeta potential dan konduktivitas juga teramati, dengan nilai yang sedikit bervariasi di setiap kondisi.

Pada Tabel 1., dapat dilihat bahwa hampir seluruh data ukuran partikel sesuai dengan penelitian Dipahayu & Kusumo (2021) yang menyatakan ukuran nanodispersi yang baik adalah berada pada range 10-1000 nm kecuali perlakuan suhu ruang pada hari ke-30. Hal tersebut sesuai dengan data turbiditas yang menunjukan tingkat turbiditas yang tinggi pada perlakuan suhu ruang. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet, sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi (Rao & McClements, 2011). Hal tersebut disebabkan karena adanya perubahan dan perbedaan struktur polimer mengikuti suhu penyimpanan yang diterapkan. Selain itu, energi kinetik dalam molekul nanodispersi akan meningkat seiring meningkatnya suhu penyimpanan (Ramadhani & Widiyanti, 2022).

Menurut Gutoff *et.al.*, (2015), penggunaan Tween 80 sebagai surfaktan dapat menyebabkan ketidakstabilan. Seperti yang sudah disampaikan sebelumnya, bahwa Tween 80 merupakan surfaktan yang bersifat non-ionik sehingga menghasilkan gaya tolak menolak yang rendah karena bagian droplet nanodispersi tidak bermuatan. Pada nilai konduktivitas, hasil yang relatif tinggi dikarenakan adanya kandungan ion yang berasal dari ekstrak parijoto. Selain itu, senyawa antosianin yang bersifat asam dan menurunkan pH mampu memberikan pengaruh terhadap nilai konduktivitas (Nafi'ah, 2022).

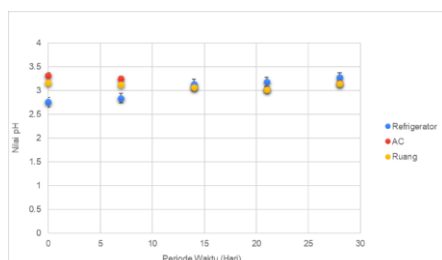
3.2. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil	pengujian	karakteristik	kimia
berupa nilai pH dari nanodispersi ekstrak			

Tabel 1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Waktu	Particle Size (nm)			Polydispersity Index			Zeta Potential (mV)			Conductivity (ms/cm)		
	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang
Day 0	48,45 ± 0,21	47,22 ± 0,16	49,14 ± 0,11	1 ± 0,00	1 ± 0,0	1 ± 0,000	-5,29 ± 0,08 ^a	-5,12 ± 0,03 ^a	-4,80 ± 0,03 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a
Day 30	28,01 ± 0,32	34,14 ± 0,36	386,37 ± 112,23	0,75 ± 0,03	0,90 ± 0,01	0,39 ± 0,012	-5,65 ± 2,66 ^b	-6,51 ± 1,45 ^b	-3,95 ± 0,16 ^b	0,62 ± 0,03 ^b	0,34 ± 0,01 ^b	0,75 ± 0,12 ^b

parijoto dengan variasi kondisi penyimpanan dapat diamati pada Grafik 1.



Grafik 1. Nilai pH Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 1., nilai pH pada suhu refrigerator mengalami kenaikan pada hari ke-0 hingga hari ke-28. Sedangkan nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menunjukkan penurunan pada hari ke-0 hingga hari ke-21 dan mengalami kenaikan pada hari ke-28. Pada perlakuan suhu refrigerator, laju trend untuk nilai pH cenderung stabil meskipun mengalami peningkatan yang tidak signifikan. Nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menggambarkan laju trend yang cenderung stabil meskipun mengalami penurunan yang tidak signifikan. Secara keseluruhan nilai pH nanodispersi ekstrak parijoto dapat dikatakan stabil dalam seluruh kondisi suhu penyimpanan meskipun mengalami perubahan yang tidak signifikan. Menurut Sighny et al (2020) perubahan nilai pH dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi ekstrak dan jenis surfaktan yang digunakan.

3.3. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa absorbansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2. Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

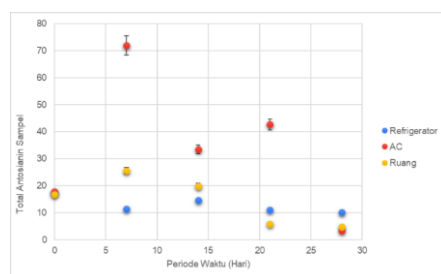
Waktu	Absorbansi ($\times 10^{-3}$)		
	Refrige-rator	AC	Ruang
Hari ke-0	65,2 \pm 0.2	67,7 \pm 0.1	77,6 \pm 0.1
Hari ke-7	52,0 \pm 0.03	43,5 \pm 0.02	75,3 \pm 0.04
Hari ke-14	45,8 \pm 0.08	45,2 \pm 0.02	58,4 \pm 0.02
Hari ke-21	41,2 \pm 0.07	77,0 \pm 0.13	666,2 \pm 1
Hari ke-28	40,6 \pm 0.04	44,1 \pm 0.04	301,7 \pm 0.05

Berdasarkan Tabel 2., dapat dilihat bahwa rata-rata absorbansi terendah ditunjukkan pada hari ke-28 perlakuan suhu refrigerator yaitu sebesar $40,6 \times 10^{-3}$ dan rata-rata absorbansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-21 perlakuan suhu ruang yaitu sebesar $666,2 \times 10^{-3}$. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way ANOVA* menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan (*p value* \geq 0,05).

Menurut Blinks et al (2017) semakin kecil ukuran partikel droplet maka absorbansi yang dihasilkan semakin besar. Melihat hal tersebut, maka terjadi penyimpangan data antara ukuran partikel dengan absorbansi yang dihasilkan. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, absorbansi mempunyai hubungan yang berbanding lurus dengan konsentrasi partikel. Konsentrasi partikel yang tinggi akan menghasilkan nilai absorbansi yang tinggi, begitu juga jika konsentrasi partikel rendah akan menghasilkan nilai absorbansi yang rendah. Melihat pernyataan tersebut, maka dapat dikatakan apabila nilai absorbansi yang dihasilkan sampel perlakuan suhu refrigerator dan suhu AC relatif kecil dapat disebabkan karena konsentrasi partikel kedua perlakuan tersebut lebih kecil jika dibandingkan sampel pada suhu ruang, sehingga serapan cahaya pada spektrofotometer UV-Vis tidak maksimal seperti sampel suhu ruang yang kemungkinan memiliki konsentrasi partikel yang lebih besar.

3.4. Analisis Kestabilan Total Antosianin Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 2.



Grafik 2. Total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 2., Total antosianin sampel pada suhu refrigerator relatif mengalami penurunan yaitu pada hari ke-7, hari ke-21 dan hari ke-28, namun sempat mengalami kenaikan di hari ke-14. Total antosianin sampel pada suhu AC cenderung tidak stabil dimana mengalami kenaikan yang signifikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14, kemudian mengalami kenaikan pada hari ke-21 dan mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke-28. Total antosianin sampel suhu ruang mengalami kenaikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14 hingga hari ke-28. Berdasarkan data tersebut, total antosianin sampel pada suhu refrigerator memiliki laju trend yang paling stabil dan total antosianin sampel pada suhu AC memiliki laju trend yang kurang stabil. Berdasarkan data diatas terdapat penyimpangan pada perlakuan suhu AC. Menurut Enaru et al (2021), total antosianin pada sampel akan menurun seiring lama penyimpanan karena adanya proses degradasi menjadi bentuk yang tidak berwarna. Proses degradasi dapat dipercepat seiring peningkatan suhu penyimpanan dan akan lebih lambat pada suhu rendah. Struktur antosianin akan mengalami perubahan dan akan membentuk aglikon yang disebut antosianidin. Aglikon memiliki sifat yang tidak stabil dan meningkatkan potensi terbentuknya cincin C (Oktavi et al., 2020). Pada perlakuan suhu lemari es didapatkan data yang sesuai karena mengalami perubahan yang cenderung tidak signifikan atau dapat dikatakan stabil.

3.5. Analisis Kestabilan Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa efisiensi enkapsulasi sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3., dapat dilihat bahwa rata-rata efisiensi enkapsulasi terendah ditunjukkan pada hari ke-0 perlakuan suhu refrigerator yaitu sebesar 98,74% dan rata-rata efisiensi enkapsulasi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-28 perlakuan suhu refrigerator yaitu sebesar 99,98%. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way ANOVA* didapatkan perbedaan yang tidak signifikan ($p \geq 0,05$). Efisiensi enkapsulasi pada seluruh perlakuan suhu penyimpanan menunjukkan laju trend yang relatif stabil dan mendekati angka 100%. Melihat hal tersebut dapat dikatakan bahwa seluruh sampel menunjukkan hasil enkapsulasi yang efisien. Selain itu, dilakukan juga perhitungan *surface anthocyanin* guna menunjukkan jumlah antosianin yang berada dalam fase kontinyu nanodispersi (Chen & Stephen Inbarai, 2019). Dengan kata lain, *surface anthocyanin* merupakan antosianin yang berada pada permukaan dan rentan mengalami degradasi.

Tabel 3. Efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

Waktu	Efisiensi Enkapsulasi (%)		
	Refrigerator	AC	Ruang
Hari ke-0	98.74 ± 0.550	99.45 ± 0.064	99.36 ± 0.082
Hari ke-7	99.88 ± 0.130	99.97 ± 0.015	99.34 ± 0.223
Hari ke-14	99.62 ± 0.009	99.93 ± 0.022	99.74 ± 0.059
Hari ke-21	99.58 ± 0.048	99.83 ± 0.004	99.35 ± 0.389
Hari ke-28	99.98 ± 0.066	99.95 ± 0.133	99.87 ± 0.090

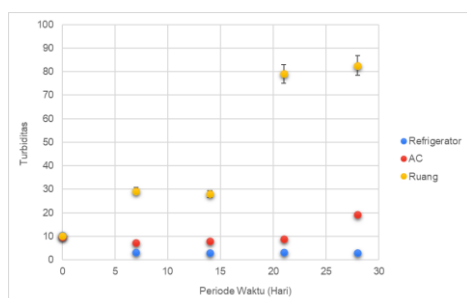
Commented [DW42]: Efisiensi yang tidak stabil seperti apa?

Commented [LO43R42]: Sudah ditambahkan pada pembahasan 3.5.

3.6. Stabilitas Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 3.

Berdasarkan Grafik 3., turbiditas pada suhu refrigerator mengalami penurunan pada hari ke-7 hingga hari ke-14 dan mengalami kenaikan pada hari ke-21 namun mengalami penurunan kembali pada hari ke-28. Turbiditas pada suhu AC hanya mengalami penurunan pada hari ke-7. Turbiditas suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14. Turbiditas perlakuan suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14 dan mengalami peningkatan yang signifikan pada hari ke-21 hingga hari ke-28. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dikatakan perlakuan suhu refrigerator menjadi perlakuan suhu penyimpanan yang memiliki tingkat turbiditas paling stabil, sedangkan suhu ruang menjadi perlakuan suhu penyimpanan dengan tingkat turbiditas paling tidak stabil.



Grafik 3. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Menurut Fletcher & Morris (1995), peningkatan suhu penyimpanan dapat menyebabkan peningkatan energi kinetik yang akan memicu terjadinya proses agregasi atau koalesensi partikel yang terdapat pada sistem nanopartikel. Selain itu, surfaktan yang digunakan juga dapat mengalami degradasi sehingga tingkat stabilitas juga akan menurun. Lama penyimpanan juga dapat berpengaruh terhadap tingkat turbiditas. Semakin lama waktu penyimpanan, maka proses pengendapan partikel akan meningkat karena adanya interaksi dalam waktu yang semakin lama (Isya et al., 2014).

3.7. Stabilitas %Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa transmitansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4., dapat dilihat bahwa rata-rata %transmitansi terendah ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu ruang yaitu sebesar 99,38% dan rata-rata transmitansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu AC yaitu sebesar 99,95%. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way* ANOVA didapatkan perbedaan yang tidak signifikan ($p \geq 0,05$).

Tabel 4. Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Waktu	Transmitansi (%)		
	Refrige-rator	AC	Ruang
Hari ke-0	99.76 ± 0.02	99.90 ± 0.02	99.81 ± 0.01
Hari ke-7	99.87 ± 0.005	99.95 ± 0.01	99.38 ± 0.02
Hari ke-14	99.88 ± 0.03	99.89 ± 0.04	99.47 ± 0.03
Hari ke-21	99.88 ± 0.02	99.76 ± 0.04	99.54 ± 0.13
Hari ke-28	99.86 ± 0.02	99.51 ± 0.03	99.43 ± 0.2

Menurut Halnor et al (2018) nilai persentase transmitansi akan menunjukkan nilai yang

Commented [DW44]: Setiap Peningkatan suhu berapa derajat mampu menurunkan turbiditas dan stabilitas berapa %?

Commented [LO45R44]: Penurunan turbiditas dan stabilitas tidak dapat diprediksi secara linier seperti yang diharapkan oleh reviewer. Selain itu, kinetik penurunan di luar ruang lingkup artikel kali ini. Kinetik degradasi akan diteliti lebih lanjut pada penelitian berikutnya

semakin baik apabila mendekati 100%. Transmittansi mengukur banyaknya cahaya yang dapat melewati sampel. Adanya peningkatan ukuran partikel dapat mempengaruhi transmittansi dengan hasilnya transmittansi akan menurun (Drantantiyas *et al.*, 2020). Adanya perubahan dalam hasil pengukuran transmittansi pada panjang gelombang tertentu menggambarkan perubahan dalam struktur nanodispersi. Peningkatan suhu dapat memicu agregasi partikel atau perubahan ukuran partikel dapat mempengaruhi karakteristik dari nanodispersi (McClements, 2016).

SIMPULAN

Nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan refrigerator menunjukkan hasil yang paling stabil secara fisik dan kimia, dimana menunjukkan hasil uji karakteristik kimia berupa nilai pH, turbiditas, persentase transmittansi, absorbansi, total antosianin sampel, efisiensi enkapsulasi, dan surface anthocyanin yang paling stabil serta menunjukkan hasil uji particle size yang baik, polydispersity index yang mendekati standar jika dibandingkan perlakuan suhu AC dan suhu ruang.

Nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan refrigerator mempunyai potensi ketidakstabilan dalam jangka waktu yang panjang karena menunjukkan hasil zeta potential dan conductivity yang kurang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, A., Harini, N., & Damat, D. (2021). Pengaruh waktu dan suhu pengeringan menggunakan pengering kabinet dalam pembuatan MOCAF (modified cassava flour) dengan fermentasi ragi tape. *Food Technology and Halal Science Journal*, 4(2), 172-191.
- Aji, A., Bahri, S., & Tantalia, T. (2018). Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi HCl untuk Pembuatan Pektin dari Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 33-44.
- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2019). Efektifitas frekuensi ekstraksi serta pengaruh suhu dan cahaya terhadap antosianin dan daya antioksidan ekstrak kelopak rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1).
- Aoki, T., Decker, E.A., McClements, D.J. 2005. Influence of environmental stresses on stability of o/w emulsions containing droplets stabilized by multilayered membranes produced by a layer-layer electrostatic deposition technique. *Food Hydrocolloids* 19(2): 209-220.
- Ayirala, S., Alghamdi, A., Gmira, A., Cha, D. K., Alsaud, M. A., & Yousef, A. (2020). Linking pore scale mechanisms with macroscopic to core scale effects in controlled ionic composition low salinity waterflooding processes. *Fuel*, 264, 116798.

Commented [DW46]: Bahas dan Bandingkan dengan study yang sudah ada sebelumnya

Commented [LO47R46]: Sudah ditambahkan dalam pembahasan

Commented [DW48]: Tambahkan implikasi praktis dari hasil penelitian seperti apa untuk penelitian terkait nanodispersi & nano partikel

Commented [LO49R48]: Sudah ditambahkan pada kesimpulan

Commented [DW50]: Tambahkan doi untuk daftar pustaka

Commented [LO51R50]: Sudah ditambahkan pada pustaka-pustaka yang memiliki DOI

- Cahyono, B. E., Utami, I. D., Lestari, N. P., & Oktaviany, N. S. (2019). Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 179-186.
- Chairunnisa, S., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2019). pengaruh suhu dan waktu maserasi terhadap karakteristik ekstrak daun bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri ISSN*, 2503, 488X.
- Chen, B. H., & Stephen *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri ISSN* Inbaraj, B. (2019). Nanodispersion and nanoliposome based strategies for improving anthocyanin stability and bioavailability. *Nutrients*, 11(5), 1052.
- Chen, T. T., Zhang, Z. H., Wang, Z. W., Chen, Z. L., Ma, H., & Yan, J. K. (2021). Effects of ultrasound modification at different frequency modes on physicochemical, structural, functional, and biological properties of citrus pectin. *Food Hydrocolloids*, 113, 106484.
- Cheong, A. M., Tan, C. P., & Nyam, K. L. (2018). Stability of bioactive compounds and antioxidant activities of kenaf seed oil-in-water nanodispersions under different storage temperatures. *Journal of food science*, 83(10), 2457-2465.
- Dos Santos Ramos, M. A., Da Silva, P. B., Spósito, L., De Toledo, L. G., Bonifacio, B. V., Roderio, C. F., ... & Bauab, T. M. (2018). Nanotechnology-based drug delivery systems for control of microbial biofilms: a review. *International journal of nanomedicine*, 1179-1213.
- Fauziah, J. H., Yuliawati, K. M., & Patricia, V. M. (2022, July). Pengaruh Perbedaan Pelarut Ekstraksi terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Naga yang Diekstraksi dengan Metode Ultrasound-Assisted Extraction (UAE). In *Bandung Conference Series: Pharmacy* (Vol. 2, No. 2, pp. 128-136).
- Firmansyah, F., Wulandari, W., Muhtadi, W. K., & Nofriyanti, N. (2022). Optimasi Formula Nanodispersi Antioksidan Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan Metode Box Behnken Design. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 8(2), 294-306.
- Lisa, M., Lutfi, M., dan Susilo, B. 2015. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap mutu tepung jamur tiram putih (*Plaeotus ostreatus*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3.
- Markakis, P. (1982). Stability of anthocyanins in foods. *Anthocyanins as food colors*, 163, 180.

- McClements, D. J. (2016). Food emulsions: principles, practices, and techniques. *CRC press*.
- McClements, D. J., & Rao, J. (2011). Food-grade nanodispersions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(4), 285-330.
- Milanda, T., Barliana, M. I., Rosidah, R., & Kusuma, A. S. (2021). Antibacterial activities of parijoto (*Medinilla speciosa blume*) fruit extracts against clinical isolates of *Salmonella typhi* and *Shigella dysenteriae*. *Pharmacol Clin Pharm Res*, 6(1), 25-34.
- Moldoveanu, G. M., Minea, A. A., Huminic, G., & Huminic, A. (2019). Al₂O₃/TiO₂ hybrid nanofluids thermal conductivity: an experimental approach. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 137, 583-592.
- Nikam, T. H., Patil, M. P., Patil, S. S., Vadnere, G. P., & Lodhi, S. (2018). Nanodispersion: A brief review on development and application in Parenteral Drug Delivery. *Adv. Pharm. J*, 3(2), 43-54.
- Nirmalayanti, N. L. P. K. V. (2021). Skrining Berbagai Jenis Surfaktan Dan Kosurfaktan Sebagai Dasar Pemilihan Formulasi Nanodispersi. *Metta: Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 1(3), 158-166.
- Nur, A. F., Bahar, M., Hadiwardjo, Y. H., & Setyaningsih, Y. (2024, June). Aktivitas Antibakteri Ekstrak *Graptophyllum Pictum* (L.) Griff Menggunakan Variasi Frekuensi Ultrasonik Terhadap *Salmonella Typhi*. In Seminar Nasional Riset Kedokteran (Vol. 5, No. 1).
- Nurhayati, N., & Budiyanto, B. (2016). Stability and Preference of Red Palm Oil Emulsion Prepared With Various Concentration of Tween 80. *Jurnal Agroindustri*, 6(2), 80-87.
- Panorama, S., Aminah, S., & Setiawansyah, A. (2024). Perbandingan Uji Mukolitik Ekstrak Dan Fraksi Daun Lamtoro (*Leucaena Leucocephala* (Lam) De Wit) Halus Dan Kasar Secara In Vitro. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 2(4), 12-20.
- Perez-Esteve, E., Bernardos, A., Martínez-Máñez, R., & M Barat, J. (2013). Nanotechnology in the development of novel functional foods or their package. *An overview based in patent analysis. Recent patents on food, nutrition & agriculture*, 5(1), 35-43.

Prasetyo, K. W. (2020). Aplikasi Nanoteknologi Dalam Industri Hasil Hutan (Application Of Nanotechnology In Forest Products Industry). *Akar*, 2(1), 15-26.

Purwanti, M., Jamaluddin, J., & Kadirman, K. (2017). Penguapan Air dan Penyusutan Irisan Ubi Kayu Selama Proses Pengeringan Menggunakan Mesin Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3(1), 127-136.

Qian, C., Decker, E. A., Xiao, H., & McClements, D. J. (2012). Nanodispersion delivery systems: Influence of carrier oil on β -carotene bioaccessibility. *Food Chemistry*, 135(3), 1440-1447.

Rachim, P. F., Mirta, E. L., & Thoha, M. Y. (2012). Pembuatan surfaktan natrium lignosulfonat dari tandan kosong kelapa sawit dengan sulfonasi langsung. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1).

Rahesti, M., Qonitah, F., & Khusna, K. (2022). Penetapan Kadar Formalin Pada Tahu yang Beredar di Pasar Arjowinangun Kabupaten Pacitan dengan Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis (Doctoral dissertation, Universitas Sahid Surakarta).

Ramadhani, D., & Widiyanti, N. (2022). Pengaruh Formulasi Serum Nanoemulgel Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor. *Jurnal Syntax Fusion*, 2(08), 714-729.

Redha, A., & Susilo, D. U. M. (2020). Formulasi Nanodispersi Oleoresin Jahe Merah Berbasis Lesitin Dan Stabilitasnya Selama Penyimpanan. *Agrofood*, 2(2), 1-8.

Redha, A., Saniah, S., & Ahmad, D. I. (2019). Stabilitas Nano-Edible Coating Oleoresin Jahe Berbasis Kitosan Selama Penyimpanan. *Vokasi: Jurnal Publikasi Ilmiah*, 14(2), 75-79.

Rohmah, S. A. A., Muadifah, A., & Martha, R. D. (2021). Validasi Metode Penetapan Kadar Pengawet Natrium Benzoat pada Sari Kedelai di Beberapa Kecamatan di Kabupaten Tulungagung Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(2), 120-127.

Sasongko, A., Nugroho, R. W., Setiawan, C. E., Utami, I. W., & Pusfitasari, M. D. (2017). Penentuan Total Fenol Ekstrak Umbi Bawang Dayak Hasil Ekstraksi Dengan Metode Ultrasound Assisted Extraction (UAE) dan Ultrasonic-Microwave Assisted Extraction (UMAE). *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 3(2).

Sekhon, B. S. (2010). Food nanotechnology—an overview. *Nanotechnology, science and applications*, 1-15.

Sharma, A. D., Farmaha, M. D., & Kaur, I. D. (2020). Preparation and characterization of O/W nanodispersion with eucalyptus essential oil and study of in vitro antibacterial activity. *Nanomedicine research journal*, 5(4), 347-354.

Singh, Y., Meher, J. G., Raval, K., Khan, F. A., Chaurasia, M., Jain, N. K., & Chourasia, M. K. (2017). Nanodispersion: Concepts, development and applications in drug delivery. *Journal of controlled release*, 252, 28-49.

Siqhny, Z. D., Azkia, M. N., & Kunarto, B. (2020). Karakteristik nanodispersi ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa blume*). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(1), 1-10.

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2017). Principles of instrumental analysis: Cengage learning. *Cengage learning*.

Suhartatik, N., Karyantina, M., Mustofa, A., Cahyanto, M. N., Raharjo, S., & Rahayu, E. S. (2013). Stabilitas ekstrak antosianin beras ketan (*Oryza sativa* var. glutinosa) hitam selama proses pemanasan dan penyimpanan. *Agritech*, 33(4), 384-390.

Syam, H., & Patang, P. (2018). Analisis Berbagai Suhu Pengering Yang Berbeda Terhadap Mutu Dendeng Ikan Nila (*Oerochromus Niloticus*). *Laporan Akhir Penelitian Pnbp Majelis Profesor*.

Trivana, L., Suyatma2a, N. E., Hunaefi2a, D. A. S. E., & Munarso3a, S. J. (2021). Pengaruh Penambahan Surfaktan Terhadap Sifat Fisikokimia dan Stabilitas Emulsi VCO. *Buletin Palma Volume*, 22(1), 31-42.

Ummah, M., Kunarto, B., & Pratiwi, E. (2021). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisikokimia serbuk ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa Blume*). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 16(1), 35-42.

Utami, P., Kasmungin, S., Pauhesti, P., Pramadika, H., Ibrahim, A., & Fadlu, A. (2019, October). Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Pada Lapangan Di Sumatera Selatan. *In Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan* (pp. 1-30).

Vifta, R. L., Shutawian, M. A., Maulidya, A., & Yuswantina, R. (2021). Skrining flavonoid ekstrak buah

parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) asal Kabupaten Kudus dan Semarang dengan pembanding kuersetin dan rutin. *Media Informasi Penelitian Kabupaten Semarang*, 3(1), 3-13.

Warsani, Z. (2022). Potensi nanoteknologi dalam membangun ketahanan pangan. *Jurnal Tampiasih*, 1(1), 30-39.

Wati, E. W., Mita, N., & Ardana, M. (2018, December). Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap stabilitas warna sari buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus* Britton and Rose). In *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences* (Vol. 8, pp. 30-34).

Widyasanti, A., Nurlaily, N., & Wulandari, E. (2018). Karakteristik Fisikokimia Antosianin Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Metode Uae (Physicochemical Characteristics of Red Dragon Fruit Skin Anthocyanin Extracts using UAE Method): Physicochemical Characteristics of Dragon Fruit Peels (*Hylocereus polyrhizus*) Anthocyanin Extracts using UAE (Ultrasound Assisted Extraction) Method. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 6(1), 27-38.

Winarno, F.G. 2002. Kimia Pangan dan Gizi. *Gramedia Pustaka Utama. Jakarta*.

Zhang, J., Bing, L., & Reineccius, G. A. (2015). Formation, optical property and stability of orange oil nanodispersions stabilized by Quallija saponins. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1063–1070.

Zhang, L., Liu, A., Wang, W., Ye, R., Liu, Y., Xiao, J., & Wang, K. (2017). Characterisation of Microemulsion Nanofilms based on Tilapia Fish Skin Gelatine and ZnO Nanoparticles incorporated with Ginger Essential Oil: Meat Packaging Application. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(7), 1670-1679. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13441>.

Zyuzina, K. D., Gelman, M. M., Zhdanova, G. O., Kupchinsky, A. B., & Stom, D. I. (2021, March). Toxic effects of Tween-80 and its mixtures with oil on oligochaetes.

IV. Revised Manuscript

Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto (*Medinilla speciosa*) dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan

Novita I Putri*, Ivan Wijaya, Yohanes Alan Sarsita Putra, Berndeta Soedarini, Alberta Rika Pratiwi, Victoria Kristina Ananingsih,
Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, Indonesia
*novitaika@unika.ac.id

Abstract

Medinilla speciosa, or Parijoto, is a plant with reddish-purple skin and bright yellowish-red flesh found around Mount Muria, Kudus, Central Java. Parijoto is known for its anti-inflammatory, anticancer, antibacterial, antidiabetic, and antioxidant properties due to its secondary metabolites, especially anthocyanins, which are highly unstable and degrade during extraction, processing, and storage. Nanodispersion, a system that disperses nano-sized particles, improves solubility and homogeneity, helping stabilize anthocyanins. This study investigates the impact of storage temperatures on Parijoto nanodispersion stability by analyzing physical (particle size, zeta potential, polydispersity index) and chemical (pH, absorbance, encapsulation efficiency, turbidity, % transmittance) characteristics. Samples were stored in a refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), air conditioner (AC) ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), and room temperature ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) with Tween 80 as a stabilizer. Analysis was conducted over 28 days at 7-day intervals. Findings indicate that refrigerated storage yielded the best physical and chemical stability, with consistent pH, turbidity, transmittance, absorbance, anthocyanin content, encapsulation efficiency, and favorable particle size and polydispersity index. However, potential long-term instability was noted due to suboptimal zeta potential and conductivity.

Keywords: *Medinilla speciosa*, nanodispersion, storage stability, anthocyanin

Abstrak

Medinilla speciosa, atau Parijoto, adalah tanaman dengan kulit berwarna merah keunguan dan daging buah berwarna merah kekuningan yang tumbuh di sekitar Gunung Muria, Kudus, Jawa Tengah. Parijoto dikenal memiliki sifat antiinflamasi, antikanker, antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan berkat kandungan metabolit sekundernya, terutama antosianin, yang sangat tidak stabil dan rentan mengalami degradasi selama ekstraksi, pengolahan, dan penyimpanan. Nanodispersi, sistem yang mendispersikan partikel berukuran nano, dapat meningkatkan kelarutan dan homogenitas, sehingga membantu menstabilkan antosianin. Penelitian ini mengkaji pengaruh suhu penyimpanan terhadap stabilitas nanodispersi Parijoto dengan menganalisis karakteristik fisik (ukuran partikel, zeta potensial, indeks polidispersitas) dan kimia (pH, absorbansi, efisiensi enkapsulasi, turbiditas, % transmitansi). Sampel disimpan pada suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), AC ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) dengan Tween 80 sebagai stabilisator. Analisis dilakukan selama 28 hari dengan interval 7 hari. Hasil menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu

lemari es memberikan stabilitas fisik dan kimia terbaik, dengan pH, turbiditas, transmitansi, absorbansi, kandungan antosianin, efisiensi enkapsulasi yang stabil, serta ukuran partikel dan indeks polidispersitas yang baik. Namun, ketidakstabilan jangka panjang mungkin terjadi akibat nilai zeta potensial dan konduktivitas yang kurang optimal.

Kata Kunci: *Medinilla speciosa*, nanodispersi, stabilitas penyimpanan, antosianin

PENDAHULUAN

1.5. Latar Belakang

Dalam kehidupan modern saat ini, bidang pangan merupakan faktor yang krusial dalam kehidupan sehingga diperlukan adanya inovasi - inovasi baru termasuk dalam industri pangan. Salah satu inovasi yang menarik dalam bidang pangan adalah nanodispersi. Nanodispersi dibuat dengan memecah ukuran kristal nutraceutical menjadi ukuran nano disertai penambahan polimer ampifilik atau surfaktan dengan tujuan untuk menstabilkan campuran. Namun, penggunaan nanodispersi dalam bidang pangan masih mempunyai kelemahan, yaitu perlu adanya pengemulsi pangan dengan efikasi tinggi dan harus dapat mencegah Ostwald ripening pada nanodispersi (Qian *et al.*, 2012 dalam Zhang *et al.*, 2015).

Dalam pembentukan fase pada nanodispersi, diperlukan adanya suatu agen berupa surfaktan. Tween-80 merupakan surfaktan dengan sifat bioavailabilitas dan biokompatibilitas yang tinggi. Selain itu, tween-80 merupakan surfaktan bersifat non-ionik dan juga non-toksik. Tween-80 umumnya dimanfaatkan dalam industri farmasi. Tween 80 sebagai surfaktan mampu mengurangi tegangan permukaan pada nanoteknologi (Ayirala *et al.*, 2020).

Pada nanodispersi, pemanfaatan bahan pangan menjadi pangan fungsional perlu memperhatikan berbagai hal seperti kandungan dan karakteristik bahan pangan tersebut. Salah satu bahan pangan yang dapat dimanfaatkan menjadi pangan fungsional adalah buah parijoto (*Medinilla speciosa*).

Buah parijoto adalah jenis tanaman epifit yang dapat tumbuh baik di dataran tinggi sekitar 800 hingga 2.300 meter diatas permukaan laut dan relatif lembab. Parijoto mengandung senyawa metabolit sekunder seperti glikosida, antosianin, saponin, tanin, alkaloid dan flavonoid yang mempunyai peran sebagai antiinflamasi, antikanker, antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan (Ummah *et al.*, 2021).

Dari semua kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada buah parijoto, senyawa antosianin menjadi kandungan yang paling utama (Vifta *et al.*, 2021). Sayangnya, senyawa antosianin merupakan senyawa yang sangat rentan mengalami degradasi dan sangat tidak stabil. Menurut Chen & Stephen (2019), faktor yang dapat mempengaruhi kualitas antosianin adalah keberadaan ion logam, protein, suhu penyimpanan, pH, pelarut, struktur kimia, cahaya, dan juga oksigen.

Tingginya suhu serta pH dapat menyebabkan perubahan warna pada antosianin. Melihat kelemahan dari senyawa antosianin, maka diperlukan adanya perlakuan nanodispersi yang tepat dan juga sesuai. Menurut Chen & Stephen (2019), nanodispersi merupakan metode yang mampu menjaga sekaligus meningkatkan stabilitas, bioaktivitas, dan bioavailabilitas antosianin suatu bahan. Selain itu, dibutuhkan perlakuan tambahan guna menjaga kestabilan antosianin yang terdapat dalam nanodispersi ekstrak parijoto.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amperawati *et al* (2019), salah satu faktor yang dapat menentukan stabilitas kandungan antosianin dalam nanodispersi adalah suhu, dimana antosianin dalam nanodispersi mengalami penurunan sejalan dengan adanya peningkatan suhu dan

tidak terlalu terpengaruh oleh oksigen. Menurut Cheong *et al.* (2018), suhu penyimpanan memiliki peran yang cukup penting dalam menjaga kestabilan nanodispersi. Dalam penelitian tersebut suhu 4°C merupakan suhu penyimpanan yang paling optimal untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan dalam nanodispersi. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet, sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi (Muche *et al.*, 2018). Melihat hal – hal yang telah disampaikan sebelumnya, analisis stabilitas nanodispersi ekstrak parijoto pada berbagai suhu penyimpanan diperlukan untuk mendukung inovasi dan pengembangan produk olahan pangan berbasis teknologi nano

1.6. Hipotesis Penelitian

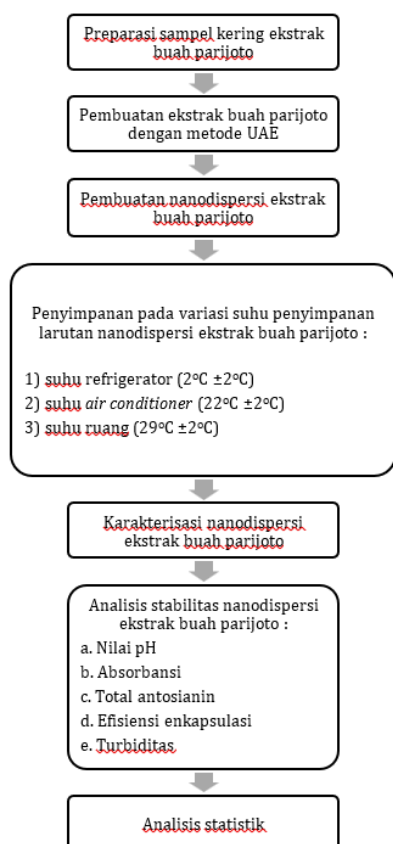
Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka hipotesis dari penelitian ini yaitu :

H₀: Variasi suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan tidak memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

H₁: Variasi suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

METODE PENELITIAN

Sampel utama dari penelitian ini adalah nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan penggunaan surfaktan berjenis Tween 80. Variasi kondisi yang diterapkan pada penelitian ini adalah 3 variasi kondisi suhu penyimpanan yaitu suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu *air conditioner* ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Sampel akan diuji stabilitasnya berdasarkan sifat fisikokimia yang terlihat dari karakterisasi fisik, nilai pH, stabilitas absorbansi, jumlah total antosianin, turbiditas dan % transmitansi. Preparasi sampel dan analisis sampel akan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan interval waktu analisis yang digunakan adalah 7 hari dengan periode penyimpanan yang digunakan adalah 28 hari. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Preparasi Sampel Kering Ekstrak Buah Parijoto

Buah parijoto disortasi dan dicuci untuk membersihkannya dari segala kotoran menggunakan air. Buah parijoto segar kemudian ditimbang sebanyak 200 gram untuk dilanjutkan dengan proses *steam blanching* selama 3 menit. Selanjutnya, buah parijoto direndam menggunakan larutan asam sitrat 1% selama 5 menit. Buah parijoto kemudian disusun di atas wadah untuk dikeringkan selama 6 jam pada suhu 70°C menggunakan *cabinet dryer*. Setelah dikeringkan, buah parijoto kemudian dihaluskan dengan *grinder* dan bubuk buah parijoto diayak dengan ukuran ayakan 106 mesh hingga dihasilkan bubuk parijoto dengan ukuran yang seragam (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.2. Pembuatan Ekstrak Buah Parijoto dengan *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE)

Ekstrak parijoto dibuat dengan mencampurkan 20 gram bubuk parijoto ke dalam 200 ml etanol 99,5%. Sampel kemudian disonikasi dengan waktu 30 menit pada frekuensi 40 KHz, 100W.

Selanjutnya, sampel digoyangkan selama 1 jam pada kecepatan 200 rpm dan disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm pada suhu 4°C dengan waktu 10 menit. Hasil sentrifugasi berupa supernatan dipisahkan dan etanol diuapkan hingga tersisa ekstrak pekat yang kemudian dilarutkan dengan aquadestilata dengan perbandingan 1:10 (w/v). Sampel yang telah homogen difiltrasi menggunakan membrane filter 0,22 mikrometer dan didapatkan ekstrak buah parijoto. Ekstrak disimpan pada suhu -20°C hingga analisis selanjutnya (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.3. Pembuatan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pembuatan nanodispersi ekstrak parijoto dilakukan dengan larutan surfaktan tween 80 12%. Ekstrak diperoleh pada tahap sebelumnya diencerkan menggunakan aquadestilata untuk mencapai konsentrasi ekstrak sebesar 7,5%(v/v). Larutan Tween 80 kemudian dicampur dengan ekstrak parijoto 7,5% dan disonikasi untuk pencampuran. Selanjutnya, sampel akan dihomogenkan pada kecepatan 15.000 rpm pada suhu 4°C selama 15 menit (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.4. Penyimpanan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Nanodispersi ekstrak parijoto dimasukkan ke dalam botol berwarna dengan tutup ulir dan *headspace* minimal, lalu disimpan pada tiga variasi suhu penyimpanan yaitu suhu lemari es (2°C \pm 2°C), suhu AC (22°C \pm 2°C), dan suhu ruang (29°C \pm 2°C). Selanjutnya sampel akan disimpan untuk dianalisis stabilitasnya selama 28 hari.

2.5. Karakterisasi Nanodispersi

Uji karakterisasi nanodispersi dalam penelitian ini menggunakan alat Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical, Malvern, UK) dan dengan aplikasi ZS Xplorer. Hasil yang diperoleh dari analisis ini antara lain nilai zeta potensial, ukuran partikel, indeks polidispersitas, dan konduktivitas (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.6. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran nilai pH selama penyimpanan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kondisi suhu penyimpanan terhadap stabilitas dan kualitas nanodispersi ekstrak parijoto. Nilai pH sampel akan diukur dengan memanfaatkan Schott pHmeter (Schott Instruments GmbH, Germany) pada suhu ruang. Pengukuran nilai pH dilakukan dalam interval waktu 7 hari selama 28 hari periode penyimpanan.

2.7. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran absorbansi dilakukan dengan mengukur cahaya yang dapat terserap pada panjang gelombang tertentu. Semakin kecil ukuran partikel maka interaksi dengan cahaya akan lebih mudah terjadi (Mekuye, 2023). Absorbansi sampel akan dilakukan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 500 nm dalam interval

waktu 7 hari selama 28 hari penyimpanan.

2.8. Total Antosianin pada Ekstrak Parijoto 7,5%

Metode pengujian total antosianin menggunakan metode pH diferensial yang merupakan modifikasi dari penelitian Zahed *et al.*, (2023). Larutan buffer potassium chloride 0,2 M (KCl) pH 1 dan larutan buffer pH 4,5 sodium acetate 0,2 M (CH₃COONa) dipersiapkan.

Sebanyak 1 ml ekstrak parijoto 7,5% diencerkan dengan aquabides dengan perbandingan 1 : 9. Ekstrak parijoto yang telah diencerkan kemudian dicampurkan dengan masing-masing 1 ml larutan buffer pH 1 dan pH 4,5. Masing-masing sampel divortex hingga homogen kemudian disimpan dalam ruang gelap selama 15 menit. Sampel yang telah diinkubasi dihitung absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm. Absorbansi (A) yang diperoleh ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4,5}$$

Total antosianin dalam ekstrak parijoto 7,5% dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Total Antosianin (mg)} = \frac{A \times FP \times BM \times 1000}{\epsilon \times L}$$

Keterangan :

A	= absorbansi
BM	= 449,2 g/mol (Berat molekul untuk cyanidin-3-glucoside)
ε	= 26.900 L/mol.cm (Absorptivitas molar untuk cyanidin-3-glucoside)
1000	= faktor konversi dari gram ke miligram
FP	= 10 (faktor pengenceran)
L	= lebar kuvet (1 cm)

2.9. Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Metode efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto mengacu pada metode yang diterapkan pada penelitian Zahed *et al.*, (2023). Efisiensi Enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{TA - SA}{TAE} \times 100\%$$

Keterangan :

- TA = Total Antosianin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto
 SA = Surface Antocyanin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto
 TAE = Total Antosianin pada ekstrakparijoto 7,5%

2.10. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Perubahan dalam turbiditas dapat menjadi tanda perubahan dalam stabilitas sistem dispersi. Pengujian turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto mengacu pada metode Zhang *et al.*, (2015). Uji turbiditas dilakukan menggunakan turbidimeter 2100Q (Hach, Jerman).

2.11. Persen (%) Transmittansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Persen (%) transmittansi menggambarkan intensitas cahaya yang dapat melewati suatu larutan. Semakin tinggi %transmittansi, maka semakin tinggi tingkat kejernihan suatu sampel. Pengukuran %transmittansi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis yang merupakan penerapan hukum Lambert-Beer (Siqihny *et al.*, 2020). Seluruh sampel diukur transmittansinya dengan cara mengencerkan 1 ml seluruh jenis sampel ke dalam 9 mL aquabides yang mengacu pada metode Wiwiek *et al.*, (2017). Sampel yang telah diencerkan diukur transmittansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 650 nm dengan blanko aquabides. %Transmittansi yang diperoleh dari setiap sampel kemudian dibandingkan dengan transmittansi aquabides atau dihitung dengan rumus berikut :

$$\%transmittansi = \frac{Transmittansi\ sampel}{Transmittansi\ aquabides} \times 100\%$$

2.11. Analisa Statistik

Data hasil uji penyimpanan dari hari ke 0 hingga ke 28 dianalisa dengan menggunakan One Way ANOVA dan perbedaan signifikan antar sampel diidentifikasi dengan menggunakan uji Duncan. Perbedaan sifat fisik sampel hari ke 0 dan ke 30 diuji dengan menggunakan t-test. Seluruh analisa statistik dilakukan pada SPSS v 29.0.0

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Tabel 1 menunjukkan karakteristik fisik dari nanodispersi ekstrak parijoto yang diamati selama dua periode, yaitu pada hari ke-0 dan hari ke-30, di bawah tiga kondisi penyimpanan yang berbeda: lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu *air conditioner* atau AC ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Parameter yang diukur meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas, zeta potential, dan konduktivitas.

Pada hari ke-0, ukuran partikel relatif stabil di kisaran 47-49 nm untuk ketiga kondisi penyimpanan, dengan indeks polidispersitas yang tinggi di semua kondisi, menunjukkan distribusi partikel yang sangat beragam. Nilai zeta potential juga relatif serupa antar kondisi, namun nilai konduktivitas menunjukkan stabilitas di angka 0,57 ms/cm.

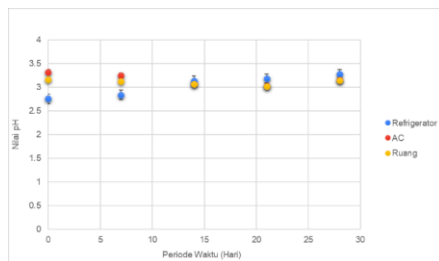
Namun, pada hari ke-30, hasil menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam beberapa parameter, terutama pada ukuran partikel dan zeta potential. Ukuran partikel pada suhu ruang meningkat secara drastis menjadi $386,37 \pm 112,23$ nm, dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih kecil pada kondisi lemari es dan AC. Pada perlakuan suhu lemari es, ukuran partikel tetap dalam kisaran stabil 47–50 nm. Hal ini mencerminkan tidak adanya agregasi atau koalesensi partikel yang signifikan akibat energi kinetik molekul yang minimal pada suhu rendah (Muche *et al.*, 2018).

Setelah penyimpanan selama 30 hari, terlihat pula nilai indeks polidispersitas yang menurun, menunjukkan keragaman partikel yang berkurang, yang dapat mengindikasikan terjadinya *Ostwald ripening*. *Ostwald ripening* merupakan fenomena ketidakstabilan yang sering diamati pada sistem nanodispersi (Ananingsih *et al.*, 2024). Perubahan pada nilai *zeta potential* dan konduktivitas juga teramati, dengan nilai yang sedikit bervariasi di setiap kondisi.

Pada Tabel 1., dapat dilihat bahwa hampir seluruh data ukuran partikel sesuai dengan penelitian Muchlisyyah *et al.* (2017) yang menyatakan ukuran nanodispersi yang baik adalah berada pada range 10-1000 nm kecuali perlakuan suhu ruang pada hari ke-30. Hal tersebut sesuai dengan data turbiditas yang menunjukkan tingkat turbiditas yang tinggi pada perlakuan suhu ruang. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet, sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi (McClements & Rao, 2011). Hal tersebut disebabkan karena adanya perubahan dan perbedaan struktur polimer mengikuti suhu penyimpanan yang diterapkan. Selain itu, energi kinetik dalam molekul nanodispersi akan meningkat seiring meningkatnya suhu penyimpanan (Ramadhani & Widiyanti, 2022).

3.2. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa nilai pH dari nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi kondisi penyimpanan dapat diamati pada Grafik 1.



Tabel 1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Waktu	Particle Size (nm)			Polydispersity Index			Zeta Potential (mV)			Conductivity (ms/cm)		
	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang
Day 0	48,45 ± 0,21 ^a	47,2 ± 0,16 ^a	49,14 ± 0,11 ^a	1 ± 0,00 ^a	1 ± 0,00 ^a	1 ± 0,00 ^a	-5,29 ± 0,08 ^a	-5,12 ± 0,03 ^a	-4,80 ± 0,03 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a
Day 30	28,01 ± 0,32 ^b	34,14 ± 0,36 ^b	386,37 ± 112,23 ^b	0,75 ± 0,03 ^b	0,90 ± 0,01 ^b	0,39 ± 0,01 ^b	-5,65 ± 2,66 ^b	-6,51 ± 1,45 ^b	-3,95 ± 0,16 ^b	0,62 ± 0,03 ^b	0,34 ± 0,01 ^b	0,75 ± 0,12 ^b

Grafik 1. Nilai pH Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 1., nilai pH pada suhu lemari es mengalami kenaikan pada hari ke-0 hingga hari ke-28. Sedangkan nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menunjukkan penurunan pada hari ke-0 hingga hari ke-21 dan mengalami kenaikan pada hari ke-28. Pada perlakuan suhu lemari es, laju trend untuk nilai pH cenderung stabil meskipun mengalami peningkatan yang tidak signifikan. Nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menggambarkan laju trend yang cenderung stabil meskipun mengalami penurunan yang tidak signifikan. Secara keseluruhan nilai pH nanodispersi ekstrak parijoto dapat dikatakan stabil dalam seluruh kondisi suhu penyimpanan. Menurut Sihny *et al.*, (2020) perubahan nilai pH dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi ekstrak dan jenis surfaktan yang digunakan.

3.3. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa absorbansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2. Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Waktu	Absorbansi ($\times 10^{-3}$)		
	Refrige-rator	AC	Ruang
Hari ke-0	$65,2 \pm 0.2^{a1}$	$67,7 \pm 0.1^{a2}$	$77,6 \pm 0.1^{a3}$
Hari ke-7	$52,0 \pm 0.03^{b1}$	$43,5 \pm 0.02^{b2}$	$75,3 \pm 0.04^{a3}$
Hari ke-14	$45,8 \pm 0.08^{c1}$	$45,2 \pm 0.02^{b1}$	$58,4 \pm 0.02^{b2}$
Hari ke-21	$41,2 \pm 0.07^{d1}$	$77,0 \pm 0.13^{a2}$	$666,2 \pm 1^{c3}$
Hari ke-28	$40,6 \pm 0.04^{d1}$	$44,1 \pm 0.04^{b1}$	$301,7 \pm 0.05^{c2}$

Data disajikan dalam bentuk rata-rata \pm standard deviasi, dengan superscript huruf menunjukkan perbedaan antar waktu penyimpanan dan superscript angka menunjukkan perbedaan antar perlakuan penyimpanan

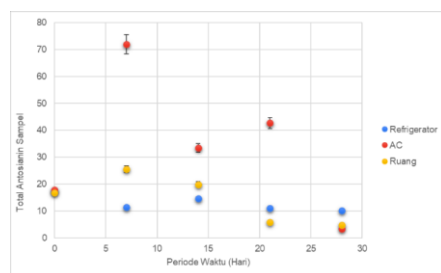
Berdasarkan Tabel 2., rata-rata absorbansi terendah ditunjukkan pada hari ke-28 perlakuan suhu lemari es yaitu sebesar $40,6 \times 10^{-3}$ dan rata-rata absorbansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-21 perlakuan suhu ruang yaitu sebesar $666,2 \times 10^{-3}$. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way ANOVA* menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan ($p \text{ value} \geq 0,05$).

Menurut Mekuye. (2023) semakin kecil ukuran partikel droplet maka absorbansi yang dihasilkan semakin besar. Melihat hal tersebut, maka terjadi penyimpangan data antara ukuran partikel dengan absorbansi yang dihasilkan. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, absorbansi mempunyai hubungan yang berbanding lurus dengan konsentrasi partikel. Konsentrasi partikel yang tinggi akan menghasilkan nilai absorbansi yang tinggi, begitu juga jika konsentrasi partikel rendah akan menghasilkan nilai absorbansi yang rendah. Melihat pernyataan tersebut, maka dapat dikatakan apabila nilai absorbansi yang dihasilkan sampel perlakuan suhu lemari es dan suhu AC relatif kecil dapat disebabkan karena konsentrasi partikel kedua perlakuan tersebut lebih kecil jika dibandingkan sampel pada suhu ruang, sehingga serapan cahaya pada spektrofotometer UV-Vis tidak maksimal

seperti sampel suhu ruang yang kemungkinan memiliki konsentrasi partikel yang lebih besar.

3.4. Analisis Kestabilan Total Antosianin Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 2.



Grafik 2. Total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 2., Total antosianin sampel pada suhu lemari es relatif mengalami penurunan yaitu pada hari ke-7, hari ke-21 dan hari ke-28, namun sempat mengalami kenaikan di hari ke-14. Total antosianin sampel pada suhu AC cenderung tidak stabil dimana mengalami kenaikan yang signifikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14, kemudian mengalami kenaikan pada hari ke-21 dan mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke-28. Total antosianin sampel suhu ruang mengalami kenaikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14 hingga hari ke-28. Berdasarkan data tersebut, total antosianin sampel pada suhu lemari es memiliki laju trend yang paling stabil dan total antosianin sampel pada suhu AC memiliki laju trend yang kurang stabil. Berdasarkan data diatas terdapat penyimpangan pada perlakuan suhu AC. Menurut Enaru *et al.*, (2021), total antosianin pada sampel akan menurun seiring lama penyimpanan karena adanya proses degradasi menjadi bentuk yang tidak berwarna. Degradasi selama penyimpanan ini terjadi karena adanya hidrolisis ikatan glikosidik yang menghubungkan aglikon dengan gugus glikosil dan degradasi ini dapat dipercepat seiring peningkatan suhu penyimpanan, terutama untuk antosianin yang sensitif terhadap temperatur (Muche *et al.*, 2018). Struktur antosianin akan mengalami perubahan dan akan membentuk aglikon yang disebut antosianidin. Aglikon memiliki sifat yang tidak stabil dan meningkatkan potensi terbentuknya cincin C (Oktavi *et al.*, 2020). Pada perlakuan suhu lemari es didapatkan data yang sesuai karena mengalami perubahan yang cenderung tidak signifikan atau dapat dikatakan stabil.

3.5. Analisis Kestabilan Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa efisiensi enkapsulasi sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3., dapat dilihat bahwa rata-rata efisiensi enkapsulasi pada seluruh perlakuan suhu penyimpanan menunjukan laju trend yang relatif stabil dan mendekati angka 100%. Ketika nilai efisiensi enkapsulasi berkurang, maka dapat disimpulkan bahwa jumlah antosianin

terenkapsulasi menurun yang menunjukkan ketidakstabilan nanodispersi. Melihat hal tersebut dapat dikatakan bahwa seluruh sampel menunjukkan enkapsulasi nanodispersi yang stabil. Selain itu, dilakukan juga perhitungan *surface anthocyanin* guna menunjukkan jumlah antosianin yang berada dalam fase kontinyu nanodispersi (Chen & Stephen, 2019). Dengan kata lain, *surface anthocyanin* merupakan antosianin yang berada pada permukaan dan rentan mengalami degradasi.

Tabel 3. Efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

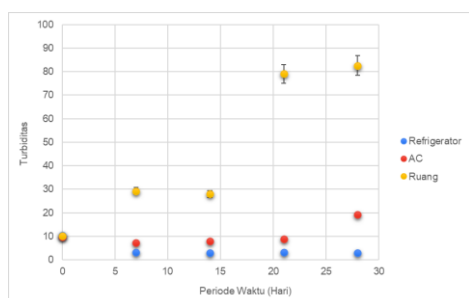
Waktu	Efisiensi Enkapsulasi (%)		
	Refrige-rator	AC	Ruang
Hari ke-0	98.74 ± 0.550 ^{a1}	99.45 ± 0.064 ^{a2}	99.36 ± 0.082 ^{a2}
Hari ke-7	99.88 ± 0.130 ^{b1}	99.97 ± 0.015 ^{b1}	99.34 ± 0.223 ^{a2}
Hari ke-14	99.62 ± 0.009 ^{b1}	99.93 ± 0.022 ^{b1}	99.74 ± 0.059 ^{b1}
Hari ke-21	99.58 ± 0.048 ^{b1}	99.83 ± 0.004 ^{b1}	99.35 ± 0.389 ^{a2}
Hari ke-28	99.98 ± 0.066 ^{b1}	99.95 ± 0.133 ^{b1}	99.87 ± 0.090 ^{a1}

Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standard deviasi, dengan superscript huruf menunjukkan perbedaan antar waktu penyimpanan dan superscript angka menunjukkan perbedaan antar perlakuan penyimpanan

3.6. Stabilitas Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 3.

Berdasarkan Grafik 3., turbiditas pada suhu lemari es mengalami penurunan pada hari ke-7 hingga hari ke-14 dan mengalami kenaikan pada hari ke-21 namun mengalami penurunan kembali pada hari ke-28. Turbiditas pada suhu AC hanya mengalami penurunan pada hari ke-7. Turbiditas suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14. Turbiditas perlakuan suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14 dan mengalami peningkatan yang signifikan pada hari ke-21 hingga hari ke-28. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dikatakan perlakuan suhu lemari es menjadi perlakuan suhu penyimpanan yang memiliki tingkat turbiditas paling stabil, sedangkan suhu ruang menjadi perlakuan suhu penyimpanan dengan tingkat turbiditas paling tidak stabil.



Grafik 3. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Peningkatan suhu penyimpanan dapat menyebabkan peningkatan energi kinetik yang akan memicu terjadinya proses agregasi atau koalesensi partikel yang terdapat pada sistem nanopartikel (Enaru *et al.*, 2021). Selain itu, surfaktan yang digunakan juga dapat mengalami degradasi sehingga tingkat stabilitas juga akan menurun. Lama penyimpanan juga dapat berpengaruh terhadap tingkat turbiditas. Semakin lama waktu penyimpanan, maka proses pengendapan partikel akan meningkat karena adanya interaksi dalam waktu yang semakin lama (Komaiko & McClements, 2016).

3.7. Stabilitas %Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa transmitansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4., dapat dilihat bahwa rata-rata %transmitansi terendah ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu ruang yaitu sebesar 99,38% dan rata-rata transmitansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu AC yaitu sebesar 99,95%. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way* ANOVA didapatkan perbedaan yang tidak signifikan ($p \geq 0,05$).

Tabel 4. Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Waktu	Transmitansi (%)		
	Refrige-rator	AC	Ruang
Hari ke-0	99.76 ± 0.02 ^{a1}	99.90 ± 0.02 ^{a2}	99.81 ± 0.01 ^{a1}
Hari ke-7	99.87 ± 0.005 ^{b1}	99.95 ± 0.01 ^{a1}	99.38 ± 0.02 ^{b2}
Hari ke-14	99.88 ± 0.03 ^{b1}	99.89 ± 0.04 ^{a1}	99.47 ± 0.03 ^{b2}
Hari ke-21	99.88 ± 0.02 ^{b1}	99.76 ± 0.04 ^{b2}	99.54 ± 0.13 ^{c2}
Hari ke-28	99.86 ± 0.02 ^{b1}	99.51 ± 0.03 ^{c2}	99.43 ± 0.2 ^{b2}

Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standard deviasi, dengan superscript huruf menunjukkan perbedaan antar waktu penyimpanan dan superscript angka menunjukkan perbedaan antar perlakuan penyimpanan

Hasil yang diperoleh di atas menyerupai hasil penelitian sebelumnya oleh Ma'arif *et al.* (2023) yang menunjukkan nilai %transmitansi nanoemulsi ekstrak semanggi yang mendekati 100%. Transmitansi mengukur banyaknya cahaya yang dapat melewati sampel. Adanya peningkatan ukuran partikel dapat menyebabkan nilai %transmitansi menurun (Ma'arif *et al.*, 2023). Adanya perubahan dalam hasil pengukuran transmitansi pada panjang gelombang tertentu menggambarkan perubahan dalam struktur nanodispersi. Peningkatan suhu dapat memicu agregasi partikel atau perubahan ukuran partikel dapat mempengaruhi karakteristik dari nanodispersi (McClements, 2016).

SIMPULAN

Nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan lemari es menunjukkan hasil yang paling stabil secara fisik dan kimia. Hal ini ditunjukkan melalui ukuran partikel yang tetap seragam, tidak adanya agregasi, nilai pH yang konsisten, turbiditas yang rendah, serta stabilitas %transmitansi dan efisiensi enkapsulasi yang baik. Mekanisme stabilitas ini dipengaruhi oleh suhu rendah yang mengurangi energi kinetik molekul, memperlambat degradasi kimia, serta menjaga integritas lapisan surfaktan Tween 80.

Meskipun demikian, nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan lemari es tetap mempunyai potensi ketidakstabilan dalam jangka waktu yang panjang karena menunjukkan hasil *zeta potential* dan *conductivity* yang kurang baik.

Pemahaman terkait kestabilan nanodispersi selama penyimpanan pada berbagai suhu dapat menunjang pengaplikasian sistem nanodispersi ini pada produk pangan yang stabil selama penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2019). Efektifitas frekuensi ekstraksi serta pengaruh suhu dan cahaya terhadap antosianin dan daya antioksidan ekstrak kelopak rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1). <https://doi.org/10.17728/jatp.3527>
- Ananingsih, V. K., Pratiwi, A. R., Soedarini, B., & Putra, Y. A. S. (2024). Formulation of nanoemulsion parijoto fruit extract (*Medinilla Speciosa*) with variation of tweens stabilizers. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1398809. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1398809>
- Ayirala, S., Alghamdi, A., Gmira, A., Cha, D. K., Alsaud, M. A., & Yousef, A. (2020). Linking pore scale mechanisms with macroscopic to core scale effects in controlled ionic composition low salinity waterflooding processes. *Fuel*, 264, 116798. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116798>
- Chen, B. H., & Stephen, I. B (2019) Nanodispersion and nanoliposome based strategies for improving anthocyanin stability and bioavailability. *Nutrients*, 11(5), 1052. <https://doi.org/10.3390/nu11051052>
- Cheong, A. M., Tan, C. P., & Nyam, K. L. (2018). Stability of bioactive compounds and antioxidant activities of kenaf seed oil-in-water nanodispersions under different storage temperatures.

- Journal of food science*, 83(10), 2457-2465. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14332>
- Enaru B, Dreţcanu G, Pop TD, Stănilă A, Diaconeasa Z. Anthocyanins: factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*. (2021) 10:1967. doi: 10.3390/antiox10121967
- Komaiko JS, McClements DJ. Formation of food-grade nanoemulsions using lowenergy preparation methods: a review of available methods. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. (2016) 15:331–52. doi: 10.1111/1541-4337.12189
- Ma'arif, B., Azzahara, R., Rizki, F., Suryadinata, A., Wafi, A., Maulina, N., & Sugihantoro, H. (2023). Formulasi dan Karakterisasi Nanodispersi ekstrak etanol 70% Daun Semanggi (*Marsilea crenata* C. Presl.). *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(2), 733-746. <https://doi.org/10.37874/ms.v8i2.731>
- McClements, D. J. (2016). Food emulsions: principles, practices, and techniques. *CRC press*.
- McClements, D. J., & Rao, J. (2011). Food-grade nanodispersions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(4), 285-330. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.559558>
- Mekuye, B. (2023). The impact of size on the optical properties of silver nanoparticles based on dielectric function. *Journal of Nanomaterials and Nanostructures*, Annual Volume, 2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113976>
- Muche, B. M., Speers, R. A., & Rupasinghe, H. P. V. (2018). Storage Temperature Impacts on Anthocyanins Degradation, Color Changes and Haze Development in Juice of “Merlot” and “Ruby” Grapes (*Vitis vinifera*). *Frontiers in Nutrition*, 5, 100. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00100>
- Muchlisyyah, J., Laeliocattleya, R. A., & Putri, W. D. R. (2017). *Kimia Fisik Pangan*. Universitas Brawijaya Press. ISBN 978-602-432-427-8.
- Oktavi, R. A., Cahyono, B., & Suzery, M. (2020). Enkapsulasi Ekstrak Antosianin dari Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan Variasi Penyalut Akta Kimia Indonesia, 5(2), 86-101. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7841>
- Ramadhani, D., & Widiyanti, N. (2022). Pengaruh Formulasi Serum Nanoemulgel Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor. *Jurnal Syntax Fusion*, 2(08), 714-729.
- Sharma, R. J., Gupta, R. C., Singh, S., Bansal, A. K., & Singh, I. P. (2016). Stability of anthocyanins-and anthocyanidins-enriched extracts, and formulations of fruit pulp of *Eugenia jambolana* ‘jamun’. *Food Chemistry*, 190, 808-817. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.029>
- Siqhny, Z. D., Azkia, M. N., & Kunarto, B. (2020). Karakteristik nanodispersi ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa* blume). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v15i1.1888>
- Ummah, M., Kunarto, B., & Pratiwi, E. (2021). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristkik fisikokimia serbuk ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa* Blume). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 16(1), 35-42. <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v16i1.4402>
- Vifta, R. L., Shutiawan, M. A., Maulidya, A., & Yuswantina, R. (2021). Skrining flavonoid ekstrak buah

parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) asal Kabupaten Kudus dan Semarang dengan pembanding kuersetin dan rutin. *Media Informasi Penelitian Kabupaten Semarang*, 3(1), 3-13. <https://doi.org/10.55606/sinov.v4i1.57>

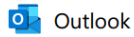
Widyasanti, A., Nurlaily, N., & Wulandari, E. (2018). Karakteristik Fisikokimia Antosianin Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Metode UAE. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 6(1), 27-38. 10.29303/jrpb.v6i1.63

Wiwiek, I. A., Martodihardjo, S., & Budiana, I. G. M. N. (2017). Preparation and In-Vitro characterization of Self-Nano emulsifying system of C- Phenylcalix-[4]-Resorcinaryl Octacinnamate and C-Methylcalix-[4]- Resorcinaryl Octabenzoate as ultraviolet absorbers. *Bali Medical Journal*, 6(3), 569-577. <https://doi.org/10.15562/bmj.v6i3.699>

Zahed, N., Esmaeilzadeh Kenari, R., & Farahmandfar, R. (2023). Effect of different extraction methods on antioxidant properties and encapsulation efficiency of anthocyanin of pomegranate peel. *Food Science & Nutrition*, 11(7), 3780-3787. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3362>

Zhang, J., Bing, L., & Reineccius, G. A. (2015). Formation, optical property and stability of orange oil nanodispersions stabilized by Quallija saponins. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1063–1070. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.034>

V. Accepted Confirmation



[praxis] Editor Decision-The article is accepted.

From Mr. Blasius Panditya Tri Danardana, MBA <admin.journal@unika.ac.id>

Date Mon 25/11/2024 13:59

To Novita Ika Putri <novitaika@unika.ac.id>

Dear Ms.Novita Ika Putri

We have reached a decision regarding your submission to Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring, "Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik Dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan".

Our decision is "The Article Is Accepted"

Please stand by as there is going to be another email asking your confirmation for the lay out edit.

Regards,

Mr. Blasius Panditya Tri Danardana, MBA
Soegijapranata Catholic University
Phone 087882260273
panditya@unika.ac.id

PRAXIS

<http://journal.unika.ac.id/index.php/praxis>

VI. Final Article and Published Version

PRAXIS : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring | Vol. 7 | No. 1 | Bulan September 2024

Evaluasi Stabilitas Karakter Fisik dan Kimia Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto (*Medinilla speciosa*) dengan Variasi Kondisi Suhu Penyimpanan

Novita I Putri*, Ivan Wijaya, Yohanes Alan Sarsita Putra, Berndeta Soedarini, Alberta Rika Pratiwi, Victoria Kristina Ananingsih,
Program Studi Teknologi Pangan,
Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, Indonesia
*Corresponding Author: novitaika@unika.ac.id

Abstract

Medinilla speciosa, or Parijoto, is a plant with reddish-purple skin and bright yellowish-red flesh found around Mount Muria, Kudus, Central Java. Parijoto is known for its anti-inflammatory, anticancer, antibacterial, antidiabetic, and antioxidant properties due to its secondary metabolites, especially anthocyanins, which are highly unstable and degrade during extraction, processing, and storage. Nanodispersion, a system that disperses nano-sized particles, improves solubility and homogeneity, helping stabilize anthocyanins. This study investigates the impact of storage temperatures on Parijoto nanodispersion stability by analyzing physical (particle size, zeta potential, polydispersity index) and chemical (pH, absorbance, encapsulation efficiency, turbidity, % transmittance) characteristics. Samples were stored in a refrigerator ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), air conditioner (AC) ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), and room temperature ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) with Tween 80 as a stabilizer. Analysis was conducted over 28 days at 7-day intervals. Findings indicate that refrigerated storage yielded the best physical and chemical stability, with consistent pH, turbidity, transmittance, absorbance, anthocyanin content, encapsulation efficiency, and favorable particle size and polydispersity index. However, potential long-term instability was noted due to suboptimal zeta potential and conductivity.

Keywords: *Medinilla speciosa*, nanodispersion, storage stability, anthocyanin

Abstrak

Medinilla speciosa, atau Parijoto, adalah tanaman dengan kulit berwarna merah keunguan dan daging buah berwarna merah kekuningan yang tumbuh di sekitar Gunung Muria, Kudus, Jawa Tengah. Parijoto dikenal memiliki sifat antiinflamasi, antikanker, antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan berkat kandungan metabolit sekundernya, terutama antosianin, yang sangat tidak stabil dan rentan mengalami degradasi selama ekstraksi, pengolahan, dan penyimpanan. Nanodispersi, sistem yang mendispersikan partikel berukuran nano, dapat meningkatkan kelarutan dan homogenitas, sehingga membantu menstabilkan antosianin. Penelitian ini mengkaji pengaruh suhu penyimpanan terhadap stabilitas nanodispersi Parijoto dengan menganalisis karakteristik fisik (ukuran partikel, zeta potensial, indeks polidispersitas) dan kimia (pH, absorbansi, efisiensi enkapsulasi, turbiditas, % transmitansi). Sampel disimpan pada suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), AC ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) dengan Tween 80 sebagai stabilisator. Analisis dilakukan selama 28 hari dengan interval 7 hari. Hasil menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu lemari es memberikan stabilitas fisik dan kimia terbaik, dengan pH, turbiditas, transmitansi, absorbansi, kandungan antosianin, efisiensi enkapsulasi yang stabil, serta ukuran partikel dan indeks polidispersitas yang baik. Namun, ketidakstabilan jangka panjang mungkin terjadi akibat nilai zeta potensial dan konduktivitas yang kurang optimal.

Kata Kunci: *Medinilla speciosa*, nanodispersi, stabilitas penyimpanan, antosianin

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Dalam kehidupan modern saat ini, bidang pangan merupakan faktor yang krusial dalam kehidupan sehingga diperlukan adanya inovasi - inovasi baru termasuk dalam industri pangan. Salah satu inovasi yang menarik dalam bidang pangan adalah nanodispersi. Nanodispersi dibuat dengan memecah ukuran kristal nutraceutical menjadi ukuran nano disertai penambahan polimer amfifilik atau surfaktan dengan tujuan untuk menstabilkan campuran. Namun, penggunaan nanodispersi dalam bidang pangan masih mempunyai kelemahan, yaitu perlu adanya pengemulsi pangan dengan efikasi tinggi dan harus dapat mencegah Ostwald ripening pada nanodispersi (Qian *et al.*, 2012 dalam Zhang *et al.*, 2015).

Dalam pembentukan fase pada nanodispersi, diperlukan adanya suatu agen berupa surfaktan. Tween-80 merupakan surfaktan dengan sifat bioavailabilitas dan biokompatibilitas yang tinggi. Selain itu, tween-80 merupakan surfaktan bersifat non-ionik dan juga non-toksik. Tween-80 umumnya dimanfaatkan dalam industri farmasi. Tween 80 sebagai surfaktan mampu mengurangi tegangan permukaan pada nanoteknologi (Ayirala *et al.*, 2020).

Pada nanodispersi, pemanfaatan bahan pangan menjadi pangan fungsional perlu diperhatikan berbagai hal seperti kandungan dan karakteristik bahan pangan tersebut. Salah satu bahan pangan yang dapat dimanfaatkan menjadi pangan fungsional adalah buah parijoto (*Medinilla speciosa*).

Buah parijoto adalah jenis tanaman epifit yang dapat tumbuh baik di dataran tinggi sekitar 800 hingga 2.300 meter diatas permukaan laut dan relatif lembab. Parijoto mengandung senyawa metabolit sekunder seperti glikosida, antosianin, saponin, tanin, alkaloid dan flavonoid yang mempunyai peran sebagai antiinflamasi, antikanker,

antibakteri, antidiabetes, dan antioksidan (Ummah *et al.*, 2021).

Dari semua kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada buah parijoto, senyawa antosianin menjadi kandungan yang paling utama (Vifta *et al.*, 2021). Sayangnya, senyawa antosianin merupakan senyawa yang sangat rentan mengalami degradasi dan sangat tidak stabil. Menurut Chen & Stephen (2019), faktor yang dapat mempengaruhi kualitas antosianin adalah keberadaan ion logam, protein, suhu penyimpanan, pH, pelarut, struktur kimia, cahaya, dan juga oksigen.

Tingginya suhu serta pH dapat menyebabkan perubahan warna pada antosianin. Melihat kelemahan dari senyawa antosianin, maka diperlukan adanya perlakuan nanodispersi yang tepat dan juga sesuai. Menurut Chen & Stephen (2019), nanodispersi merupakan metode yang mampu menjaga sekaligus meningkatkan stabilitas, bioaktivitas, dan bioavailabilitas antosianin suatu bahan. Selain itu, dibutuhkan perlakuan tambahan guna menjaga kestabilan antosianin yang terdapat dalam nanodispersi ekstrak parijoto.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amperawati *et al* (2019), salah satu faktor yang dapat menentukan stabilitas kandungan antosianin dalam nanodispersi adalah suhu, dimana antosianin dalam nanodispersi mengalami penurunan sejalan dengan adanya peningkatan suhu dan tidak terlalu terpengaruh oleh oksigen. Menurut Cheong *et al.* (2018), suhu penyimpanan memiliki peran yang cukup penting dalam menjaga kestabilan nanodispersi. Dalam penelitian tersebut suhu 4°C merupakan suhu penyimpanan yang paling optimal untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan dalam nanodispersi. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet,

sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi (Muche et al., 2018). Melihat hal – hal yang telah disampaikan sebelumnya, analisis stabilitas nanodispersi ekstrak parijoto pada berbagai suhu penyimpanan diperlukan untuk mendukung inovasi dan pengembangan produk olahan pangan berbasis teknologi nano

1.2. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka hipotesis dari penelitian ini yaitu :

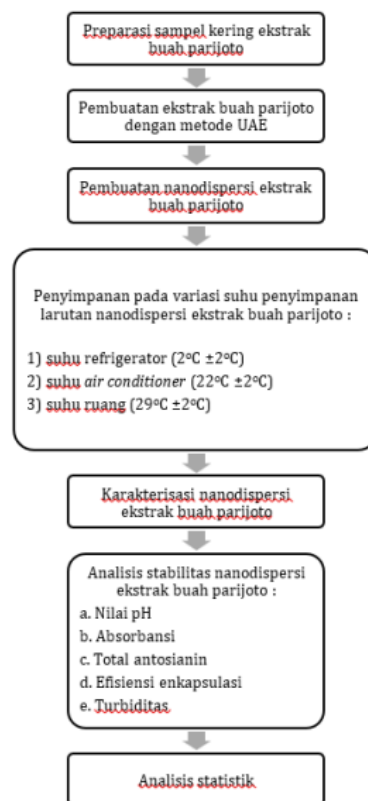
H₀: Variasi suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan tidak memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

H₁: Variasi suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu air conditioner ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) yang diterapkan memiliki perbedaan nyata terhadap kestabilan sampel nanodispersi ekstrak parijoto.

METODE PENELITIAN

Sampel utama dari penelitian ini adalah nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan penggunaan surfaktan berjenis Tween 80. Variasi kondisi yang diterapkan pada penelitian ini adalah 3 variasi kondisi suhu penyimpanan yaitu suhu lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu *air conditioner* ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Sampel akan diuji stabilitasnya berdasarkan sifat fisikokimia yang terlihat dari karakterisasi fisik, nilai pH, stabilitas absorbansi, jumlah total antosianin, turbiditas dan % transmitansi. Preparasi sampel dan analisis sampel akan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan interval waktu analisis yang digunakan adalah 7 hari dengan periode penyimpanan yang digunakan

adalah 28 hari. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Preparasi Sampel Kering Ekstrak Buah Parijoto

Buah parijoto disortasi dan dicuci untuk membersihkannya dari segala kotoran menggunakan air. Buah parijoto segar kemudian ditimbang sebanyak 200 gram untuk dilanjutkan dengan proses *steam blanching* selama 3 menit. Selanjutnya, buah parijoto direndam menggunakan larutan asam sitrat 1% selama 5 menit. Buah parijoto kemudian disusun di atas wadah untuk dikeringkan selama 6 jam pada suhu

70°C menggunakan *cabinet dryer*. Setelah dikeringkan, buah parijoto kemudian dihaluskan dengan *grinder* dan bubuk buah parijoto diayak dengan ukuran ayakan 106 mesh hingga dihasilkan bubuk parijoto dengan ukuran yang seragam (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.2. Pembuatan Ekstrak Buah Parijoto dengan *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE)

Ekstrak parijoto dibuat dengan mencampurkan 20 gram bubuk parijoto ke dalam 200 ml etanol 99,5%. Sampel kemudian disonikasi dengan waktu 30 menit pada frekuensi 40 KHz, 100W. Selanjutnya, sampel digoyangkan selama 1 jam pada kecepatan 200 rpm dan disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm pada suhu 4°C dengan waktu 10 menit. Hasil sentrifugasi berupa supernatan dipisahkan dan etanol diuapkan hingga tersisa ekstrak pekat yang kemudian dilarutkan dengan aquadestilata dengan perbandingan 1:10 (w/v). Sampel yang telah homogen difiltrasi menggunakan membrane filter 0,22 mikrometer dan didapatkan ekstrak buah parijoto. Ekstrak disimpan pada suhu -20°C hingga analisis selanjutnya (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.3. Pembuatan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pembuatan nanodispersi ekstrak parijoto dilakukan dengan larutan surfaktan tween 80 12%. Ekstrak diperoleh pada tahap sebelumnya diencerkan menggunakan aquadestilata untuk mencapai konsentrasi ekstrak sebesar 7,5%(v/v). Larutan Tween 80 kemudian dicampur dengan ekstrak parijoto 7,5% dan disonikasi untuk pencampuran. Selanjutnya, sampel akan dihomogenkan pada kecepatan 15.000 rpm pada suhu 4°C selama 15 menit (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.4. Penyimpanan Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Nanodispersi ekstrak parijoto dimasukkan ke dalam botol berwarna dengan tutup ulir dan *headspace* minimal, lalu disimpan pada tiga variasi suhu penyimpanan yaitu suhu lemari es (2°C \pm 2°C), suhu AC (22°C \pm 2°C), dan suhu ruang (29°C \pm 2°C). Selanjutnya sampel akan disimpan untuk dianalisis stabilitasnya selama 28 hari.

2.5. Karakterisasi Nanodispersi

Uji karakterisasi nanodispersi dalam penelitian ini menggunakan alat Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical, Malvern, UK) dan dengan aplikasi ZS Xplorer. Hasil yang diperoleh dari analisis ini antara lain nilai zeta potensial, ukuran partikel, indeks polidispersitas, dan konduktivitas (Ananingsih *et al.*, 2024).

2.6. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran nilai pH selama penyimpanan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kondisi suhu penyimpanan terhadap stabilitas dan kualitas nanodispersi ekstrak parijoto. Nilai pH sampel akan diukur dengan memanfaatkan Schott pHmeter (Schott Instruments GmbH, Germany) pada suhu ruang. Pengukuran nilai pH dilakukan dalam interval waktu 7 hari selama 28 hari periode penyimpanan.

2.7. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Pengukuran absorbansi dilakukan dengan mengukur cahaya yang dapat terserap pada panjang gelombang tertentu. Semakin kecil ukuran partikel maka interaksi dengan cahaya akan lebih mudah terjadi (Mekuye, 2023). Absorbansi sampel akan dilakukan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 500 nm dalam interval waktu 7 hari selama

28 hari penyimpanan.

2.8. Total Antosianin pada Ekstrak Parijoto 7,5%

Metode pengujian total antosianin menggunakan metode pH diferensial yang merupakan modifikasi dari penelitian Zahed *et al.*, (2023). Larutan buffer potassium chloride 0,2 M (KCl) pH 1 dan larutan buffer pH 4,5 sodium acetate 0,2 M (CH₃COONa) dipersiapkan.

Sebanyak 1 ml ekstrak parijoto 7,5% diencerkan dengan aquabides dengan perbandingan 1 : 9. Ekstrak parijoto yang telah diencerkan kemudian dicampurkan dengan masing-masing 1 ml larutan buffer pH 1 dan pH 4,5. Masing-masing sampel divortex hingga homogen kemudian disimpan dalam ruang gelap selama 15 menit. Sampel yang telah diinkubasi dihitung absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm. Absorbansi (A) yang diperoleh ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4.5}$$

Total antosianin dalam ekstrak parijoto 7,5% dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Total Antosianin (mg)} = \frac{A \times FP \times BM \times 1000}{\epsilon \times L}$$

Keterangan :

A = absorbansi
BM = 449,2 g/mol (Berat molekul untuk cyanidin-3-glucoside)
 ϵ = 26.900 L/mol.cm (Absorptivitas molar untuk cyanidin-3-glucoside)
1000 = faktor konversi dari gram ke miligram
FP = 10 (faktor pengenceran)
L = lebar kuvet (1 cm)

2.9. Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Metode efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto mengacu

pada metode yang diterapkan pada penelitian Zahed *et al.*, (2023). Efisiensi Enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{TA - SA}{TAE} \times 100\%$$

Keterangan :

TA = Total Antosianin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto
SA = Surface Antocyanin pada sampel nanodispersi ekstrak parijoto
TAE = Total Antosianin pada ekstrakparijoto 7,5%

2.10. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Perubahan dalam turbiditas dapat menjadi tanda perubahan dalam stabilitas sistem dispersi. Pengujian turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto mengacu pada metode Zhang *et al.*, (2015). Uji turbiditas dilakukan menggunakan turbidimeter 2100Q (Hach, Jerman).

2.11. Persen (%) Transmittansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Persen (%) transmittansi menggambarkan intensitas cahaya yang dapat melewati suatu larutan. Semakin tinggi %transmittansi, maka semakin tinggi tingkat kejernihan suatu sampel. Pengukuran %transmittansi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis yang merupakan penerapan hukum Lambert-Beer (Siqihny *et al.*, 2020). Seluruh sampel diukur transmittansinya dengan cara mengencerkan 1 ml seluruh jenis sampel ke dalam 9 mL aquabides yang mengacu pada metode Wiwiek *et al.*, (2017). Sampel yang telah diencerkan diukur transmittansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Kyoto, Jepang) pada panjang gelombang 650 nm dengan blanko aquabides. %Transmittansi yang diperoleh dari setiap sampel kemudian dibandingkan dengan transmittansi aquabides atau dihitung dengan rumus berikut :

$$\%transmittansi = \frac{\text{Transmittansi sampel}}{\text{Transmittansi aquabides}} \times 100\%$$

2.11. Analisa Statistik

Data hasil uji penyimpanan dari hari ke 0 hingga ke 28 dianalisa dengan menggunakan One Way ANOVA dan perbedaan signifikan antar sampel diidentifikasi dengan menggunakan uji Duncan. Perbedaan sifat fisik sampel hari ke 0 dan ke 30 diuji dengan menggunakan t-test. Seluruh analisa statistik dilakukan pada SPSS v 29.0.0

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Tabel 1 menunjukkan karakteristik fisik dari nanodispersi ekstrak parijoto yang diamati selama dua periode, yaitu pada hari ke-0 dan hari ke-30, di bawah tiga kondisi penyimpanan yang berbeda: lemari es ($2^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), suhu *air conditioner* atau AC ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), dan suhu ruang ($29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Parameter yang diukur meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas, zeta potential, dan konduktivitas.

Pada hari ke-0, ukuran partikel relatif stabil di kisaran 47-49 nm untuk ketiga kondisi penyimpanan, dengan indeks polidispersitas yang tinggi di semua kondisi, menunjukkan distribusi partikel yang sangat beragam. Nilai zeta potential juga relatif serupa antar kondisi, namun nilai konduktivitas menunjukkan stabilitas di angka 0,57 ms/cm.

Namun, pada hari ke-30, hasil menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam beberapa parameter, terutama pada ukuran partikel dan zeta potential. Ukuran partikel pada suhu ruang meningkat secara drastis menjadi $386,37 \pm 112,23$ nm, dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih kecil pada kondisi lemari es dan AC. Pada perlakuan suhu lemari es, ukuran partikel tetap dalam kisaran stabil 47-50 nm. Hal ini mencerminkan tidak adanya

agregasi atau koalesensi partikel yang signifikan akibat energi kinetik molekul yang minimal pada suhu rendah (Muche *et al.*, 2018).

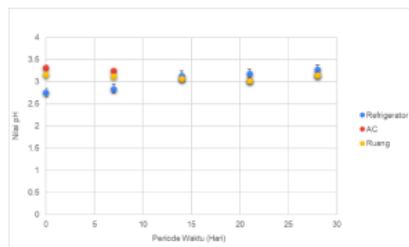
Setelah penyimpanan selama 30 hari, terlihat pula nilai indeks polidispersitas yang menurun, menunjukkan keragaman partikel yang berkurang, yang dapat mengindikasikan terjadinya *Ostwald ripening*. *Ostwald ripening* merupakan fenomena ketidakstabilan yang sering diamati pada sistem nanodispersi (Ananingsih *et al.*, 2024). Perubahan pada nilai *zeta potential* dan konduktivitas juga teramati, dengan nilai yang sedikit bervariasi di setiap kondisi.

Pada Tabel 1., dapat dilihat bahwa hampir seluruh data ukuran partikel sesuai dengan penelitian Muchlisyyah *et al.* (2017) yang menyatakan ukuran nanodispersi yang baik adalah berada pada range 10-1000 nm kecuali perlakuan suhu ruang pada hari ke-30. Hal tersebut sesuai dengan data turbiditas yang menunjukan tingkat turbiditas yang tinggi pada perlakuan suhu ruang. Suhu penyimpanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan droplet, sedangkan suhu terlalu rendah akan menyebabkan terbentuknya gelasi dalam nanodispersi (McClements & Rao, 2011). Hal tersebut disebabkan karena adanya perubahan dan perbedaan struktur polimer mengikuti suhu penyimpanan yang diterapkan. Selain itu, energi kinetik dalam molekul nanodispersi akan meningkat seiring meningkatnya suhu penyimpanan (Ramadhani & Widiyanti, 2022).

3.2. Stabilitas pH Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa nilai pH dari nanodispersi ekstrak parijoto

dengan variasi kondisi penyimpanan dapat diamati pada Grafik 1.



Grafik 1. Nilai pH Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 1., nilai pH pada suhu lemari es mengalami kenaikan pada hari ke-0 hingga hari ke-28. Sedangkan nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menunjukkan penurunan pada hari ke-0 hingga hari ke-21 dan mengalami kenaikan pada hari ke-28. Pada perlakuan suhu lemari es, laju trend untuk nilai pH cenderung stabil meskipun mengalami peningkatan yang tidak signifikan. Nilai pH pada suhu AC dan suhu ruang menggambarkan laju trend yang cenderung stabil meskipun mengalami penurunan yang tidak signifikan. Secara keseluruhan nilai pH nanodispersi ekstrak parijoto dapat dikatakan stabil dalam seluruh kondisi suhu penyimpanan. Menurut Sighny *et al.*, (2020) perubahan nilai pH dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi ekstrak dan jenis surfaktan yang digunakan.

3.3. Stabilitas Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa absorbansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Fisik Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Waktu	Particle Size (nm)			Polydispersity Index			Zeta Potential (mV)			Conductivity (ms/cm)		
	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang	Refrigerator	AC	Ruang
Day 0	48,45 ± 0,21 ^a	47,2 ± 0,16 ^a	49,14 ± 0,11 ^a	1 ± 0,00 ^a	1 ± 0,00 ^a	1 ± 0,00 ^a	-5,29 ± 0,08 ^a	-5,12 ± 0,03 ^a	-4,80 ± 0,03 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^a
Day 30	28,01 ± 0,32 ^b	34,14 ± 0,36 ^b	386,37 ± 112,23 ^b	0,75 ± 0,03 ^b	0,90 ± 0,01 ^b	0,39 ± 0,01 ^b	-5,65 ± 2,66 ^b	-6,51 ± 1,45 ^b	-3,95 ± 0,16 ^b	0,62 ± 0,03 ^b	0,34 ± 0,01 ^b	0,75 ± 0,12 ^b

Tabel 2. Absorbansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Waktu	Absorbansi ($\times 10^{-3}$)		
	Refrigerator	AC	Ruang
Hari ke-0	65,2 \pm 0,2 ^{a1}	67,7 \pm 0,1 ^{a2}	77,6 \pm 0,1 ^{a3}
Hari ke-7	52,0 \pm 0,03 ^{b1}	43,5 \pm 0,02 ^{b2}	75,3 \pm 0,04 ^{a3}
Hari ke-14	45,8 \pm 0,08 ^{c1}	45,2 \pm 0,02 ^{b1}	58,4 \pm 0,02 ^{b2}
Hari ke-21	41,2 \pm 0,07 ^{d1}	77,0 \pm 0,13 ^{a2}	666,2 \pm 1 ^{c3}
Hari ke-28	40,6 \pm 0,04 ^{d1}	44,1 \pm 0,04 ^{b1}	301,7 \pm 0,05 ^{c2}

Data disajikan dalam bentuk rata-rata \pm standard deviasi, dengan superscript huruf menunjukkan perbedaan antar waktu penyimpanan dan superscript angka menunjukkan perbedaan antar perlakuan penyimpanan

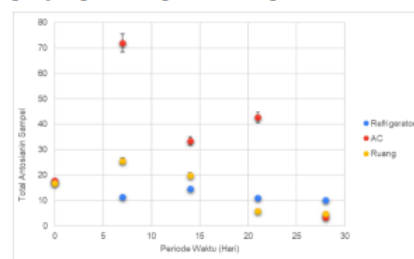
Berdasarkan Tabel 2., rata-rata absorbansi terendah ditunjukkan pada hari ke-28 perlakuan suhu lemari es yaitu sebesar $40,6 \times 10^{-3}$ dan rata-rata absorbansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-21 perlakuan suhu ruang yaitu sebesar $666,2 \times 10^{-3}$. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way ANOVA* menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan (*p value* $\geq 0,05$).

Menurut Mekuye. (2023) semakin kecil ukuran partikel droplet maka absorbansi yang dihasilkan semakin besar. Melihat hal tersebut, maka terjadi penyimpangan data antara ukuran partikel dengan absorbansi yang dihasilkan. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, absorbansi mempunyai hubungan yang berbanding lurus dengan konsentrasi partikel. Konsentrasi partikel yang tinggi akan menghasilkan nilai absorbansi yang tinggi, begitu juga jika konsentrasi partikel rendah akan menghasilkan nilai absorbansi yang rendah. Melihat pernyataan tersebut, maka dapat dikatakan apabila nilai absorbansi yang dihasilkan sampel perlakuan suhu lemari es dan suhu AC relatif kecil dapat disebabkan karena

konsentrasi partikel kedua perlakuan tersebut lebih kecil jika dibandingkan sampel pada suhu ruang, sehingga serapan cahaya pada spektrofotometer UV-Vis tidak maksimal seperti sampel suhu ruang yang kemungkinan memiliki konsentrasi partikel yang lebih besar.

3.4. Analisis Kestabilan Total Antosianin Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 2.



Grafik 2. Total antosianin sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

Berdasarkan Grafik 2., Total antosianin sampel pada suhu lemari es relatif mengalami penurunan yaitu pada hari ke-7, hari ke-21 dan hari ke-28, namun sempat mengalami kenaikan di hari ke-14. Total antosianin sampel pada suhu AC cenderung tidak stabil dimana mengalami kenaikan yang signifikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14, kemudian mengalami kenaikan pada hari ke-21 dan mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke-28. Total antosianin sampel suhu ruang mengalami kenaikan pada hari ke-7 dan mengalami penurunan pada hari ke-14 hingga hari ke-28. Berdasarkan data tersebut, total antosianin sampel pada suhu lemari es memiliki laju trend yang paling stabil dan total antosianin sampel pada suhu AC memiliki laju trend yang kurang stabil.

Berdasarkan data diatas terdapat penyimpangan pada perlakuan suhu AC. Menurut Enaru *et al.*, (2021), total antosianin pada sampel akan menurun seiring lama penyimpanan karena adanya proses degradasi menjadi bentuk yang tidak berwarna. Degradasi selama penyimpanan ini terjadi karena adanya hidrolisis ikatan glikosidik yang menghubungkan aglikon dengan gugus glikosil dan degradasi ini dapat dipercepat seiring peningkatan suhu penyimpanan, terutama untuk antosianin yang sensitif terhadap temperatur (Muche *et al.*, 2018). Struktur antosianin akan mengalami perubahan dan akan membentuk aglikon yang disebut antosianidin. Aglikon memiliki sifat yang tidak stabil dan meningkatkan potensi terbentuknya cincin C (Oktavi *et al.*, 2020). Pada perlakuan suhu lemari es didapatkan data yang sesuai karena mengalami perubahan yang cenderung tidak signifikan atau dapat dikatakan stabil.

3.5. Analisis Kestabilan Efisiensi Enkapsulasi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa efisiensi enkapsulasi sampel nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3., dapat dilihat bahwa rata-rata efisiensi enkapsulasi pada seluruh perlakuan suhu penyimpanan menunjukan laju trend yang relatif stabil dan mendekati angka 100%. Ketika nilai efisiensi enkapsulasi berkurang, maka dapat disimpulkan bahwa jumlah antosianin terenkapsulasi menurun yang menunjukkan ketidakstabilan nanodispersi. Melihat hal tersebut dapat dikatakan bahwa seluruh sampel menunjukan enkapsulasi nanodispersi yang stabil. Selain itu, dilakukan juga perhitungan *surface anthocyanin* guna

menunjukan jumlah antosianin yang berada dalam fase kontinyu nanodispersi (Chen & Stephen, 2019). Dengan kata lain, *surface anthocyanin* merupakan antosianin yang berada pada permukaan dan rentan mengalami degradasi.

Tabel 3. Efisiensi enkapsulasi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan.

Waktu	Efisiensi Enkapsulasi (%)		
	Refrige- rator	AC	Ruang
Hari ke-0	98.74 ± 0.550 ^{a1}	99.45 ± 0.064 ^{a2}	99.36 ± 0.082 ^{a2}
Hari ke-7	99.88 ± 0.130 ^{b1}	99.97 ± 0.015 ^{b1}	99.34 ± 0.223 ^{a2}
Hari ke-14	99.62 ± 0.009 ^{b1}	99.93 ± 0.022 ^{b1}	99.74 ± 0.059 ^{b1}
Hari ke-21	99.58 ± 0.048 ^{b1}	99.83 ± 0.004 ^{b1}	99.35 ± 0.389 ^{a2}
Hari ke-28	99.98 ± 0.066 ^{b1}	99.95 ± 0.133 ^{b1}	99.87 ± 0.090 ^{a1}

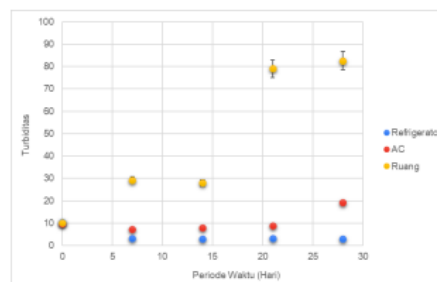
Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standard deviasi, dengan superscript huruf menunjukkan perbedaan antar waktu penyimpanan dan superscript angka menunjukkan perbedaan antar perlakuan penyimpanan

3.6. Stabilitas Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Buah Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa turbiditas nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Grafik 3.

Berdasarkan Grafik 3., turbiditas pada suhu lemari es mengalami penurunan pada hari ke-7 hingga hari ke-14 dan mengalami kenaikan pada hari ke-21 namun mengalami penurunan kembali pada hari ke-28. Turbiditas pada suhu AC hanya mengalami penurunan pada hari ke-7. Turbiditas suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14. Turbiditas perlakuan suhu ruang hanya mengalami penurunan pada hari ke-14 dan mengalami peningkatan yang signifikan pada hari ke-21 hingga hari ke-28. Berdasarkan data

yang diperoleh, dapat dikatakan perlakuan suhu lemari es menjadi perlakuan suhu penyimpanan yang memiliki tingkat turbiditas paling stabil, sedangkan suhu ruang menjadi perlakuan suhu penyimpanan dengan tingkat turbiditas paling tidak stabil.



Grafik 3. Turbiditas Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Peningkatan suhu penyimpanan dapat menyebabkan peningkatan energi kinetik yang akan memicu terjadinya proses agregasi atau koalesensi partikel yang terdapat pada sistem nanopartikel (Enaru *et al.*, 2021). Selain itu, surfaktan yang digunakan juga dapat mengalami degradasi sehingga tingkat stabilitas juga akan menurun. Lama penyimpanan juga dapat berpengaruh terhadap tingkat turbiditas. Semakin lama waktu penyimpanan, maka proses pengendapan partikel akan meningkat karena adanya interaksi dalam waktu yang semakin lama (Komaiko & McClements, 2016).

3.7. Stabilitas %Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto

Hasil pengujian karakteristik kimia berupa transmitansi nanodispersi ekstrak parijoto dengan variasi suhu penyimpanan dapat diamati pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4., dapat dilihat bahwa rata-rata %transmitansi terendah ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu

ruang yaitu sebesar 99,38% dan rata-rata transmitansi tertinggi ditunjukkan pada hari ke-7 perlakuan suhu AC yaitu sebesar 99,95%. Berdasarkan uji signifikansi dengan *one way* ANOVA didapatkan perbedaan yang tidak signifikan ($p \geq 0,05$).

Tabel 4. Transmitansi Nanodispersi Ekstrak Parijoto dengan Variasi Suhu Penyimpanan.

Waktu	Transmitansi (%)		
	Refrigerator	AC	Ruang
Hari ke-0	99.76 ± 0.02 ^{a1}	99.90 ± 0.02 ^{a2}	99.81 ± 0.01 ^{a1}
Hari ke-7	99.87 ± 0.005 ^{b1}	99.95 ± 0.01 ^{a1}	99.38 ± 0.02 ^{b2}
Hari ke-14	99.88 ± 0.03 ^{b1}	99.89 ± 0.04 ^{a1}	99.47 ± 0.03 ^{b2}
Hari ke-21	99.88 ± 0.02 ^{b1}	99.76 ± 0.04 ^{b2}	99.54 ± 0.13 ^{c2}
Hari ke-28	99.86 ± 0.02 ^{b1}	99.51 ± 0.03 ^{c2}	99.43 ± 0.2 ^{b2}

Data disajikan dalam bentuk rata-rata ± standard deviasi, dengan superscript huruf menunjukkan perbedaan antar waktu penyimpanan dan superscript angka menunjukkan perbedaan antar perlakuan penyimpanan

Hasil yang diperoleh di atas menyerupai hasil penelitian sebelumnya oleh Ma'arif *et al.* (2023) yang menunjukkan nilai %transmitansi nanoemulsi ekstrak semanggi yang mendekati 100%. Transmitansi mengukur banyaknya cahaya yang dapat melewati sampel. Adanya peningkatan ukuran partikel dapat menyebabkan nilai %transmitansi menurun (Ma'arif *et al.*, 2023). Adanya perubahan dalam hasil pengukuran transmitansi pada panjang gelombang tertentu menggambarkan perubahan dalam struktur nanodispersi. Peningkatan suhu dapat memicu agregasi partikel atau perubahan ukuran partikel dapat mempengaruhi karakteristik dari nanodispersi (McClements, 2016).

SIMPULAN

Nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan lemari es menunjukkan hasil yang paling stabil secara fisik dan kimia. Hal ini ditunjukkan melalui ukuran partikel yang tetap seragam, tidak adanya agregasi, nilai pH yang konsisten, turbiditas yang rendah, serta stabilitas %transmitansi dan efisiensi enkapsulasi yang baik. Mekanisme stabilitas ini dipengaruhi oleh suhu rendah yang mengurangi energi kinetik molekul, memperlambat degradasi kimia, serta menjaga integritas lapisan surfaktan Tween 80.

Meskipun demikian, nanodispersi ekstrak buah parijoto dengan suhu penyimpanan lemari es tetap mempunyai potensi ketidakstabilan dalam jangka waktu yang panjang karena menunjukkan hasil *zeta potential* dan *conductivity* yang kurang baik.

Pemahaman terkait kestabilan nanodispersi selama penyimpanan pada berbagai suhu dapat menunjang pengaplikasian sistem nanodispersi ini pada produk pangan yang stabil selama penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amperawati, S., Hastuti, P., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2019). Efektifitas frekuensi ekstraksi serta pengaruh suhu dan cahaya terhadap antosianin dan daya antioksidan ekstrak kelopak rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1). <https://doi.org/10.17728/jatp.3527>
- Ananingsih, V. K., Pratiwi, A. R., Soedarini, B., & Putra, Y. A. S. (2024). Formulation of nanoemulsion parijoto fruit extract (*Medinilla Speciosa*) with variation of tweens stabilizers. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1398809. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1398809>
- Ayirala, S., Alghamdi, A., Gmira, A., Cha, D. K., Alsaud, M. A., & Yousef, A. (2020). Linking pore scale mechanisms with macroscopic to core scale effects in controlled ionic composition low salinity waterflooding processes. *Fuel*, 264, 116798. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116798>
- Chen, B. H., & Stephen, I. B (2019) Nanodispersion and nanoliposome based strategies for improving anthocyanin stability and bioavailability. *Nutrients*, 11(5), 1052. <https://doi.org/10.3390/nu11051052>
- Cheong, A. M., Tan, C. P., & Nyam, K. L. (2018). Stability of bioactive compounds and antioxidant activities of kenaf seed oil-in-water nanodispersions under different storage temperatures. *Journal of food science*, 83(10), 2457-2465. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14332>
- Enaru B, Dreţcanu G, Pop TD, Stănilă A, Diaconeasa Z. Anthocyanins: factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*. (2021) 10:1967. doi: 10.3390/antiox10121967
- Komaiko JS, McClements DJ. Formation of food-grade nanoemulsions using lowenergy preparation methods: a review of available methods. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. (2016) 15:331–52. doi: 10.1111/1541-4337.12189

- Ma'arif, B., Azzahara, R., Rizki, F., Suryadinata, A., Wafi, A., Maulina, N., & Sugihantoro, H. (2023). Formulasi dan Karakterisasi Nanodispersi ekstrak etanol 70% Daun Semanggi (*Marsilea crenata* C. Presl.). *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(2), 733-746. <https://doi.org/10.37874/ms.v8i2.731>
- McClements, D. J. (2016). *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC press.
- McClements, D. J., & Rao, J. (2011). Food-grade nanodispersions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(4), 285-330. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.559558>
- Mekuye, B. (2023). The impact of size on the optical properties of silver nanoparticles based on dielectric function. *Journal of Nanomaterials and Nanostructures*, Annual Volume, 2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113976>
- Muche, B. M., Speers, R. A., & Rupasinghe, H. P. V. (2018). Storage Temperature Impacts on Anthocyanins Degradation, Color Changes and Haze Development in Juice of "Merlot" and "Ruby" Grapes (*Vitis vinifera*). *Frontiers in Nutrition*, 5, 100. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00100>
- Muchlisyyah, J., Laeliocattleya, R. A., & Putri, W. D. R. (2017). *Kimia Fisik Pangan*. Universitas Brawijaya Press. ISBN 978-602-432-427-8.
- Oktavi, R. A., Cahyono, B., & Suzery, M. (2020). Enkapsulasi Ekstrak Antosianin dari Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan Variasi Penyalut Akta Kimia Indonesia, 5(2), 86-101. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7841>
- Ramadhani, D., & Widiyanti, N. (2022). Pengaruh Formulasi Serum Nanoemulgel Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor. *Jurnal Syntax Fusion*, 2(08), 714-729.
- Sharma, R. J., Gupta, R. C., Singh, S., Bansal, A. K., & Singh, I. P. (2016). Stability of anthocyanins- and anthocyanidins-enriched extracts, and formulations of fruit pulp of *Eugenia jambolana* (jamun'). *Food Chemistry*, 190, 808-817. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.029>
- Siqhny, Z. D., Azkia, M. N., & Kunarto, B. (2020). Karakteristik nanodispersi ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa* blume). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v15i1.1888>
- Ummah, M., Kunarto, B., & Pratiwi, E. (2021). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisikokimia serbuk ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa* Blume). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 16(1), 35-42. <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v16i1.1888>

- 16i1.4402
- Vifta, R. L., Shutiawan, M. A., Maulidya, A., & Yuswantina, R. (2021). Skrining flavonoid ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) asal Kabupaten Kudus dan Semarang dengan pembanding kuersetin dan rutin. *Media Informasi Penelitian Kabupaten Semarang*, 3(1), 3-13. <https://doi.org/10.55606/sinov.v4i1.57>
- Widyasanti, A., Nurlaily, N., & Wulandari, E. (2018). Karakteristik Fisikokimia Antosianin Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Metode UAE. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 6(1), 27-38. [10.29303/jrpb.v6i1.63](https://doi.org/10.29303/jrpb.v6i1.63)
- Wiwiek, I. A., Martodihardjo, S., & Budiana, I. G. M. N. (2017). Preparation and In-Vitro characterization of Self-Nano emulsifying system of C-Phenylcalix-[4]-Resorcinaryl Octacinnamate and C-Methylcalix-[4]-Resorcinaryl Octabenzoate as ultraviolet absorbers. *Bali Medical Journal*, 6(3), 569-577. <https://doi.org/10.15562/bmj.v6i3.699>
- Zahed, N., Esmailzadeh Kenari, R., & Farahmandfar, R. (2023). Effect of different extraction methods on antioxidant properties and encapsulation efficiency of anthocyanin of pomegranate peel. *Food Science & Nutrition*, 11(7), 3780-3787. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3362>
- Zhang, J., Bing, L., & Reineccius, G. A. (2015). Formation, optical property and stability of orange oil nanodispersions stabilized by Quallija saponins. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1063-1070. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.034>