

RESEARCH ARTICLE

Polyphenol Extraction from *Musa corniculata* Peel Using Microwave Assisted Extraction (MAE) Method with Ethanol Solvent

(Ekstraksi Polifenol dari Kulit Pisang Tanduk (*Musa Corniculata*) Menggunakan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dengan Pelarut Etanol)

Istiqomah Rahmawati^{1,2*}, Ach.Sa'roni¹, Maharani Tri Wardhani¹, Boy Arief Fachri^{1,2}, Beki Palupi^{1,2}, Meta Fitri Rizkiana^{1,2}, Helda Wika Amini^{1,2}, Muhammad Reza³

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, Indonesia

²Research Center for Biobased Chemicals Product, Jl. Kalimantan 37, Jember, Indonesia

³Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, Indonesia

ABSTRACT

Banana peel (*Musa corniculata*) is one of the superior plants in Indonesia which is rich in polyphenolic compounds as a source of antioxidants. The potential of polyphenolic compounds as antioxidants can be used as an alternative to reduce banana peel waste. This study aims to determine the total content of polyphenols and antioxidant activity of horn banana peel extract. Extraction used the Microwave Assisted Extraction (MAE) method with ethanol solvent and the variables were extraction time (4, 7, and 10 minutes), solvent concentration (50, 73 and 96 %), ratio of simplicia mass to solvent volume (1:12, 1 :8, 1:6 g/mL) with a microwave power of 150 Watt. Determination of polyphenol content using the Folin-Ciocalteu method and the ability of polyphenols as antioxidants were analyzed by DPPH test. This study used the Design Expert 13 Response Surface Methodology software, the Box Behnken type, to determine the extraction parameters for the total polyphenol content. The highest total polyphenol content was obtained at 354.02 mg GAE/g from the combination of parameters 50% solvent concentration, 10 minutes extraction time, and the ratio of horn banana peel powder to 1:8 g/mL solvent.

Kulit Pisang Tanduk (*Musa Corniculata*) merupakan salah satu tanaman unggulan di Indonesia yang kaya senyawa polifenol sebagai sumber antioksidan. Potensi senyawa polifenol sebagai antioksidan inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk mengurangi limbah kulit pisang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan total polifenol dan aktivitas antioksidan ekstrak kulit pisang tanduk. Ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dengan pelarut etanol dan variabel yaitu waktu ekstraksi (4, 7, dan 10 menit), konsentrasi pelarut (50, 73 dan 96 %), rasio massa simplisia terhadap volume pelarut (1:12, 1:8, 1:6 g/mL) dengan daya microwave sebesar 150 Watt. Penentuan kandungan polifenol menggunakan metode Folin-Ciocalteu dan kemampuan polifenol sebagai antioksidan dianalisis dengan uji DPPH. Penelitian ini menggunakan *software* Design Expert 13 *Response Surface Methodology* tipe *Box Behnken* untuk menentukan parameter ekstraksi terhadap kandungan total polifenol. Kandungan total polifenol tertinggi didapatkan 354,02 mg GAE/g dari kombinasi parameter konsentrasi pelarut 50%, waktu ekstraksi 10 menit, dan rasio bubuk Kulit Pisang Tanduk dengan pelarut 1:8 g/ mL.

Keywords: Banana peel, Polyphenols, MAE.

*Corresponding author:

Istiqomah Rahmawati

E-mail: istiqomah.rahmawati@unej.ac.id

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan keanekaragaman hayati kurang lebih 30.000 jenis tumbuhan, dengan 7.500 termasuk jenis tanaman obat. Keanekaragaman hayati di Indonesia merupakan aset bernilai tinggi dalam pengembangan industri agromedisin dunia [1]. Pisang merupakan salah satu

buah tropis paling banyak dihasilkan dan dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia yang menjadi komoditas buah-buahan pada urutan pertama diantara buah-buahan lain baik dari segi penyebaran, luas pertanaman maupun dari segi produksi. Hal tersebut karena hampir seluruh wilayah Indonesia dapat ditanami pohon pisang [2]. Pisang adalah buah paling populer di seluruh dunia dengan total produksi 102

juta ton per tahun [3]. Sedangkan total produksi di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 8,18 juta ton, jumlah ini meningkat 39% dari 7,28 juta ton pada tahun 2019 [4]. Salah satu varietas pisang yang terdapat di Indonesia dan termasuk jenis pisang lokal adalah pisang tanduk (*Musa Corniculata*) [3]. Pisang tanduk memiliki ukuran terbesar diantara komoditas pisang lainnya yaitu memiliki panjang sekitar 25-40 cm, lebar 6-12 cm, diameter 4,4-4,8 cm, dengan bobot buah 300-320 g per buah dan berpotensi memiliki berat 15 kg per tandannya. Bentuk buah pisang tanduk yang besar panjang dan melengkung, dapat memberikan keuntungan pada hasil olahan menjadi lebih banyak jika dibandingkan dengan pisang lain yang berukuran lebih kecil. Selain dikonsumsi langsung sebagai buah, pisang tanduk dapat dimanfaatkan menjadi berbagai jenis olahan seperti keripik pisang, selai, pembuatan tepung, dll [2]. Kulit pisang memiliki kandungan unsur gizi cukup lengkap, seperti karbohidrat (30 g), lemak (0,2-0,3 g), protein (1,3-1,5 g), kalsium (7,15 mg), fosfor (30 mg), zat besi (24 mg), vitamin A (60 mg), vitamin C (20 mg), dan air [5], [6] sehingga kulit pisang dapat dimanfaatkan untuk pengobatan berbagai penyakit seperti luka bakar, anemia, diare, maag, dan radang [3]. Meskipun memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, namun potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal [1]. Salah satunya seperti kulit buah pisang yang menyumbang sekitar 35% dari berat buah masih dianggap sebagai limbah yang dapat menimbulkan masalah lingkungan [7].

Di alam terdapat senyawa fenolik yang diketahui strukturnya antara lain flavonoid, fenol monosiklik sederhana, fenil propanoid, polifenol (lignin, melanin, tanin), dan kuinon fenolik [8]. Kulit buah merupakan sumber polifenol, karotenoid, serta senyawa bioaktif lain yang baik dan menguntungkan bagi kesehatan manusia [7]. Dibandingkan dengan kulit buah seperti pada alpukat, markisa, melon, nanas, pepaya, dan semangka, kulit buah pisang memiliki kandungan fenolik tertinggi [9], dengan total jumlah senyawa fenol pada kulit pisang adalah sekitar 0,90 sampai 3,0 g/100 g DW [10]. Berdasarkan jenisnya, polifenol terdiri dari lignin, melanin, tanin [11]. Akibat adanya aktivitas enzim polifenol oksidase, menjadikan senyawa polifenol mudah teroksidasi akibat aktivitas enzim polifenol oksidase [12]. Kelompok senyawa fenol ini memiliki gugus hidroksil pada cincin benzene

yang berperan sebagai antioksidan dengan daya antioksidan yang baik karena dapat memberikan elektronnya untuk menetralkan elektron radikal bebas dalam tubuh [13], [14]. Selain itu, polifenol juga memiliki banyak fungsi lainnya diantaranya sebagai antiinflamasi, antiproliferasi, antimutagenik, antimikrobia [15], dapat mencegah/mengobati penyakit degeneratif, gangguan kognitif, penuaan dini, melindungi terhadap penyakit kardiovaskuler [16], merusak DNA dan dapat menghentikan perkembangan sel kanker, meningkatkan sistem imun [17], membantu menurunkan berat badan, serta meningkatkan kesehatan jantung [18].

Salah satu metode pengambilan suatu komponen dari bahan alam khususnya tumbuhan yang paling banyak digunakan adalah ekstraksi. Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat dari campurannya menggunakan pelarut yang sesuai [19]. Biasanya campuran zat padat dan cair yang sukar dipisahkan dengan metode pemisahan mekanis maupun termis, dapat menggunakan ekstraksi yaitu proses pemisahan paling ekonomis [20], [21]. Pada penelitian ini, digunakan MAE (*Microwave Assisted Extraction*) yang merupakan salah satu metode pemisahan yang memanfaatkan gelombang mikro untuk mempercepat proses ekstraksinya melalui pemanasan pelarut secara cepat dan efisien [22], [23]. Ekstraksi menggunakan MAE dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti diantaranya suhu, rasio pelarut, konsentrasi pelarut, dan tingkat daya gelombang mikro [24]. Jika dibandingkan dengan metode konvensional, metode MAE hanya membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat untuk proses ekstraksi kulit pisang [25], [27]. Hal tersebut dapat terjadi karena MAE menggunakan gelombang mikro yang dapat diserap air, lemak, dan gula namun tidak dapat diserap bahan-bahan gelas. Proses ekstraksi juga dilakukan secara tertutup yang dapat mengurangi uap panas [25]. Dibandingkan dengan metode ekstraksi lainnya, MAE memiliki banyak keuntungan, diantaranya waktu ekstraksi lebih singkat, pelarut lebih sedikit, hasil ekstraksi lebih optimal, biaya lebih rendah, dan dapat mengurangi emisi karbon dioksida [28], [30]. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu mengenai ekstraksi kulit Pisang yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan ekstraksi polifenol menggunakan metode MAE yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu Ekstraksi Kulit Pisang

Bahan Baku	Metode Ekstraksi	Parameter Proses	Hasil	Referensi
Kulit Pisang Kepok	Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut HCl, berat bahan 10 dan 15 g, daya 600 Watt, waktu 20 menit, konsentrasi HCl 0,25% sebanyak 300 mL	Kondisi optimum diperoleh saat berat bahan 15 g menghasilkan <i>yield</i> pektin sebanyak 16,53% w/w	[27]
Kulit Pisang	Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan asam sitrat 5%, waktu 5, 10, 15, 20, dan 25 menit. rasio bahan dan pelarut 1:50, daya 450 Watt	Kondisi optimum diperoleh saat waktu ekstraksi 15 menit menghasilkan <i>yield</i> pektin sebanyak 27,55%	[25]
Kulit Pisang Raja	Metode Maserasi	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut etanol 96%	Kandungan total polifenol 3,50104 % b/v atau 35,0104 mg GAE/g ekstrak	[31]
Kulit Pisang Muli Dan Pisang Kepok	Metode Maserasi	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut metanol	Kandungan total fenolik kulit pisang muli adalah 108,336 mg GAE/g dan pisang kepok 32,496 mg GAE/g	[32]
Kulit Pisang	Metode <i>Ultrasonic Assisted Method</i> (UAE)	Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut HCl 0,05 N sebanyak 400 mL dan suhu ekstraksi 60 °C. Adapun variasi massa sebesar 5, 10, 20, 30 dan 40 gram.	Rendemen pektin tertinggi yang dihasilkan sebesar 25,59%	[33]

Tabel 2. Penelitian Terdahulu Ekstraksi Polifenol dengan Metode MAE

Bahan Baku	Metode Ekstraksi	Parameter Proses	Hasil	Referensi
Herba Suruhan	Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut (<i>green solvent</i>) asam Malat-Glukosa dengan perbandingan 1:1 g/g, 1:2 g/g, dan 1:4 g/g, daya <i>microwave</i> 30% selama 5 menit dengan rasio sampel dan pelarut 1:14 g/mL	Kondisi optimum diperoleh pada perbandingan 1:3 g/g menghasilkan polifenol sebanyak 696 mg GAE/g	[20]
Teh Putih	Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut etanol 96% dengan lama waktu ekstraksi 2, 4, 6, dan 8 menit, level daya 70% atau 490 Watt	Kondisi optimum diperoleh saat lama waktu ekstraksi 8 menit dengan level daya 70% dihasilkan kadar polifenol sebanyak 63,60% atau 1,30 mg/g	[22]
Teh Hijau	Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan 400 mL pelarut etanol 60%, 50 g ampas teh hijau, selama 8 menit, dan diulangi 8 kali	Kondisi optimum diperoleh saat daya <i>microwave</i> 450 Watt, waktu 8 menit, perbandingan 1 : 8 menghasilkan kadar polifenol sebanyak 7,1 %	[1]
Umbi Bawang Dayak	Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut <i>Acid-Sucrose</i> , perbandingan pelarut 1:1, 2:1, 3: 1, rasio sampel dengan pelarut 1:10, waktu 10 menit, power 50 %	Kondisi optimum diperoleh pada perbandingan 1:3 g/g menghasilkan polifenol sebanyak 36,5 mg GAE/g sampel	[24]
Daun Kadamba	Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut (<i>green solvent</i>) <i>choline chloride-sorbitol</i> dengan perbandingan 1:1, 1:2. dan 1:3 g/g, rasio sampel dan pelarut 1:10 g/mL, daya <i>microwave</i> 50% selama 10 menit	Kondisi optimum diperoleh pada perbandingan 1:2 g/g menghasilkan sebanyak polifenol 372 mg GAE/g	[29]

Berdasarkan studi literatur, Ekstraksi Polifenol Kulit Pisang Tanduk (*Musa Corniculata*) Menggunakan Metode Microwave Assisted Extraction (MAE) belum pernah diteliti sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu, konsentrasi pelarut, dan rasio simplisia terhadap pelarut yang paling optimal dalam menghasilkan kandungan polifenol.

METODE PENELITIAN

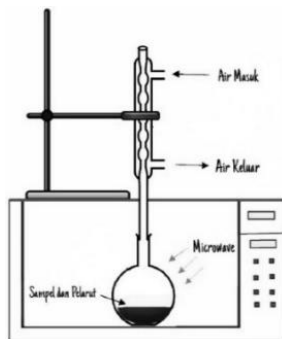
Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Kulit Pisang Tanduk (*Musa Corniculata*) yang didapatkan dari Desa Pakis, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur dengan 10 hari masa pematangan sejak dipanen. Etanol 96%, Akuades, FeCl₃ (p.a. Merck), Asam Galat (p.a. Merck), Na₂CO₃ (p.a. Merck), Reagen Folin-Ciocalteu (p.a. Merck). Gambar Pisang Tanduk dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Buah Pisang Tanduk [34]

Alat yang digunakan adalah botol timbang, microwave (SAMSUNG MS23H3125FK-SE; 1150W), oven (Envilife), neraca analitik (Pioneer), blender (Philips HR-2115), gelas ukur (Pyrex), labu alat bulat (Duran), pipet tetes, erlemeyer (Pyrex), beaker glass (Pyrex), botol timbang, kondensor, ayakan 80 mesh, corong kaca, tabung reaksi & rak, spektrofotometer UV-Vis 752AP. Skema alat MAE dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Microwave Assisted Extraction (MAE) [35]

Prosedur

Experimental Design

Serangkaian percobaan penelitian dan analisis respon dilakukan dengan menggunakan program *Design-Expert v13* menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan *Box-Behnken Design* (BBD) [36]. Dalam penelitian ini, variabel kontrol adalah daya *microwave* sebesar 150 Watt [37] dan volume pelarut sebanyak 100 mL [38]. Variabel bebas yang dimasukkan pada program *design expert* adalah rasio massa simplisia terhadap volume pelarut (1:12 - 1:6 g/mL), konsentrasi pelarut (50 - 96 %) dan waktu ekstraksi (4 - 10 menit) [1], [22]. Hasil rancangan formulasi penelitian dengan *design expert* tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Rancangan Formulasi Penelitian Menggunakan Design Expert

Run	Konsentrasi Pelarut (%)	Waktu Ekstraksi (menit)	Rasio Massa Simplisia terhadap Volume Pelarut (g/mL)
1	96	7	1 : 6
2	73	7	1 : 8
3	50	7	1 : 12
4	73	4	1 : 12
5	73	7	1 : 8
6	73	4	1 : 6
7	73	7	1 : 8
8	50	4	1 : 8
9	73	10	1 : 6
10	73	7	1 : 8
11	96	7	1 : 12
12	73	10	1 : 12
13	73	7	1 : 8
14	96	10	1 : 8
15	96	4	1 : 8
16	50	7	1 : 6
17	50	10	1 : 8

Preparasi Sampel

Sampel kulit pisang tanduk dicuci bersih menggunakan air untuk menghilangkan pengotor yang menempel seperti getah dan debu. Sampel yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C sampai kadar air di bawah 10% [31], dan selanjutnya dihaluskan sampai menjadi sebuk halus menggunakan blender yang kemudian disaring menggunakan ayakan 80 mesh [39].

Ekstraksi Menggunakan Metode Microwave Assisted Extraction (MAE)

Serbuk kulit Pisang Tanduk yang telah diberi perlakuan awal kemudian ditimbang berdasarkan

berat yang telah ditentukan yaitu 8,3 - 16 g, setelah itu dicampurkan 100 mL dengan konsentrasi etanol 50 - 96%. Campuran diekstraksi dengan bantuan *microwave* (SAMSUNG MS23H3125FK-SE; 1150W) dengan daya *microwave* 150 Watt dan waktu *microwave* 4 - 10 menit [22]. Komponen bioaktif seperti fenol, flavonoid, dan tanin akan mudah rusak pada suhu diatas 50 °C. Hal ini terjadi karena daya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan suhu panas yang tinggi pula sehingga dinding sel akan rusak dengan sangat cepat serta menghasilkan ekstrak yang rendah [40], [41]. Hasil ekstrak kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan residunya.

Analisis Prosedur

Pengukuran Kadar Air

Perhitungan kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air dalam sampel. Pengeringan dilakukan dengan oven pada suhu 100 °C menggunakan 2 g sampel. Pengeringan dilakukan sampai diperoleh massa yang konstan [42]. Rumus perhitungan kadar air adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{(\text{massa sampel akhir}(g)) - (\text{massa sampel awal}(g))}{(\text{massa sampel awal}(g))} \times 100 \% \quad (1)$$

Uji Fitokimia

Uji fitokimia adalah metode pengujian awal untuk melihat adanya kandungan senyawa polifenol dalam filtrat. uji fitokimia dilakukan dengan cara, larutan ekstrak sebanyak 1 mL direaksikan dengan beberapa tetes larutan besi (III) klorida 10%, jika terjadi perubahan warna menjadi biru tua, biru kehitaman atau hitam kehijauan yang menunjukkan adanya senyawa polifenol [31], [43].

Analisis Kandungan Total Polifenol

Pembuatan larutan standar dilakukan dengan cara, sebanyak 10 mg asam galat ditambahkan aquadest sampai 100 mL. Dari larutan tersebut dipipet 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 mL lalu ditambah 1 mL Reagen Folin Ciocalteu. Diamkan selama 5 menit, tambahkan 2 mL Na₂CO₃ dan aquades sampai volume 10 mL, vortex hingga homogen lalu inkubasi selama 30 menit. Prosedur pembuatan larutan sampel dilakukan dengan cara sebanyak 1,5 mL sampel diberi perlakuan sama sebagaimana larutan standar [1], [44] Tahap berikutnya adalah pengukuran absorbansi larutan blanko, standar,

dan sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 765 nm. Dilakukan dua kali pengulangan dan penentuan total polifenol menggunakan persamaan regresi linear $y = ax + b$ [38], [45]. Rumus perhitungan total polifenol adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \left(\text{mg.} \frac{\text{TPC}}{\text{g}} \text{ekstrak} \right) \quad (2) \\ & = \frac{\text{Konsentrasi (nilai X)} \times \text{volume sampel (mL)} \times \text{faktor pengenceran}}{\text{Massa sampel (g)}} \end{aligned}$$

Analisis Antioksidan menggunakan DPPH

Uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan mengukur nilai aktivitas hambatan terhadap radikal bebas DPPH menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis [46]. Larutan blanko dibuat dengan mencampurkan 4 mg DPPH dan etanol sampai volume 100 mL sehingga menghasilkan DPPH 0,1 mM. Uji sampel dilakukan dengan cara yang sama yaitu sebanyak 0,25 mL larutan ditambahkan 1 mL larutan DPPH dan etanol sampai volume 3 mL, selanjutnya ukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum 517 nm [47, 48]. Rumus perhitungan DPPH adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Inhibisi (\%)} \\ & = \frac{\text{absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100 \% \quad (3) \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Fitokimia

Uji fitokimia merupakan tahap pendahuluan dalam suatu penelitian fitokimia yang bertujuan memberi gambaran mengenai golongan senyawa yang terkandung dalam kulit pisang seperti alkaloid, tannin, polifenol, flavonoid, saponin, dan triterpenoid [31]. Metode uji fitokimia ini dilakukan dengan melihat reaksi pengujian warna dengan menggunakan suatu pereaksi warna. Pada penelitian ini, didapatkan hasil skrining fitokimia terhadap senyawa polifenol sampel uji setelah penambahan FeCl₃ yaitu terbentuknya warna kuning kehijauan, yang menandakan bahwa jenis polifenol tersebut adalah senyawa flavonoid [43]. Hasil skrining fitokimia dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Skrining Fitokimia

Ekstraksi Kandungan Total Polifenol dari Kulit Pisang Tanduk

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2022 sampai dengan April 2023 di Laboratorium Dasar dan Proses, Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Penelitian ini menggunakan Kulit Pisang Tanduk untuk diekstraksi dan diuji kandungan total polifenolnya menggunakan metode ekstraksi *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Langkah awal adalah pengukuran kadar air dengan pengeringan menggunakan 2 g bahan pada suhu oven 100 °C, penimbangan dilakukan setiap selang waktu 30 menit sampai massa bahan konstan. Nilai kadar air dari bahan Kulit Pisang Tanduk adalah 8,4%. Pengukuran

ini dilakukan karena kadar air yang tinggi berpengaruh terhadap waktu ekstraksi yang menjadi lebih lama karena harus menguapkan air pada bahan terlebih dahulu, kadar air yang baik adalah tidak lebih dari 10% [42]. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju ekstraksi diantaranya adalah jenis pelarut, rasio bahan pelarut, waktu, suhu, ukuran partikel dan jumlah pelarut yang digunakan [49]. Daya *microwave* juga memiliki pengaruh dimana semakin tinggi daya maka semakin tinggi pula suhu, namun suhu yang terlalu tinggi dapat merusak senyawa fenol [32].

Uji kandungan total polifenol pada ekstraksi kulit pisang dilakukan dengan menggunakan metode Spektrofotometri [23]. Penetapan Kandungan polifenol secara spektrofotometri digunakan pereagen folin ciocalteu. Gugus hidroksil senyawa fenolik bereaksi dengan reagen folin ciocalteu membentuk kompleks molybdenum tungsten blue berwarna biru yang dapat dideteksi menggunakan spektrofotometer. Penambahan Na_2CO_3 7,5% pada proses penentuan kandungan polifenol bertujuan untuk membuat kondisi larutan basa, hal tersebut dikarenakan polifenol dan folin ciocalteu hanya dapat bereaksi dalam kondisi basa [45]. Persamaan linear kurva standar asam galat yang digunakan untuk menentukan kandungan total polifenol sampel adalah $y = 0,1016x + 0,1652$ ($R^2 = 0,9924$). Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa persamaan regresi telah mendekati linearitas [50], [51]. Hasil analisis kandungan polifenol Kulit Pisang Tanduk dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan total polifenol dalam filtrate hasil ekstraksi Kulit Pisang Tanduk

Run	Konsentrasi pelarut (%)	Waktu Ekstraksi (menit)	Rasio Massa Simplisia terhadap Volume Pelarut (g/mL)	Kandungan Total Polifenol (mg GAE/g sampel)
	96	7	1 : 6	117,98
	73	7	1 : 8	202,45
	50	7	1 : 12	172,43
	73	4	1 : 12	128,79
	73	7	1 : 8	228,46
	73	4	1 : 6	92,54
	73	7	1 : 8	222,27
	50	4	1 : 8	84,04
	73	10	1 : 6	171,95
	73	7	1 : 8	224,99
	96	7	1 : 12	126,43
	73	10	1 : 12	202,13
	73	7	1 : 8	228,99
	96	10	1 : 8	119,30
	96	4	1 : 8	217,99
	50	7	1 : 6	107,99
	50	10	1 : 8	354,02

Tabel 4 menunjukkan bahwa kandungan total polifenol terendah didapatkan 84,04 mg GAE/g dan kandungan total polifenol tertinggi didapatkan 354,02 mg GAE/g. Ditunjukkan bahwa adanya penambahan waktu ekstraksi ini menyebabkan peningkatan kandungan total polifenol dengan konsentrasi 50% dan rasio simplisia pelarut 1:8 g/ mL. Pada variasi rasio simplisia pelarut, semakin banyak massa simplisia maka semakin banyak pula senyawa polifenol namun massa yang terlalu banyak menyebabkan penurunan kandungan polifenol. Dari hasil penelitian, pada rasio optimum 1:8 didapatkan rata-rata kandungan polifenol yang tinggi. Hal ini sesuai dengan Handayani [1] dan Zhang [52] bahwa massa yang terlalu banyak menyebabkan semakin sulit senyawa polifenol terekstraksi akibat adanya kompetisi antar molekul fenol. Pada variasi waktu, pengaruh semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak total polifenol. Hal ini dikarenakan semakin lama kontak simplisia dan pelarut dapat meningkatkan kelarutan bahan yang diekstrak. Hasil uji kandungan polifenol paling tinggi pada waktu 10 menit. Pada variasi konsentrasi etanol diperoleh semakin besar

konsentrasi pelarut maka semakin semakin kecil kandungan polifenol yang dihasilkan. Dari hasil penelitian yang kami lakukan, konsentrasi optimum sebesar 50% yang menghasilkan polifenol tertinggi. Hal ini dikarenakan jenis polifenol yang ada dalam kulit pisang adalah flavonoid berdasarkan hasil uji fitokima. Senyawa ini bersifat polar sehingga perlu dilarutkan dalam pelarut polar. H₂O merupakan senyawa yang paling polar, namun dalam penelitian ini tidak digunakan H₂O 100% sebagai pelarut karena berdasarkan Padmawati [53] ekstraksi menggunakan pelarut H₂O dapat mengekstraksi komponen polar lainnya seperti karbohidrat, dll sehingga kandungan polifenol yang dihasilkan rendah. Hasil uji kandungan polifenol paling tinggi pada konsentrasi 50%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Handayani [1] yang mana dengan perbandingan 1 : 8, konsentrasi etanol 60%, dan waktu ekstraksi 8 menit menghasilkan kandungan total polifenol tertinggi.

Kandungan total polifenol yang diperoleh dari penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan penelitian ekstrak polifenol jenis kulit pisang lainnya.

Tabel 5. Kandungan total polifenol pada jenis kulit pisang

Jenis Kulit Pisang	Metode ekstraksi	Hasil	Referensi
Kulit pisang Raja	Maserasi	35 mg GAE/g sampel	[31]
Kulit pisang Muli	Maserasi	108,336 mg GAE/g sampel	[54]
Kulit pisang Kepok	Maserasi	32,496 mg GAE/g sampel	[54]
Kulit pisang kapas	<i>ferric reducing antioxidant power</i> (FRAP)	28 mg GAE/g sampel	[55]
Kulit pisang Agung	Maserasi	40 mg GAE/g sampel	[56]
Kulit pisang Tanduk	<i>Microwave assisted extraction</i> (MAE)	354,02 mg GAE/g sampel	(Penelitian yang dilakukan)

Tabel 6. Hasil *Analysis of Variance* (ANOVA)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	82365,54	9	9151,73	47,16	< 0,0001	significant
A-pelarut	3072,50	1	3072,50	15,83	0,0053	
B-waktu	12803,20	1	12803,20	65,97	< 0,0001	
C-rasio simplisia terhadap pelarut	2639,74	1	2639,74	13,60	0,0078	
AB	34720,73	1	34720,73	178,91	< 0,0001	
AC	624,75	1	624,75	3,22	0,1159	
BC	9,21	1	9,21	0,0475	0,8338	
A ²	3472,94	1	3472,94	17,90	0,0039	
B ²	108,43	1	108,43	0,5587	0,4791	
C ²	23498,10	1	23498,10	121,08	< 0,0001	
Residual	1358,50	7	194,07			
Lack of Fit	214,75	3	71,58	0,2503	0,8578	not significant
Pure Error	1143,75	4	285,94			
Cor Total	83724,03	16				

Tabel 5 menunjukkan perbedaan hasil kandungan total polifenol pada setiap jenis pisang, pada penelitian ini menggunakan jenis kulit pisang tanduk dihasilkan kandungan total polifenol tertinggi sebesar 354,02 mg GAE/g dengan menggunakan metode *microwave assisted extraction* (MAE). Perbedaan kandungan total polifenol yang dihasilkan disebabkan karena adanya perbedaan kondisi ekstraksi dan faktor lain yang mempengaruhi proses ekstraksi, salah satunya adalah jenis kulit pisang yang diekstraksi [57], [58].

Analisis Statistika

Data kandungan total polifenol kemudian dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk membuktikan bahwa parameter yang digunakan dalam proses ekstraksi dapat memengaruhi kandungan total polifenol. Hasil ANOVA disajikan pada Tabel 6.

Parameter dapat dikatakan signifikan jika nilai probabilitas (*p-value*) dari hasil analisis $\leq 0,05$ atau 5% dan nilai lack of fit dengan *p-value* $\geq 0,05$ [60]. Berdasarkan tabel 5 diperoleh menggunakan *software Design Expert*. Nilai F-Model sebesar 47,16 mengimplikasikan model tersebut signifikan. Hanya ada kemungkinan 0,01% bahwa nilai F sebesar ini dapat terjadi karena *noise*. *P-value* model diperoleh $< 0,0001$, hal ini menunjukkan bahwa model signifikan. Model yang signifikan menunjukkan bahwa model tersebut memiliki pengaruh nyata terhadap respon kandungan total polifenol [60]. Sementara nilai *p-value* lack of fit sebesar 0,8578 atau 85,78% yang menandakan bahwa tidak signifikan. Lack of fit merupakan penyimpangan antara data eksperimen dan data model prediksi. Nilai $p > 0,05$ menandakan bahwa model cukup menggambarkan data eksperimen dan tidak ada penyimpangan pada model [61].

Tabel 7. Model Summary

R^2	$R^2_{adjusted}$	$R^2_{predicted}$
0,9838	0,9629	0,9376

Hasil penelitian dapat dinyatakan sesuai model apabila nilai R^2 yang dihasilkan melebihi 0,75 atau mendekati 1 [50, 51, 62, 63]. Hasil ANOVA menghasilkan nilai R sebesar 0,9838 yang menunjukkan bahwa model telah sesuai dengan hasil penelitian. Nilai $R^2_{adjusted}$ yang diperoleh sebesar 0,9629 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara parameter konsentrasi pelarut, waktu ekstraksi dan rasio serbuk Kulit Pisang Tanduk dengan

pelarut terhadap respon kandungan total polifenol [60].

Kandungan total polifenol sebagai respon dari parameter ekstraksi dimodelkan menggunakan Persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan total polifenol} &= 228,63 - 19,60A + 40,01B \\
 &- 18,16C - 93,17AB \\
 &+ 12,50AC + 1,52BC - 28A^2 \\
 &- 5,07B^2 - 74,70C^2
 \end{aligned} \tag{4}$$

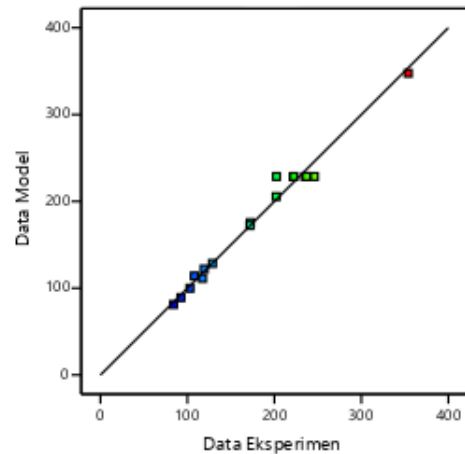
Keterangan:

A= Konsentrasi Pelarut

B= Waktu ekstraksi

C= Rasio serbuk kulit pisang tanduk dengan pelarut

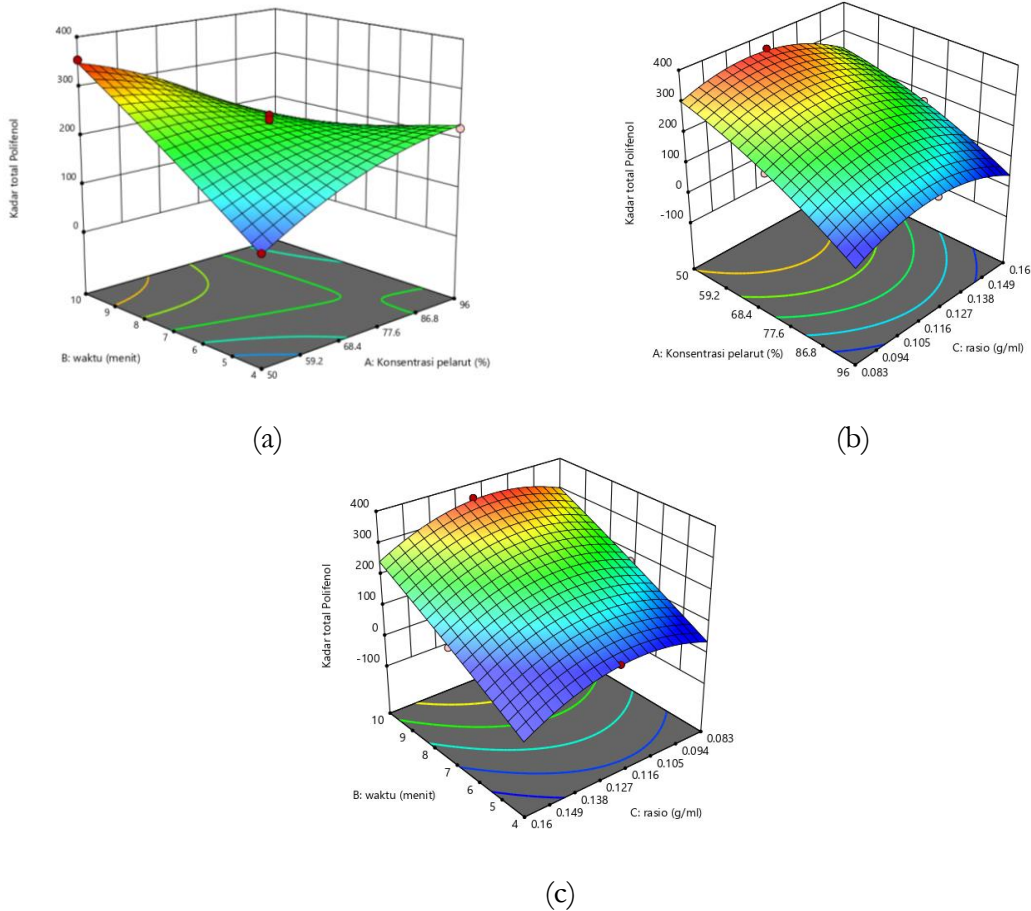
Nilai A, B, dan C secara berurutan merupakan parameter konsentrasi pelarut, waktu ekstraksi dan rasio serbuk kulit pisang tanduk dengan pelarut. Apabila koefisien parameter bernilai negative maka terdapat penurunan nilai pada kandungan total polifenol, berlaku juga sebaliknya [60]. Berdasarkan persamaan 4, semua parameter ekstraksi secara statistik berpengaruh terhadap kandungan total polifenol. Hubungan antara data eksperimen dengan data model dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Data eksperimen vs data model

Gambar 4 menunjukkan bahwa data eksperimen dengan data prediksi model sangat akurat, terdapat korelasi yang kuat data eksperimen dengan data model. Jarak letak data terhadap *trendline* menunjukkan keakuratan data. Semakin dekat data dengan garis maka data akan semakin akurat [64]. Berdasarkan penelitian ini, plot data menyinggung garis menunjukkan bahwa data eksperimen mendekati data model, didukung dengan nilai R^2 sebesar 0,9838.

Pengaruh Parameter Ekstraksi terhadap Total Polifenol



Gambar 5. a). Pengaruh konsentrasi pelarut dengan waktu ekstraksi terhadap kandungan total polifenol, b). Pengaruh konsentrasi pelarut dengan rasio bahan terhadap kandungan total polifenol, c). Pengaruh waktu ekstraksi dengan rasio bahan terhadap kandungan total polifenol

Gambar 5 merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh dari setiap parameter ekstraksi (konsentrasi pelarut, waktu ekstraksi, dan rasio serbuk kulit pisang tanduk dengan pelarut) terhadap kandungan total polifenol. Gambar 5(a) menunjukkan pengaruh konsentrasi dan waktu terhadap total polifenol, semakin rendah konsentrasi pelarut dan lamanya waktu ekstraksi maka semakin tinggi total polifenol yang dihasilkan. Gambar 5(b) menunjukkan pengaruh konsentrasi pelarut dan rasio bahan terhadap total polifenol, semakin rendah konsentrasi dan tingginya rasio bahan maka semakin tinggi total polifenol yang dihasilkan. Gambar 5(c) menunjukkan pengaruh waktu ekstraksi dan rasio bahan terhadap total polifenol, semakin lama waktu ekstraksi dan tingginya rasio bahan maka semakin tinggi total polifenol yang

hasilkan. Ketiga gambar tersebut menunjukkan bahwa terdapat kombinasi parameter yang mempengaruhi nilai respon melalui adanya perbedaan warna. Kandungan total polifenol optimum yang dihasilkan dari penelitian ini sebesar 354,02 mg GAE/g sampel. Berdasarkan total polifenol yang didapatkan diperkirakan bahwa ekstraksi total polifenol maksimum dapat dicapai ketika kombinasi konsentrasi pelarut, waktu ekstraksi dan rasio yakni konsentrasi 50%, waktu ekstraksi 10 menit dan rasio simplisia 1:8. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Handayani [1] menggunakan ampas teh hijau menyatakan bahwa hasil ekstraksi polifenol yang optimum diperoleh dari konsentrasi pelarut 60%, waktu ekstraksi 8 menit dan rasio simplisia 1:8. Berdasarkan kandungan polifenol yang didapatkan semakin lama waktu ekstraksi maka

semakin tinggi kandungan kandungan total polifenol yang diperoleh [65]. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dihasilkan yakni waktu ekstraksi 10 menit untuk menghasilkan total polifenol optimum. Namun waktu ekstraksi yang terlalu lama perlu diperhatikan agar menghindari rusaknya senyawa karena meningkatnya suhu dalam proses ekstraksi [66]. Hal tersebut selaras dengan penelitian oleh Anal [67] yang menyatakan bahwa suhu yang tinggi serta waktu ekstraksi yang lebih lama, beberapa senyawa fenolik kemungkinan akan teroksidasi dan mengalami penurunan hasil ekstrak. Kerusakan senyawa polifenol ditandai dengan tidak terdeteksinya ketika dilakukan uji polifenol menggunakan spektrofotometer. Suhu rendah juga menghasilkan ekstrak tidak maksimal sehingga ekstrak polifenol yang didapatkan rendah [41].

Rasio bahan dengan pelarut merupakan hal krusial dikarenakan jumlah pelarut yang digunakan harus cukup dalam melarutkan senyawa yang diinginkan [68]. Berdasarkan penelitian Yingngam [69] menyatakan bahwa terjadi kenaikan kandungan total polifenol pada penggunaan rasio bahan dengan pelarut dari 1:30 hingga ke 1:50 g/mL menggunakan bantuan metode ekstraksi ultrasound. Namun pada penelitian menggunakan metode berbantuan microwave rasio optimum yang dihasilkan yakni 1:8. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Handayani [1] menggunakan ampas the hijau dengan variasi rasio simplisia 1:8 hingga 1:14 didapatkan kondisi optimum pada rasio simplisia 1:8 g/ mL.

Aktivitas Antioksidan Total Polifenol Ekstrak Kulit Pisang

Aktivitas antioksidan diperlukan untuk meredam efek negatif dari radikal bebas. Antioksidan adalah molekul yang mendonorkan elektronnya kepada molekul radikal bebas, sehingga dapat menghentikan reaksi radikal bebas [10]. Beberapa ekstrak tanaman memiliki antioksidan seperti fenolik, flavonoid yang lebih efektif dan aman dari pada antioksidan sintesis [48]. Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH karena merupakan metode yang sederhana, mudah, cepat, dan memerlukan sedikit sampel [10]. Serapan diukur dengan panjang gelombang 517 nm. Apabila sampel yang diuji memiliki aktivitas antioksidan akan mengakibatkan terjadinya perubahan warna larutan DPPH yang semula berwarna ungu pekat menjadi kuning pucat. Untuk melihat ada atau tidaknya kemampuan antioksidan pada senyawa

polifenol dapat dilihat menggunakan % inhibisi. Persen inhibisi merupakan kemampuan suatu antioksidan dalam menghambat radikal bebas, jadi semakin besar persentase inhibisi sampel maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidannya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lushaini [70], nilai aktivitas antioksidan berbanding lurus terhadap kandungan total polifenol. Semakin besar kandungan polifenol, maka kekuatan antioksidannya juga semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan hasil uji, kandungan polifenol tertinggi pada run 17 memiliki % inhibisi yaitu sebesar 33,672 %.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, ekstrak kulit pisang tanduk diperoleh menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Penentuan kandungan polifenol menggunakan metode Folin-Ciocalteu dan kemampuan polifenol sebagai antioksidan dianalisis dengan uji DPPH. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa parameter ekstraksi (konsentrasi pelarut, waktu ekstraksi, dan rasio simplisia) berpengaruh terhadap kandungan total polifenol. Kandungan total polifenol tertinggi dari hasil penelitian ini adalah 354,02 mg GAE/g sampel dengan aktivitas antioksidannya sebesar 33,672 % yang diperoleh pada kondisi konsentrasi pelarut 50%, waktu ekstraksi 10 menit dan rasio simplisia 1:8 g/ mL. Hasil ini dapat dimanfaatkan dalam pengembangan obat-obatan yang mengandung senyawa bioaktif polifenol maupun penelitian terkait dengan kulit pisang tanduk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Handayani, A. Mun, and A. S. Ranti, "Optimization of green tea waste extraction using microwave assisted extraction to yield green tea extract," *Traditional Medicine Journal*, vol. 19, no. 1, P. 2014, 2014.
- [2] D. Desmawarni and F. Hanum Hamzah, "Variasi suhu dan waktu ekstraksi terhadap kualitas pektin dari kulit pisang tanduk," *JOM Faperta UR*, vol. 4, no. 1, PP. 1-15, 2017.
- [3] H. T. Vu, C. J. Scarlett, and Q. v. Vuong, "Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: a review," *J Funct Foods*, vol. 40, pp. 238-248, Jan 2018.
- [4] "Produksi Pisang Indonesia 2020," *Badan Pusat Statistik*, 2021.

- [5] E. N. Alozie, I. Okereke, and G. Anozie, "Nutritional analysis and sensory properties of pudding produced from two plantain varieties, French plantain (*Platano hembra*) and French horn Plantain (*Banana blanche*) in Michael Okpara University of agriculture, Umudike," *International Journal of Home Science*, vol. 6, no. 2, pp. 286-290, 2020.
- [6] T. F. M. T. Supriyanti, H. Suanda, and R. Rosdiana, "Pemanfaatan ekstrak kulit pisang kepok (*Musa Bluggoe*) sebagai sumber antioksidan pada produksi tahu," *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VII*, pp. 393-400, 2015.
- [7] A. M. Aboul-Enein, Z. A. Salama, A. A. Gaafar, H. F. Aly, F. A. Bou-Elella, and H. A. Ahmed, "Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa Paradaisica* L.) as antioxidant and antimicrobial Agents," *J Chem Pharm Res*, vol. 8, no. 4, pp. 46-55, 2016.
- [8] M. Tahir, A. Muflihunna, and Syafrianti, "Penentuan kadar fenolik total ekstrak etanol daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan metode spektrofotometri UV-VIS," *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 215-218, 2017.
- [9] F. Chaudhry *et al.*, "Extraction and evaluation of the antimicrobial activity of polyphenols from banana peels employing different extraction techniques," *Separations*, vol. 9, no. 7, Jul 2022.
- [10] Rosida dan A. R. Diyan, "Penentuan aktivitas antioksidan dan kadar fenol total pada ekstrak kulit buah pisang (*Musa acuminata* Colla)," *Akademi Farmasi Jember*, pp. 26-33, 2016.
- [11] H. B. H. F. Siddiq, J. Riyuwani, dan R. D. Y. Dewi, "Penentuan Kadar Polifenol Ekstrak Teh Kemasan dengan Metode Remaserasi menggunakan Spektrofotometri UV-VIS," *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, vol. 2, no. 1, pp. 7-13, 2017.
- [12] J. Towaha, "Kandungan senyawa polifenol pada biji kakao dan kontribusinya terhadap kesehatan," *SIRINOV*, vol. 2, no. 1, pp. 1-6, 2014.
- [13] D. Dhianawaty and Ruslin, "Kandungan total polifenol dan aktivitas antioksidan dari ekstrak metanol akar *Imperata Cylindrica* (L) Beauv. (Alang-alang)," *Majalah Kedokteran Bandung*, vol. 47, no. 1, pp. 60-64, 2015.
- [14] Baihakki, T. Wikanta, and Feliatra, "Extraction of polyphenol from *sargassum* sp. and its entrapment in the nanochitosan," 2015.
- [15] N. B. Nugraha, M. Faisal, and H. Herman, "Optimasi Metode MAE terhadap Kadar Polifenol dan Profil KLT dari Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale*)," *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, vol. 15, pp. 149-154, Mei 2022.
- [16] Yulianis, E. Fitriani, and M. Sanuddin, "Penetapan kadar polifenol ekstrak dan fraksi kulit pinang (*Areca Catechu* L.) dengan metode spektrofotometri UV-VIS," *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, vol. 6, no. 1, pp. 170-178, 2020.
- [17] H. B. H. F. Siddiq, R. D. Y. Dewi, and J. Riyuwani, "Polifenol Ekstrak Teh Tubruk Kemasan menggunakan Spektrofotometri UV-VIS," *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, vol. 1, no. 2, pp. 7-13, 2016.
- [18] R. Firyanto, S. Mulyaningsih, W. Leviana, J. Pawiyatan, L. Bendan, and D. Semarang, "Pengambilan polifenol dari teh hijau (*Camellia Sinensis*) dengan cara ekstraksi menggunakan aquadest sebagai pelarut," *Prosiding SNST*, pp. 10-13, 2019.
- [19] Mukhriani, "Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif," *Jurnal Kesehatan*, vol. 7, pp. 361-367, 2014.
- [20] M. Safruddin, N. Mita, and I. Ahmad, "Ekstraksi polifenol total dari herba suruhan (*Pepperomia pellucida* (L) Kunth.) menggunakan malic acid-glucose based microwave assisted extraction," *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, pp. 54-57, 2020.
- [21] A. Yusniah, Y. Nur, and I. Ahmad, "Ekstraksi polifenol total dari herba suruhan (*Pepperomia pellucida* (L) kunth.) menggunakan malic acid-glucose based microwave assisted extraction," *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, pp. 147-150, 2019.
- [22] A. Widyasanti, H. Aryadi, and D. Rohdiana, "Pengaruh perbedaan lama ekstraksi teh putih dengan menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE)," *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, vol. 22, no. 2, pp. 165-174, 2018.
- [23] M. Nadir and E. I. Risfani, "Pengaruh waktu terhadap ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok dengan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE)," *Prosiding Seminar Hasil Penelitian*, pp. 92-98, 2018.
- [24] K. Kurnya, H. Hajrah, and I. Ahmad, "Ekstraksi polifenol total dari umbi bawang dayak (*Eleutherine bulbosa* [Mill.] Urb.) menggunakan metode lactic acid-sucrose based *Microwave Assisted Extraction*," *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, vol. 10, pp. 118-121, Okt 2019.
- [25] V. A. Devianti and D. Arifiyana, "Optimasi lama waktu ekstraksi dengan metode MAE pada pektin dari kulit pisang," *Journal of Herbal, Clinical and Pharmaceutical Science (HERCLIPS)*, vol. 3, no. 01, p. 21, Okt 2021.
- [26] P. Rodsamran and R. Sothornvit, "Microwave heating extraction of pectin from lime peel: characterization and properties compared with the conventional heating method," *Food Chem*, vol. 278, hlm. 364-372, Apr 2019.
- [27] Megawati and E. L. Machsunah, "Ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca*) menggunakan

- pelarut HCl sebagai edible film,” *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 14-21, 2016.
- [28] S. J. Astati, M. Ardana, and I. Ahmad, “Ekstraksi polifenol total dari umbi bawang dayak (*Eleutherine bulbosa* [Mill.] Urb.) Menggunakan metode citric acid-glucose based *Microwave Assisted Extraction*,” *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, vol. 10, pp. 139-142, Okt 2019.
- [29] R. Hidayati, D. Rahmawati, and I. Ahmad, “Ekstraksi polifenol total dari daun kadamba (*Mitragyna speciosa* Korth) menggunakan metode choline chloride-sorbitol based *Microwave Assisted Extraction*,” *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, vol. 10, pp. 131-134, Okt 2019.
- [30] K. A. T. Datu, N. Fitriani, and I. Ahmad, “Pengaruh penggunaan metode lactic acid-sucrose dengan *Microwave Assisted Extraction* (MAE) terhadap polifenol total dari herba suruhan (*Peperomia Pellucida* (L.) Kunth),” *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, vol. 10, pp. 114-117, Okt 2019.
- [31] I. Adhayanti, T. Abdullah, R. Romantika, and J. Farmasi Poltekkes Kemenkes Makassar, “Uji kandungan total polifenol dan flavonoid ekstrak etil asetat kulit pisang raja (*Musa Paradisiaca* var. *Sapientum*),” *Media Farmasi*, vol. XIV, no. 1, pp. 146-152, 2018.
- [32] F. Yulistiani, R. Khairiyah Azzahra, and Y. Alhay Nurhafshah, “Pengaruh daya dan waktu terhadap yield hasil ekstraksi minyak daun spearmint menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction*,” *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 2020, no. 1, pp. 1-6, 2020.
- [33] A. Adhiksana, “Perbandingan metode konvensional ekstraksi pektin dari kulit buah pisang dengan metode ultrasonik,” *Journal of Research and Technology*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [34] Y. S. Poerba, “Katalog Pisang,” *LIPI Press*, pp. 1-215, 2016.
- [35] M. Saifullah, R. McCullum, and Q. van Vuong, “Optimization of microwave assisted extraction of polyphenols from lemon myrtle: comparison of modern and conventional extraction techniques based on bioactivity and total polyphenols in dry extracts,” *Processes*, vol. 9, no. 12, pp. 1-19, Des 2021.
- [36] S. Polat and P. Sayan, “Application of response surface methodology with a box-behnken design for struvite precipitation,” *Advanced Powder Technology*, vol. 30, no. 10, pp. 2396-2407, Okt 2019.
- [37] R. P. Sihombing, A. P. Tamba, C. A. Renata, and A. Ngatin, “Ekstraksi daun tembakau dengan metode MAE (*Microwave Assisted Extraction*) dengan variasi jenis pelarut dan waktu ekstraksi pada daya microwave 150 watt,” *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 807-812, 2022.
- [38] E. Padamani, J. Ngginak, and A. T. Lema, “Analisis kandungan polifenol pada ekstrak tunas bambu betung (*Dendrocalamus asper*),” *Bioma: Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, vol. 5, no. 1, pp. 52-65, Mar 2020.
- [39] H. Dong *dkk.*, “Physicochemical properties of pectin extracted from navel orange peel dried by vacuum microwave,” *LWT*, vol. 151, Nov 2021.
- [40] F. A. Ulhusna, D. Syafrianti, U. Moricha, and A. Safriani, “Profil fitokimia dan aktivitas aktioksidan ekstrak air daun *Tegetes Erecta* L.,” *Jurnal Pendidikan Sains dan Biologi*, vol. 9, no. 1, pp. 690-694, 2022.
- [41] N. W. A. Yuliantari, I. W. R. Widarta, and I. D. G. M. Permana, “Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi terhadap kandungan flavonoid dan aktivitas antioksidan daun sirsak (*Annona muricata* L.) menggunakan ultrasonik,” *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, vol. 4, no. 1, pp. 35-42, 2017.
- [42] W. Ramadhan, U. Uju, S. D. Hardiningtyas, R. F. Pari, N. Nurhayati, and D. Sevica, “Ekstraksi polisakarida ulvan dari rumput laut ulva lactuca berbantu gelombang ultrasonik pada suhu rendah,” *J Pengolah Has Perikan Indones*, vol. 25, no. 1, pp. 132-142, Apr 2022.
- [43] I. Illing, W. Safitri, and Erfiana, “Uji fitokimia ekstrak buah dengen,” *Jurnal Dinamika*, vol. 8, no. 1, pp. 66-84, 2017.
- [44] I. Norra, A. Aminah, and R. Suri, “Effects of drying methods, solvent extraction and particle size of Malaysian brown seaweed, *Sargassum* sp. on the total phenolic and free radical scavenging activity,” *International Food Research Journal*, vol. 23, no. 4, pp. 1558-1563, 2016.
- [45] A. Guntarti, “Kadar polifenol total ekstrak etanol kulit buah manggis (*Garcinia mangostana*) pada variasi asal daerah,” *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 22-25, 2016.
- [46] S. R. Jami’ah, M. Ifaya, J. Pusmarani, and E. Nurhikma, “Uji aktivitas antioksidan ekstrak metanol kulit pisang raja (*Musa Paradisiaca sapientum*) dengan metode DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil),” *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 33-38, 2018.
- [47] H. Widyowati, M. Ulfah, and Sumantri, “Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanolik herba alfalfa (*Medicago sativa* L.) dengan metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil),” *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*, vol. 11, no. 1, pp. 25-33, 2014.
- [48] S. R. Jami’ah, M. Ifaya, J. Pusmarani, and E. Nurhikma, “Uji aktivitas antioksidan ekstrak metanol kulit pisang raja (*Musa Paradisiaca sapientum*) dengan metode DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil),” *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 33-38, 2018.
- [49] G. Rifai, I. W. R. Widarta, and K. A. Nocianetri, “Pengaruh jenis pelarut dan rasio bahan dengan

- pelarut terhadap kandungan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan ekstrak biji alpukat (*Persea americana* Mill.),” *Jurnal ITEPA*, vol. 7, no. 2, pp. 22-32, 2018.
- [50] T. Saptari, Triastinurmiatiningsih, B. Lohita, and I. N. Sayyidah, “Kadar fenolik dan aktivitas antioksidan ekstrak etanol rumput laut coklat (*Padina australis*),” *Fitofarmaka*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [51] M. R. Marjoni, Afrinaldi, and A. D. Novita, “Kandungan total fenol dan aktivitas antioksidan ekstrak air daun kersen (*Muntingia calabura* L.),” *Jurnal Kedokteran Yarsi 23*, vol. 23, no. 3, pp. 187-196, 2015.
- [52] Q. W. Zhang, L. G. Lin, and W. C. Ye, “Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review,” *Chinese Medicine (United Kingdom)*, vol. 13, no. 1. BioMed Central Ltd., 17 April 2018.
- [53] I. A. G. Padmawati, I. K. Suter, and N. M. I. H. Arihantan, “Pelarut jenis pelarut terhadap aktivitas antioksidan ekstrak eceng padi,” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, vol. 9, no. 1, pp. 81-87, 2020.
- [54] P. A. R. Yulis dan Y. Sari, “Aktivitas antioksidan dari limbah kulit pisang muli (*Musa acuminata* Linn) dan kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca formatypica*),” *Al Kimia*, vol. 8, no. 2, pp. 189-200, 2020.
- [55] R. A. Yulianti, W. A. Ningrum, and D. B. Pambudi, “Uji aktivitas antioksidan ekstrak kulit pisang kapas (*Musa paradisiaca* L.) dengan metode FRAP dan DPPH pada sediaan *hand and body lotion*,” *Media Informasi Politeknas Kemenkes Tasikmalaya*, vol. 17, no. 2, pp. 86-92, 2021.
- [56] A. W. Pratama, S. R. Lestari, A. Gofur, and Y. Rakhmawati, “Skrining fitokimia, total fenol, dan aktivitas antioksidan ekstrak metanol tangkai sisir buah pisang agung,” *Jurnal Pangan dan Gizi*, vol. 12, no. 2, pp. 14-21, 2022.
- [57] N. Milićević *et al.*, “Kinetic modelling of ultrasound-assisted extraction of phenolics from cereal brans,” *Ultrason Sonochem*, vol. 79, pp. 1-7, Nov 2021.
- [58] I. K. W. Putra, G. P. G. Putra, and L. P. Wrasati, “Pengaruh perbandingan bahan dengan pelarut dan waktu maserasi terhadap ekstrak kulit biji kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai sumber antioksidan,” *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, vol. 8, no. 2, pp. 167-176, 2020.
- [59] B. L. Sari, Triastinurmiatiningsih, and T. S. Haryani, “Optimasi metode Microwave Assisted Extraction (MAE) untuk menentukan kadar flavonoid total alga coklat padina australis,” *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, vol. 16, no. 1, pp. 37-48, 2020.
- [60] F. U. Romah, A. Rahmawati, M. F. Rizkiana, and A. Susanti, “Optimization of extraction of bioactive compound from pegagan leaves using ethanol solvent with Microwave Assisted Extraction Method (MAE),” *Journal of Biobased Chemicals*, vol. 2, pp. 43-55, 2022.
- [61] F. Rahmawaty and H. T. Sutanto, “Penerapan metode permukaan respon untuk optimalisasi proses *sealing* pada pengemasan produk makanan jelly,” *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 3, no. 1, pp. 1-6, 2014.
- [62] B. Yingngam, A. Chiangsom, and A. Brantner, “Modeling and optimization of microwave-assisted extraction of pentacyclic triterpenes from *Centella asiatica* leaves using response surface methodology,” *Ind Crops Prod*, vol. 147, pp. 1-12, Mei 2020.
- [63] L. D. English, “STEM education K-12: perspectives on integration,” *Int J STEM Educ*, vol. 3, no. 3, pp. 1-8, Des 2016.
- [64] T. Yilmaz and S. Tavman, “Modeling and optimization of ultrasound assisted extraction parameters using response surface methodology for water soluble polysaccharide extraction from hazelnut skin,” *J Food Process Preserv*, vol. 41, no. 2, pp. 1-13, Apr 2017.
- [65] N. L. G. D. Yunita, L. P. Wrasati, and L. Suhendra, “Karakteristik senyawa bioaktif ekstrak selada laut (*Ulva lactuca* L.) pada konsentrasi pelarut etanol dan lama ekstraksi,” *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, vol. 6, no. 3, pp. 189-195, 2018.
- [66] I. Fidrianny, N. A. S. Anggraeni, and M. Insanu, “Antioxidant properties of peels extracts from three varieties of banana (*Musa* sp.) grown in West Java-Indonesia,” *Int Food Res J*, vol. 25, no. 1, pp. 57-64, 2018.
- [67] A. K. Anal, S. Jaisanti, and A. Noomhorm, “Enhanced yield of phenolic extracts from banana peels (*Musa Acuminata* Colla AAA) and cinnamon barks (*Cinnamomum Varum*) and their antioxidative potentials in fish oil,” *J Food Sci Technol*, vol. 51, no. 10, pp. 2632-2639, Okt 2014.
- [68] S. Silva, E. M. Costa, C. Calhau, R. M. Morais, and M. E. Pintado, “Anthocyanin extraction from plant tissues: A review,” *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 57, no. 14, pp. 3072-3083, Sep 2017.
- [69] B. Yingngam, M. Monschein, and A. Brantner, “Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Cratogeomys formosum* ssp. *formosum* leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H₂O₂-induced cell death,” *Asian Pac J Trop Med*, vol. 7, no. S1, pp. S497-S505, Sep 2014.
- [70] S. Lushaini, M. A. Wibowo, and P. Ardiningsih, “Kandungan total fenol, aktivitas antioksidan, dan sitotoksik daun kedelai (*Ficus variegata* Blume),” *JKK*, vol. 4, no. 2, pp. 1-5, 2015.