



Synthesis, Characterization, and The Antifungal Activity of Nanosilver In Mangrove Juice (*Sonneratia caseolaris*)

Arfinda Mulya Dewi dan Titik Taufikurohmah ✉

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
Gedung C5-C6 Kampus Ketintang, Surabaya, Jawa Timur, 60231

Info Artikel

Diterima : 29-07-2023

Disetujui : 23-08-2023

Dipublikasikan : 31-08-2023

Keywords:

Aktivitas antifungi
Nanosilver
Natrium benzoat
Sari buah mangrove

Abstrak

Wilayah Indonesia kaya akan sumber daya laut, sekaligus merupakan negara dengan kawasan hutan mangrove terluas di dunia. Salah satu potensi dari tanaman mangrove yang mulai banyak dikembangkan yakni buah mangrove sebagai sumber pangan, seperti sari buah mangrove pedada. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensintesis, mengkarakterisasi, dan menguji aktivitas antifungi *nanosilver* dalam sari buah mangrove. Pada penelitian ini sari buah mangrove dibagi menjadi tujuh perlakuan yakni K- tanpa penambahan agen antifungi (sebagai kontrol negatif), K+ dengan penambahan 0,1% natrium benzoat (sebagai kontrol positif), F1 hingga F5 dengan variasi kadar penambahan *nanosilver* sebesar 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Uji aktivitas antifungi dilakukan menggunakan metode *Direct Microscopic Count* (DMC) dengan teknik penghitungan langsung. Berdasarkan hasil penelitian ditunjukkan bahwa penambahan *nanosilver* memberikan pengaruh yang berbeda nyata di tiap konsentrasinya terhadap aktivitas antifungi dalam sari buah mangrove pedada. Perlakuan pada sampel F2 (dengan kadar penambahan *nanosilver* 8%) merupakan formulasi optimum dari semua perlakuan. Pada uji organoleptik, penambahan *nanosilver* hanya memberikan pengaruh nyata pada warna namun tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada mutu fisik berupa aroma, tekstur, dan juga pH.

Abstract

Indonesia's territory is rich in marine resources, as well as a country with the largest mangrove forest in the world. One of the potentials and benefits of mangroves that has begun to be widely developed is mangrove fruit as a food source, such as pedada mangrove juice. The purpose of this study was to synthesize, characterize, and test the antifungal activity of nanosilver in mangrove juice. In this study, mangrove juice was divided into seven treatments namely K- without the addition of antifungal agents (as a negative control), K+ with the addition of 0.1% sodium benzoate (as a positive control), F1 to F5 with varying levels of nanosilver addition of 4%, 8%, 12%, 16% and 20%. Antifungal activity test was carried out using the Direct Microscopic Count (DMC) method with direct counting techniques. Based on the results of the study, it was shown that the addition of nanosilver had a significantly different effect at each concentration on the antifungal activity in pedada mangrove juice. Treatment on sample F2 (with the addition of 8% nanosilver content) is the optimum formulation of all treatments. In the organoleptic test, the addition of nanosilver only had a significant effect on color but did not have a significantly different effect on physical quality in the form of aroma, texture, and pH.

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim dengan 17.502 pulau dengan panjang garis pantai hingga 81.000km. Sumber daya laut Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan dan dimanfaatkan sumber daya perairannya (Vionita & Insafitri, 2020). Sehubungan dengan hal tersebut, Indonesia juga merupakan salah satu negara yang memiliki kawasan hutan mangrove (hutan bakau) terluas di dunia, yaitu mencapai 8,6 juta hektar (Maharani & Savitri, 2020). Tanaman mangrove berperan sebagai penyangga alam dan melindungi garis pantai dari erosi, gelombang laut, angin topan, serta menstabilkan tanah dengan menangkap dan memerangkap endapan material dari darat yang terbawa oleh air sungai (Hertati, 2020).

Kawasan Hutan Mangrove Surabaya adalah sebuah destinasi ekowisata yang berlokasi di kota Surabaya yakni di wilayah muara air sungai dan perairan laut, serta dikelola dengan baik oleh pemerintah Kota Surabaya (Vionita & Insafitri, 2020). Kawasan Hutan Mangrove tersebut memiliki keunikan tersendiri karena keanekaragaman hayatinya (Rukmana & Handiwati, 2020). Kawasan dengan luas kurang lebih 200 hektar ini, ditanami berbagai jenis tanaman mangrove (Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya, 2023). Hutan mangrove Surabaya memiliki 202 jenis tanaman dengan spesies unik. Hasil alam hutan mangrove yang biasa digunakan meliputi batang pohon untuk bahan bakar, senyawa tanin dari buah maupun batang sebagai pengawet jaring, lem perekat, bahan pewarna alam untuk kain, dan lain sebagainya (Maharani & Savitri, 2020). Namun, ada salah satu potensi dari tanaman mangrove yang belum banyak diketahui yakni buah mangrove sebagai sumber pangan (Salsabila, *et al.*, 2023). Selain itu, perlu diketahui bahwa tidak semua jenis tanaman mangrove dapat dikonsumsi, melainkan hanya ada 17 jenis tanaman mangrove yang dapat dimanfaatkan untuk pangan, obat, dan juga kosmetik (Satoto & Sudaryanto, 2020).

Mangrove jenis (*Sonneratia caseolaris L*) atau pedada merupakan salah satu jenis tanaman mangrove yang buahnya dapat dikonsumsi untuk kebutuhan pangan (Kristiningrum, *et al.*, 2021). Buah ini mudah ditemukan di wilayah air payau. Buah ini tidak beracun, dapat langsung dikonsumsi, serta memiliki rasa yang masam dan aromanya unik sehingga menjadi daya tarik tersendiri (Rajis, *et al.*, 2017). Daging buah mangrove pedada kaya akan zat gizi, diantaranya terkandung vitamin A 221,97 IU; vitamin B 5,04 mg; vitamin B2 7,65 mg; dan vitamin C 56,74 mg dalam 100 gram buah mangrove pedada. Di samping itu juga memiliki komponen fitokimia seperti steroid, tripenoid, flavonoid, alkaloid, fenolik, tanin, saponin, fitosterol, karbohidrat dan juga protein (Rahmadhani, *et al.*, 2021). Buah mangrove jenis ini dapat diolah untuk dibuat berbagai macam produk pangan seperti selai, nastar, permen, coklat, dodol, sirup, dan juga minuman sari buah sebagai nilai tambah ekonomi bagi masyarakat yang tinggal di sekitar ekosistem mangrove. Produk sari buah menarik banyak peminat karena hawa tropis Indonesia sehingga membuat masyarakat lebih tertarik dengan minuman yang segar dibandingkan dengan makanan yang manis. Produk sari buah mangrove pedada telah dibuat di beberapa daerah pesisir, akan tetapi proses pembuatannya masih dalam skala *home industry* (Rajis, *et al.*, 2017). Di sisi lain terdapat permasalahan pada usaha sari buah mangrove pedada ini yaitu mengenai masa simpan sari buah agar tidak cepat rusak. Sari buah merupakan jenis minuman yang memiliki daya simpan relatif singkat dikarenakan kadar air yang tinggi sehingga mikroorganisme seperti jamur atau fungi menjadi mudah untuk tumbuh dan berkembang.

Jamur atau fungi merupakan salah satu penyebab pembusukan atau kerusakan dalam produk minuman seperti sari buah mangrove pedada. Selama masa penyimpanan, fungi akan tumbuh di permukaan sari buah tersebut sehingga nutrisi pada sari buah akan rusak dan menghasilkan zat-zat beracun yang dikenal sebagai mikotoksin. Oleh sebab itu diperlukan adanya aplikasi bahan tambahan makanan bersifat antimikroba yang berperan sebagai pengawet dengan tujuan dapat menekan aktivitas fungi seperti kapang maupun khamir untuk meningkatkan daya tahan produk (Andriani, *et al.*, 2016). Sejumlah kriteria harus diperhatikan saat memilih jenis pengawet untuk dapat diaplikasikan ke dalam produk pangan. Idealnya, pengawet harus memiliki spektrum aktivitas yang luas terhadap target organisme pembusuk maupun patogen yang diduga akan tumbuh dalam makanan. Penambahan zat pengawet tidak boleh mengganggu proses mikrobiologis yang diinginkan dan menghasilkan dampak yang minimal terhadap organoleptik produk pangan (Kustyawati, 2020).

Salah satu bahan pengawet makanan yang secara umum digunakan dan tercantum dalam SNI 01-0222-1995 tentang Bahan Tambahan Makanan yakni natrium benzoat. Walaupun natrium benzoat telah dianggap aman selama ini, namun zat tersebut belum sepenuhnya terbukti keamanannya dalam jangka panjang terlebih dengan penggunaan yang berlebihan (Fermanto & Sholahuddin, 2020). Seiring perkembangan ilmu teknologi masa kini, nanoteknologi rupanya telah menjadi pusat perhatian dan selalu menjadi topik hangat dalam dunia penelitian belakangan ini. Nanoteknologi berkembang pesat dalam aplikasi berbagai bidang ilmu mulai dari biomedis, kosmetik, hingga pangan (Yin, *et al.*, 2020).

Salah satu ciri khas yang unik dari material berukuran nano ini yakni memiliki luas permukaan yang besar dan ukuran partikel berada antara 1-100 nanometer. Koloid nanopartikel perak adalah salah satu nanomaterial yang saat ini menarik perhatian sebagai kajian studi para peneliti. Beberapa sifat yang unik,

membuat nanopartikel perak banyak digunakan dalam bidang seperti *nanomedicine*, energi, biomaterial, dan juga pangan. Di samping itu, nanopartikel perak memiliki kemampuan sebagai agen antibakteri anorganik yang tidak beracun karena memiliki sifat bahan yang *biocidal*. Kemampuan toksik dari nanopartikel perak terhadap jamur dan bakteri membuatnya cocok untuk digunakan sebagai bahan antifungal dan antibakteri (Zulaicha, *et al.*, 2021).

Pada saat yang sama, perak (*silver*) telah diadopsi sebagai bahan antimikroba yang relatif bebas dari efek samping (Yin, *et al.*, 2020). Para peneliti telah mempelajari nanopartikel perak (*nanosilver*) yang juga mempunyai kemampuan sebagai fungisida. Efektivitas *nanosilver* tidak hanya karena skala ukuran yang nano tetapi juga rasio besar luas permukaan terhadap volume. Aktivitas antifungi pada *nanosilver* dipengaruhi oleh ukuran nanopartikel dan luas permukaannya, semakin kecil ukuran dan semakin besar luas permukaannya, maka aktivitas antifungi menjadi lebih efektif karena seiring dengan peningkatan kontak dengan fungi (Suryadi, *et al.*, 2022). *Nanosilver* memiliki stabilitas yang baik dan bersifat toksik terhadap bakteri, virus, dan fungi. *Nanosilver* (AgNPs) memberikan spektrum aktivitas antimikroba yang baik serta bersifat sebagai agen antimikroba yang lebih aman (Fanani, Mundriyastutik, Murharyanti, & Desi, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dikaji lebih lanjut mengenai *nanosilver* sebagai agen antifungi dalam sari buah mangrove Khas Kota Surabaya serta uji mutu fisiknya untuk diketahui potensi kedepannya sebagai bahan tambahan pangan berupa pengawet yang lebih ramah dengan minim efek samping.

Metode

Alat dan Bahan

Beberapa alat yang digunakan diantaranya yakni *hot plate*, gelas kimia, neraca analitik, spatula, kaca arloji, batang pengaduk, gelas ukur, labu ukur, corong gelas, pipet tetes, *slide glass*, *cover glass*, pH meter, spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1800, TEM (*Transmission Electron Microscopy*) Tecnai G2 20S-Twin, mikroskop optik Olympus CX23. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain meliputi sari buah mangrove Pedada khas Kota Surabaya, natrium benzoat cap Koepoe-Koepoe, AgNO₃ p.a Merck, natrium sitrat p.a (≥ 99% Merck), akuades.

Sintesis *Nanosilver*

Nanosilver disintesis dari bahan dasar AgNO₃ yang kemudian direduksi menggunakan natrium sitrat. Produk sintesis segera diencerkan dengan akuades untuk mencegah akumulasi ribuan atom perak tereduksi. Jika tidak segera diproses akan menyebabkan terbentuknya endapan perak yang melebihi ukuran nano (Taufikurohmah, *et al.*, 2021).

Nanosilver disintesis dari material dasar AgNO₃ 1000 ppm berupa larutan yang tidak berwarna. Mula-mula dipanaskan air sebanyak 980 mL dalam gelas kimia hingga mendidih. Selanjutnya ditambahkan 20 mL AgNO₃ 1000 ppm dan 2 gram natrium sitrat, lalu diaduk serta ditunggu sampai larutan berubah dari tidak berwarna menjadi kuning keabu-abuan. Setelah terjadi perubahan warna, pemanasan akan dihentikan dan koloid berwarna kuning keabu-abuan yang dihasilkan adalah *nanosilver* 20 ppm. *Nanosilver* siap dianalisis dengan instrumen spektrofotometer UV-Visible dan TEM (Taufikurohmah, *et al.*, 2020).

Karakterisasi *Nanosilver*

Nanosilver hasil sintesis dikarakterisasi dan dianalisis menggunakan dua instrumen yaitu spektrofotometer UV-Vis dan TEM. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengukur stabilitas dengan mengamati perubahan spektra *surface plasmon resonance* (SPR) nanopartikel (Ridwan, *et al.*, 2018). Karakterisasi kestabilan *nanosilver* dilakukan dengan pengamatan absorbansi. Pengamatan dilakukan tiap minggu pada sampel koloidal *nanosilver* selama total waktu empat minggu penyimpanan pada suhu ruang. Sedangkan karakterisasi dari bentuk dan ukuran *nanosilver* 20 ppm diamati menggunakan instrumen TEM dengan skala perbesaran hingga 20 nm (Aini & Taufikurohmah, 2022).

Formulasi Kombinasi Sari Buah Mangrove Pedada dengan *Nanosilver*

Sampel sari buah mangrove pedada didapatkan dari Kawasan Ekowisata Hutan Mangrove Surabaya, Jawa Timur. Sari buah mangrove Pedada dicampur dengan *nanosilver* 20 ppm menggunakan variasi kadar penambahan (%v/v), seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi Kombinasi Sari Buah Mangrove Pedada dengan *Nanosilver*

Formula	Volume Total Sari Buah Mangrove Pedada (50 mL)						K(+)
	K(-)	F1	F2	F3	F4	F5	
Kadar penambahan <i>nanosilver</i> (% v/v)	-	4	8	12	16	20	-
Konsentrasi akhir <i>nanosilver</i> (ppm)	-	0.7629	1.4815	2.1429	2.7586	3.3333	-
Kadar penambahan natrium benzoat (% b/v)	-	-	-	-	-	-	0.1

Identifikasi Aktivitas Antifungi

Aktivitas antifungi dilakukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop optik Olympus CX23 yang didukung dengan *software* OptiLab Viewer 2.2 dan Image Raster 3. Pengamatan dilakukan tiap minggu selama empat minggu dengan perbesaran 4x dan 10x untuk lensa objektif, serta 10x untuk lensa okuler.

a. Pengamatan Mikroskopis dengan bantuan *software* OptiLab Viewer

Sampel yang sudah diposisikan pada kaca preparat, diamati secara mikroskopis dengan perbesaran tertentu menggunakan mikroskop binokuler Olympus CX23 dengan bantuan *software* OptiLab Viewer 2.2 untuk mencuplik gambar dengan cara mengklik menu “capture” maupun merekam video mikroorganisme hidup secara langsung dengan klik menu “record”. Selanjutnya hasil gambar dapat diolah dan dianalisis dengan bantuan *software* Image Raster.

b. Penghitungan Jumlah Fungi (Metode DMC) dengan bantuan *software* Image Raster

Image Raster digunakan untuk mengolah hasil capture gambar dari OptiLab Viewer dengan berbagai menu Icon antara lain *select*, *counter*, *measure*, *calibrate*, *scale*, *blend*, dan *legend* yang dapat digunakan untuk membantu mengukur jumlah fungi dan lain sebagainya.

Uji Mutu Fisik

Uji mutu fisik yang dilakukan meliputi uji organoleptik berupa warna, aroma, tekstur, serta dilakukan uji pH untuk mengamati tingkat keasaman sampel sari buah mangrove.

Hasil dan Pembahasan**Sintesis dan Karakterisasi *Nanosilver***

Pada penelitian ini larutan AgNO_3 digunakan sebagai prekursor, sedangkan natrium sitrat berperan sebagai penyedia ion sitrat dalam proses sintesis *nanosilver* yang bertindak sebagai reduktor, stabilisator, serta agen pengompleks (Ranoszek-Soliwoda, *et al.*, 2019). Pencampuran bahan-bahan tersebut kemudian dipanaskan (Gambar 1.a) hingga diperoleh *nanosilver* 20 ppm yang ditandai dengan terbentuknya warna kuning yang stabil (Gambar 1.b).



Gambar 1. Sintesis *Nanosilver* (a) Sebelum terjadi perubahan warna
(b) Terjadi perubahan warna kuning yang stabil

Pada proses sintesis *nanosilver* tersebut, terjadi perubahan warna larutan dari awalnya tidak berwarna menjadi kuning keabuan yang stabil. Terjadinya perubahan warna menunjukkan adanya eksitasi vibrasi plasmon permukaan pada nanopartikel logam yang terbentuk selama proses sintesis. Perubahan warna larutan koloid hasil sintesis menandakan terjadinya pembentukan *nanosilver*, yang kemudian dikonfirmasi dengan menggunakan metode spektroskopi (Khan, *et al.*, 2019).

1. Karakterisasi *Nanosilver* Menggunakan Spektrofotometer UV Vis

Keberhasilan sintesis *nanosilver* selain ditandai dengan adanya perubahan warna juga dapat dilakukan karakterisasi Spektroskopi UV-Vis yang digunakan untuk mengidentifikasi terbentuknya *nanosilver* berdasarkan pengamatan spektrum nilai panjang gelombang serapan maksimumnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh (Lee & Jun, 2019), (Yerragopu, et al., 2020), dan (Alharbi, et al., 2022) bahwa *nanosilver* menyerap radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang yang berkisar antara 380 – 450 nm, atau dikenal sebagai eksitasi LSPR. Puncak serapan cahaya pada panjang gelombang tersebut menandakan terjadinya fenomena LSPR (*Localized Surface Plasmon Resonance*) sebagai karakteristik optik nanopartikel logam mulia, yakni osilasi koheren kolektif elektron bebas dari permukaan partikel logam setelah adanya interaksi resonansi dengan cahaya datang. Posisi puncak LSPR pada skala panjang gelombang sering digambarkan bergantung pada ukuran dan bentuk partikel nano (Oprica, et al., 2020).

Selain digunakan untuk identifikasi terbentuknya *nanosilver*, Spektroskopi UV-vis juga merupakan suatu metode sederhana dan aman yang dapat digunakan untuk memantau stabilitas *nanosilver* selama masa penyimpanan (Misirli, et al., 2021). Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Oprica, et al., 2020) bahwa Spektrofotometri UV-Vis memungkinkan untuk dapat mempelajari pita LSPR versus stabilitas sampel sitrat-*nanosilver* selama masa penyimpanan. Kestabilan koloid *nanosilver* dapat dipahami melalui pergeseran pada puncak serapan. Apabila terjadi perubahan puncak serapan menuju panjang gelombang yang lebih besar, hal ini menunjukkan bahwa *nanosilver* kurang stabil karena telah terjadi aglomerasi (Taba, Parmitha, & Kasim, 2019). Gaya Van der Waals dan gaya elektrostatik antarpartikel *nanosilver* dapat menyebabkan aglomerasi. Beberapa gaya tersebut merupakan gaya tarikan antarelektro yang dapat menyebabkan jarak antarnanopartikel menjadi berkurang dan akhirnya terbentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar seiring berjalannya waktu (Vasicek, Jenkins, Vaz, Chen, & Stenken, 2017).

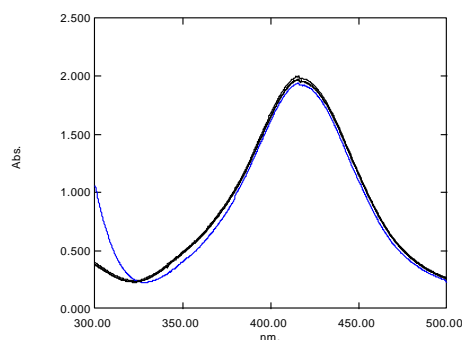
Pada penelitian ini untuk mempelajari sifat optik koloid *nanosilver*, digunakan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1800. Selama empat minggu masa penyimpanan *nanosilver* hasil sintesis diamati stabilitasnya. Pengamatan dilakukan secara mingguan mulai dari minggu pertama hingga minggu keempat. Stabilitas diukur dengan mengamati perubahan spektra resonansi plasmon permukaan nanopartikel yang diperoleh melalui pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Parameter yang diperhatikan mencakup posisi panjang gelombang maksimum dan intensitas puncak serapan (Ridwan, et al., 2018). Hasil pengukuran stabilitas *nanosilver* selama empat minggu penyimpanan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Stabilitas *Nanosilver* Selama Empat Minggu Penyimpanan

Hasil	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
Panjang gelombang maksimum	415.20	415.20	415.20	415.20
Intensitas puncak serapan (absorbansi)	1.9400	1.9732	1.9991	1.9682

Berdasarkan hasil data pengukuran Spektrofotometer UV-Vis yang tercantum pada Tabel 2 menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum sebesar 415.20 nm, hal tersebut menandakan keberhasilan terbentuknya *nanosilver* hasil sintesis sesuai dengan teori yang dikemukakan dalam (Lee & Jun, 2019), (Yerragopu, et al., 2020), dan (Alharbi, et al., 2022) bahwa puncak resonansi plasmon permukaan *nanosilver* terletak pada panjang gelombang yang berkisar antara 380-450 nm. Mengenai stabilitas *nanosilver* hasil sintesis, berdasarkan hasil pengamatan, puncak panjang gelombang maksimum tetap stabil pada 415.20 nm dan tidak mengalami pergeseran sehingga tidak menunjukkan terjadinya perubahan ukuran partikel sesuai dengan teori yang tercantum dalam penelitian (Ridwan, et al., 2018) dan (Vasicek, Jenkins, Vaz, Chen, & Stenken, 2017), di samping itu intensitas puncak serapan (absorbansi) selama masa penyimpanan mengalami fluktuasi namun masih cenderung konstan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa *nanosilver* hasil sintesis memiliki kestabilan yang baik dalam masa penyimpanan selama empat minggu.

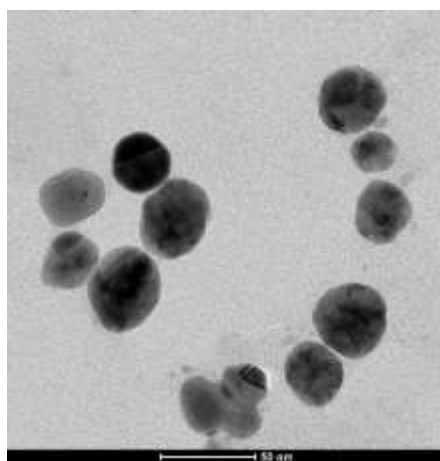
Hasil pengamatan spektra SPR *nanosilver* selama masa penyimpanan empat minggu tidak mengalami pergeseran yang berbeda jauh (masih berhimpit), dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektra Resonansi Plasmon Permukaan *Nanosilver* Selama Empat Minggu Penyimpanan

2. Karakterisasi *Nanosilver* Menggunakan TEM

Pada penelitian ini digunakan instrumen TEM (*Transmission Electron Microscopy*) Tecnai G2 20S-Twin untuk mengamati bentuk morfologi dan ukuran nanopartikel. Hasil yang didapat pada pengujian TEM hingga perbesaran dengan skala 50 nm pada Gambar 3 menunjukkan bahwa morfologi *nanosilver* hasil sintesis berbentuk bulat dengan ukuran partikel yang bervariasi berkisar antara 19-38 nm, dengan rata-rata ukuran sebesar 29,8761 nm.

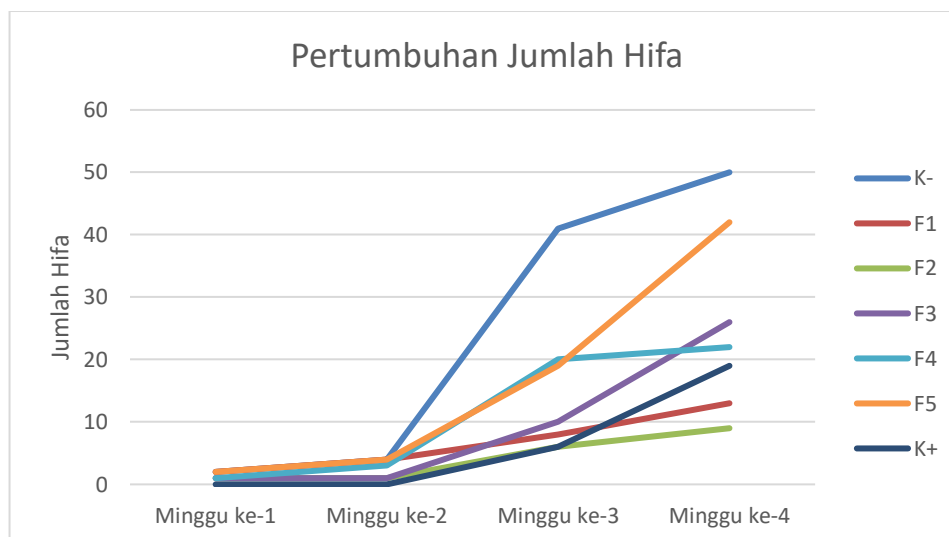


Gambar 3. Morfologi *Nanosilver* 20 ppm hasil sintesis dengan perbesaran hingga skala 50 nm

Berdasarkan hasil analisis TEM pada Gambar 3, menunjukkan bahwa nanopartikel berhasil disintesis dengan memenuhi syarat ukuran partikel yakni antara 1-100 nm dan sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Pascu, et al., 2023) bahwa resonansi plasmon terlokalisasi (LSPR) pada panjang gelombang sekitar 400 nm menunjukkan morfologi utama *nanosilver* yakni berbentuk bulat.

Pengujian Aktivitas Antifungi

Nanosilver yang telah terindikasi terbentuk dengan baik, selanjutnya diformulasikan ke dalam sediaan sari buah mangrove pedada serta dilakukan uji aktivitas antifungi. Pengujian aktivitas antifungi dilakukan untuk memverifikasi kemampuan antifungi yang efektif dari *nanosilver* ketika diaplikasikan dalam sediaan sari buah mangrove Pedada. Pengujian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode *Direct Microscopic Count* (DMC) dengan teknik penghitungan langsung. Beberapa kelebihan dari metode DMC antara lain karena sederhana, mudah, cepat, minim peralatan yang diperlukan, selain itu juga dapat memberi hasil karakterisasi berupa informasi morfologi. Hasil pengamatan pertumbuhan jumlah hifa yang dilakukan dengan metode DMC disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pertumbuhan Jumlah Hifa

Pengamatan dilakukan secara mingguan mulai dari minggu pertama hingga minggu keempat. Pengukuran dilakukan dengan menghitung jumlah hifa yang tumbuh dan terduplik dalam *software* OptiLab Viewer serta diolah menggunakan *software* Image Raster. Sampel sari buah mangrove Pedada tanpa penambahan pengawet maupun *nanosilver* dalam penelitian ini digunakan sebagai kontrol. Laju penghambatan pertumbuhan hifa (*inhibition rate*) dihitung sebagai berikut :

Inhibition rate (%) :

$$\frac{\text{jumlah hifa sampel kontrol} - \text{jumlah hifa setelah perlakuan}}{\text{jumlah hifa sampel kontrol}} \times 100$$

(Li, et al., 2022)

Persentase laju penghambatan formulasi kombinasi sari buah mangrove pedada dengan *nanosilver* terhadap pertumbuhan hifa, tersaji dalam Tabel 3 :

Tabel 3. *Inhibition Rate* (%) *Nanosilver* sebagai Aktivitas Antifungi

KODE SAMPEL	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4	Hasil Uji Friedman
F1	0	0	80.49	74	3.25
F2	50	75	85.37	82	5.00
F3	50	75	75.61	48	3.38
F4	50	25	51.22	56	2.75
F5	0	0	53.66	16	1.25
K+	100	100	85.37	62	5.38

Selanjutnya dilakukan analisis statistik untuk menentukan apakah konsentrasi *nanosilver* berpengaruh terhadap pertumbuhan hifa fungi dalam sari buah mangrove pedada. Analisis tersebut dilakukan berdasarkan hasil aktivitas antifungi yang telah diperoleh dari Tabel 3. Ada perbedaan yang signifikan dalam tingkat aktivitas antifungi antara semua perlakuan, menurut hasil analisis uji Friedman dengan tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Aktivitas antifungi dari *nanosilver* dalam penelitian ini terbukti sangat efektif karena dikarenakan setelah diformulasikan bersama dengan sari buah mangrove Pedada, aktivitas antifunginya tetap baik dan stabil. Pada hasil penelitian ini, koloid *nanosilver* memiliki aktivitas antifungi yang hampir sama

dengan pengawet konvensional yakni natrium benzoat (K+). Hal ini dibuktikan dengan adanya persen *inhibition rate nanosilver* dalam sari buah sebagai hasil pengujian aktivitas antifungi yang terdapat dalam Tabel 3 tersebut, dapat dipahami bahwa perlakuan pada kode sampel F2 menunjukkan aktivitas sebagai antifungi yang cenderung stabil dan paling baik diantara kelima variasi konsentrasi *nanosilver* yang lain.

Uji Mutu Fisik

1. Evaluasi Mutu Fisik dengan Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk menilai sifat organoleptik (kenampakan fisik) sari buah melalui panca indera yang meliputi warna, aroma, dan tekstur. Pengujian organoleptik dilakukan oleh 20 panelis.

a. Warna

Uji organoleptik warna dilakukan untuk menilai pengamatan sifat organoleptik sari buah mangrove pedada dengan berbagai perlakuan (penambahan agen antifungi) melalui persepsi indrawi. Hasil pengamatan warna sediaan sari buah mangrove pedada selama masa penyimpanan ditunjukkan melalui data Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Warna

Formula	Pengamatan Minggu ke-				
	0	1	2	3	4
K-	Kuning	kuning	kuning	kuning pudar	kuning pudar
F1	Kuning	kuning	Kuning	kuning pudar	kuning pudar
F2	Kuning	kuning	Kuning	kuning pudar	kuning pudar
F3	kuning pekat	kuning	Kuning	kuning	kuning pudar
F4	kuning pekat	kuning pekat	Kuning	kuning	kuning pudar
F5	kuning pekat	kuning pekat	Kuning	kuning	kuning pudar
K+	kuning pekat	kuning pekat	kuning gelap	Kuning gelap	kuning gelap

Berdasarkan data pada Tabel 4, diperlihatkan bahwa sampel tanpa diberi perlakuan dan sampel dengan penambahan *nanosilver* memiliki stabilitas warna yang cukup baik hingga pada minggu kedua dan semakin memudar pada minggu setelahnya. Berbeda halnya dengan sampel yang diberi natrium benzoat sebagai agen antifungi, warna tetap stabil hingga pada minggu pertama, dan akan berubah menjadi semakin gelap pada minggu setelahnya. Hasil analisis uji Friedman dengan tingkat kepercayaan 95%, menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang berpengaruh signifikan dari ketujuh perlakuan terhadap warna yang dihasilkan ($p < 0,05$).

Parameter warna juga menjadi salah satu daya tarik terhadap penilaian produk pangan. Dari berbagai mutu produk pangan, warna menjadi daya tarik utama dan faktor paling cepat dalam memberi kesan disukai atau tidak oleh konsumen (Novitasari & Nurfadilah, 2020). Warna dapat menjadi indikator yang jelas sebagai suatu indikasi tingkat kualitas pengolahan makanan, serta untuk mendeteksi kerusakan pada produk pangan (Wintah, Kiswanto, Hayuningtyas, & Nurdin, 2022).

b. Aroma

Uji organoleptik aroma dilakukan untuk menilai pengamatan sifat organoleptik sari buah mangrove pedada dengan berbagai perlakuan (penambahan agen antifungi) melalui persepsi indrawi. Hasil pengamatan aroma sediaan sari buah mangrove pedada selama masa penyimpanan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengamatan Aroma

Formula	Pengamatan Minggu ke-				
	0	1	2	3	4
K-	Kuat	sedang	Sedang	Sedang	lemah
F1	sedang	sedang	Sedang	Sedang	lemah
F2	sedang	sedang	Sedang	Sedang	lemah
F3	sedang	sedang	Sedang	Sedang	lemah
F4	sedang	kuat	Sedang	Sedang	lemah
F5	sedang	kuat	Sedang	Sedang	lemah
K+	sedang	sedang	Lemah	Lemah	Lemah

Aroma merupakan suatu senyawa volatil yang dapat direspon oleh indra penciuman. Aroma juga dapat dipengaruhi oleh suatu komponen yang ditambahkan (Wintah, Kiswanto, Hayuningtyas, & Nurdin, 2022). Berdasarkan hasil pengamatan, sampel sari buah mangrove pedada ketika diberi perlakuan berupa penambahan agen antifungi (baik berupa *nanosilver* maupun natrium benzoat) pada minggu ke-0 mengalami sedikit perubahan aroma dari yang awalnya memiliki aroma khas yang kuat berubah menjadi sedang. Sampel dengan penambahan *nanosilver* memiliki stabilitas aroma yang cukup baik hingga pada minggu ketiga dan semakin lemah pada minggu berikutnya. Berbeda halnya dengan sampel yang diberi natrium benzoat sebagai agen antifungi, aroma tetap stabil hingga pada minggu pertama, dan akan berubah menjadi semakin lemah pada minggu setelahnya.

Analisis sidik ragam dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh penambahan *nanosilver* terhadap aroma sari buah mangrove pedada. Ada perbedaan signifikan antara aroma yang dihasilkan oleh ketujuh perlakuan, menurut hasil analisis varian (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Selanjutnya uji HSD (*Honestly Significant Difference*) atau Tukey dilakukn untuk melakukan pengujian tambahan untuk menentukan kelompok mana yang berbeda signifikan.

Hasil pengujian HSD menunjukkan bahwa perlakuan yang menyebabkan perubahan aroma secara signifikan yakni hanya pada kode sampel K+ (perlakuan sari buah dengan penambahan natrium benzoat). Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa penambahan *nanosilver* dengan konsentrasi yang berbeda dalam sari buah mangrove pedada tidak memberikan pengaruh nyata atau signifikan.

c. Tekstur

Uji organoleptik tekstur (berupa endapan) dilakukan untuk menilai pengamatan sifat organoleptik sari buah mangrove pedada dengan berbagai perlakuan (penambahan agen antifungi) melalui persepsi indrawi. Hasil pengamatan aroma sediaan sari buah mangrove pedada selama masa penyimpanan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengamatan Tekstur

Formula	Pengamatan Minggu ke-				
	0	1	2	3	4
K-	tidak ada	sedikit	sedikit	Banyak	banyak
F1	tidak ada	sedikit	sedikit	Banyak	banyak
F2	tidak ada	sedikit	sedikit	Banyak	banyak
F3	tidak ada	sedikit	sedikit	Banyak	banyak
F4	tidak ada	sedikit	sedikit	Banyak	banyak
F5	sangat sedikit	sedikit	sedikit	Sedikit	banyak
K+	tidak ada	sangat sedikit	sangat sedikit	sangat sedikit	sedikit

Berdasarkan hasil pengamatan, sampel tanpa penambahan agen antifungi dan sampel dengan penambahan *nanosilver* memiliki stabilitas tekstur yang hampir sama (berupa terbentuknya endapan). Berbeda halnya dengan sampel yang diberi perlakuan dengan penambahan natrium benzoat, endapan yang terbentuk lebih sedikit (lebih homogen).

Hasil analisis varian (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95%, menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang berpengaruh signifikan dari ketujuh perlakuan terhadap aroma yang dihasilkan ($p < 0,05$). Untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda signifikan maka dilanjutkan dengan pengujian HSD (*Honestly Significant Difference*) atau Tukey.

Hasil pengujian HSD menunjukkan bahwa perlakuan yang menyebabkan perubahan aroma secara signifikan yakni hanya pada kode sampel K+ (perlakuan sari buah dengan penambahan natrium benzoat). Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa penambahan *nanosilver* dengan konsentrasi yang berbeda dalam sari buah mangrove pedada tidak memberikan pengaruh nyata atau signifikan pada tekstur yang dihasilkan.

2. Evaluasi Derajat Keasaman (pH)

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menunjukkan seberapa asam suatu larutan adalah derajat keasaman (pH). Pengujian pH dilakukan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan buffer. Hasil pengukuran nilai pH sari buah mangrove pedada selama masa penyimpanan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai pH Sari Buah Mangrove Pedada Selama Masa Penyimpanan

Kode Sampel	Lama Penyimpanan				
	Minggu ke-0	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
K-	4.3	3.4	3.5	3.5	3.5
F1	4.2	3.4	3.5	3.6	3.1
F2	3.8	3.4	3.5	3.6	3.1
F3	3.7	3.5	3.6	3.8	3.0
F4	3.7	3.6	3.6	3.9	3.2
F5	3.7	3.7	3.6	4.2	3.2
K+	4.0	4.4	4.6	5.1	4.0

Berdasarkan data pada tabel tersebut, diperlihatkan bahwa nilai pH sari buah mangrove pedada berkisar antara 3,0 – 5,1. Rata-rata nilai pH paling rendah dihasilkan dari kode sampel F2 (sari buah dengan penambahan *nanosilver* sebanyak 8%) dan rata-rata nilai pH paling tinggi dihasilkan dari kode sampel K+. Hasil analisis varian (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95%, menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang berpengaruh signifikan dari ketujuh perlakuan terhadap nilai Derajat Keasaman (pH), dimana $F_{hitung}(8,047) > F_{tabel}(4,139)$ dan signifikansi $< 0,05$.

Untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda signifikan maka dilanjutkan uji HSD (*Honestly Significant Difference*) atau Tukey. Hasil pengujian HSD menunjukkan bahwa perlakuan yang menyebabkan perubahan nilai pH secara signifikan yakni hanya pada kode sampel K+ (perlakuan sari buah dengan penambahan natrium benzoat). Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa penambahan *nanosilver* dengan konsentrasi yang berbeda dalam sari buah mangrove pedada tidak memberikan pengaruh nyata atau signifikan.

Simpulan

Penambahan *nanosilver* memberikan pengaruh yang berbeda nyata di tiap konsentrasinya terhadap aktivitas antifungi dalam sari buah mangrove pedada Khas Kota Surabaya. Perlakuan pada sampel F2 (dengan kadar penambahan *nanosilver* 8%) merupakan formulasi optimum dari semua perlakuan. Pada uji organoleptik, penambahan *nanosilver* hanya memberikan pengaruh nyata pada warna namun tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada mutu fisik berupa aroma, tekstur, dan juga pH.

Daftar Referensi

- 'Aini, F. Q., & Taufikurohmah, T. (2022, April). The Effect of Nanogold-Nanosilver Injection on Increasing the Immunity of Community Affected by Covid-19. *International Journal of Current Science Research and Review*, *V*(4), 1116-1125. doi:10.47191/ijcsrr/V5-i4-34
- Alharbi, N. S., Alsubhi, N. S., & Felimban, A. I. (2022). Green Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Medicinal Plants: Characterization and Application. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *XV*, 109-124. doi:10.1016/j.jrras.2022.06.012
- Andriani, D., Efendi, R., & Harun, N. (2016, Februari 1). Mutu Sirup Buah Pedada (Sonneratia Caseolaris) Selama Penyimpanan dengan Penambahan Natrium Benzoat. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Pertanian*, *III*(1).
- Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya. (2023). *Mangrove Wonorejo Rungkut*. Retrieved Mei 4, 2023, from <https://bappedalitbang.surabaya.go.id/ecobis/wisata/kategori-detail/42>
- Fanani, Z., Mundriyastutik, Y., Murharyanti, R., & Desi, B. A. (2022). Pengaruh Konsentrasi Nano-Partikel Perak Hasil Biosintesis Dekokta Kulit Manggis Terhadap Mutu Fisik Sediaan Serum. *Jurnal Farmagazine*, *IX*(1), 29-34.
- Fermanto, & Sholahuddin, M. A. (2020). Studi Ilmiah Halal Food Additive Yang Aman Dikonsumsi dan Baik Bagi Kesehatan. *Journal of Halal Product and Research (JHPR)*, *III*(2), 95-104. doi:10.20473/jhpr.vol.3-issue.2.95-105
- Hertati, D. (2020). Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan: Analisis Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya. *Global and Policy Journal of International Relations*, *VIII*(2), 147-158.
- Khan, M. J., Shameli, K., Sazili, A. Q., Selamat, J., & Kumari, S. (2019). Rapid Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Arbitrated by Curcumin in an Alkaline Medium. *Molecules*, *XXIV*(719), 1-12. doi:10.3390/molecules24040719
- Kristiningrum, R., Sari, W. I., Lahjie, A. M., & Ruslim, Y. (2021). Analisis Titik Impas Pembuatan Sirup Pedada (Sonneratia caseolaris L) Pojok Sadar Wisata Tiram Tambun di Kelurahan Mentawir. *Jurnal AGRIFOR*, *XX*(1), 81-90.
- Kustyawati, M. E. (2020). *Mikrobiologi Hasil Pertanian*. Bandar Lampung: Pusaka Media.
- Lee, S. H., & Jun, B.-H. (2019). Review Silver Nanoparticles: Synthesis and Application for Nanomedicine. *International Journal of Molecular Sciences*, *VIII*, 1-24.
- Li, L., Pan, H., Deng, L., Qian, G., Wang, Z., Li, W., & Zhong, C. (2022). The Antifungal Activity and Mechanism of Silver Nanoparticles Against Four Pathogens Causing Kiwifruit Post-Harvest Rot. *Frontiers in Microbiology*, 1-16. doi:10.3389/fmicb.2022.988633
- Maharani, D. K., & Savitri, D. (2020). Peningkatan Produktivitas Minuman Mangrove Melalui Diversifikasi Jenis dan Kemasan Pada Kelompok Pengolah Pemasar Mina Sentosa Pasuruan. *Jurnal ABDI*, *V*(2), 79-82.
- Novitasari, M., & Nurfadilah. (2020). Pengaruh Penambahan Sari Buah Mangga (*Mangifera indica*) Terhadap Pembuatan Sirup Buah Mangrove Pedada (*Sonneratia caseolaris*). *KAUDERNI : Journal of Fisheries, Marine and Aquatic Science*, *II*(1), 75-81.
- Oprica, L., Andries, M., Sacarescu, L., Popescu, L., Pricop, D., Creanga, D., & Balasoiu, M. (2020). Citrate-Silver Nanoparticles and Their Impact On Some Environmental Beneficial Fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*(27), 3365-3375.

- Pascu, B., Negrea, A., Ciopec, M., Duteanu, N., Negrea, P., Bumm, L. A., . . . Duda-Seiman, D. M. (2023). Silver Nanoparticle Synthesis via Photochemical Reduction with Sodium Citrate. *International Journal of Molecular Sciences*, XXIV(1). doi: 10.3390/ijms24010255
- Rahmadhani, S., Wulan Dari, D., & Junita, D. (2021). Gambaran Karakteristik Kimia Minuman Sari Buah Pedada (*Sonneratia* sp.) dengan Penambahan Gula Stevia (*Stevia rebaudiana*). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan (JSTP)*, VI(1), 3731-3744.
- Rajis, Desmelati, & Leksono, T. (2017, Juni). Pemanfaatan Buah Mangrove Pedada (*Sonneratia caseo-laris*) sebagai Pembuatan Sirup terhadap Penerimaan Konsumen. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, XXII(1), 51-60.
- Ranoszek-Soliwoda, K., Tomaszewska, E., Malek, K., Celichowski, G., Orłowski, P., Krzyzowska, M., & Grobelny, J. (2019). The synthesis of monodisperse silver nanoparticles with plant extracts. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*(177), 19-24. doi:10.1016/j.colsurfb.2019.01.037
- Ridwan, R. N., Gusrizal, Nurlina, & Santosa, S. J. (2018). Sintesis dan Studi Stabilitas Nanopartikel Perak Tertudung Asam Salisilat. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, I(3), 83-90.
- Rukmana, S. N., & Handiwati, M. (2020). Daya Dukung Wisata Mangrove Wonorejo di Kota Surabaya Berdasarkan Aspek Fisik, Lingkungan, dan Efektifitasnya. *WAKTU : Jurnal Teknik Unipa*, XVIII(2), 1-9.
- Salsabila, D. I., Machfidho, A., Salsabila, R. A., Anggraini, A. V., Prasetyo, A. D., Rahmatullah, A. A., . . . Husna, A. ' . (2023). Pengolahan Buah Mangrove Pedada (*Sonneratta caseolaris*) Sebagai Sirup di Kawasan Sukorejo, Gresik. *SEWAGATI, Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, VII(1), 106-112.
- Satoto, H. F., & Sudaryanto, A. (2020, Februari). Pengolahan Buah Mangrove menjadi Sirup Mangrove "Bogem" di Kawasan Wisata Hutan Mangrove Surabaya. *Journal of Community Service Consortium*, I(1), 32-40.
- Suryadi, Y., Susilowati, D. N., & Samudra, I. M. (2022). Biosintesis nanopartikel perak (AgNP) Menggunakan *Bacillus firmus* E65 dan Aktivitasnya Terhadap Mikroba Patogen. *Agrointek*, XVI(2), 204-212.
- Taba, P., Parmitha, N. Y., & Kasim, S. (2019). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Bioreduktor Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan. *Indonesian Journal of Chemistry*, VII(1), 51-60.
- Taufikurohmah, T., Novitasari, T. A., & Soepardjo, D. (2021, January). The Effect of Nanogold-Nanosilver for Immune Enhancement of Drug Abuse Victims in Areas Affected by COVID-19. *International Journal of Current Science Research and Review*, IV(1), 32-39. doi:10.47191/ijcsrr/V4-i1-06
- Taufikurohmah, T., Soepardjo, D., Rusmini, & Armadianto, H. (2020). Synthesis and Characterization of Nanogold-Nanosilver Cluster Diameter Using UV-Visible Instruments and TEM Electron Microscope Transform Instruments. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 390, 146-151.
- Vasicek, T. W., Jenkins, S. V., Vaz, L., Chen, J., & Stenken, J. A. (2017). Thermoresponsive Nanoparticle Agglomeration/Aggregation in Salt Solutions: Dependence on Graft Density. *Journal of Colloid and Interface Science*, 506, 338-345. doi:10.1016/j.jcis.2017.07.044
- Vionita, N. N., & Insafitri. (2020). Analisis Proksimat Daun dan Propagul Mangrove (*Avicennia marina* dan *Avicennia lanata*) di Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya. *JUVENIL : Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, I(1), 47-57.

- Wintah, Kiswanto, Hayuningtyas, A., & Nurdin. (2022). Effect of the Concentration of Added Sugar on Organoleptic Properties of Mangrove Syrup from *Sonneratia alba* fruit. *J-Kesmas: Jurnal Fakultas Kesehatan Masyarakat*, IX(1), 63-66.
- Yerragopu, P. S., Hiregoudar, S., Nidoni, U., Ramappa, K. T., Sreenivas, A. G., & Doddagoudar, S. R. (2020). Chemical Synthesis of Silver Nanoparticles Using Tri-sodium Citrate, Stability Study and Their Characterization. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, XXI(3), 37-50.
- Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry. *International Journal of Nanomedicine*(15), 2555-2562.
- Zulaicha, A. S., Saputra, I. S., Sari, I. P., Ghifari, M. A., Yulizar, Y., Permana, Y. N., & Sudirman. (2021). Green Synthesis Nanopartikel Perak (AgNPs) Menggunakan Bioreduktor Alami Ekstrak Daun Ilalang (*Imperata cylindrica* L) . *RJNAS : Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, I(1), 11-19.