



KARAKTERISTIK MIKROENKAPSULASI EKSTRAK NaDES (NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENT) DAUN SENDUDUK (*Melastoma malabathricum* L.)

Ruri Putri Mariska¹, M. Henityo Agung As'adi¹, Jihan Almasshabihah^{1*}

¹Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Harapan Ibu Jambi, Indonesia

*Email Korespondensi : jihanalmasshabihah5@gmail.com

ABSTRAK

Melastoma malabathricum L. (daun senduduk) sebagai tanaman obat yang mempunyai kandungan senyawa flavonoid seperti *quercetin* yang mana mempunyai potensinya sebagai antioksidan, namun memiliki stabilitas rendah terhadap pengaruh lingkungan. Adapun tujuannya dari penelitian ini guna memberikan evaluasi pada karakteristik fisiko-kimia maupun aktivitas antioksidan dari mikroenkapsulasi ekstrak daun senduduk yang diperoleh dengan mempergunakan pelarut *Natural Deep Eutectic Solvent* (NaDES) berbasis kolin klorida dan asam laktat. Ekstraksi dilakukan dengan metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE), diikuti proses mikroenkapsulasi menggunakan kombinasi maltodekstrin dan gom arab dalam tiga formula berbeda. Evaluasi aktivitas antioksidan dilakukan dengan mengadopsi metode DPPH guna menentukan nilai IC₅₀, sedangkan karakterisasi fisik meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas (PDI), maupun nilai *Zeta Potential*. Perolehan menunjukkan bahwasanya Formula 3 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC₅₀ 12,55 ppm, ukuran partikel 39,5 nm dan 453 nm, PDI 0,892, dan *Zeta Potential* -45,0 mV, mengindikasikan stabilitas dispersi yang baik. Mikroenkapsulasi ekstrak daun senduduk dengan kombinasi maltodekstrin dan gom arab efektif dalam meningkatkan stabilitas fisik dan mempertahankan aktivitas antioksidan.

Kata kunci: *Melastoma malabathricum* L., mikroenkapsulasi, NaDES, DPPH, antioksidan

CHARACTERISTICS OF MICROENCAPSULATION OF NADES (NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENT) EXTRACT OF SENDUDUK LEAVES (*Melastoma malabathricum* L.)

ABSTRACT

Melastoma malabathricum L. (senduduk leaf) is a medicinal plant containing flavonoid compounds such as quercetin, which possess significant antioxidant potential. However, these bioactive compounds are relatively unstable under environmental influences. This study aimed to evaluate the physicochemical characteristics and antioxidant activity of microencapsulated *M. malabathricum* L. extract obtained using a Natural Deep Eutectic Solvent (NaDES) composed of choline chloride and lactic acid. Extraction was performed using the Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) method, followed by microencapsulation with a combination of maltodextrin and gum arabic in three different formulations. Antioxidant activity was assessed using the DPPH method to determine IC_{50} values, while physical characterization included measurements of particle size, polydispersity index (PDI), and zeta potential. The results showed that Formula 3 exhibited the highest antioxidant activity with an IC_{50} value of 12.55 ppm, particle sizes of 39.5 nm and 453 nm, a PDI of 0.892, and a zeta potential of -45.0 mV, indicating good dispersion stability. Microencapsulation of senduduk leaf extract with maltodextrin and gum arabic was effective in enhancing physical stability and preserving antioxidant activity.

Keywords: *Melastoma malabathricum* L., microencapsulation, NaDES, DPPH, antioxidant.

PENDAHULUAN

Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) sebagai tanaman obat tradisional yang dimanfaatkan oleh masyarakat, termasuk Suku Anak Dalam (SAD), untuk mengobati berbagai penyakit seperti diare, keputihan, luka, dan infeksi saluran cerna (Idris *et al.*, 2022; Hainil *et al.*, 2023). Senyawa aktif yang terkandung dalam daun senduduk, di antaranya flavonoid (*quercetin*), saponin, dan fenolik, diketahui memiliki potensi antioksidan yang tinggi (Fiardilla *et al.*, 2020; Widowati *et al.*, 2021).

Antioksidan mempunyai fungsi krusial dalam menonaktifkan radikal bebas serta mencegah terjadinya stres oksidatif, suatu kondisi yang berpotensi memicu munculnya berbagai penyakit degeneratif. Antioksidan adalah senyawa yang berperan dalam menghambat proses oksidasi suatu partikel serta menetralkan radikal bebas. Secara alami, tubuh manusia memiliki sistem antioksidan untuk mengendalikan radikal bebas yang

terbentuk di dalam tubuh. Namun, pada kondisi tertentu kemampuan tersebut tidak mencukupi, sehingga diperlukan asupan antioksidan dari luar untuk mencegah reaksi berlebih dari radikal bebas yang bersifat reaktif. Senyawa antioksidan dapat diperoleh dari sumber alami, salah satunya berasal dari tumbuhan (Amalina *et al.*, 2024).

Natural Deep Eutectic Solvent (NaDES) sebagai pelarut alternatif yang *food-grade*, ramah lingkungan, dan memiliki kemampuan ekstraksi tinggi terhadap senyawa aktif baik polar maupun nonpolar (Amelia *et al.*, 2022; Ramadan *et al.*, 2021). Prinsip ekstraksi hijau berfokus pada perancangan metode yang mampu menekan penggunaan energi serta memanfaatkan pelarut yang ramah lingkungan dengan tingkat toksisitas minimal bagi kesehatan manusia dan ekosistem. Sejalan dengan konsep tersebut, cairan ionik (*Ionic Liquids/ILs*) dan pelarut eutektik dalam (*Deep Eutectic Solvents/DES*) berkembang sebagai alternatif pengganti pelarut organik konvensional dalam berbagai aplikasi analitik. Pelarut eutektik dalam khususnya diperkenalkan sebagai opsi yang lebih berkelanjutan karena memiliki toksisitas rendah, proses preparasi yang sederhana, serta fleksibilitas penggunaan pada beragam bidang aplikasi. Oleh karena itu, diperlukan teknik mikroenkapsulasi untuk meningkatkan stabilitas dan efektivitas senyawa bioaktif.

Mikroenkapsulasi membungkus senyawa aktif dalam partikel mikroskopis menggunakan bahan penyalut seperti maltodekstrin dan gom arab, Maltodekstrin banyak digunakan sebagai bahan penyalut karena mampu membentuk matriks dinding yang baik, memiliki viskositas rendah, dan mendukung proses pengeringan, namun memiliki kemampuan pengemulsi yang terbatas. Oleh karena itu, gom arab dikombinasikan dengan maltodekstrin karena sifat pengemulsi dan kemampuan membentuk film yang baik, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dinding, stabilitas, dan efisiensi enkapsulasi mikrokapsul. Masing-masing berfungsi membentuk emulsi stabil dan lapisan pelindung terhadap oksidasi (Hidayat *et al.*, 2024; Purwanti *et al.*, 2021; Noviyani *et al.*, 2023).

Penggunaan kombinasi maltodekstrin dan gom arab telah terbukti meningkatkan efisiensi mikroenkapsulasi dan stabilitas senyawa aktif fenolik (Hardi *et al.*, 2020; Sadiyah *et al.*, 2022). Berdasarkan pemaparan permasalahan diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang karakteristik fisiko-kimia mikroenkapsulasi ekstrak NaDES (*Natural Deep Eutectic Solvent*) daun senduduk (*Melastoma malabathricum* L.). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana mikroenkapsulasi ekstrak daun senduduk menggunakan metode NaDES berpotensi sebagai antioksidan yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Material

Alat yang dipergunakan di antaranya: spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu U-1800[®]), Microtac FLEX 11.1.0.6, *magnetic stirrer* (IKA[®] C-MAG HS 7), oven (ZRD5110 *Forced-Air Drying Oven*), timbangan digital (Shimadzu[®]), gelas piala (Pyrex[®]), *beaker glass* (Pyrex[®]), labu ukur (Pyrex[®]), erlenmeyer (Pyrex[®]), pipet volume (Iwaki[®]), *mash* 40, piringan oven, vial, batang pengaduk, botol semprot, maupun botol kaca gelap.

Berbagai bahan yang digunakan yaitu: daun senduduk (*Melastoma malabathricum* L.), ekstrak NaDES daun senduduk, senyawa DPPH, maltodekstrin, serbuk gom arab KB-120, aquadest, etanol teknis, dan vitamin C 99%.

Rancangan Penelitian

Persiapan dan Determinasi Sampel

Sampel daun senduduk yang dimanfaatkan dalam temuan ini dikumpulkan dari wilayah Kenali Asam Atas, Kecamatan Kota Baru, Provinsi Jambi. Identifikasi maupun penetapan keaslian spesies selanjutnya dilaksanakan di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Padjadjaran (UNPAD). Pengambilan sampel daun senduduk dilakukan dengan memilah sampel yang tidak rusak seperti kondisi fisik utuh, segar, tidak sobek, berlubang, patah, tidak terdapat bercak jamur atau larva serangga, warna hijau khas (tidak menguning, kecokelatan, atau kehitaman). Sampel daun senduduk di bersihkan di air mengalir lalu ditiriskan. Lalu ditimbang, selanjutnya dipotong kecil-kecil.

Preparasi NaDES (*Natural Deep Eutectic Solvents*)

Pelarut NaDES dibuat menggunakan campuran HBA (*Hydrogen Bonding Acceptor*) Kolin klorida dan HBD (*Hydrogen Bonding Donor*) asam organik yaitu asam laktat. Komponen NaDES ditimbang sama dengan perbandingan molar yang sebelumnya ditentukan (1:1), kemudian campuran dipanaskan di atas *hotplate stirrer* pada suhu 80°C, dengan kecepatan pengadukan no. 3 hingga 3 jam. Hasilnya disaring untuk mendapatkan larutan yang homogen (Yulion *et al.*, 2024).

Tabel 1 Komposisi dan Rasio Bahan Pembentuk NaDES

Komponen	Fungsi	Rasio Molar	Jumlah (g/ml)
Kolin Klorida	HBA	1	30,39
Asam Laktat	HBD	1	19,60

Pembuatan Ekstraksi NaDES Daun Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.)

Metode ekstraksi ini dikembangkan dengan mengadopsi metode ekstraksi ultrasonik berbasis pelarut eutektik alami (NaDES-UAE). Singkatnya, larutan NaDES yang telah dibuat sebelumnya (50 ml) dicampur dengan sampel daun senduduk yang telah dihancurkan (10 g). Selama 30 menit, larutan campuran diekstraksi menggunakan ultrasonik (UAE) pada suhu 75°C. Selanjutnya, larutan dipisahkan menggunakan *centrifuge* selama 20 menit pada kecepatan 5000 rpm. Larutan ekstrak kemudian disimpan pada suhu kamar.

Formulasi Mikroenkapsulasi Ekstrak NaDES Daun Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.)

Masukkan ekstrak NaDES daun senduduk ke dalam gelas piala, lalu dicampur *magnetic stirrer* dengan kecepatannya 1000 rpm selama 1 jam 15 menit, lalu tambahkan maltodekstrin dan gom arab sedikit demi sedikit. Aduk hingga berbentuk pasta. Siapkan piringan oven, lalu tuangkan hasil *magnetic stirrer* diatas piringan oven, lalu keringkan di dalam oven selama 41 jam untuk Formula 1, 29 jam bagi Formula 2, dan 6 jam khusus Formula 3 pada suhu 50-60°C. Setelah kering lakukan pengayakan dengan mesh nomor 40. Prosedur ini dilakukan dengan sedikit modifikasi dari metode yang dikembangkan oleh Rosi, DH (2022). Mikro kapsul dibuat dengan perbandingan ekstrak NaDES daun senduduk, maltodekstrin dan gom arab sebanyak 1:1:1, 1:2:1, dan 1:1:2 (Karrar *et al.*, 2021, *with slight modification*).

Tabel 2 Formulasi Mikroenkapsulasi Ekstrak NaDES Daun Senduduk

Bahan	F ₁	F ₂	F ₃	Khasiat
Ekstrak NaDES Daun Senduduk	1	1	1	Zat Aktif

Maltodekstrin	1	2	1	Penyalut, Penstabil
Gom Arab	1	1	2	Penyalut

Uji Aktivitas Antioksidan

Pembuatan Larutan Baku Induk DPPH 100 ppm

Sebanyak 10 mg DPPH terlebih dahulu ditimbang secara cermat. Etanol selanjutnya ditambahkan langsung ke dalam gelas beaker yang berisi serbuk tersebut sehingga proses pelarutannya dapat berlangsung optimal. Setelah diperoleh larutan yang sepenuhnya terbentuk melalui pengadukan, campuran ini dialihkan ke dalam labu ukur berkapasitas 100 mL. Volume larutan disesuaikan hingga menyentuh tanda batas dengan digunakannya etanol tambahan, maupun tahapan homogenisasi dilaksanakan melalui pengocokan hingga seluruh komponen tercampur merata (Putri & Mahfur, 2023).

Pembuatan Larutan Baku Kerja DPPH 40 ppm

Sebanyak 40 mL larutan stok DPPH berkonsentrasi 100 ppm diambil menggunakan pipet, lalu dialirkan secara hati-hati ke dalam labu ukur berkapasitas 100 mL. Setelah itu, volume larutan dilengkapi dengan etanol hingga tepat mencapai garis kalibrasi, kemudian larutan digetarkan hingga tercapai tingkat homogenitas yang memadai (Putri & Mahfur, 2023).

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Sebanyak 3 mL larutan standar DPPH berkonsentrasi 40 ppm diambil menggunakan pipet, kemudian larutan tersebut dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan pemindaian absorbansi pada kisaran panjang gelombang 400–600 nm (Putri & Mahfur, 2023).

Pembuatan Larutan Blanko

Prosedur pengukuran diawali dengan menyiapkan campuran berupa 1 mL etanol yang dicampurkan ke dalam vial berisi 2 mL larutan DPPH 40 ppm. Setelah campuran tersebut melalui tahap inkubasi selama 15 menit, absorbansi blanko kemudian dievaluasi pada spektrofotometer UV-Vis menggunakan panjang gelombang maksimum 514 nm (Putri & Mahfur, 2023).

Pembuatan Larutan Vitamin C 100 ppm

Serbuk vitamin C sebanyak 5 mg terlebih dahulu ditempatkan dalam gelas beaker, selanjutnya dilarutkan dengan penambahan etanol hingga tercapai kelarutan menyeluruh. Setelah itu, larutan yang telah homogen dialihkan ke dalam labu ukur berkapasitas 50 mL, maupun volume akhirnya disesuaikan dengan penambahan etanol sampai mencapai tanda batas sebelum dilakukan pengocokan guna memastikan homogenitas sempurna (Putri & Mahfur, 2023).

Pembuatan Seri Konsentrasi Vitamin C

Sebanyak 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 mL larutan induk vitamin C 100 ppm dipipet ke dalam masing-masing labu ukur 10 mL. Selanjutnya, setiap labu diberikan tambahan etanol hingga mencapai tanda batas. Prosedur ini menghasilkan larutan vitamin C dengan konsentrasi akhir yakni 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm secara berurutan (Putri & Mahfur, 2023).

Pengukuran Absorbansi Vitamin C

Untuk setiap konsentrasi vitamin C (1, 2, 3, 4, dan 5 ppm), sebanyak 1 mL larutan dipindahkan ke dalam vial, kemudian dicampurkan dengan 2 mL larutan DPPH 40 ppm. Setelah campuran tersebut dibiarkan berinkubasi selama 15 menit, pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang maksimum 514 nm. Seluruh prosedur dilaksanakan dalam tiga kali replikasi pada tiap perlakuan (Putri & Mahfur, 2023).

Pembuatan Larutan Induk Ekstrak 100 ppm

Serbuk mikroenkapsulasi ekstrak NaDES daun senduduk sebanyak 10 mg terlebih dahulu ditimbang, lalu dilarutkan dalam sejumlah aquadest di dalam gelas beaker hingga tercapai pelarutan sempurna. Setelah larutan terbentuk, cairan tersebut dialihkan ke dalam labu ukur 100 mL. Volume selanjutnya disesuaikan dengan penambahan aquadest sampai tanda batas, maupun seluruh campuran diguncang agar homogenitasnya terjaga.

Pembuatan Seri Konsentrasi Ekstrak

Sebanyak 0,5; 1; 2; 3; 4; dan 5 mL larutan induk mikroenkapsulasi ekstrak NaDES daun senduduk dipipet dan di masukkan ke setiap labu ukur 10 mL. Volume setiap labu selanjutnya disempurnakan dengan penambahan aquadest sampai garis batas ukur terpenuhi. Tahapan tersebut menghasilkan deret larutan kerja dengan kadar akhir berurutan yakni 5, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm.

Pengukuran Absorbansi Ekstrak

Setiap larutan mikroenkapsulasi ekstrak NaDES daun senduduk pada konsentrasi 5, 10, 20, 30, 40, maupun 50 ppm diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam vial, kemudian dicampurkan dengan 2 mL larutan DPPH 40 ppm. Setelah campuran tersebut dibiarkan bereaksi selama 15 menit, pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang maksimum 514 nm. Seluruh prosedur diulang tiga kali untuk memastikan konsistensi data. Hasil pengukuran absorbansi selanjutnya dijadikan dasar perhitungan persentase inhibisi dengan mengadopsi rumus berikut:

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{Abs blanko} - \text{Abs sampel}}{\text{Abs blanko}} \times 100 \%$$

Tabel 3 Aktivitas Antioksidan Sediaan Mikroenkapsulai

Sampel	Nilai IC ₅₀ (µg/mL)	Kategori Aktivitas
Formula 1	2896,2	Sangat Lemah
Formula 2	20,08	Sangat Kuat
Formula 3	12,55	Sangat Kuat
Vitamin C	4,52	Sangat Kuat

Evaluasi Karakteristik Fisika-Kimia

Particle Size Analyzer (PSA)

Mikrokapsul sejumlah 20 mg didispersikan dalam aquades kemudian langsung dimasukkan ke alat Microtac FLEX 11.1.0.6 dengan menggunakan metode DLS (*Dynamic Light Scattering*) (Andalus & Ermawati, 2023). Untuk mengukur distribusi ukuran mikroenkapsulasi, DLS menghasilkan diameter hidrodinamis maupun indeks polidispersitas sampel dari tiga pengukuran sudut 173° dalam sel plastik polystyrene. Seluruh percobaan dilaksanakan di suhu 25 °C (Arifin *et al.*, 2022). Jika nilai indeks polidispersitas < 0,5, itu menunjukkan distribusi ukuran partikel yang baik dan rentang keberagaman ukuran yang sempit untuk materi terdispersi (Dipahayu & Kusumo, 2021).

Distribusi Ukuran Partikel

Distribusi ukuran partikel dianalisa melalui pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) dengan mengadopsi teknik *Dynamic Light Scattering* (DLS) dengan instrumen Microtac FLEX 11.1.0.6.

Zeta Potential

Potensial zeta ditentukan untuk mengetahui permukaan mikroenkapsulasi daun senduduk. Alat Microtac FLEX 11.1.0.6 digunakan untuk menghitung parameter muatan listrik mikroenkapsulasi ekstrak NaDES daun senduduk. Potensial zeta menunjukkan stabilitas sistem dispersi. Mobilitas elektroforesis diukur untuk menentukan pemeriksaan zeta potensial mikroenkapsulasi (Arifin *et al.*, 2022). Mikrokapsul sejumlah 20 mg didispersikan dalam aquades kemudian langsung dimasukkan ke alat Microtac FLEX 11.1.0.6 dengan menggunakan metode DLS (*Dynamic Light Scattering*) (Andalus & Ermawati, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan NaDES (*Natural Deep Eutetic Solvent*)

Karakteristik fisik NaDES menunjukkan bahwasanya sediaan berupa larutan cair yang jernih dan transparan tanpa partikel tersuspensi. NaDES bersifat homogen, tidak mengandung endapan, serta memiliki bau khas yang berasal dari komponen HBA dan HBD. Stabilitas awal larutan terjaga selama 24 jam pada suhu ruang tanpa terjadi perubahan warna maupun pengendapan.

Metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) pada suhu 75 °C selama 30 menit membuat NaDES dapat mengekstrak senyawa aktif dari daun *Melastoma malabathricum* L. secara efektif. Hosni *et al.*, (2023) menunjukkan bahwasanya UAE optimal (pada 32 °C dan 16 menit) menghasilkan efisiensi pengikatan DPPH hingga 96 % dan TPC tinggi. Walaupun suhu dan waktu berbeda, hasil ini menunjukkan konsistensi kualitas ekstrak *Melastoma malabathricum*, memberikan landasan kuat bahwasanya metode UAE + NaDES cukup efisien. Sadiah *et al.*, (2022), melaporkan bahwasanya hasil UAE dari batang rubiacae empat kali lipat dibandingkan dengan hasil ekstraksi fenolik menggunakan sokhlet dan maserasi.

Larutan NaDES yang jernih, homogen, dan stabil selama 24 jam menggambarkan pembentukan eutektik yang sukses dari kombinasi kolin klorida (HBA) dan asam laktat

(HBD) dengan rasio molar 1:1. Karakter transparan ini penting untuk pengamanan bioaktif sebelum proses mikroenkapsulasi. Karakter stabil dan transparan menunjukkan bahwasanya campuran komponen NaDES larut sempurna dan tidak berfase ganda. Hasil yang didapat pada penelitian ini sejalan dengan penelitian pada Ivanović *et al.*, (2022), di mana NaDES kolin klorida dengan berbagai HBD, termasuk asam laktat, menunjukkan sifat "tinggi viskositas, transparan, dan cairan tidak berwarna".

Gambar 1 Sediaan Mikroenkapsulasi Ekstrak Daun Senduduk



NaDES, terutama kolin klorida–asam laktat, adalah pelarut hijau yang tidak berbahaya, non-volatil, dan *biodegradable* yang dapat digunakan untuk mengekstrak polifenol dan flavonoid dari biomassa tanaman (Basile *et al.*, 2024). Penelitian yang dilakukan menggunakan kolin klorida–asam laktat pada kulit hazelnut menunjukkan kulit hazelnut menghasilkan lebih banyak senyawa fenolik dibandingkan dengan metode konvensional (Fanali *et al.*, 2021). Penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan campuran kolin klorida dengan HBD organik seperti gliserol, glukosa, urea, dan asam sitrat untuk mengekstraksi polifenol dari berbagai tanaman dapat menghasilkan larutan yang jernih serta memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi (Hosni *et al.*, 2023).

Tabel 1 Karakteristik Fisik Sediaan Mikroenkapsulasi

Formula	Warna	Tekstur	Homogenitas	Daya Larut
Formula 1	Kuning kecoklatan	Lengket	Homogen	Lambat larut
Formula 2	Kuning pucat keputihan	Agak kasar	Homogen	Mudah larut
Formula 3	Kuning pucat keputihan	Agak kasar	Homogen	Mudah larut

Ekstrak NaDES daun senduduk diformulasikan menjadi mikrokapsul menggunakan metode penguapan pelarut dengan tiga variasi formula. Variasi formula didasarkan pada perbedaan rasio bahan penyalut maltodekstrin dan gom arab, yang diketahui memengaruhi karakteristik fisik dan stabilitas mikrokapsul. Maltodekstrin berperan sebagai pembentuk matriks dan meningkatkan efisiensi pengeringan, sedangkan gom arab berfungsi sebagai agen pengemulsi dan pembentuk lapisan pelindung. Rasio 1:1:1, 1:2:1, dan 1:1:2 digunakan untuk mengevaluasi pengaruh komposisi bahan penyalut terhadap efisiensi penguapan pelarut, tingkat kekeringan, dan kualitas mikrokapsul. Pembaruan penelitian ini terletak pada penggunaan ekstrak berbasis *Natural Deep Eutectic Solvent* (NaDES) sebagai bahan inti, yang memiliki karakteristik fisikokimia berbeda dari ekstrak konvensional dan berpotensi memengaruhi proses serta sifat mikroenkapsulasi. Pada Formula 1, sediaan yang dihasilkan tampak lengket dan masih lembap meskipun proses penguapan pelarut telah dilakukan selama lebih dari 36 jam. Hal ini diduga disebabkan oleh lapisan dinding partikel yang paling tipis dibandingkan formula lainnya, sehingga penguapan uap air menjadi kurang efisien. Akibatnya, proses pengeringan berlangsung lebih lambat dan menghasilkan bubuk yang cenderung lengket. Formula 1 memiliki kandungan zat aktif (lebih banyak cairan dari ekstrak) dibanding bahan penyalut sehingga tidak cukup bahan penyalut untuk menahan dan mempercepat penguapan pelarutnya, sehingga pengeringan lebih lama dan hasilnya lebih lembap/lengket karena banyak pelarut tertahan, dan kelembapan mudah terserap ulang. Artinya, semakin banyak jumlah ekstrak yang digunakan, maka semakin banyak pula pelarut seperti air atau gugus polar lainnya yang ikut terbawa. Samannez *et al.*, (2023), maltodekstrin memiliki viskositas yang rendah dan mampu membentuk matriks pelindung dengan cepat. Namun demikian, daya tahannya terhadap kelembapan relatif lebih rendah dibandingkan dengan gom arab. Sebaliknya, gom arab bersifat lebih higroskopis, tetapi memiliki kemampuan membentuk film penutup permukaan partikel secara cepat, sehingga dapat menghasilkan partikel yang lebih stabil dan mempercepat proses pengeringan. Apabila inti partikel terlalu besar dan pembentukan lapisan dinding terjadi secara melambat, proses penguapan air menjadi tidak sempurna, sehingga partikel cenderung tetap lembap dan lengket. Sebaliknya, Formula 2 dan Formula 3 memiliki lapisan dinding yang lebih tebal (karena kandungan maltodekstrin atau gom arab yang

lebih tinggi), sehingga penguapan air berlangsung lebih efisien dan menghasilkan bubuk dengan tekstur yang tidak lengket.

Proses penguapan pelarut pada Formula 2 membutuhkan waktu lebih dari 24 jam, sedangkan Formula 3 hanya memerlukan waktu sekitar 6 jam. Waktu penguapan pelarut yang lebih singkat pada Formula 2 dan Formula 3 dibandingkan Formula 1 menunjukkan bahwasanya ketebalan dinding partikel berpengaruh terhadap efisiensi proses pengeringan. Namun demikian, meskipun Formula 2 dan Formula 3 memiliki performa pengeringan yang lebih baik, sediaan dari kedua formula tersebut tetap mengalami penggumpalan selama penyimpanan dalam desikator. Hal ini disebabkan oleh sifat higroskopis maltodekstrin dan gom arab, yang memungkinkan keduanya menyerap uap air dari udara, meskipun dalam kondisi lingkungan dengan kadar uap air yang sangat rendah seperti di dalam desikator. Akumulasi uap air ini menyebabkan meningkatnya kelembapan antar partikel, yang pada akhirnya menyebabkan partikel saling menempel dan menggumpal (Fishi *et al.*, 2023).

Sifat mikroenkapsulasi yang baik ditunjukkan oleh Formula 2 dan Formula 3, yang memiliki tekstur kasar, homogen, dan larut cepat. Kedua formula juga mudah larut dalam aquadest, yang merupakan hal penting untuk bioavailabilitas senyawa aktif. Namun, selama penyimpanan tekstur serbuk menjadi lebih lengket. Meskipun demikian, serbuk tersebut masih dapat tercampur atau larut dengan baik ketika ditambahkan ke dalam pelarut. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti bahan-bahan yang digunakan dalam proses mikroenkapsulasi, baik sebagai inti maupun sebagai bahan dinding seperti maltodekstrin dan gom arab, umumnya bersifat higroskopis atau mudah menyerap uap air dari udara. Selama penyimpanan, penyerapan kelembapan yang berlebihan dapat menyebabkan serbuk menjadi basah, menggumpal, dan lengket. Kondisi ini juga dilaporkan oleh Kakouri *et al.*, (2021) pada penelitian mikroenkapsulasi ekstrak tanaman. Selain itu, penyimpanan tanpa pengaturan suhu dan kelembapan yang baik dapat meningkatkan aktivitas air, yang selanjutnya menyebabkan partikel saling menempel, menurunkan kemampuan alir serbuk, serta meningkatkan sifat lengketnya.

Hasil Uji Aktivitas Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan setelah proses mikroenkapsulasi untuk mengetahui sejauh mana senyawa antioksidan tetap terjaga dan stabil setelah melalui proses enkapsulasi, serta untuk memastikan bahwa mikroenkapsulasi tidak menurunkan

aktivitas antioksidan dari bahan aktif yang digunakan. Pengujian dilakukan menggunakan metode DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*), yang merupakan metode spektrofotometri berdasarkan kemampuan senyawa antioksidan dalam mereduksi radikal bebas DPPH yang berwarna ungu menjadi bentuk tereduksi yang tidak berwarna atau kekuningan. Penurunan intensitas warna larutan DPPH diukur pada panjang gelombang maksimum 514 nm, dan digunakan untuk menghitung nilai IC_{50} , yaitu konsentrasi yang diperlukan untuk mereduksi 50% radikal bebas DPPH. Nilai IC_{50} yang lebih rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi (Abdullah *et al.*, 2022).

Berdasarkan hasil tinjauan literatur Sulistyani *et al.*, (2024), radikal bebas DPPH memiliki panjang gelombang maksimum pada rentang 515–520 nm. Nilai 517 nm paling sering digunakan karena pada panjang gelombang tersebut DPPH menunjukkan serapan maksimum yang paling stabil dan sensitif, sehingga mampu menggambarkan penurunan absorbansi secara jelas akibat aktivitas antioksidan.

Vitamin C digunakan sebagai pembanding atau kontrol positif untuk menguji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH. Dengan menangkap radikal bebas dan mencegah terjadinya reaksi berantai, vitamin C bertindak sebagai antioksidan sekunder (Putri & Mahfur, 2023). Ini memberikan kontrol positif pada uji aktivitas antioksidan ini, yang mengukur kekuatan potensi antioksidan pada mikroenkapsulasi ekstrak daun senduduk dibandingkan dengan vitamin C. Dari hasil penelitian yang didapatkan, Vitamin C tetap menjadi antioksidan paling potensi. Formula 3 menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih baik dengan nilai IC_{50} sebesar 12,55 $\mu\text{g/mL}$. Menurut Azahar *et al.*, (2020) *Melastoma malabathricum* L. mengandung kuersetin dan rutin, senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi.

Uji Karakteristik Mikroenkapsulasi

Tabel 2 Karakteristik Mikroenkapsulasi

Parameter	Hasil	Interpretasi
<i>Zeta Potential</i>	- 45.0 mv	Stabilitas koloid sangat baik
Ukuran Partikel	39.5 nm	Partikel nano
	453 nm	Partikel lebih besar
PDI	0,892	Polidispers (ukuran partikel tidak seragam)

Gambar 2 Hasil Uji Zeta Potensial

Data	Sample Information
Measured Data Zeta Potential 45.0 mv Polarity Negative Mobility@25C 3.51u/s/V/cm Conductivity 1451 uS/cm Field Strength (Req/Act) 10 / 9.3 kV/m SOP Zeta Run Time 30 sec	

Gambar 3 Hasil Uji Ukuran Partikel

Peaks Summary		
Dia(nm)	Vol%	Width
453	46.6	125.4
39.5	53.4	35.6

Gambar 4 Hasil Uji PDI

Summary	
Data	Value
MI(nm):	236.7
MN(nm):	21.97
MA(nm):	60.30
CS:	99.56
SD:	223.5
PDI:	0.892
Mz:	193.7
σ :	0.1912
Ski:	0.810
Kg:	0.524

Formula 3 menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih baik, sehingga dilanjutkan dengan pengujian karakteristik sediaan, meliputi zeta potensial, ukuran

partikel, dan PDI. Hasil pengujian menunjukkan bahwasanya nilai zeta potential berada pada -45 mV. Nilai ini mengindikasikan bahwasanya partikel berada dalam kondisi yang stabil, karena secara umum partikel dengan nilai zeta potential melebihi ± 30 mV memiliki kestabilan yang baik akibat adanya gaya tolak-menolak elektrostatis antar partikel. Zeta potential yang tinggi menyebabkan partikel saling menjauh satu sama lain, sehingga mampu mempertahankan jarak antar partikel dan mengurangi kemungkinan terjadinya agregasi atau penggumpalan dalam sistem emulsi (Mahdi *et al.*, 2022), sehingga dapat sebagai pelepasan dan perlindungan senyawa bioaktif.

Selanjutnya, sediaan dianalisis menggunakan indeks polidispersitas (PDI) untuk menilai tingkat keseragaman ukuran partikel. Nilai PDI menggambarkan sebaran ukuran partikel dalam suatu sistem, di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan partikel yang lebih seragam (Luhurningtyas *et al.*, 2024). Keseragaman ukuran partikel berperan penting dalam menjaga sifat alir serbuk serta mengurangi risiko penggumpalan selama penyimpanan (Pratama *et al.*, 2021). Nilai PDI pada kisaran $0,01-0,70$ menunjukkan sistem yang homogen atau monodispers, sedangkan nilai PDI di atas $0,70$ menunjukkan distribusi ukuran partikel yang lebar dan kurang stabil (Fendy *et al.*, 2020). Hasil pengujian menunjukkan nilai PDI sebesar $0,892$, yang menandakan sistem belum seragam, kemungkinan disebabkan oleh terjadinya agregasi partikel atau pelapisan yang tidak merata. Menurut Azizah & Herdiana, (2023), partikel berukuran nano, khususnya dalam rentang $10-100$ nm, memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan kelarutan dan absorpsi zat aktif.

Uji Statistik JASP antara Ln Konsentrasi dan % Inhibisi DPPH

Tabel 3 Persamaan Regresi Linear Sediaan Mikroenkapsulasi

Sampel	R	R ²	p	Persamaan Regresi
Formula 1	0,972	0,945	0,006	$y = 9,2541x - 23,766$
Formula 2	0,977	0,995	$<0,001$	$y = 21,758x - 15,271$
Formula 3	0,977	0,994	$<0,001$	$y = 9,9075x + 24,937$
Vitamin C	0,893	0,798	0,041	$y = 13,075x + 30,266$

Dari hasil uji aktivitas antioksidan yang dilakukan, di uji lagi menggunakan statistik JASP untuk melihat apakah ada hubungan antara Ln Konsentrasi terhadap %

Inhibisi radikal bebas DPPH dari Vitamin C, Formula 1, Formula 2, dan Formula 3 pada mikroenkapsulasi. Hal ini dilakukan untuk menilai kekuatan antioksidan serta validitas dalam menghitung IC_{50} .

Pada tabel 6, nilai R^2 menunjukkan kekuatan hubungan antara Ln Konsentrasi dan % Inhibisi. R^2 menunjukkan persentase variasi % inhibisi yang dapat dijelaskan oleh perubahan Ln Konsentrasi. $p < 0,05$ menunjukkan hubungan yang statistic signifikan. Hasil uji statistik yang dilakukan menggunakan JASP menunjukkan semua sampel memiliki hubungan linear signifikan antara Ln Konsentrasi dan % Inhibisi ($p < 0,05$). Untuk Formula 1 menandakan aktivitas awal yang rendah. Pada Formula 2 memberikan hasil terbaik berdasarkan nilai R^2 (0,995) mengindikasikan bahwasanya setiap kenaikan Ln Konsentrasi menghasilkan peningkatan % Inhibisi yang besar dan konsisten. Formula 3 memberikan hasil yang signifikan secara statistik dengan R^2 (0,994). Formula 3 juga memiliki nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*) sangat rendah yaitu 0,563 dibanding Formula 2 1,660 yang menunjukkan prediksi persentase inhibisinya lebih presisi dan minim error. Nilai RMSE yang rendah menunjukkan keandalan prediksi dalam model regresi linear (Zhu *et al.*, 2020).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian karakteristik mikroenkapsulasi ekstrak NaDES daun senduduk, dapat disimpulkan bahwa aktivitas antioksidan terbaik diperoleh pada Formula 3 dengan perbandingan maltodekstrin dan gom arab, yang menunjukkan intensitas antioksidan sangat kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 12,55 $\mu\text{g/mL}$. Mikroenkapsulasi ekstrak NaDES juga menunjukkan karakteristik fisik yang baik, ditandai dengan nilai zeta potensial sebesar $-45,0$ mV, ukuran partikel pada kisaran 39,5–453 nm, serta nilai indeks polidispersitas (PDI) sebesar 0,892.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. S., Antasionasti, I., Rundengan, G., & Abdullah, R. P. I. (2022). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Biji dan Daging Buah Pala (*Myristica fragrans*) dengan Metode DPPH. *Chemistry Progress*, 15(2), 70–75.
- Amalina, N., Muslima, M., Hidayat, D., Febriansyah, M., & Pazira, Z. (2024). Pengujian Aktivitas Antioksidan pada Teh Celup dengan Metode DPPH. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 2(3), 80–87.
- Amelia, R., Asih, N. M., Lati, P., Sulastri, L., Farmasi, S. T., & Cirebon, M. (2022). Aktivitas Antifungi Ekstrak NaDES Daun Pacar Kuku (*Lawsonia inermis* L) dan

- Daun Alpukat (*Persea americana*) Terhadap *Pityrosporum Ovale* Antifungal. *Medical Sains*, 7(1), 135–144.
- Andalus, A., & Ermawati, F. U. (2023). Karakterisasi Struktur dan Distribusi Ukuran Partikel Serbuk Mg(Ti_{0,96}Sn_{0,04})O₃ Hasil Sintesis dengan Metode Pencampuran Larutan Sebagai. *Inovasi Fisika Indonesia*, 12(3), 1–9.
- Arifin, M. F., Noviani, Y., Nafisa, S., & Sheilabel, A. (2022). Pembuatan, Karakterisasi, dan Optimasi Nanopartikel Gelasi Ionik Ekstrak Kering Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* R.) Menggunakan Rancangan Faktorial 2². *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 20(2), 272–280.
- Azahar, N. F., Gani, S. S. A., Zaidan, U. H., Bawon, P., & Halmi, M. I. E. (2020). *Optimization Of The Antioxidant Activities of Mixtures of Melastomataceae Leaves Species (M. Malabathricum Linn Smith, M. Decemfidum, and M. Hirta) Using A Simplex Centroid Design and Their Anti-Collagenase And Elastase Properties. Applied Sciences (Switzerland)*, 10(19), 1–18.
- Azizah, P. N., & Herdiana, Y. (2023). Review Artikel: Nanopartikel Kitosan untuk Meningkatkan Kualitas Nutrasetikal. *Farmaka*, 21(3), 399–409.
- Basile, G., De Luca, L., Sorrentino, G., Calabrese, M., Esposito, M., Pizzolongo, F., & Romano, R. (2024). *Green Technologies For Extracting Plant Waste Functional Ingredients and New Food Formulation: A Review. In Journal Of Food Science. John Wiley And Sons Inc.*
- Dipahayu, D., & Kusumo, G. G. (2021). Formulasi dan Evaluasi Nano Partikel Ekstrak Etanol Daun Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Varietas Antin-3. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(6), 781–785.
- Fanali, C., Gallo, V., Posta, S. Della, Dugo, L., Mazzeo, L., Cocchi, M., Piemonte, V., & De Gara, L. (2021). *Choline Chloride–Lactic Acid-Based NaDES as an Extraction Medium In A Response Surface Methodology-Optimized Method For the Extraction of Phenolic Compounds from Hazelnut Skin. Molecules*, 26(9), 1–15.
- Fendy, Prastialin Suryawan, C., Fitriana Fadila, R., Rafi, N., MSaad, ah, Mubayyinah, H., & Darmawan, N. (2020). Formulasi *Hand Cream* Antibakteri Berbasis Kitosan dan Ekstrak Daun Putri Malu (*Mimosa pudica* L.). *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 8(1), 224–233.
- Fiardilla, F., Warsiki, E., & Sugiarto. (2020). *The Experiment of Activity and Stability of Antioxidant Extracted From Senduduk (Melastoma malabathricum L) Leaves at Various Conditions of Concentration, pH Values, And Temperatures. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 472(1), 1–7.
- Fishi, A. N. A., Nurhadi, B., & Mahani. Saputra, R. A. (2023). *The Effect of Arabic Gum and Maltodextrin on the Physicochemical Properties of Vacuum-Dried Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) Extract Powder. Food Research*, 7(1), 244–255.
- Hainil, S., Delladari Mayefis, & Rika Wahyuni. (2023). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol dan Fraksi Etil Asetat Daun Senduduk (*Melastoma Malabathricum* L) Metode DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl). *SEHATMAS: Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat*, 2(1), 35–42.

- Hardi, J., Citra, D., Syamsuddin, & Pusptasari, D. J. (2020). Efisiensi Mikroenkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*) Tersalut Maltodekstrin Berdasarkan Kecepatan Pengadukan. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(1), 1–8.
- Harsep Rosi, D. (2022). Mikroenkapsulasi Parasetamol Menggunakan Eudragit L100 sebagai Penyalut. *SITAWA: Jurnal Farmasi Sains dan Obat Tradisional*, 1(2), 92–100.
- Hidayat, U., Rarastiti, C. N., & Kirani, R. D. (2024). Optimalisasi Pewarna Pangan Buah Carica (*Carica pubescens*) Melalui Teknologi Mikroenkapsulasi sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Ghidza: Jurnal Gizi dan Kesehatan*, 8(1), 39–47.
- Hosni, S., Gani, S. S. A., Orsat, V., Hassan, M., & Abdullah, S. (2023). *Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidants from Melastoma malabathricum Linn.: Modeling and Optimization Using Box–Behnken Design*. *Molecules*, 28(2), 1–23.
- Idris, M., Purnomo, A. S., Martak, F., & Fatmawati, S. (2022). *Antioxidant and Antidiabetic Activities of Melastoma Malabathricum Leaves Extracts*. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*, 49(7), 144–153.
- Ivanović, M., Grujić, D., Cerar, J., Razboršek, M. I., Topalić-Trivunović, L., Savić, A., Kočar, D., & Kolar, M. (2022). *Extraction of Bioactive Metabolites from Achillea millefolium L. with Choline Chloride Based Natural Deep Eutectic Solvents: A Study of the Antioxidant and Antimicrobial Activity*. *Antioxidants*, 11(4), 1–17.
- Kakouri, E., Revelou, P. K., Kanakis, C., Daferera, D., Pappas, C. S., & Tarantilis, P. A. (2021). *Authentication of the Botanical and Geographical Origin and Detection Of Adulteration Of Olive Oil Using Gas Chromatography, Infrared And Raman Spectroscopy Techniques: A Review*. *Foods*, 10(7), 1–20.
- Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., Mohamed Ahmed, I. A., Manzoor, M. F., Wei, W., & Wang, X. (2021). *Effect of Maltodextrin Combination With Gum Arabic and Whey Protein Isolate On The Microencapsulation Of Gurum Seed Oil Using A Spray-Drying Method*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 208–216.
- Luhurningtyas, F. P., Damayanti, P. N., Astyamalia, S., Kemila, M., & Novitasari, E. (2024). Formulasi dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Biji Carica (*Carica pubescens*) dengan Variasi Konsentrasi Kitosan menggunakan Metode Gelasi Ionik. *Pharmaceutical and Biomedical Sciences Journal (PBSJ)*, 6(2), 144–151.
- Mahdi, A. A., Al-Maqtari, Q. A., Mohammed, J. K., Al-Ansi, W., Aqeel, S. M., Cui, H., & Lin, L. (2022). *Nanoencapsulation of Mandarin Essential Oil: Fabrication, Characterization, and Storage Stability*. *Foods*, 11(1), 1–21.
- Noviyani, T., Wartini, N. M., & Harsojuwono, B. A. (2023). *Effect of Comparison of Maltodextrin and Gum Arabic on the Characteristics Of Cassava Leaf (Manihot Esculenta C.) Encapsulate Colorant Extract*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 11(1), 1–13.
- Pratama, R., Abdassah, M., & Chaerunisaa, A. Y. (2021). Review : Stabilitas Bahan Alam dalam Mikroenkapsulasi. *Majalah Farmasetika*, 6(3), 213.

- Purwanti, Y., Dwiyantri, H., Septiana, A. T., Sitoresmi, I., Purbowati, M., Ilmu, J., Pangan, T., Setiabudi, U. M., Pertanian, J. T., & Soedirman, J. (2021). Pengaruh Rasio Bahan Penyalut Maltodekstrin dan Gum Arab Terhadap Mikrokapsul Kelopak Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 6(5), 4422–4435.
- Putri, I. A., & Mahfur. (2023). Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol 70% Batang Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan Metode DPPH. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Sciences and Clinical Research (IJPSCR)*, 1(2), 1–16.
- Ramadon, D., Septiani, R. M., Putri, S. N., Green, A., & Froehner, A. (2021). Pengaruh Antioksidan dan Kombinasi Pengawet terhadap Stabilitas Ekstrak Cair NaDES Biji Kopi Hijau Artikel Penelitian. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 13(2), 129–145.
- Sadiah, I., Indiarito, R., & Cahyana, Y. (2022). Karakteristik dan Senyawa Fenolik Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Kombinasi Maltodekstrin dan Whey Protein ISO. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(3), 273–282.
- Samanez, C. A. ., Quispe, C. D., Moscoso, E., Carrion, M. L. H., Ramos-Pacheco, B. S., De la Cruz, G., Arévalo-Quijano, J. C., Muñoz-Saenz, J. C., Muñoz-Melgarejo, M., Quispe-Quezada, U. R., Gutiérrez-Gómez, E., Luciano-Alipio, R., Zamalloa-Puma, M. M., Álvarez-López, G. J., & Sucari-León, R. (2023). *Microencapsulation of Propolis and Honey Using Mixtures of Maltodextrin/Tara Gum and Modified Native Potato Starch/Tara Gum*. *Foods*, 12(9), 1–21.
- Sulistiyani, M., Mahatmanti, W., Huda, N., & Prasetyo, R. (2024). *Indonesian Journal of Chemical Science Optimization of Microplate Type Uv-Vis Spectrophotometer Performance as an Antioxidant Activity Testing Instrument*. 13(1).
- Widowati, R., Handayani, S., Ridho, A., & Fikri, A. (2021). *Phytochemical Screening and Antibacterial Activities of Senggani (Melastoma malabathricum L.) Ethanolic Extract Leaves*. 26(4), 562–568.
- Yulion, R., Aliyah, S. H., Perawati, S., Andriani, L., Eryunita, P., Arfiah, B., & Surya Atmaja, A. (2024). *Novel Natural Deep Eutectic Solvent (NaDES) Yellow Choline Chloride and Molecular Docking Soybean Extract (Glycine max) as Diabetes Drugs Candidate*. *Indonesian Journal of Chemical Studies*, 2(2), 46–51.
- Zhu, Y., Chen, T., Cui, Z., Dai, H., & Cai, L. (2020). *Stimuli-Responsive Biomass Cellulose Particles Being Able to Reversibly Self-Assemble at Fluid Interface*. *Frontiers in Chemistry*, 8, 1–10.