



Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase Nanopartikel Perak Menggunakan Alga Merah *Gracilaria verrucosa*

Evika Sandi Savitri dan Ahmad Efendi

Program Studi Biologi, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Jl. Gajayana No 50 Malang, Jawa Timur
Email; evikasandi@bio.uin-malang.ac.id

ABSTRAK

Alga merah memiliki pigmen unik warna merah yang disebut dengan fikoeritrin. Pigmen tersebut dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan. *Gracilaria verrucosa* merupakan salah satu jenis alga merah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. *Gracilaria verrucosa* memiliki kandungan Alkaloid, flavonoid, vitamin C, karotenoid, serta klorofil a dan b. senyawa-senyawa tersebut berperan sebagai antioksidan. Pembentukan nanopartikel diperlukan untuk meningkatkan aktivitasnya. Antioksidan dapat menjadi salah satu solusi untuk menghambat dan mencegah terjadi kerusakan kolagen yang menyebabkan kulit menjadi keriput., sehingga dapat berperan dalam mencegah penuaan dini pada kulit. Sintesis nanopartikel pada penelitian ini menggunakan metode Green Synthesis Silver Nanoparticles (AgNPs). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekstrak menjadi bioreduktor nanopartikel perak, aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak menggunakan *Gracilaria verrucosa*. Karakterisasi AgNPs dilakukan dengan Particle size analyzer. Metode pengujian aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode DPPH. Uji aktivitas penghambatan enzim kolagenase dilakukan menggunakan substrat kolagen. Pembacaan absorbansi dilakukan menggunakan UV-Vis spektrofotometer dengan panjang gelombang 517 nm untuk aktivitas antioksidan dan 578 nm untuk aktivitas penghambatan enzim kolagenase. Nilai IC₅₀ dianalisis menggunakan regresi linier. Analisis korelasi dilakukan menggunakan analisis korelasi pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AgNPs *Gracilaria verrucosa* memiliki ukuran 11 nm dengan nilai zeta potensial +200 mV. aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ 41,73 ± 2,16 mg/L, lebih baik daripada ekstrak (IC₅₀ = 83,43 ± 2,89 mg/L). AgNPs *Gracilaria verrucosa* memiliki aktivitas penghambatan enzim kolagenase lebih baik dengan IC₅₀ 52,579 ± 10,38 mg/L daripada ekstrak dengan IC₅₀ 122,35 ± 3,50 mg/L. Nilai korelasi 0,906 menunjukkan bahwa korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase bersifat positif dengan kategori kuat.

Kata Kunci: nanopartikel perak, antioksidan, anti collagenase, *Gracillaria verrucosa*

PENDAHULUAN

Green Synthesis silver nanoparticles (AgNPs) merupakan salah satu metode sintesis nanopartikel yang banyak digunakan karena memiliki keunggulan, diantaranya *non toxic*, ramah lingkungan, aman, dan memiliki stabilitas lebih baik (Parveen *et al.*, 2016). Beberapa penelitian telah menggunakan makroalga untuk menyintesis nanopartikel, baik golongan alga hijau (*Ulva fasciata*) dengan ukuran 7 nm, alga coklat (*Sargassum wightii*) dengan ukuran 8-27 nm, maupun alga merah (*Gelidium amansii*) dengan ukuran 27-54 nm (Ahmad *et al.*, 2019).



Penelitian pemanfaatan makroalga dibidang kosmetik yang berkembang saat ini yaitu dengan pembentukan nanopartikel (Sanaeimehr *et al.*, 2018). Penggunaan teknologi nano untuk membentuk partikel berukuran nano (1-100 nm) dapat membantu meningkatkan keefektifan suatu senyawa terhadap target (Ibm *et al.*, 2016). Pengaplikasian nanopartikel pada antioksidan di bidang biologi dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan kompatibilitas, stabilitas, dan ketepatan yang lebih baik pada target (Kumar *et al.*, 2020).

Penelitian terdahulu telah melaporkan adanya aktivitas antioksidan pada spesies *Gracilaria verrucosa*. ekstrak *Gracilaria verrucosa* memiliki aktivitas antioksidan yang berbeda-beda. Menurut Gouda *et al.*, (2013) nilai IC₅₀ ekstrak *Gracilaria verrucosa* sebesar 71,69 mg/L. Menurut Ibrahim dkk., (2020) ekstrak *Gracilaria verrucosa* memiliki nilai IC₅₀ sebesar 8,29 mg/L.

Mekanisme *photoaging* bermula karena paparan radiasi sinar UV yang menyebabkan peningkatan ROS. Hal tersebut dapat menyebabkan pengaktifan protein AP-1 yang merupakan faktor transkripsi yang teraktifasi akibat meningkatnya MAPKs. Akibat dari peristiwa tersebut, terjadi pengaktifan MMPs atau enzim kolagenase yang dapat mendegradasi kolagen. Selain itu *suppresor* reseptor TGF- β menurun. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan sintesis prokolagen. Akibatnya kandungan kolagen yang ada pada lapisan dermal berkurang (Andrade *et al.*, 2021; Jadoon *et al.*, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nanopartikel perak menggunakan *Gracilaria verrucosa* sebagai bioreduktor. Untuk mengetahui aktivitas antioksidan, aktivitas penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak menggunakan alga merah *Gracilaria verrucosa* dan untuk mengetahui korelasi antara aktivitas antioksidan dengan penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak menggunakan alga merah *Gracilaria verrucosa*

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga Juli 2021. Tahap persiapan dan pengujian aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian ukuran nanopartikel dilakukan di Laboratorium Farmasi, Program studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain alat tulis, *freezer*, gelas kimia, kamera, kertas label, kuvet, mikropipet, neraca analitik, spatula, sentrifuge, tabung reaksi, tip, tube, UV-Vis spektrofotometer. *Particle Size Analyzer*.



Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain aquades asam askorbat, kolagen, buffer trisin, DPPH, enzim kolagenase (*Clostridium histolyticum*), etanol absolut (96%), folin, sampel nanopartikel *Gracilaria* sp., silver nitrat (AgNO_3), TCA dan tirosin.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi *Gracilaria verrucosa*

Pembuatan ekstrak diawali dengan disiapkannya sampel *Gracilaria verrucosa*. Kemudian sampel dihaluskan menggunakan blender. Selanjutnya hasil blender disaring menggunakan saringan 0,05 mm. Setelah itu ditimbang total sampel yang didapatkan. Selanjutnya sampel dilarutkan ke dalam pelarut aquades dengan perbandingan sampel:aquades (1:10) g/mL. Kemudian larutan dihomogenkan. Setelah itu larutan dimasukkan ke dalam tube 15 ml. Selanjutnya disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 15 menit dengan suhu 4°C. Hasil ekstrak *Gracilaria verrucosa* merupakan supernatan dari hasil sentrifugasi. Kemudian ekstrak disaring menggunakan kertas saring Whatmann No. 1.

Sintesis Nanopartikel Perak

Pembuatan nanopartikel perak mangacu pada penelitian Rajivgandhi *et al.* (2020). Pertama dimasukkan 10 mL filtrat *Gracilaria verrucosa* ke dalam labu ukur yang berisi 90 mL silver nitrat (AgNO_3) 1mM rasio (1:9). Kemudian diinkubasi ke ruangan gelap selama 1 jam pada suhu ruang. Terbentuknya AgNPs ditandai dengan berubahnya warna larutan menjadi kuning pucat. Selanjutnya larutan dipindahkan ke dalam tube. Kemudian larutan disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 30 menit pada suhu 20°C. Selanjutnya diambil pelet dan dikeringkan pada suhu 45°C selama 24 jam.

Uji Distribusi Partikel

Pengujian distribusi partikel diawali dengan dilarutkan sampel 1 mg/10 ml. Kemudian sampel dihomogenkan dengan vortex. Selanjutnya sampel diambil sebanyak 1 µl kemudian dimasukkan ke dalam alat *Particle Size Analyzer*. Data hasil pengujian distribusi partikel tercatat dalam komputer yang terhubung pada alat.

Uji Aktivitas Antioksidan

Uji Antioksidan menggunakan uji DPPH diawali dengan disiapkannya sampel dengan seri konsentrasi yang telah dibuat. Selanjutnya diambil 500 µL masing-masing sampel dan dimasukkan ke dalam tube untuk direaksikan. Kemudian masing masing ditambahkan larutan DPPH sebanyak 500 µL yang diambil dari larutan stok DPPH. Masing-masing sampel dibuat ulangan sebanyak 3 kali. Setelah itu diinkubasi pada tempat gelap pada suhu 37°C selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan pembacaan absorbansi menggunakan UV-Vis spektrofotometer dengan panjang gelombang 517 nm, kemudian dilakukan pembacaan sebanyak 3 kali pada setiap sampel. Digunakan asam askorbat sebagai standar.



Perhitungan persentase penghambatan DPPH adalah sebagai berikut (Molyneux,2004):

$$\% \text{Penghambatan DPPH} = \frac{\text{Absorbansi kontrol} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi sampel}} \times 100$$

Uji Penghambatan Enzim Kolagenase

Metode pengujian penghambatan enzim kolagenase pada penelitian ini mengacu pada Nurhayati *et al.*, (2013) dan Baehaki *et al.*, (2012) dengan modifikasi.

Perhitungan persentase penghambatan enzim dilakukan dengan melihat aktivitas enzim kolagenase yang direaksikan dengan sampel. Rumus yang digunakan dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

$$UA = \frac{\text{Absorbansi sampel} - \text{Absorbansi blanko}}{\text{Absorbansi standar} - \text{absorbansi blanko}} \times P \times 1/T$$

Keterangan:

UA/mL = jumlah tirosin yang dihasilkan per enzim per menit

P = Pengenceran

T = waktu inkubasi (10 menit)

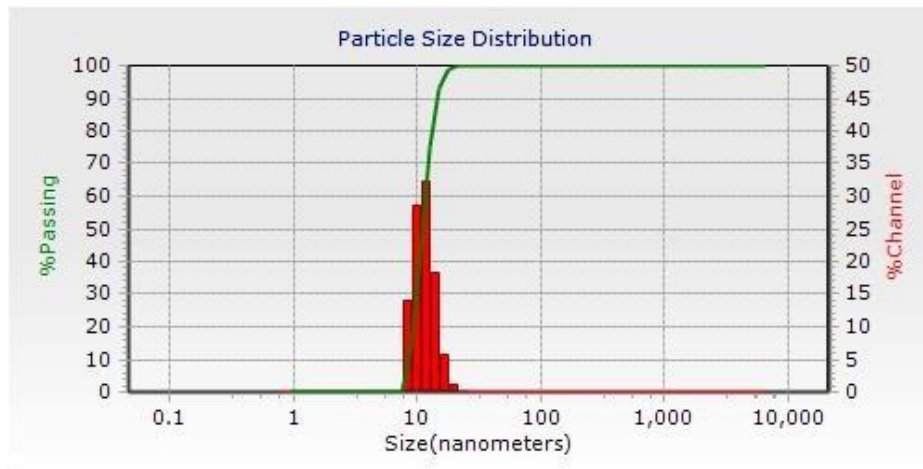
Selanjutnya, persentase penghambatan enzim dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Nurhayati dkk., 2013):

$$\% \text{Penghambatan} = 1 - \frac{\text{Aktivitas Enzim Kolagenase dengan inhibitor}}{\text{Aktivitas Enzim Kolagenase tanpa inhibitor}} \times 100\%$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa*

Distribusi ukuran nanopartikel yang terbentuk pada penelitian yang telah dilakukan rata-rata adalah 11 nm, berada di dalam rentang yang sama dengan penelitian Rajivgandhi *et al.*, (2020) yang menggunakan spesies *Gracilaria corticata* menghasilkan ukuran nanopartikel perak dengan rentang 10-100 nm.



Gambar 1. Distribusi Ukuran Partikel AgNPs *Gracilaria verrucosa*

Kestabilan nanopartikel dapat diukur dengan melihat nilai zeta potensial. Nilai Zeta potensial nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa* sebesar +200mV. Nilai tersebut berada dalam kategori kestabilan yang sangat baik. Data zeta potensial AgNPs *Gracilaria verrucosa* dapat dilihat pada gambar 4.2. Hal tersebut sesuai dengan u8 yang menyatakan bahwa zeta potensial merupakan teknik yang dapat menentukan muatan permukaan dari nanopartikel. Kategori dengan nilai 0 hingga ± 5 mV memiliki sifat mudah terkoagulasi. Nilai antara ± 10 hingga ± 30 mV menunjukkan bahwa nanopartikel tersebut tidak stabil. Kestabilan dengan kategori sedang ditunjukkan dengan nilai ± 31 hingga ± 40 mV. Kemudian nilai ± 41 hingga ± 60 memiliki kestabilan yang baik. Kestabilan dengan kategori sangat baik ditunjukkan dengan nilai zeta potensial lebih besar daripada ± 60 .

Tabel 1. Karakteristik AgNPs *Gracilaria verrucosa* menggunakan PSA (Particle Size Analyzer)

Particle shape	Spherical
Zeta Potential	+ 200mV
MV (Mean Value Diameter) (nm)	22,72
MN (Mean Number Diameter) (nm)	10,67
MA (Mean Diameter) (nm)	11,54
PDI (Polydispersion Index)	0,135

Nanopartikel perak yang diuji memiliki bentuk *spherical* atau bulat. Bentuk bulat pada nanopartikel memiliki beberapa keuntungan. Menurut Ankamwar (2012) bentuk nanopartikel merupakan parameter yang dapat berpengaruh pada serapan sel, kecepatan dan penghantaran suatu obat. Interaksi preferensial dari protein spesifik dapat dicapai dengan pemilihan bentuk nanopartikel yang tepat. Bentuk nanopartikel bulat merupakan opsi yang baik untuk sistem penghantaran obat. Menurut Gatoo *et al.*, (2014) bentuk



nanopartikel bulat memiliki toksisitas yang lebih rendah meskipun dalam keadaan heterogen maupun homogen. Menurut Truong *et al.*, (2015) bentuk nanopartikel bulat memiliki kekuatan yang lebih tinggi untuk berinteraksi dengan permukaan sel.

Nanopartikel perak yang telah diuji memiliki nilai MV sebesar 27,22. Nilai tersebut merupakan tipe dari rata-rata ukuran partikel yang besar. Implementasi dari nilai MV yaitu untuk melihat berat yang sangat dipengaruhi oleh partikel kasar (Microtox, 2005). Nilai MN dari nanopartikel perak yang telah diuji adalah sebesar 10,67. Nilai tersebut dihitung dari distribusi volume yang menunjukkan partikel yang kecil. Hal tersebut merupakan tipe dari rata-rata ukuran partikel yang berhubungan dengan populasi. Nilai MA pada nanopartikel perak adalah sebesar 11,54. Nilai tersebut merupakan jenis dari rata-rata yang memiliki nilai lebih kecil dari pada nilai MV dengan adanya partikel kasar. Nilai MA menunjukkan partikel yang lebih kecil. Perhitungan nilai MA menunjukkan pengujian permukaan partikel (Microtrac, 2005).

Nilai PDI (*Polydispersion index*) pada AgNPs *Gracilaria verrucosa* sebesar 0,135. Nilai tersebut menunjukkan bahwa partikel yang diuji termasuk ke dalam kategori *monodispers*, artinya sampel yang diuji memiliki tingkat homogenitas yang tinggi. Hal tersebut sesuai dengan Manosalva *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa nilai PDI kurang dari 0,3 mengindikasikan bahwa nanopartikel yang diuji merupakan sampel *monodisperse*, hal tersebut berhubungan dengan nilai zeta potensial, jika sampel memiliki kestabilan yang lebih baik, maka sampel tersebut memiliki morfologi yang homogen.

Aktivitas Antioksidan

Penelitian aktivitas antioksidan pada *Gracilaria verrucosa* yang telah dilakukan menggunakan α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH) dengan konsentrasi sampel 12,5, 25, 50, 100 dan 200 ppm didapatkan hasil yang berbeda antara ekstrak dan hasil nanopartikel perak (AgNPs). Hasil aktivitas antioksidan ekstrak dan AgNPs *Gracilaria verrucosa* dapat dilihat pada tabel 4.1. Nilai IC₅₀ AgNPs *Gracilaria verrucosa* sebesar $41,73 \pm 2,16$ mg/L, lebih baik dibandingkan dengan nilai IC₅₀ ekstrak dengan nilai $83,43 \pm 2,89$ mg/L, namun, lebih rendah dibandingkan dengan Asam askorbat yang bertindak sebagai kontrol positif dengan nilai $5,41 \pm 0,015$ mg/L.

IC₅₀ dibagi menjadi beberapa kategori. Kategori IC₅₀ sangat kuat jika nilai kurang dari 50. Kategori IC₅₀ kuat jika nilai ada direntang 50 hingga 100. Kategori IC₅₀ sedang jika nilai ada direntang 100 hingga 150. Kategori IC₅₀ lemah ada di rentang nilai 150 hingga 200. Nilai IC₅₀ lebih dari 200 termasuk ke dalam kategori sangat lemah (Yuniarti *et al.*, 2020).



Tabel 2. Aktivitas Antioksidan AgNPs, Ekstrak *Gracilaria verrucosa*, dan asam askorbat.

Sampel	Konsentrasi (ppm)	% Penghambatan DPPH	IC50 MEAN± SD (mg/L)	Kategori (Yuniarti <i>et al.</i> , 2020)
AgNPs <i>Gracilaria verrucosa</i>	12,5	47,39	41,73 ±2,16	Sangat Kuat
	25	49,71		
	50	50,46		
	100	51,32		
	200	52,72		
Ekstrak <i>Gracilaria verrucosa</i>	12,5	43,67	83,43 ± 2,89	Kuat
	25	44,56		
	50	49,05		
	100	51,03		
	200	52,66		
Asam Askorbat	1	10,81	5,41 ± 0,015	Sangat Kuat
	2	13,88		
	4	28,99		
	8	55,32		
	16	86,07		

Nilai IC₅₀ AgNPs *Gracilaria verrucosa* yang lebih besar dibandingkan dengan ekstrak membuktikan bahwa pembentukan *Green synthesis silver nanoparticles* menggunakan alga merah *Gracilaria verrucosa* berhasil meningkatkan aktivitas antioksidan. Hal tersebut sesuai dengan Rajivgandhi *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa pembentukan nanopartikel perak pada *Gracilaria corticata* dapat meningkatkan aktivitas antioksidan. Penelitian Mittal, *et al.*, (2012) juga melaporkan bahwa nanopartikel perak memiliki aktivitas yang lebih baik daripada ekstrak, hal ini dapat terjadi karena adanya senyawa fitokimia yang menjadi *capping agent* pada silver yang bertindak sebagai katalisator dan memiliki aktivitas antioksidan melalui mekanisme *hydrogen atom transfer* (HAT) maupun *single electron transfer* (SET) secara simultan.

Aktivitas Penghambatan Enzim Kolagenase

Pengujian aktivitas penghambatan enzim kolagenase oleh sampel nanopartikel, ekstrak, dan asam askorbat memiliki nilai penghambatan yang berbeda. Hasil persentase aktivitas penghambatan enzim kolagenase pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4. Hasil perhitungan aktivitas penghambatan enzim kolagenase oleh sampel nanopartikel memiliki nilai IC₅₀ 52,58 ± 10,38 mg/L yang termasuk ke dalam kategori kuat, sedangkan persentase aktivitas penghambatan enzim kolagenase oleh sampel ekstrak memiliki nilai IC₅₀ 122,35 ± 3,50 mg/L yang termasuk dalam kategori sedang. Asam askorbat sebagai



kontrol positif memiliki persentase aktivitas penghambatan enzim kolagenase dengan nilai IC₅₀ yang termasuk ke dalam kategori sangat kuat, dengan nilai 42,89 ± 6,421 mg/L.

Tabel 4. Aktivitas Penghambatan Enzim Kolagenase oleh AgNPS, Ekstrak *Gracilaria verrucosa*, dan Asam Askorbat

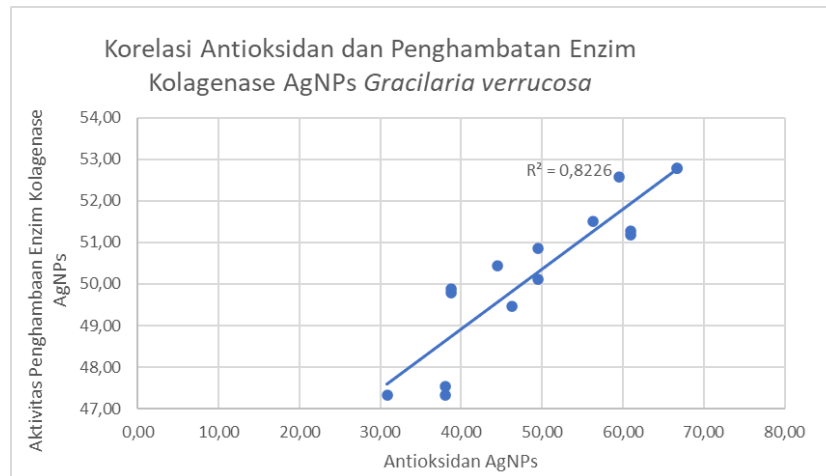
Sampel	Konsentrasi (ppm)	% Penghambatan Enzim Kolagenase	IC50 MEAN± SD (mg/L)	Kategori (Tanur <i>et al.</i> , 2020)
AgNPs <i>Gracilaria verrucosa</i>	12,5	35,65	52,58 ± 10,38	Kuat
	25	41,27		
	50	47,85		
	100	59,45		
	200	64,35		
Ekstrak <i>Gracilaria verrucosa</i>	12,5	31,34	122,35 ± 3,50	Sedang
	25	40,91		
	50	40,79		
	100	47,61		
	200	54,78		
Asam Askorbat	1	17,58	42,89 ± 6,421	Sangat Kuat
	2	22,13		
	4	24,40		
	8	36,60		
	16	41,87		

Ukuran nanopartikel pada *Gracilaria verrucosa* dapat menjadi salah satu penyebab meningkatnya aktivitas penghambatan enzim kolagenase, hal ini dapat terjadi karena ukuran yang kecil memiliki luas permukaan yang luas, sehingga senyawa-senyawa nanopartikel dapat mudah menempel pada sisi aktif enzim. Hal tersebut sesuai dengan Gajbhiye & Sakharwade, (2016) yang menyatakan bahwa semakin kecil ukuran nanopartikel, semakin besar luas permukaannya, reaktifitasnya akan semakin meningkat. Menurut Bhatia & Kumari, (2021) adanya senyawa fitokimia pada AgNPs dapat menyebabkan adanya interaksi penghambatan kolagenase. menurut Radwan *et al.*, (2020) selama pembentukan AgNPS, senyawa fitokimia mungkin berinteraksi dengan ion metal sehingga menghasilkan senyawa baru yang menghasilkan aktivitas penghambatan yang berbeda.

Korelasi Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa*

Korelasi antara aktivitas antioksidan dan aktivitas penghambatan enzim oleh nanopartikel perak yang disintesis oleh alga merah *Gracilaria verrucosa* dihitung menggunakan

korelasi Pearson. Nilai korelasi yang didapatkan memiliki nilai 0,906 (Gambar 2). Nilai R didapatkan dari hasil akar nilai R^2 linier. Korelasi tersebut termasuk ke dalam korelasi positif.



Gambar 2. Korelasi Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase AgNPS

Korelasi berdasarkan kekuatannya dibagi menjadi beberapa kategori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase berada di kategori kuat. Hal tersebut berdasarkan Xiao *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi (R) dengan rentang angka -0,5 sampai -1, atau 0,5 sampai 1 termasuk dalam kategori kuat. Menurut Kumar *et al.*, (2018) jika nilai koefisien korelasi (R) berada pada rentang 0,7 sampai 1, termasuk ke dalam kategori korelasi kuat.

Adanya korelasi antara aktivitas antioksidan dan aktivitas penghambatan enzim nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa* dapat disebabkan oleh keberadaan senyawa-senyawa yang tergolong dalam golongan antioksidan yang terkandung dalam *Gracilaria verrucosa* dapat mempengaruhi aktivitas penghambatan enzim kolagenase. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Chatatikun & Chiabchalard, (2017) yang melaporkan bahwa sampel yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi juga memiliki aktivitas penghambatan enzim kolagenase yang tinggi. Hasil yang sama telah dilaporkan oleh Zemour *et al.*, (2019) aktivitas antioksidan memiliki korelasi dengan aktivitas penghambatan enzim kolagenase. Senyawa yang berpengaruh dalam hubungan antara kedua parameter tersebut salah satunya adalah golongan polifenol.

PENUTUP

Nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa* yang telah disintesis memiliki karakteristik berukuran rata-rata 11 nm. Kestabilan AgNPs tergolong dalam kategori sangat baik dan termasuk ke dalam kategori homogen. Aktivitas antioksidan nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa* memiliki penghambatan dengan nilai IC_{50} dengan kategori



sangat kuat, dibandingkan dengan ekstrak *Gracilaria verrucosa* dengan kategori kuat. Aktivitas penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa* memiliki penghambatan dengan nilai IC₅₀ dalam kategori kuat, sedangkan ekstrak *Gracilaria verrucosa* dalam kategori sedang. Terdapat korelasi antara aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim kolagenase nanopartikel perak *Gracilaria verrucosa*. Nilai korelasi positif (0,906), yang termasuk dalam kategori kuat.

REFERENSI

- Ahmad, S., Munir, S., Zeb, N., Ullah, A., Khan, B., Ali, J., ... & Ali, S. (2019). Green nanotechnology: A review on green synthesis of silver nanoparticles—An ecofriendly approach. *International journal of nanomedicine*, 14, 5087.
- Ankanwar. (2012). *Size and Shape Effect on Biomedical Applications of Nanomaterials*. Biomedical Engineering - Technical Applications in Medicine.
- Baehaki, A., Suhartono, M. T., Sukarno, Syah, D., Sitanggang, A. B., Setyahadi, S., & Meinhardt, F. (2012). Purification And Characterization Of Collagenase from *Bacillus licheniformis* F11.4. *African Journal Of Microbiology Research*, 6(10), 2373–2379.
- Bhatia, E., & Kumari, D. (2021). Nanoparticle Platforms For Dermal Antiaging Technologies : Insights In Cellular And Molecular Mechanisms. *Nanomedicine And Nanobiotechnology*, July, 1–31.
- Chatatikun, M., & Chiabchalard, A. (2017). Thai Plants With High Antioxidant Levels, Free Radical Scavenging Activity, Anti-Tyrosinase And Anti-Collagenase Activity. *BMC Complementary And Alternative Medicine*, 17(1), 1–9.
- Gajbhiye, S., & Sakharwade, S. (2016). Silver Nanoparticles In Cosmetics. *Journal Of Cosmetic, Dermatological Sciences And Application*, 6, 48–53.
- Gatoo, Manzoor Ahmad., Naseem, Sufia., Arfat, Mir Yasir., Dar, Ayaz Mahmood., Qasim, Khusro., Zubair, Swaleha. (2014). Physicochemical Properties of Nanomaterials: Implication in Associated Toxic Manifestations. *Biomed Research International*. Vol. 2014.
- Gouda, Sushanto., Moharana, Reliance Rosalin., Das, Gitishree., Patra, Jayanta Kumar. (2013). Free Radical Scavenging Potential of Extract of *Gracilaria verrucosa* (L) (Harvey): an Economically Important Seaweed from Chilika Lake, India. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 6(1).
- Ibm, I., Bee, A. E., Wf, S., & Wa, F. (2016). Green Biosynthesis Of Silver Nanoparticles Using Marine Red Algae *Acanthophora specifera* And Its Antimicrobial Activity. *Journal Of Nanomedicine & Nanotechnology*, 7(6), 7–10



- Ibrahim, F., Fadli, Z., Komunitas, Y. B.-J. K., & 2021, U. (2020). Pengaruh Metode Ekstraksi (Dekoktasi, Infudasi, Dan Microwave) Terhadap Aktivitas Antioksidan Pada Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*. *Prosiding Knalstech*.
- Jadoon, S., Karim, S., Hassham, M., Bin, H., Akram, M. R., Khan, A. K., Malik, A., Chen, C., & Murtaza, G. (2015). Anti-Aging Potential Of Phytoextract Loaded-Pharmaceutical Creams For Human Skin Cell Longetivity. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*, 2015.
- Kumar, H., Bhardwaj, K., Nepovimova, E., Bhardwaj, S., Bhatia, S. K., Verma, R., Dhanjal, D. S., & Kumar, D. (2020). Antioxidant Functionalized Nanoparticles : A Combat Against Oxidative Stress. *Nanomaterials*, 10, 1–26.
- Kumar, N., Kumar, P., Badagabettu, S. N., Lewis, M. G., Adiga, M., & Padur, A. A. (2018). Determination Of Spearman Correlation Coefficient To Evaluate The Linear Association Of Dermal Collagen And Elastic Fibers In The Perspectives Of Skin Injury. *Dermatology Research And Practice*, 2018(I).
- Manosalva, Nixon., Tortella, Gonzalo., Diez, Maria Cristina., Schalchi. Heidi., Seabra, Amaeda B. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles: effect of synthesis reaction parameters on antimicrobial activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 35(88).
- Microtrac. (2005). *Microtrac FLEX Software Operation Manual*. USA: Microtrac Inc
- Mittal, A. K., Kaler, A., & Banerjee, U. C. (2012). Free Radical Scavenging and Antioxidant Activity of Silver Nanoparticles Synthesized from Flower Extract of *Rhododendron dauricum*. *Nano Biomedicine & Engineering*, 4(3).
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol*, 26(2), 211-219.
- Nurhayati, T., Chasanah, E., & Bahri, S. (2013). Potensi Inhibitor Katepsin Dari Dua Spesies Dan Satu Hibrid Kulit Ikan Patin dalam Menghambat Aktivitas Katepsin Ikan Patin Siam. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 8(2), 93.
- Parveen, K., Banse, V., & Ledwani, L. (2016). Green synthesis of nanoparticles: their advantages and disadvantages. In *AIP conference proceedings* (Vol. 1724, No. 1, p. 020048). AIP Publishing LLC.
- Radwan, R. A., El-Sherif, Y. A., & Salama, M. M. (2020). A Novel Biochemical Study Of Anti-Ageing Potential Of *Eucalyptus camaldulensis* Bark Waste Standardized Extract And Silver Nanoparticles. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*, 191.
- Rajivgandhi, G. N., Ramachandran, G., Maruthupandy, M., Manoharan, N., Alharbi, N. S., Kadaikunnan, S., Khaled, J. M., Almanaa, T. N., & Li, W. J. (2020). Anti-Oxidant, Anti-Bacterial And Anti-Biofilm Activity Of Biosynthesized Silver



Nanoparticles Using *Gracilaria corticata* Against Biofilm Producing *K. Pneumoniae*. *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects*, 600(May), 124830.

Sanaeimehr, Z., Javadi, I., & Namvar, F. (2018). Antiangiogenic and antiapoptotic effects of green-synthesized zinc oxide nanoparticles using *Sargassum muticum* algae extraction. *Cancer nanotechnology*, 9(1), 1-16.

Truong, Nghia P., Whittaker, Michael R., Mak, Catherine W., Davis, Thomas P. (2015). The Importance of Nanoparticle Shape in Cancer Drug Delivery. *Expert Opinoin*. 12(1).

Xiao, C., Ye, J., Esteves, R. M., & Rong, C. (2016). Using Spearman ' S Correlation Coef Fi Cients For Exploratory Data Analysis On Big Dataset. *Concurrency And Computation: Practice And Experience*, 28, 3866–3878.

Yuniarti, R., Nadia, S., Alamanda, A., Zubir, M., Syahputra, R. A., & Nizam, M. (2020). Characterization, Phytochemical Screenings And Antioxidant Activity Test Of Kratom Leaf Ethanol Extract (*Mitragyna speciosa* Korth) Using DPPH Method. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1462(1), 0–7.

Zemour, K., Labdelli, A., Adda, A., Dellal, A., Talou, T., & Merah, O. (2019). Phenol Content And Antioxidant And Antiaging Activity Of Safflower Seed Oil (*Carthamus tinctorius* L.). *Cosmetics*, 6(3), 55.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Lab. Genetika dan Molekuler, Lab. Biokimia Jurusan Biologi dan Jurusan Farmasi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.