

**CHARACTERISTICS OF NATURAL DYE EXTRACT OF BOUGAINVILLEA FLOWER
(*Bougainvillea glabra*) WITH VARIATIONS IN SOLVENT pH AND MICROWAVE
POWER MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION METHOD**

**KARAKTERISTIK EKSTRAK PEWARNA ALAMI BUNGA BUGENVIL
(*Bougainvillea glabra*) DENGAN VARIASI pH PELARUT DAN DAYA MICROWAVE
METODE MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION**

Tesalonika Ginting, Ni Made Wartini*, Anak Agung Made Dewi Anggreni
Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran,
Badung, Indonesia.

Diterima 7 Agustus 2025 / Disetujui 16 September 2025

ABSTRACT

Bougainvillea (Bougainvillea glabra) has the potential to be a source of natural dyes, especially the pigment betacyanine. The extraction of this compound can be done by various methods, one of which is Microwave Assisted Extraction. This study aims to determine the effect of solvent pH, microwave power and interaction between treatments, on the characteristics of natural dye extract of bougainvillea flower, as well as determine the best solvent pH treatment and microwave power on the characteristics of natural dye extract of bougainvillea flower. The experimental design used was a factorial group random design with two factors. The first factor is the pH of the solvent which consists of pH 1; pH 1.62 ;p H 2.25 and the second factor is microwave power consisting of 100 watts of power and 300 watts of power, with 3 groups based on the execution time. The data was analyzed using Analysis of Variance and continued with Tukey's follow-up test using minitab 19. The best treatment was determined by an effectiveness index test. The results showed that the solvent pH, microwave power and interaction between treatments had an effect on yield, total betasianine, redness level (a), yellowness level (b*), and antioxidant capacity of bougainvillea flower dye extract. The best treatment to produce natural dye extract of bougainvillea flowers based on the effectiveness index test was obtained from pH 2.25 and microwave power of 100 watts with a yield characteristic of 61.85%, total betayanin 21.84 mg/100g, antioxidant capacity of 388.50 mg GAE/100g, and color intensity redness (a*) 34.53; yellowness (b*)18,42.*

Keywords : *Bougainvillea flower, Microwave assisted extraction (MAE), Solvent pH, Microwave power, Betacyanine.*

ABSTRAK

Bunga bugenvil (*Bougainvillea glabra*) memiliki potensi sebagai sumber pewarna alami, khususnya pigmen betasianin. Ekstraksi senyawa ini dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah *Microwave Assisted Extraction*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH pelarut, daya *microwave* dan interaksi antar perlakuan, terhadap karakteristik ekstrak pewarna alami bunga bugenvil, serta menentukan perlakuan pH pelarut dan daya *microwave* terbaik pada karakteristik ekstrak pewarna alami bunga bugenvil. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah pH pelarut yang terdiri atas pH 1; pH 1,62 ;pH 2,25 dan faktor kedua adalah daya *microwave* yang terdiri atas daya 100 watt dan daya 300 watt, dengan 3 kelompok berdasarkan waktu pelaksanaan. Data dianalisis menggunakan *Analysis of*

* Korespondensi Penulis
Email: md_wartini@unud.ac.id

Variance dan dilanjutkan dengan uji lanjut *Tukey* menggunakan minitab 19. Penentuan perlakuan terbaik dilakukan uji indeks efektivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH pelarut, daya *microwave*, dan interaksi antar perlakuan berpengaruh terhadap rendemen, total betasianin, tingkat kemerahan (a^*), tingkat kekuningan (b^*), dan kapasitas antioksidan ekstrak pewarna bunga bugenvil. Perlakuan terbaik untuk menghasilkan ekstrak pewarna alami bunga bugenvil berdasarkan uji indeks efektivitas diperoleh dari pH 2,25 dan daya *microwave* 100 watt dengan karakteristik rendemen 61,85%, total betasianin 21,84 mg/100g, kapasitas antioksidan 388,50 mg GAE/100g, dan intensitas warna tingkat kemerahan (a^*) 34,53; tingkat kekuningan (b^*) 18,42.

Kata kunci : Bunga bugenvil, *Microwave assisted extraction* (MAE), pH pelarut, Daya *microwave*, Betasianin.

PENDAHULUAN

Bunga bugenvil (*Bougainvillea glabra*) merupakan tanaman hias yang banyak dijumpai di pekarangan rumah dan dikenal karena variasi warnanya yang menarik, seperti merah, putih, jingga, ungu, dan kuning (Umaternate et al., 2022). Selain keindahannya, bunga bugenvil mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti alkaloid, saponin, tanin, fenolik, flavonoid, triterpenoid, glikosida, serta betasianin senyawa pewarna alami yang memberikan warna merah hingga ungu (Nurhasanah dan Anggita, 2018).

Betasianin merupakan pigmen alami yang bersifat larut air dan memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba (Palupi et al., 2021). Stabilitas betasianin sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pH, suhu, cahaya, dan oksigen. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pH pelarut sangat mempengaruhi kestabilan dan kandungan betasianin, di mana pH rendah cenderung memberikan hasil lebih baik dalam hal stabilitas dan intensitas warna (Sari et al., 2018; Tanone et al., 2019).

Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) merupakan teknik ekstraksi modern yang memanfaatkan gelombang mikro untuk mempercepat proses pelepasan senyawa aktif dari bahan tanaman. MAE memiliki keunggulan seperti efisiensi waktu, rendahnya konsumsi pelarut, serta kemampuan ekstraksi yang lebih baik terhadap senyawa termolabil (Fadiyah et al., 2020; Hidayati dan Syahnandiaratri, 2018). Keberhasilan metode ini sangat dipengaruhi oleh parameter proses, seperti pH pelarut, daya *microwave*, suhu, waktu ekstraksi, serta rasio bahan terhadap pelarut (Wahyuni et al., 2021).

Beberapa studi telah menunjukkan bahwa variasi daya *microwave* berpengaruh terhadap hasil ekstraksi senyawa bioaktif. Daya yang lebih tinggi dapat mempercepat pemanasan dan meningkatkan efisiensi ekstraksi, tetapi juga berisiko merusak senyawa sensitif (Kusuma et al., 2018; Ayu et al., 2022). Oleh karena itu, penting untuk mengoptimalkan parameter ekstraksi seperti pH pelarut dan daya *microwave* untuk memperoleh ekstrak bunga bugenvil yang memiliki karakteristik pewarna alami terbaik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH pelarut dan daya *microwave* terhadap karakteristik ekstrak pewarna alami bunga bugenvil menggunakan metode MAE, serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik yang menghasilkan kualitas ekstrak optimal

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan baku dan bahan kimia. Bahan baku yang digunakan adalah bahan bunga bugenvil (*Bougainvillea glabra*) berwarna merah violet yang diperoleh di Kecamatan Banjarangkan, Kabupaten Klungkung, Bali. Bahan kimia yang

digunakan sebagai pelarut Etanol 96% (etanol teknis) : Asam sitrat (dalam bentuk kristal).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ayakan 60 mesh, *microwave* (Samsung), *oven dryer* (ESCO Isotherm OFA-110-8), blender (Miyako), *vortex* (*Barnstead Thermolyne*), timbangan analitik (Ohaus), kertas saring whattman No. 1, *rotary vacum evaporator* (IKA RV 10 basic), alat ukur warna (*colour reader*), *spektrofotometer* (Uv-Vis), *vortex mixer*, tabung reaksi (Iwaki), rak tabung reaksi, erlenmeyer (Iwaki), labu ukur (Iwaki), labu didih (Durhan), alat ukur warna (*Colour reader*), dan aluminium foil.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari dua faktor, yaitu:

Faktor pertama: pH pelarut (P) yang terdiri dari tiga taraf:

P1 = pH 1 (etanol 96% yang diasamkan dengan asam sitrat)

P2 = pH 1,62 (etanol 96% yang diasamkan dengan asam sitrat)

P3 = pH 2,25 (etanol 96% yang diasamkan dengan asam sitrat)

Faktor kedua: daya *microwave* (D) yang terdiri dari dua taraf:

D1 = 100 watt

D2 = 300 watt

Kombinasi antara faktor pH pelarut dan daya *microwave* menghasilkan 6 perlakuan, yaitu:

P1D1 = pH 1, daya 100 watt

P1D2 = pH 1, daya 300 watt

P2D1 = pH 1,62, daya 100 watt

P2D2 = pH 1,62, daya 300 watt

P3D1 = pH 2,25, daya 100 watt

P3D2 = pH 2,25, daya 300 watt

Setiap kombinasi dilakukan sebanyak 3 kelompok, berdasarkan waktu pelaksanaan, sehingga total unit percobaan adalah 18. Pengelompokan dilakukan berdasarkan waktu pengerjaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA), dan jika berpengaruh nyata, dilanjutkan dengan uji *Tukey* menggunakan *Minitab* 19. Penentuan perlakuan terbaik dilakukan menggunakan uji indeks efektivitas (De Garmo et al., 1984)), sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terhadap hasil perlakuan terbaik.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari dua tahap utama, yaitu pembuatan bubuk bunga bugenvil dan proses ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE).

1) Pembuatan bubuk bunga bugenvil

Proses ini dimulai dengan pemetikan bunga bugenvil (*Bougainvillea glabra*) segar, diikuti sortasi basah untuk memisahkan kotoran dari bahan asing lainnya. Bunga dicuci dengan air mengalir, ditiriskan, dan dilayukan dengan diangin-anginkan selama 3 jam. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan *dehidrator* pada suhu 50°C selama 24 jam hingga bunga mudah dihancurkan. Bunga kering kemudian diblender dan diayak menggunakan ayakan 60mesh untuk memperoleh bubuk bunga bugenvil.

2) Pembuatan ekstrak bunga bugenvil

Sebanyak 10 gram bubuk bunga bugenvil dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 200 selama 5 menit pada daya sesuai perlakuan (100 watt dan 300 watt). Setelah ekstraksi selesai, filtrat disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1. Filtrat yang diperoleh kemudian

diupayakan menggunakan rotary vacuum evaporator (tekanan 100 mBar, suhu 40°C, putaran 60 rpm) hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak ini kemudian dilakukan untuk analisis rendemen total betasianin, kapasitas antioksidan, dan intensitas warna (a^* , b^*).

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam proses penelitian ini adalah rendemen ekstrak (Sudarmadji et al., 1989), total betasianin (Eder, 1996), dan intensitas warna (a^*), (b^*) (Weaver, 1996), Kapasitas antioksidan (Bios, 1958)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstrak Bunga Bugenvil

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan pH pelarut dan daya *microwave* berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$), interaksi antar perlakuan pH pelarut dan daya *microwave* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rendemen ekstrak pewarna alami bunga bugenvil. Nilai rata-rata rendemen pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen (%) pengaruh ekstrak pewarna alami bunga bugenvil

pH	Daya (Watt)	
	D1 (100)	D2 (300)
P1 (pH 1)	80,01 ± 6,79a	67,73 ± 3,78b
P2 (pH 1,62)	70,90 ± 6,78b	61,53 ± 3,74c
P3 (pH 2,25)	61,85 ± 6,78c	55,40 ± 3,67d

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut *Tukey* pada *softwer minitab* 19 pada taraf signifikansi $P < 0,05$.

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata rendemen ekstrak pewarna alami bunga bugenvil tertinggi diperoleh pada perlakuan pH 1, daya 100 watt, sebesar 80,01 ± 6,79% dan rata-rata rendemen terendah diperoleh pada perlakuan pH 2,25 daya 300 watt sebesar 55,40 ± 3,67%. Rendemen yang tinggi pada pH 1 disebabkan oleh kondisi pelarut yang sangat asam, dan penggunaan daya *microwave* yang rendah yaitu pada daya 100 watt.

Tingginya rendemen pada perlakuan pH 1 tidak disebabkan oleh efisiensi proses ekstraksi, melainkan akibat terjadinya denaturasi sel. Denaturasi pada kondisi pH asam terjadi karena tingginya konsentrasi ion H^+ (proton) yang dapat berinteraksi dengan gugus fungsional pada protein dan senyawa bioaktif lainnya, seperti gugus karboksil (-COOH), amina (-NH₂), dan hidroksil (-OH). Interaksi ini mengganggu ikatan hidrogen dan ikatan elektrostatis yang mempertahankan struktur tiga dimensi protein dan membran sel, sehingga menyebabkan terjadinya denaturasi atau kerusakan struktur (Herlina dan Mahfud., 2020; Yuliana dan Wulandari., 2021). Proses ini menyebabkan kerusakan membran sel, sehingga isi sel, termasuk pigmen dan senyawa aktif lainnya seperti betasianin, fenolik, dan flavonoid, lebih mudah terekstrak dan larut ke dalam pelarut. (Madigan et al., 2018). Hal ini menjelaskan tingginya rendemen pada kondisi pH sangat asam bukan karena efisiensi proses ekstraksi, melainkan akibat kerusakan sel (disintegrasi) yang terjadi akibat kondisi denaturasi sel. Beberapa penelitian membuktikan bahwa pelarut dengan pH asam menghasilkan rendemen pigmen lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut pada pH yang lebih tinggi (Puspita dan Putri., 2018; Safitri et al., 2019; Murtiningrum et al., 2020).

pH pelarut, daya *microwave* juga memengaruhi hasil rendemen. Penggunaan daya *microwave*

yang rendah menyebabkan laju penguapan pelarut lebih kecil, sehingga volume pelarut yang tersisa lebih banyak dan menghasilkan rendemen yang tinggi. Sebaliknya, daya *microwave* yang tinggi mempercepat penguapan pelarut, yang menyebabkan jumlah ekstrak akhir menjadi lebih sedikit (Luviana et al., 2023). Hal ini menjelaskan mengapa rendemen tertinggi dalam penelitian ini diperoleh pada perlakuan pH 1 dengan daya 100 watt, sedangkan perlakuan pH 2,25 dengan daya 300 watt menghasilkan rendemen yang lebih rendah.

Total Betasianin

Betasianin merupakan senyawa pigmen yang memberikan warna merah keunguan pada bunga bugenvil dan berperan sebagai indikator utama dalam menilai kualitas ekstrak sebagai pewarna alami. Stabilitas betasianin sangat dipengaruhi oleh kondisi pH dan suhu selama proses ekstraksi. pH pelarut yang terlalu rendah dapat menyebabkan degradasi senyawa ini, sementara suhu tinggi akibat daya *microwave* yang besar juga dapat mempercepat kerusakan struktural pigmen. Hasil pengukuran kadar total betasianin dari ekstrak bunga bugenvil pada berbagai kombinasi pH pelarut dan daya *microwave* ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata total betasianin (mg/100g) pengaruh pH pelarut dan daya *microwave* ekstrak bunga bugenvil dengan metode MAE.

pH	Daya (Watt)	
	D1 (100)	D2 (300)
P1 (pH 1)	12,35 ± 0,03d	13,57 ± 0,49c
P2 (pH 1,62)	14,45 ± 0,08c	16,85 ± 0,09b
P3 (pH 2,25)	21,84 ± 0,70a	15,86 ± 0,15b

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan berdasarkan uji lanjut *Tukey* pada *sofwer minitab* 19 pada taraf signifikansi $P < 0,05$.

Nilai total betasianin menunjukkan bahwa nilai rata-rata betasianin total tertinggi diperoleh pada perlakuan pH 2,25 dan daya 100 watt sebesar 21,84 ± 0,70 mg/100g, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan pH 1 dan daya 100 watt sebesar 12,35 ± 0,03 mg/100g, dan pada perlakuan pH 1,62 dan pH 2,25 saat perlakuan daya yang sama pada daya 300 watt menghasilkan nilai rata-rata yang tidak berbeda nyata yaitu 16,85 ± 0,09; 15,86 ± 0,15. Hasil analisis data ini dipengaruhi oleh perlakuan pH pelarut dan daya *microwave* yang digunakan selama proses ekstraksi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi pH dan daya 100 watt, maka total betasianin yang diperoleh cenderung meningkat. Hal ini berkaitan dengan jenis pelarut yang digunakan, yaitu campuran etanol dan asam sitrat. Pada pH 1, kandungan asam sitrat jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pH lainnya, sementara betasianin merupakan senyawa yang sangat sensitif terhadap kondisi asam, sehingga pada pH yang sangat rendah, menurunkan stabilitas senyawa betasianin. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawan et al. (2015) yang melakukan penelitian terhadap stabilitas betasianin pada buah bit merah dengan berbagai suhu dan pH. Pada penelitiannya menemukan bahwa warna merah betasianin menurun drastis pada pH rendah dan suhu tinggi, hal ini mendukung hasil penelitian ini dimana pH 1 menyebabkan penurunan kandungan betasianin.

Pada perlakuan dengan daya *microwave* yang sama pada daya 100 watt, nilai betasianin meningkat seiring kenaikan pH, yaitu 12,35 ± 0,03 mg/100g pada pH 1, 14,45 ± 0,08 mg/100g pada pH 1,62, dan 21,84 ± 0,70 mg/100g pada pH 2,25. Pada kondisi pH yang sangat asam, tingginya konsentrasi ion H^+ atau bentuk terprotonasi dari asam sitrat menyebabkan pelarut menjadi kurang responsif terhadap pemanasan gelombang mikro. Mekanisme ini dijelaskan secara rinci oleh penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa efektivitas ekstraksi pigmen meningkat pada kondisi pH rendah,

karena tingginya konsentrasi ion H menyebabkan disintegrasi dinding sel dan kestabilan senyawa meningkat (Widyasari dan Hartati., 2017: Puspita dan Putri., 2018: Safitri et al., 2019). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian pada perlakuan pH 2,25.

Namun demikian, peningkatan daya *microwave* juga perlu diperhatikan. Pada pH 2,25, perlakuan dengan daya 300 watt menghasilkan kadar betasianin yang lebih rendah dibandingkan dengan daya 100 watt, analisis data juga menunjukkan semakin tinggi pH pelarut pada daya 300 watt menghasilkan penurunan nilai total betasianin, dengan didapatkan nilai rata-rata total betasianin pada perlakuan pH 1,62 daya 300 watt yang tidak berbeda nyata dengan pH 2,25 daya 300 watt yaitu $16,85 \pm 0,09$; $15,86 \pm 0,15$ Hal ini terjadi karena peningkatan daya menyebabkan suhu meningkat drastis, yang dapat mengakibatkan degradasi pigmen betasianin. Pernyataan ini sejalan dengan hasil penelitian Andina. (2015) yang melakukan penelitian ekstrak dan uji stabilitas betasianin kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhzius*) terhadap konsentrasi asam sitrat dan suhu ekstraksi. Penelitiannya menemukan bahwa suhu tinggi dapat merusak struktur betasianin ditandai dengan terjadinya degradasi meningkat pada suhu tinggi. Temuan ini juga dibuktikan oleh Khuluq et al. (2007) yang mengamati stabilitas pigmen alami seperti antosianin dan betasianin mengalami kerusakan karena pemanasan yang berlebihan, terutama pada pH rendah.

Meskipun peningkatan daya dapat mempercepat ekstraksi karena meningkatkan pemecahan dinding sel dan mempermudah penetrasi pelarut ke dalam matriks tanaman, hal ini harus dikontrol. Amalia dan Rukmi. (2017) dalam penelitiannya ekstraksi senyawa fenolik dari biji delima menggunakan *microwave* menemukan bahwa peningkatan daya mempercepat proses, tetapi berisiko merusak senyawa aktif jika suhu terlalu tinggi. Pada penelitian yang dilakukan oleh, Hidayat et al. (2022) menemukan bahwa pada ekstraksi senyawa antioksidan dari daun herbal, daya *microwave* yang tinggi meningkatkan efisiensi tetapi menurunkan kualitas senyawa. Kedua penelitian ini mendukung hasil penelitian ini bahwa keseimbangan antara pH pelarut dan daya *microwave* sangat penting untuk menjaga stabilitas betasianin selama proses ekstraksi.

tertinggi diperoleh pada pH 2,25 daya 100 watt sebesar $21,84 \pm 0,70$ mg/100g, dan terendah pada pH 1 daya 100 watt sebesar $12,35 \pm 0,03$ mg/100g. Rendahnya kadar pada pH 1 disebabkan oleh tingginya viskositas pelarut dan konsentrasi ion H⁺, yang menurunkan efisiensi penyerapan gelombang mikro akibat efek screening ionik (Letellier dan Budzinski, 1999). Sebaliknya, pH 2,25 memungkinkan pemanasan lebih merata dan efektif, sehingga menghasilkan betasianin lebih tinggi.

Tingkat Kemerahan (a*)

Nilai a* menunjukkan intensitas warna merah dari ekstrak, di mana semakin tinggi nilainya maka semakin merah warna yang dihasilkan. Nilai ini berkaitan langsung dengan kadar betasianin dalam ekstrak, karena senyawa ini merupakan pigmen merah dominan dalam bunga bugenvil. Stabilitas betasianin dipengaruhi oleh keasaman pelarut serta suhu yang timbul akibat daya *microwave* selama ekstraksi. Tabel 4 menyajikan nilai rata-rata a* dari masing-masing perlakuan pH dan daya *microwave*.

Nilai a* tertinggi diperoleh pada perlakuan pH 2,25 dengan daya 100 watt sebesar $34,53 \pm 3,51$, menunjukkan intensitas warna merah paling tinggi. Nilai ini berbeda nyata dengan perlakuan lain seperti pH 1,62 daya 300 watt ($32,36 \pm 3,59$), pH 1,62 daya 100 watt ($30,31 \pm 3,28$), dan terendah pada pH 1 daya 100 watt ($26,23 \pm 3,90$). Peningkatan nilai a* berbanding lurus dengan kadar betasianin dalam ekstrak. Penelitian yang dilakukan oleh Presetyo et al. (2018) menunjukkan bahwa tingginya kandungan betasianin meningkatkan intensitas warna merah pada ekstrak.

Stabilitas betasianin dipengaruhi oleh pH dan suhu. pH terlalu rendah dapat merusak struktur kromofor, sehingga menurunkan warna merah (Setiawan et al., 2015). Daya 100 watt lebih optimal

dalam mempertahankan betasianin dibandingkan 300 watt, yang berisiko menimbulkan degradasi termal. Sandy et al. (2021) juga menyebutkan bahwa suhu tinggi menurunkan intensitas warna akibat kerusakan betasianin. Selain itu, daya ekstraksi pelarut turut memengaruhi intensitas warna akhir (Harborne, 1987)

Tabel 3. Nilai rata-rata tingkat kemerahan (a^*) ekstrak bunga bugenvil dengan metode MAE pada perlakuan pH pelarut dan daya microwave

pH	Daya (Watt)	
	D1 (100)	D2 (300)
P1 (pH 1)	26,23 ± 3,93d	29,32 ± 2,25c
P2 (pH 1,62)	30,31 ± 3,28c	32,36 ± 3,59b
P3 (pH 2,25)	34,53 ± 3,51a	26,37 ± 2,31d

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan berdasarkan uji lanjut *Tukey* pada *sofwer minitab* 19 pada taraf signifikansi $P < 0,05$.

Tingkat Kecerahan (b^*)

Nilai b^* merepresentasikan intensitas warna kuning dari ekstrak. Meskipun bukan warna utama dari betasianin, nilai ini mencerminkan perubahan warna sekunder akibat degradasi atau transformasi pigmen selama pemanasan. Nilai b^* dapat meningkat seiring dengan rusaknya pigmen merah dan munculnya senyawa hasil degradasi berwarna kuning kecokelatan.

Nilai rata-rata b^* dari ekstrak bunga bugenvil untuk tiap perlakuan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Nilai rata-rata tingkat kekuningan (b^*) ekstrak bunga bugenvil dengan metode MAE pada perlakuan pH pelarut dan daya microwave

pH	Daya (Watt)	
	D1 (100)	D2 (300)
P1 (pH 1)	13,01 ± 0,22bc	16,44 ± 0,70bc
P2 (pH 1,62)	15,78 ± 1,38 bc	19,49 ± 1,99b
P3 (pH 2,25)	18,42 ± 1,88b	30,92 ± 4,98a

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan berdasarkan uji lanjut *Tukey* pada *sofwer minitab* 19 pada taraf signifikansi $P < 0,05$.

Nilai b^* terendah terdapat pada pH 1 daya 100 watt ($13,01 \pm 0,22$) karena viskositas pelarut tinggi menghambat penetrasi panas, menghasilkan warna ungu gelap. Nilai tertinggi diperoleh pada pH 2,25 daya 300 watt ($30,92 \pm 4,98$), akibat penetrasi panas yang lebih efektif dan degradasi betasianin yang menghasilkan warna kekuningan. Semakin tinggi daya, semakin besar nilai b^* yang terbentuk karena pemanasan intens memicu pembentukan senyawa hasil degradasi pigmen (Keron O, et al., 2021).

Tingkat Kapasitas antioksidan

Selain sebagai pewarna alami, ekstrak bunga bugenvil juga memiliki aktivitas antioksidan yang penting untuk diaplikasikan dalam produk pangan fungsional. Kapasitas antioksidan berkaitan erat dengan kandungan senyawa fenolik, khususnya betasianin, yang memiliki kemampuan menangkap radikal bebas. Stabilitas senyawa aktif ini dapat dipengaruhi oleh pH dan daya pemanasan selama proses ekstraksi.

Data kapasitas antioksidan yang diperoleh dari masing-masing kombinasi pH pelarut dan daya microwave disajikan pada Tabel 5.

Nilai kapasitas antioksidan tertinggi diperoleh pada pH 2,25 daya 100 watt ($388,50 \pm 2,53$), sejalan dengan kadar betasianin tertinggi. Perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan pH 1,62 daya 300 watt ($301,27 \pm 6,02$). Nilai terendah terdapat pada pH 2,25 daya 300 watt ($199,21 \pm 7,96$) akibat degradasi betasianin. Betasianin memiliki aktivitas antioksidan tinggi, sehingga perlakuan yang menjaga kestabilannya juga menghasilkan kapasitas antioksidan yang lebih besar (Hidayat et al., 2022). Dengan demikian, pH 2,25 dan daya 100 watt merupakan perlakuan paling optimal.

Tabel 5. Nilai rata-rata kapasitas antioksidan ekstrak bunga bugenvil dengan metode MAE pada perlakuan pH pelarut daya microwave

pH	Daya (Watt)	
	D1 (100)	D2 (300)
P1 (pH 1)	$215,82 \pm 11,82d$	$238,52 \pm 10,09c$
P2 (pH 1,62)	$251,40 \pm 8,82c$	$301,27 \pm 6,02b$
P3 (pH 2,25)	$388,50 \pm 2,53a$	$199,21 \pm 7,96e$

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan berdasarkan uji lanjut Tukey pada *sofwer minitab* 19 pada taraf signifikansi $P < 0,05$.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH pelarut, daya *microwave*, dan interaksi antar perlakuan berpengaruh terhadap rendemen, total betasianin, tingkat kemerahan (a*), tingkat kekuningan (b*), dan kapasitas antioksidan ekstrak pewarna alami bunga bugenvil. Perlakuan terbaik untuk menghasilkan ekstrak pewarna alami bunga bugenvil adalah pH 2,25 dengan daya 100 watt, yang menghasilkan karakteristik rendemen $61,85 \pm 6,78\%$, total betasianin $21,84 \pm 0,70$ mg/100g, tingkat kemerahan (a*) $34,53 \pm 3,51$, tingkat kekuningan (b*) $18,42 \pm 1,88$, dan kapasitas antioksidan $388,50 \pm 2,53\%$ GAE/100g

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut : perlakuan terbaik ada pada pH 2,25 dan daya *microwave* 100 watt, sehingga dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait bunga bugenvil sebagai pewarna alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, N., dan Rukmi, D. 2017. Optimasi ekstraksi senyawa bioaktif biji delima dengan *Microwave Assisted Extraction* menggunakan Response Surface Methodology. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(1), 25–34.
- Andina, I. A. 2015. “Ekstraksi dan Uji Stabilitas Betasianin Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)(Konsentrasi Asam Sitrat dan Suhu Ekstraksi)”. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.
- De Garmo, E. P., Sullivan, W. G., and Canada, J. R. 1984. *Engineering Economy*. New York: Macmillan.
- Fadiyah, I., Lestari, I., dan Mahardika, R. G. 2020. Kapasitas antioksidan ekstrak buah rukam (*Flacourtia rukam*) menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(2), 107-113.

- Harborne, J. B. 1987. Metode fitokimia: Penuntun cara modern menganalisis tumbuhan. *Bandung: Penerbit ITB*, 78.
- Herlina, N., dan Mahfud, M. 2020. Pengaruh pH dan suhu terhadap denaturasi protein kedelai pada proses isolasi protein. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(2), 87–96.
- Hidayat, P. A. N. P., Puspawati, G. A. K. D., dan Yusasrini, N. L. A. 2022. pengaruh waktu dan daya *microwave* pada metode *microwave assisted extraction* (MAE) terhadap aktivitas antioksidan dan pigmen ekstrak daun ubi kayu (*Manihot utilissima pohl.*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 1, 134–146.
- Hidayati, N., dan Syahnandiaratri, H. 2018. Analisis pengaruh daya *microwave* pada proses pengambilan minyak atsiri daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan metode *microwave assisted extraction* (MAE). *Jurnal Simposium Nasional RAPI*. 17, 124-129.
- Keron, O., Wrasati, L. P., dan Gunam, I. B. W. 2021. Pengaruh Perlakuan pH dan Suhu terhadap Stabilitas Ekstrak Alga Merah (*Gracilaria sp.*) sebagai Pewarna Alami. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 406–415. ISSN: 2503-488X
- Kusuma, H. S., Altway, A., and Mahfud, M. 2018. Solvent-free *microwave* extraction of essential oil from dried patchouli (*Pogostemon cablin Benth*) leaves. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 58, 343–348. doi: 10.1016/j.jiec.2017.09.047
- Luviana, A., Putri, A., Alatif, I. A., Nurulgina, R., Permatasari, R. P., Sihombing, R. P., dan Paramitha, T. 2023. Pengaruh Pelarut dan Daya *Microwave* terhadap Hasil Ekstrak Daun Pepaya dengan Metode *Microwave Assisted Extraction*. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 14, No. 1, pp. 213-217).
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., and Stahl, D. A. 2018. Brock biology of microorganisms. 15th Global Edition. *Boston, US: Benjamin Cummins*, 1, 1391-1407.
- Murtiningrum, Widyaningsih, T. D., dan Kartika, A. 2020. Karakteristik pigmen betasianin buah bit (*Beta vulgaris L.*) sebagai pewarna alami dan aktivitas antioksidannya. *Agritech*, 40(1), 75–83.
- Nurhasanah, N., dan Anggita, D. 2018. Skrining fitokimia dan uji toksisitas dari ekstrak bunga kertas (*Bougainvillea spectabilis Wild*). *Sainstech Farma: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 11(2), 21-24.
- Palupi, C., dan Nugraha, P. S. A. 2021. Uji daya hambat sediaan celup daun bunga kertas (*Bougainvillea glabra folium*) terhadap bakteri *Escherichia coli*. *Eduproxima (Jurnal Ilmiah Pendidikan Ipa)*, 3(2), 104-110.
- Puspita, D. A., dan Putri, S. A. 2018. Pengaruh pH pelarut terhadap rendemen dan stabilitas antosianin dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(2), 65–72.
- Safitri, N. M., Prasetyaningrum, A., dan Lestari, I. 2019. Ekstraksi dan karakterisasi antosianin dari kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa L.*) dengan variasi pH pelarut. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 12(1), 36–44.
- Setiawan, M. A. W., Nugroho, E. K., dan Lestario, L. N. 2015. Ekstraksi betasianin dari kulit umbi bit (*Beta vulgaris*) sebagai pewarna alami. *Agric*, 27(1), 38-43.
- Tanone, V. 2019. “Pengaruh jenis pelarut dan suhu ekstraksi terhadap karakteristik pewarna alami bugenvil (*Bougainvillea x buttiana 'Mahara'*) dan stabilitasnya terhadap suhu.” Tesis. Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Indonesia
- Umatermate, Hendra, Munawar, S., dan Soamole, R. 2022. Karakteristik morfologi bunga kertas (*Bougainvillea*). *JBES: Journal of Biology Education and Science* , 2(2), 76–85.

- Wahyuni, Y. A. T., Puspawati, G. A. K. D., dan Putra, I. N. K. 2021. Pengaruh jenis pelarut pada metode *microwave assisted extraction* (MAE) terhadap karakteristik ekstrak daun singkong (*Manihot utilissima pohl.*). *Itepa: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 10, 566-578.
- Widyasari, A., dan Hartati, I. 2017. Pengaruh pH dan suhu pada ekstraksi antosianin dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*). *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2), 39–46.
- Yuliana, E., dan Wulandari, D. 2021. Perubahan struktur protein akibat perlakuan pH pada bahan pangan. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 5(1), 12–21.