

FOTOPROTEKSI DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN NANOENKAPSULASI EKSTRAK ETANOL BUAH KERSEN (*Muntingia calabura* L.)

Sony Febri Kusumawardany¹, Nastiti Utami¹, Dwi Saryanti²

¹ Program Studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia, 57552

² Program Studi DIII Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia, 57552

ABSTRAK

Senyawa aktif dalam buah kersen memiliki potensi sebagai antioksidan dan dapat berfungsi sebagai fotoprotektif diantaranya flavonoid dan senyawa fenolik lainnya. Kelemahan senyawa dari bahan alam bersifat termolabil, sehingga memerlukan modifikasi enkapsulasi untuk memperoleh potensi yang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antioksidan dan efek fotoproteksi nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen (*Muntingia calabura* L.) dengan variasi konsentrasi kitosan.

Ekstraksi simplisia menggunakan metode maserasi dengan etanol 96% dan formulasi nanoenkapsulasi menggunakan metode gelasi ionik dengan kitosan 0,1%; 0,15%; dan 0,2%. Pengujian yang dilakukan yaitu skrining fitokimia, uji ukuran partikel dengan *Particle Size Analysis* (PSA), analisis gugus dengan FTIR, aktivitas antioksidan dengan metode DPPH, dan penentuan nilai *Sun Protection Factor* (SPF).

Hasil yang didapatkan pada uji ukuran partikel dari ketiga formula masuk dalam rentang ukuran nanoenkapsulasi 1-1000 nm dan ukuran yang paling baik pada Formula II yaitu 152,8±9,5 nm. Hasil analisis gugus fungsi nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen menunjukkan serapan milik kitosan dan ekstrak dengan memunculkan dua serapan dominan pada bilangan gelombang 1629,79 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus bending N-H dan 3261,42 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya serapan gugus hidroksil yang tumpang tindih dengan vibrasi stretching N-H. Aktivitas antioksidan yang dilihat dari IC₅₀ dari ketiga formula nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen termasuk kategori sangat kuat yaitu Formula I (9,57±0,02 mg/L), Formula II (9,45±0,01 mg/L), dan Formula III (9,05±0,04 mg/L). Nilai SPF yang diperoleh oleh Formula I, II, III secara berturut-turut yaitu 12,1828±0,0045; 14,3430±0,0008; dan 14,7285±0,0091.

Kata Kunci :

Antioksidan, DPPH, Kersen, Kitosan, Nanoenkapsulasi, SPF

PENDAHULUAN

Sinar matahari juga memiliki efek negatif terhadap kulit karena adanya radiasi sinar UV A dan sinar UV B. Radiasi ultraviolet (UV) matahari terdiri dari sinar UV A (320-400 nm), UV B (290-320 nm), dan UV C (200-290 nm) (1). Radiasi sinar UV B memberikan efek rasa kulit terbakar yang lebih tinggi dibandingkan radiasi sinar UV A, sedangkan radiasi sinar UV A dapat menembus lapisan kulit lebih dalam sehingga dapat merusak DNA kulit secara tidak langsung, hal ini dapat menyebabkan penuaan (2). Akibat terlalu sering terpapar oleh sinar UV yang berlebihan akan menimbulkan kerusakan pada kulit diantaranya *sunburn*, eritema, hiperpigmentasi, penuaan kulit, hingga kanker kulit (3). Penggunaan tabir surya salah satu cara melindungi dari efek tersebut. Kemampuan tabir surya dalam melindungi kulit dengan mencegah terjadinya eritema ditunjukkan dengan nilai *Sun Protection Factor* (SPF) (4).

Fotoprotektor merupakan suatu penyalur berupa senyawa yang dapat menjaga kulit dari paparan radiasi sinar UV (5). Senyawa yang mengandung flavonoid memiliki potensi dalam mencegah paparan radiasi sinar UV terhadap kulit karena adanya gugus kromofor yang dapat mengabsorpsi sinar UV A dan UV B (6). Penggunaan ekstrak yang mengandung flavonoid dapat berfungsi juga sebagai antioksidan (7). Semakin tinggi antioksidan maka semakin meningkat pula potensi fotoproteksi UV (8). Antioksidan adalah

suatu zat yang dapat mencegah proses oksidasi, sehingga sel dapat terlindungi dari efek radikal bebas yang dibentuk oleh metabolisme tubuh ataupun dari faktor eksternal lainnya (9). Di dalam tubuh sudah tersedia antioksidan endogen, namun karena kondisi polusi dan makanan yang tidak sehat membuat kebutuhan antioksidan diperlukan lebih banyak, sehingga jumlahnya yang tidak mencukupi untuk menangkal radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh, maka dibutuhkan antioksidan eksogen (10).

Antioksidan eksogen dapat diperoleh secara alami dari tanaman. Tanaman yang dapat memenuhi kebutuhan antioksidan eksogen untuk tubuh salah satunya dari tanaman kersen. Kersen menjadi salah satu tanaman yang memiliki aktivitas antioksidan yang berpotensi sebagai fotoproteksi. Selain bagian daun, bagian buahnya juga terdapat kandungan fenolik, saponin, steroid/triterpenoid, dan flavonoid. Kandungan senyawa fenol dan flavonoid dari buah kersen tersebut memiliki aktivitas antioksidan (10). Potensi fotoproteksi yang dihasilkan oleh ekstrak etanol buah kersen yaitu 12,63 pada konsentrasi 800 ppm (11). Aktivitas antioksidan ekstrak etanol buah kersen yang diukur menggunakan metode DPPH memberikan nilai IC₅₀ sebesar 20,61±0,98 µg/ml (12).

Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan

Masuk 03-01-2023

Revisi 26-10-2023

Diterima 02-11-2023

DOI: 10.20956/mff.v27i3.24892

Korespondensi

Nastiti Utami

nastiti.utami@stikesnas.ac.id

Copyright

© 2023 Majalah Farmasi Farmakologi Fakultas Farmasi - Makassar

Diterbitkan tanggal

30 Desember 2023

Dapat Diakses Daring Pada:

<http://journal.unhas.ac.id/index.php/mff>



pemilihan bentuk sediaan yang baik untuk memaksimalkan fotoproteksi terhadap kulit salah satunya sediaan enkapsulasi. Teknik enkapsulasi sudah banyak digunakan dalam industri kosmetik sebagai inovasi untuk mengembangkan formulasi, meningkatkan nilai produk agar meningkatkan efektivitas senyawa dalam melawan oksidasi dan melindungi agar tidak mudah mengalami degradasi (6). Selain itu penggunaan teknologi enkapsulasi juga dirancang untuk mengatasi kekurangan senyawa flavonoid atau polifenol karena memiliki sifat bioavailabilitas yang rendah, tidak larut dalam air, tidak stabil, dan metabolismenya cepat dengan waktu paruh yang pendek sehingga perlu disalut agar dapat meningkatkan kelarutan, stabilitas, bioavailabilitas, dan pelepasan yang terkontrol untuk menuju target fisiologis yang tepat (13).

Sediaan enkapsulasi dapat dikembangkan menjadi sediaan nanopartikel. Keunggulan penerapan teknologi nano dalam bidang farmasi yaitu dapat meningkatkan kelarutan senyawa dan absorpsi serta menurunkan dosis pengobatan (14) selain itu, ukuran nano juga dapat mempertahankan senyawa aktif selama proses transport obat sehingga dapat mengurangi efek samping (15). Nanoenkapsulasi merupakan salah satu teknik penyalutan suatu senyawa aktif dengan suatu polimer yang masuk dalam ukuran 1-1000 nm. Nanoenkapsulasi dikembangkan untuk desain sistem penghantaran obat dan dapat meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitas (16). Kitosan merupakan salah satu polimer alami yang dapat digunakan untuk enkapsulasi karena kitosan termasuk dalam polisakarida kationik yang tidak beracun seperti protein. Bahan berbasis kitosan bersifat biodegradable, tidak beracun, dan biokompatibel, hal menjadi dasar banyak aplikasi biomedis, bioteknologi, dan makanan. Kitosan adalah turunan terpenting dari kitin, yang merupakan kitin yang mengalami deasetilasi sebagian dan terdiri dari D-glukosamin (unit deasetilasi) dan N-asetil-D- yang terdistribusi secara acak dan linier glukosamin (unit asetat). Kitosan memiliki sifat antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi (17). Berdasarkan uraian dari latar belakang tersebut diharapkan implementasi teknologi nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen (*Muntingia calabura* L.) Menggunakan kitosan mampu memberikan aktivitas antioksidan dan memberikan efek fotoproteksi dari paparan sinar UV.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan subjek uji ekstrak etanol buah kersen dalam sediaan nanoenkapsulasi dengan perbedaan seri konsentrasi kitosan yaitu 0,1%; 0,15%; dan 0,2% menggunakan metode gelasi ionik. Ekstrak etanol buah kersen dan nanoenkapsulasi dari ekstrak etanol buah kersen diukur aktivitas antioksidan dan efek fotoproteksinya. Pada nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen dilakukan uji ukuran partikel dan analisis gugus fungsi antara ekstrak etanol buah kersen dengan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat berupa Spektrofotometri UV-Vis (Shimadzu, UV mini-1240®), kuvet (HELMA®), FTIR (Agilent Technologies), FTIR Shimadzu IRPrestige-21, DelsaTM Nano Submicron Particle Size (Malvern Instruments, UK®), timbangan digital (Ohaus EP 214 sensitivitas 0,1 mg), rotary evaporator (IKA® HB 10 Basic), waterbath (memmert), oven listrik (Modena®), magnetic stirrer, alat-alat gelas (Pyrex®), pipet tetes, pipet ukur, bejana maserasi, cawan petri, ayakan mesh 40, tabung reaksi (Herma), rak tabung reaksi, blender (Phillips), batang pengaduk, vial, dan stopwatch.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kersen yang diperoleh dari daerah Kecamatan Delanggu, etanol 96% (medika), kitosan dengan rantai pendek/low viscosity dengan viskositas >200 cps, bobot molekul 150 kDa, dan derajat deasetilasi ≥85% Sigma-Aldrich, St.Louis, MO, USA), Na-TPP (Sigma Aldrich, St.Louis, MO, USA), (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) DPPH (Sigma Aldrich), asam asetat, etanol p.a, dan aquadest.

Ekstraksi Simplisia Buah Kersen

Buah kersen yang dipilih memiliki kriteria buah yang berwarna merah dengan kematangan sedang. Kemudian dicuci menggunakan air mengalir, ditiriskan, dan dipotong-potong. Buah kersen dikeringkan dengan 2 metode yaitu dengan metode kering angin lalu dilanjutkan pengeringan dengan oven menggunakan suhu 50°C. Buah kersen yang sudah kering kemudian dihaluskan yang selanjutnya ditimbang sebanyak 500 gram serbuk simplisia buah kersen lalu diekstraksi metode maserasi dengan pelarut etanol 96% sebanyak 4 L selama 3 hari dan dilanjutkan remaserasi dengan pelarut etanol 96% sebanyak 1 L selama 1 hari. Maserat yang diperoleh dari proses maserasi dan remaserasi dipekatkan dengan rotary evaporator dan diuapkan dengan waterbath pada suhu 50°C (4) (12) (18).

Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Buah Kersen dan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Sampel yang digunakan dalam skrining fitokimia yaitu dengan melarutkan 250 mg ekstrak etanol buah kersen ke dalam 25 mL pelarut dan larutan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen diambil 1-2 mL untuk setiap uji. Skrining fitokimia dilakukan uji flavonoid, alkaloid, terpenoid, tanin, dan saponin.

Pembuatan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Pembuatan Larutan Kitosan 0,1%; 0,15%; dan 0,2%

Ditimbang kitosan sebanyak 0,1 g; 0,15 g; dan 0,2 g kemudian masing-masing kitosan tersebut dilarutkan secara terpisah ke dalam asam asetat glasial 2% sebanyak 100 mL, lalu kitosan diaduk hingga larut menggunakan *magnetic stirrer*.

Pembuatan Larutan Natrium Tripolifosfat (NaTPP) 0,1%

Ditimbang NaTPP sebanyak 0,1 g kemudian dilarutkan ke dalam 100 mL aquadest menggunakan *magnetic stirrer* hingga NaTPP larut.

Pembuatan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Tabel 1. Formulasi Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Bahan	F1	F2	F3
Ekstrak Etanol Buah Kersen	30 mg	30 mg	30 mg
Larutan Kitosan 0,1%	50 mL	-	-
Larutan Kitosan 0,15%	-	50 mL	-
Larutan Kitosan 0,2%	-	-	50 mL
Larutan NaTPP 0,1%	10 mL	10 mL	10 mL

Larutan kitosan 0,1% diambil sebanyak 50 mL, kemudian ekstrak etanol buah kersen ditimbang sebanyak 30 mg lalu dilarutkan dengan larutan kitosan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm selama 30 menit. Ditambahkan 10 ml larutan NaTPP 0,1% tetes demi tetes dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam dengan kecepatan 1000 rpm (19), hingga terbentuk koloid nanopartikel. Langkah yang sama diaplikasikan pada variasi kitosan 0,15% dan 0,2% (Tabel 1).

Uji Ukuran Partikel Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Pengujian dilakukan dengan mengambil 5 mL larutan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen kemudian diameternya diukur menggunakan alat Particle Size Analyzer (PSA) (20).

Uji Spektroskopi FTIR Ekstrak Etanol Buah Kersen dan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Sampel ekstrak etanol buah kersen sebanyak 2 mg dicampur dengan 100 mg KBr lalu dibuat pelet. Pelet yang sudah terbentuk disinari dengan sinar inframerah pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Sampel nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen formula III yang berbentuk cair dimasukkan pada kuvet yang sudah terlapis dengan zink selenium dan diukur pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} (20).

Uji Aktivitas Antioskidan Ekstrak Etanol Buah Kersen dan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen dengan Metode DPPH

Pembuatan Larutan Stok Ekstrak Etanol Buah Kersen

Sebanyak 50 mg ekstrak etanol buah kersen dilarutkan dalam etanol p.a 50 mL dalam erlenmeyer hingga larut sempurna. Kemudian masing-masing dipipet sebanyak 0, 100, 200, 300, 400, dan 500 μL dimasukkan ke dalam labu ukur 5 mL sehingga didapatkan konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm (22).

Pembuatan Larutan Stok Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Sampel larutan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen 2 mL diencerkan dengan etanol p.a ke dalam labu ukur 50 mL, kemudian dicukupkan volumenya hingga tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi 20 ppm. Larutan stok ini selanjutnya digunakan untuk pembuatan larutan uji pada seri konsentrasi 0, 6, 8, 10, 12, dan 14 ppm.

Pembuatan Larutan Stok Standar Kuersetin

Larutan stok standar kuersetin 1000 ppm dibuat dengan melarutkan kuersetin sebanyak 50 mg dengan etanol p.a sebanyak 50 mL hingga terlarut sempurna. Kemudian dipipet masing-masing sebanyak 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 μL dan volume dicukupkan dengan etanol p.a hingga 5 mL, sehingga diperoleh seri konsentrasi 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm (23).

Pengujian Aktivitas Antioksidan Kuersetin dengan DPPH

Seri konsentrasi larutan kuersetin yang sudah dibuat masing-masing dipipet sebanyak 2 mL kemudian ditambahkan dengan DPPH 2 mL hingga tercampur sempurna. Campuran tersebut disimpan diruang kedap cahaya selama waktu OT yang telah didapat lalu diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (22).

Pengukuran Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Nanoenkapsulasi Buah Kersen dengan DPPH

Seri konsentrasi dari ekstrak dan nanoenkapsulasi buah kersen yang sudah dibuat, masing-masing diambil 2 mL ditambahkan dengan 2 mL larutan DPPH dicampur hingga homogen, disimpan selama waktu OT, kemudian diukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (22). Masing-masing konsentrasi dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali replikasi (24).

Uji Fotoproteksi Ekstrak Etanol Buah Kersen dan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Nilai SPF diukur dari serapan larutan dari tiap formula dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 290-320 nm dengan kontrol positif kuersetin. Pembuatan konsentrasi larutan kontrol positif dan sampel ekstrak 1000 ppm. Uji fotoproteksi pada formulasi nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen masing-masing diambil 2 mL dari larutan nanoenkapsulasi kemudian dilarutkan dalam 10 mL etanol p.a sehingga diperoleh konsentrasi 100 ppm. Penentuan nilai SPF dilakukan pengukuran absorbansi sebanyak tiga kali replikasi pada tiap formula. Kemudian data yang diperoleh dihitung dengan persamaan Mansur (4).

$$\text{SPF: } CF \times \sum_{290}^{320} \frac{EE(\lambda)}{I(\lambda)} \times \text{abs}(\lambda)$$

Keterangan:

CF: Faktor Koreksi

EE: Spektrum Efek Erytermal

I: Spektrum Intensitas dari matahari

Abs: Absorbansi dari sampel

Analisis Data

Analisis data dari hasil nilai PSA, IC50, dan nilai SPF yang digunakan pada penelitian ini adalah uji statistik One Way ANOVA. Perbedaan yang ada, dinyatakan dengan nilai $p < 0,05$. Sebelumnya data tersebut dilakukan uji normalitas menggunakan Shapiro-wilk untuk memastikan bahwa data tersebut terdistribusi normal, kemudian diuji homogenitasnya sebagai syarat pertama untuk dapat dilanjutkan uji statistik lainnya. Jika hasil pada One Way ANOVA menyatakan H_0 gagal ditolak (tidak ada perbedaan), maka tidak dilakukan uji lanjut (Pos Hoc Test). Sebaliknya jika hasil uji menyatakan H_0 ditolak (ada perbedaan), maka harus dilakukan uji lanjut (Pos Hoc Test).

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Simplisia Buah Kersen

Buah kersen dikumpulkan dari daerah Kecamatan Delanggu, lalu dilakukan determinasi tanaman di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional (B2P2TOOT) Tawangmangu yang bertujuan untuk mendapatkan kebenaran identitas dari tanaman buah kersen dengan mencocokkan ciri khas dari tanaman dan untuk menghindari kekeliruan saat pemanenan buah kersen. Hasil dari determinasi tersebut menyatakan bahwa sampel

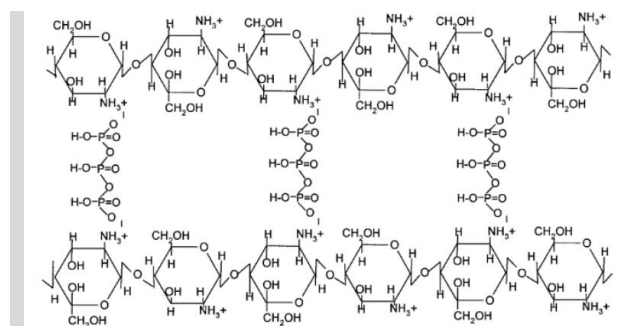
tersebut adalah tanaman buah kersen. Buah kersen segar yang sudah terkumpul dilakukan sortasi basah, kemudian buah kersen dibersihkan dari pengotor lain dengan dilakukan pencucian menggunakan air mengalir, lalu ditiriskan dan buah dipotong-potong untuk mempercepat proses pengeringan. Pengeringan buah kersen menggunakan 2 metode yaitu dengan metode kering angin tanpa sinar matahari langsung kemudian dilanjutkan pengeringan dengan oven pada suhu 50°C (Gambar 1). Penggunaan suhu 50°C pada oven merupakan suhu yang optimum karena semakin tinggi suhu yang digunakan saat pengeringan akan mengakibatkan semakin rendahnya kadar air dan kadar zat aktif yang didapatkan. Tujuan dilakukan pengeringan yaitu untuk mengurangi kadar air dalam simplisia karena kadar air yang tinggi akan meningkatkan aktivitas mikroba serta dapat meminimalkan perubahan fisik dan kimiawi sehingga kualitas produk kering dapat dipertahankan. Simplisia kering buah kersen kemudian dihaluskan hingga menjadi serbuk dan diayak menggunakan ayakan mesh No.40 yang bertujuan untuk menyamakan ukuran partikel serbuk simplisia. Tujuan simplisia dihaluskan yaitu untuk memperkecil ukuran partikel simplisia, sehingga luas permukaan partikel menjadi besar dan cairan penyari akan mudah melarutkan senyawa zat aktif dari simplisia tersebut.

Proses ekstraksi simplisia buah kersen dilakukan menggunakan metode maserasi selama 3 hari dan remaserasi 1 hari. Tujuan menggunakan metode maserasi yaitu dapat meminimalkan terjadinya degenerasi senyawa metabolit dan metode ini sangat cocok untuk bahan-bahan yang bersifat tidak tahan panas. Pelarut yang digunakan adalah etanol 96% karena dapat menarik senyawa flavonoid dengan baik sehingga senyawa flavonoid yang terkandung dalam buah dapat ditarik dengan sempurna. Senyawa flavonoid memiliki sifat yang polar sehingga memerlukan pelarut yang bersifat polar juga atau dengan prinsip like dissolve like yaitu senyawa akan terlarut pada pelarut dengan sifat yang sama (25). Setelah proses maserasi dilanjutkan dengan proses remaserasi atau penggantian pelarut. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya penjenuhan pelarut dan agar dapat memaksimalkan proses penarikan senyawa. Saat proses maserasi dan remaserasi dilakukan pengadukan selama 15 menit tiap 8 jam. Tujuan dilakukan pengadukan adalah untuk membantu kontak antara serbuk simplisia dan pelarut sehingga dapat mempercepat proses larutnya senyawa aktif ke dalam pelarut. Maserat yang diperoleh dipekatkan menggunakan rotary evaporator dengan suhu 50°C yang bertujuan untuk memisahkan senyawa dari cairan penyari yaitu etanol 96%. Lalu dilanjutkan dengan penguapan ekstrak menggunakan waterbath pada suhu 50°C untuk menguapkan pelarut etanol 96% yang masih tersisa dalam ekstrak hingga didapatkan ekstrak kental. Komponen bioaktif seperti flavonoid, tanin, dan fenol dapat rusak pada suhu diatas 50°C karena dapat mengalami perubahan struktur serta menghasilkan ekstrak yang rendah. Hasil rendemen dari ekstrak etanol buah kersen sebesar 43,7% (Tabel 2). Hasil rendemen dari penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan yang hasil rendemen ekstrak etanol buah kersennya sebesar 29% (11). Hal tersebut terjadi karena perbandingan jumlah volume pelarut dengan jumlah simplisia yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1:10 sedangkan pada penelitian sebelumnya yaitu 1 : 7,4 serta perbedaan lamanya waktu ekstraksi yang digunakan.

Tabel 2. Hasil Rendemen Ekstrak Etanol Buah Kersen

Bahan	Berat Sampel	Berat Ekstrak	%Rendemen
Buah Kersen	500 g	218,5 g	43,7%

Metode yang digunakan untuk pembuatan nanoenkapsulasi ini yaitu metode gelasi ionik, yaitu dengan penambahan NaTPP untuk bahan pengikat silang dengan kitosan. Keuntungan dari metode gelasi ionik ini tidak memerlukan suhu yang tinggi, tidak menggunakan pelarut organik atau sonikasi, dan sangat cocok untuk senyawa yang bersifat tidak stabil seperti flavonoid (13). Larutan kitosan dibuat dengan melarutkan kitosan dengan asam untuk. Gugus amina akan terionisasi membentuk kation dalam larutan asam, sehingga dapat membentuk interaksi ionik dengan senyawa yang bermuatan negatif. Pembuatan larutan NaTPP 0,1% digunakan sebagai crosslinker kitosan dimana derajat swelling (pembengkakan sebelum terdegradasi dan pecah) kitosan menjadi rendah karena diikat silang secara ionik. Penambahan NaTPP akan menghasilkan turunan kitosan karena adanya peningkatan biokompatibilitas dan menurunkan derajat swelling. Mekanisme crosslinker kitosan dan NaTPP dapat dilihat pada Gambar 2. Pengikat silang ini harus berupa polianion, salah satu polianion yang banyak digunakan adalah tripolisfosfat. Penambahan NaTPP juga berfungsi sebagai surfaktan, yang bertujuan untuk menstabilkan suspensi partikel dalam larutan agar menghindari timbulnya aglomerasi (penggumpalan) antar partikel.



Gambar 2. Crosslinker Kitosan dan NaTPP

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kualitatif fitokimia terhadap ekstrak etanol buah kersen dan sediaan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen dengan tujuan untuk memastikan bahwa kandungan senyawa fitokimia dalam nanoenkapsulasi ekstrak buah kersen sama dengan kandungan senyawa fitokimia dalam ekstrak etanol buah kersen. Skrining fitokimia yang diuji secara kualitatif pada ekstrak etanol buah kersen dan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen meliputi flavonoid, alkaloid, tanin, terpenoid, dan saponin. Berdasarkan hasil pengujian skrining fitokimia pada Tabel 3 menunjukkan kandungan senyawa fitokimia antara ekstrak dan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen tidak ada perbedaan yaitu memiliki kandungan flavonoid, alkaloid, dan tanin. Namun terdapat perbedaan hasil pada uji terpenoid yaitu setelah dibuat sediaan nanoenkapsulasi tidak terbentuk cincin kecoklatan, hal tersebut terjadi karena jumlah ekstrak yang terkandung dalam nanoenkapsulasi lebih sedikit dibandingkan dengan larutan ekstrak yang dibuat untuk uji skrining fitokimia.

Tabel 3. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Buah Kersen dan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

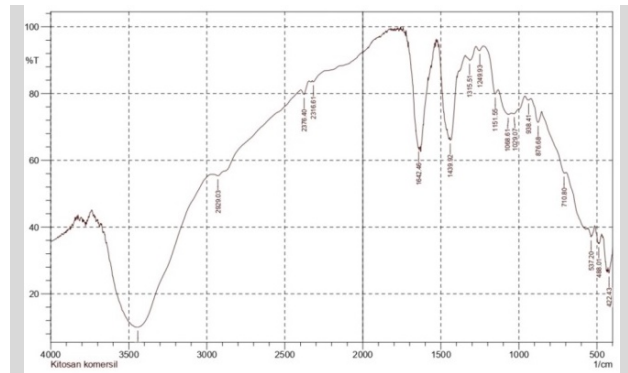
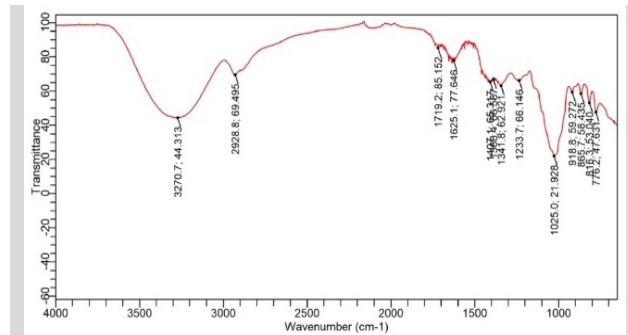
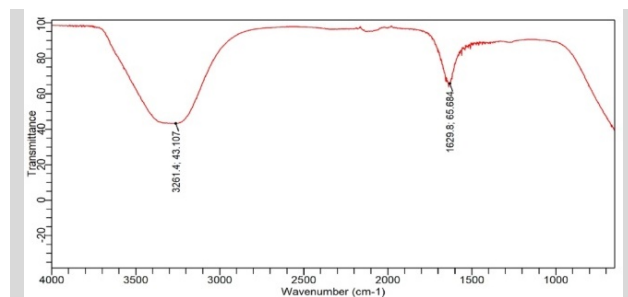
No.	Skrining Fitokimia	Pereaksi	Standar Warna	Hasil yang diperoleh	
				Ekstrak	Nano Enkapsulasi
1.	Flavonoid	H ₂ SO ₄ pekat	Perubahan warna merah	+	+
		HCl pekat + serbuk Mg	Perubahan warna merah	+	+
		NaOH	Perubahan warna menjadi kuning	+	+
2.	Alkaloid	Mayer	Terbentuk endapan warna putih	+	+
		Wagner	Terbentuk endapan warna coklat.	+	+
		Dragendroff	Terbentuk endapan warna merah/jingga	+	+
3.	Tanin	FeCl ₃	Warna hijau, biru kehijauan, atau biru kehitaman, atau adanya endapan	+	+
		Asam asetat anhidrat + H ₂ SO ₄ pekat	Terbentuknya cincin kecoklatan	+	-
4.	Terpenoid				
5.	Saponin	Aquadest panas + HCl 2 N, dikocok kuat	Diamati busa yang terbentuk. Positif saponin jika ketinggian busa 1 cm dalam waktu 30 detik	-	-

Hasil uji ukuran partikel (Tabel 4) yang paling kecil terdapat pada Formula II dengan konsentrasi kitosan 0,15% yaitu 152,8±9,5 nm. Hal tersebut diperkirakan NaTPP yang ditambahkan sudah mengikat silang kitosan dengan baik sehingga pembentukan nanoenkapsulasi semakin efektif dan ukuran partikel yang dihasilkan lebih kecil. Pada Formula I dan Formula III diperkirakan adanya kitosan yang belum mengikat silang dengan NaTPP secara sempurna sehingga kitosan yang bebas tersebut dapat menghasilkan ukuran partikel yang besar. Karakterisasi menggunakan PSA dapat digunakan untuk mengetahui nilai indeks polidispersitas yang menunjukkan distribusi ukuran partikel pada rentang 0 sampai dengan 1. Distribusi partikel yang homogen yaitu dengan nilai indeks polidispersitas yang mendekati 0, sedangkan distribusi partikel yang memiliki heterogenitas yang tinggi atau homogenitasnya rendah ditunjukkan dengan

Tabel 4. Hasil Ukuran Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen dan Indeks Polidispers

Sampel	Replikasi	Ukuran Partikel (nm)	PI (Indeks Polidispers)
Formula I	1	173,9	0,542
	2	153,3	0,577
	3	159,1	0,595
	Rata-Rata	162,1±10,6	0,571±0,023
Formula II	1	146,7	0,497
	2	147,9	0,393
	3	163,7	0,484
	Rata-Rata	152,8±9,5	0,458±0,057
Formula III	1	240,5	0,644
	2	243,7	0,631
	3	225,7	0,775
	Rata-Rata	236,6±9,6	0,683±0,080

nilai indeks polidispersitas yang melebihi 0,5 (19). Hasil uji indeks polidispersitas pada tabel 5 yang tidak melebihi 0,5 yaitu Formula II dengan nilai indeks polidispersitas 0,458±0,057. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada Formula II menghasilkan distribusi ukuran partikel yang homogen sehingga memiliki kecenderungan stabil secara fisik sehingga tidak menimbulkan aglomerasi antar partikel, karena ikatan silang antara kitosan dan NaTPP sudah terbentuk sempurna. Sedangkan hasil indeks polidispersitas pada Formula I yaitu 0,571±0,023 dan pada Formula III yaitu 0,683±0,080 kedua formula tersebut memiliki nilai indeks polidispers lebih dari 0,5. Hasil ini menunjukkan bahwa nanoenkapsulasi yang dihasilkan mempunyai distribusi ukuran partikel yang luas atau kurang homogen atau memiliki tingkat heterogenitas ukuran partikel yang tinggi, sehingga hasil indeks polidispersitas pada Formula I dan Formula III memiliki kecenderungan kurang stabil secara fisik sehingga dapat menyebabkan terjadinya aglomerasi antar partikel (19). Hasil uji Post Hoc dapat dilihat pengujian ukuran partikel terhadap ketiga formula nanoenkapsulasi menunjukkan perbedaan yang signifikan atau berbeda bermakna, maka pengaruh variasi konsentrasi kitosan dapat menghasilkan ukuran partikel yang signifikan.

**Gambar 3.** Hasil Spektrum IR Kitosan Komersial**Gambar 4.** Hasil Spektrum IR Ekstrak Etanol Buah Kersen**Gambar 5.** Hasil Spektrum IR Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen Formula III

Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang khas dari suatu senyawa tertentu yang terdapat pada kitosan komersial, ekstrak etanol buah kersen dan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen. Hasil analisis gugus FTIR kitosan komersial tersebut menandakan bahwa gugus kitosan komersial tersebut sesuai dengan kitosan standar yang memiliki gugus fungsi khas O-H, N-H dari amida, dan gugus C-O. Pada hasil prakiraan gugus fungsi FTIR (Tabel 5) menunjukkan bahwa hasil analisis gugus antara kitosan komersial dan ekstrak etanol buah kersen memiliki gugus fungsi yang hampir sama. Namun ada perbedaan pada gugus

O-H yang telah terjadi pergeseran bilangan gelombang dari 3442,12 cm^{-1} (kitosan komersil, Gambar 3) menjadi 3270,74 cm^{-1} . Pergeseran panjang gelombang tersebut terjadi karena bentuk sampel yang diuji berbeda dan fungsi gugus khas O-H dari ekstrak etanol buah kersen berada pada bilangan gelombang 3364,52 cm^{-1} . Spektra FTIR nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen dengan penstabil NaTPP terdapat bilangan panjang gelombang 1629,79 cm^{-1} , yang memperlihatkan spektrum serapan N-H bend, yang diperkirakan berasal dari kitosan yang digunakan pembuatan nanoenkapsulasi. Spektra nanoenkapsulasi ekstrak etanol

buah kersen juga menampilkan serapan yang kuat dan melebar pada panjang gelombang 3261,42 cm^{-1} (Gambar 4) yang menunjukkan adanya serapan gugus O-H, gugus O-H ini diduga dihasilkan dari kitosan dan ekstrak etanol buah kersen. Pada hasil spektra FTIR nanoenkapsulasi formula III muncul 2 puncak (Gambar 5), hal ini dapat disebabkan oleh distribusi nanoenkapsulasi yang tidak merata, sehingga pada saat pengujian FTIR penembakan bilangan IR tidak dapat divibrasikan dengan baik oleh gugus-gugus kitosan dan NaTPP.

Tabel 5. Analisis Prakiraan Gugus Fungsi FTIR Kitosan Komersil, Ekstrak Etanol Buah Kersen, dan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Referensi (cm^{-1})	Pita absorpsi FTIR (cm^{-1}) Kitosan Komersil	Pita absorpsi FTIR (cm^{-1}) Ekstrak	Pita absorpsi FTIR (cm^{-1}) Nanoenkapsulasi Formula III	Prakiraan Gugus Fungsi
3400-3200	3442,12	3270,74	3261,42	(O-H) H-bonded
3500-3100				(N-H) stretch
2900-2800	2929,03	2928,76	-	(C-H) Aldehid
1640-1550	1642,46	1625,12	1629,79	(N-H) bend
1450-1375	1439,92	1407,07	-	(C-H), -CH ₃ bend
1350-1000	1315,51	1341,84	-	(C-N) Amina
1300-1000	1249,93 dan 1029,07	1233,75 dan 1025,02	-	(C-O) stretch (multiple bands)
900-690	938,41; 876,68; dan 710,8	918,79; 865,67; dan 776,22	-	(=C-H) Aromatis

Tabel 6. Hasil Pengukuran Aktivitas Antioksidan Nanoenkapsulasi Ekstrak Etanol Buah Kersen

Sampel	Rep	%Inhibisi					Persamaan Regresi Linier	IC ₅₀ (ppm)	Rata-Rata IC ₅₀
		6 ppm	8 ppm	10 ppm	12 ppm	14 ppm			
Formula I	1	31,88	43,99	50,64	63,05	70,24	$y = 4,789x + 4,07$ $R^2 = 0,9911$	9,59	9,57±0,02
	2	32,12	44,02	51,18	63,07	70,18	$y = 4,7585x + 4,529$ $R^2 = 0,9925$	9,56	
	3	32,05	44,02	51,12	63,13	70,24	$y = 4,7745x + 4,367$ $R^2 = 0,9922$	9,56	
Formula II	1	43,59	47,01	49,98	55,76	58,97	$y = 1,9755x + 31,307$ $R^2 = 0,9878$	9,46	9,45±0,01
	2	43,50	47,01	50,07	55,83	59,01	$y = 1,992x + 31,164$ $R^2 = 0,989$	9,46	
	3	43,59	47,01	50,02	55,86	59,07	$y = 1,9905x + 31,205$ $R^2 = 0,9876$	9,44	
Formula III	1	39,26	45,47	54,44	60,68	65,66	$y = 3,4005x + 19,097$ $R^2 = 0,9909$	9,09	9,05±0,04
	2	39,47	45,60	54,49	60,78	66,13	$y = 3,425x + 19,044$ $R^2 = 0,993$	9,04	
	3	39,47	45,60	54,60	60,90	66,64	$y = 3,482x + 18,622$ $R^2 = 0,9941$	9,01	

Hasil pengukuran aktivitas antioksidan nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen dapat dilihat pada Tabel 6. Formula I nilai IC₅₀ yang diperoleh adalah 9,57±0,02 ppm. Formula II nilai IC₅₀ yang diperoleh adalah 9,45±0,01 ppm. Sedangkan pada Formula III nilai IC₅₀ yang diperoleh adalah 9,05±0,04 ppm. Hasil IC₅₀ dari ketiga formula nanoenkapsulasi tersebut jika dibandingkan dengan standar kuersetin yang menghasilkan nilai IC₅₀ sebesar 5,74±0,25 ppm maka nanoenkapsulasi ekstrak etanol buah kersen menghasilkan aktivitas antioksidan yang setara dengan kuersetin yang termasuk kategori sangat kuat yaitu <50 ppm. Hasil uji Post Hoc dapat dilihat pengujian aktivitas antioksidan terhadap Formula I, Formula II, dan Formula III menunjukkan perbedaan yang signifikan atau berbeda bermakna, maka pengaruh penggunaan konsentrasi kitosan yang semakin tinggi dapat menghasilkan nilai IC₅₀ yang signifikan. Mekanisme kitosan dapat bersifat sebagai antioksidan yaitu adanya gugus amina dan hidroksil dalam kitosan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa adanya gugus hidroksil dan gugus amina dalam kitosan dapat bereaksi dengan radikal bebas yang menghasilkan mekanisme sebagai antioksidan (27).

Tabel 7. Hasil Pengukuran Nilai SPF

Sampel Uji	Replikasi	Nilai SPF	Level
Ekstrak	1	11,5128	Rendah
	2	11,5190	
	3	11,5190	
Rata-Rata		11,5169±0,0034	
Formula I	1	12,1782	Rendah
	2	12,1832	
	3	12,1869	
Rata-Rata		12,1828±0,0045	
Formula II	1	14,3439	Rendah
	2	14,3426	
	3	14,3426	
Rata-Rata		14,3430±0,0008	
Formula III	1	14,7331	Rendah
	2	14,7180	
	3	14,7343	
Rata-Rata		14,7285±0,0091	

Hasil uji fotoproteksi (Tabel 7) diperoleh nilai SPF tertinggi terdapat pada Formula III, karena Formula III menggunakan konsentrasi kitosan yang paling tinggi yaitu 0,2%. Potensi fotoproteksi yang tinggi dapat diperoleh pada konsentrasi kitosan semakin tinggi pula. Mekanisme kitosan sebagai fotoprotektor fisik yaitu dapat memantulkan kembali semua

jenis sinar UV, sehingga dapat memblokir sinar UV pada panjang gelombang yang lebih luas dari tabir surya kimia. Selain itu, kandungan senyawa fenolik berupa flavonoid dalam buah kersen dapat dipergunakan sebagai bahan aktif dalam tabir surya, karena senyawa fenol mempunyai ikatan rangkap terkonjugasi yang dapat menimbulkan resonansi setelah berinteraksi dengan sinar UV sehingga dapat berperan sebagai fotoprotektor. Hasil uji Post Hoc dapat dilihat nilai SPF Formula I, Formula II, dan Formula III menunjukkan perbedaan yang signifikan atau berbeda bermakna, maka pengaruh penggunaan konsentrasi kitosan yang semakin tinggi dapat menghasilkan nilai SPF yang signifikan.

KESIMPULAN

Hasil analisis aktivitas antioksidan yang berupa nilai IC50 yaitu Formula I $9,57 \pm 0,02$ ppm; Formula II $9,45 \pm 0,01$ ppm; dan Formula III $9,05 \pm 0,04$ ppm menunjukkan bahwa formula I, II, dan III termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat yaitu. Hasil nilai SPF yang diperoleh pada Formula I $12,1828 \pm 0,0045$; Formula II $14,3430 \pm 0,0008$; dan Formula III $14,7285 \pm 0,0091$.

DAFTAR PUSTAKA

- Juliadi, D. and Juanita, R. A. (2020) 'the Comparison of Photo Protector Potential Between Extract Etahanolic', *Jurnal Farmazine*, 7(1), pp. 37-44.
- Minerva, P. (2019) 'Penggunaan Tabir Surya Bagi Kesehatan Kulit', *Jurnal Pendidikan Dan Keluarga*, 11(1), p. 87. doi: 10.24036/jpk/vol11-iss1/619.
- Rejeki, S. and Wahyuningsih, S. S. (2015) 'Formulasi Gel Tabir Surya Minyak Nyampung (Tamanu Oil) dan Uji Nilai SPF Secara In Vitro', *Jurnal Farmasi*, pp. 97-103.
- Puspitasari, Anita Dwi dan Setyowati, D. A. (2018) 'Evaluasi Karakteristik Fisika-Kimia dan Nilai SPF Lotion Tabir Surya Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.)', *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 12(2), pp. 150-158. doi: 10.26578/jrti.v12i2.4242.
- Irianti, Tatang., Sulaiman, T. N. Syaifullah., Fakhrudin, Nanang., Astuti, Siluh., Testikawati, Nita., Farida, Sofa., Khasanah, Sari Rosiati Nur (2019) 'Pembuatan Sediaan Tabir Surya Ekstrak Etanol Buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*), Aktivitas Inhibisi Fotodegradasi Tirosin dan Kandungan Fenolik Totalnya', *Majalah Farmasetik*, 15(2), p. 43. doi: 10.22146/farmasetik.v15i2.44740.
- Franco, Julia Gomes., Cefali, Leticia Caramori., Ataide, Janaína Artem., Santini, Antonello Souto, Eliana B., Mazzola, Priscila Gava (2021) 'Effect of nanoencapsulation of blueberry (*Vaccinium myrtillus*): A green source of flavonoids with antioxidant and photoprotective properties', *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 23(April), p. 100515. doi: 10.1016/j.scp.2021.100515.
- Suryanto, E. (2017) 'Potensi Antioksidan Dan Fotoprotektif Tepung Komposit Dari Pisang Goroho, Jagung Manado Kuning Dan Sagu Baru', *Chemistry Progress*, 10(2), pp. 69-77. doi: 10.35799/cp.10.2.2017.27750.
- Wang, Yan Shuo., Zhou, Si Si., Shen, Chun Yan., Jiang, Jian Guo (2020) 'Isolation and identification of four antioxidants from *Rhodiolela crenulata* and evaluation of their UV photoprotection capacity in vitro', *Journal of Functional Foods*, 66(January), p. 103825. doi: 10.1016/j.jff.2020.103825.
- Maesaroh, U., Dono, N. D. and Zuprizal, Z. (2019) 'Aplikasi Teknologi Nanoenkapsulasi sebagai Delivery System Fitobiotik Alami untuk Ternak', *Buletin Profesi Insinyur*, 2(2), pp. 91-95. doi: 10.20527/bpi.v2i2.48.
- Senet, M. R. M., Parwata, I. M. O. A. and Sudiarta, I. W. (2017) 'Kandungan Total Fenol dan Flavonoid dari Buah Kersen (*Muntingia calabura*) serta Aktivitas Antioksidannya', *Jurnal Kimia*, p. 187. doi: 10.24843/jchem.2017.v11.i02.p14.
- Nur, Syamsu., Nursamsiar., Nursamsiar., Aswad, Muhammad., Tumigolung, Aprilia Ester Eunike., Risfah Yulianti., Burhan, Asril (2021) 'Screening Bioactivity of Kersen Fruits (*Muntingia calabura* L.) as a Sunscreens Candidate', *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 7(1), pp. 29-38. doi: 10.22487/j24428744.2021.v7.i1.15257.
- Nur, Syamsu., Angelina, Aprilia Angreiny., Aswad, Muhammad., Yulianti, Risfah Burhan, Asril (2021) 'In vitro anti-aging activity of *Muntingia calabura* L. fruit extract and its fractions', 9(4), pp. 409-421.
- Di Santo, Mariana Carolina., D' Antoni, Cecilia Luciana., Domínguez Rubio, Ana Paula., Alaimo, Agustina., Pérez, Oscar Edgardo (2021) 'Chitosan-tripolyphosphate nanoparticles designed to encapsulate polyphenolic compounds for biomedical and pharmaceutical applications - A review', *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 142(July). doi: 10.1016/j.biopha.2021.111970.
- Rismana, E. (2014) 'Pengujiann Aktivitas Antiacne Nanopartikel Kitosan - Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana*)', 24, pp. 19-27.
- Pakki, E. (2016) 'Formulasi Nanopartikel Ekstrak Bawang Dayak (*Eleutherine americana* (Aubl) Merr) dengan Variasi Konsentrasi Kitosan-Tripolisfosfat (TPP)', 3(4), pp. 251-263. Rismana, E. (2014) 'Pengujiann Aktivitas Antiacne Nanopartikel Kitosan - Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana*)', 24, pp. 19-27.
- Kailaku, S. I., Mulyawanti, I. and Alamsyah, A. N. (2014) 'Formulation of Nanoencapsulated Catechin with Chitosan as Encapsulation Material', *Procedia Chemistry*, 9, pp. 235-241. doi: 10.1016/j.proche.2014.05.028.
- Cheung, R. C., Ng, T. B., Wong, J. H., & Chan, W. Y. (2015). Chitosan: An Update on Potential Biomedical and Pharmaceutical Applications. *Marine drugs*, 13(8), 5156-5186. <https://doi.org/10.3390/md13085156>
- Zela*, A. W. M. D. (2021) 'Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Buah Kersen (*Muntingia calabura* L.) Menggunakan 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil', 17(2), pp. 85-90.
- Taurina, Wintari., Sari, Rafika., Hafinur, Uray Cindy., Wahdaningsih, Sri., I. (2017) 'Optimasi Kecepatan dan Lama Pengadukan Terhadap Ukuran Nanopartikel Kitosan-Ekstrak Etanol 70% Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L. var *Microcarpa*) Optimization of Stirring Speed and Stirring Time Toward', 22(April), pp. 16-20.
- Nidhin, M., Indumathy, R., Sreeram, K. J., Nair, Balachandran Unni (2008) 'Synthesis of iron oxide nanoparticles of narrow size distribution on polysaccharide templates', 31(1), pp. 93-96.
- Purwakusumah, Edy Djauhari., Rafi, Mohamad., Syafitri, Utami Dyah., Nurcholis, Waras., Agung, Muhammad Adzkiya Zaim (2014) 'Identification and Authentication of Jahe Merah Using Combination of FTIR Spectroscopy and Chemometrics', 34(1), pp. 82-87.
- Bagian Zulkhruf, Naelaz Kiromah, Wakhidatul., Husein, Sadam., Rahayu, Titi Pudji (2021) 'Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Ganitri (*Elaeocarpus Ganitrus* Roxb.) dengan Metode DPPH (2 , 2 Difenil-1-Pikrilhidrazil) Antioxidant Activity Test of Ganitri (*Elaeocarpus Ganitrus* Roxb.) Leaf Ethanol Extract Using the DPPH (2 , 2 Difenil', 18(1), pp. 60-67.
- Handayani, Selpida., Najib, Ahmad., Wati, Nurul Purnama. (2018) 'Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Daruju (*Acanthus ilicifolius* L.) dengan Metode Peredaman Radikal Bebas 1 , 1-Diphenyl-2-Picrylhidrazil', 5(2), pp. 299-308.
- Mulangsri, D. A. K., Budiarti, A. and Saputri, E. N. (2017) 'Aktivitas Antioksidan Fraksi Dietiler Buah Mangga Arumanis (*Mangifera indica* L.) dengan Metode DPPH', *Jurnal Pharmascience*, 4(1), pp. 85-93. doi: 10.20527/jps.v4i1.5760.
- Nur Pratiwi, D., Utami, N., Pratimasari, D., Studi, P. S., (2022). Karakterisasi dan penetapan kadar flavonoid total ekstrak dan fraksi bunga pepaya jantan (*Carica papaya* L.) dengan spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Ilmiah Farmasi (Scientific Journal of Pharmacy)*, 18(2), 219-233. <http://journal.uui.ac.id/index.php/JIF>
- Pratiwi, S. N., Utami, N., & Damayanti, N. (2022). Karakterisasi Kitosan Dan Pembuatan Nanopartikel Kitosan Dari Cangkang Pupa Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian (Vol. 7, Issue 4)*.
- Avelelas, F., Horta, A., Pinto, L. F. V., Cotrim Marques, S., Marques Nunes, P., Pedrosa, R., & Leandro, S. M. (2019). Antifungal and Antioxidant Properties of Chitosan Polymers Obtained from Nontraditional Polybysus henslowii Sources. *Marine drugs*, 17(4), 239. <https://doi.org/10.3390/md17040239>