

Aktivitas Antibakteri Ekstrak Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* terhadap Bakteri *Pseudomonas fluorescens* Patogen pada Ikan

Antibacterial Activity of Gracilaria verrucosa Extract Against Fish Pathogenic Bacteria Pseudomonas fluorescens

Athiyya Nur Agistiana Azzahra*, Guntur Trimulyono

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: athiyya.19003@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. Hasil perikanan penting bagi perekonomian masyarakat pesisir selatan Pulau Jawa. Indikator utama dalam budidaya ikan adalah kesehatan. Semakin berkembang usaha perikanan akan meningkatkan resiko kematian ikan karena bakteri. Salah satu bakteri penginfeksi ikan adalah *Pseudomonas fluorescens* yang menyebabkan Pseudomoniasis. Rumput laut *G. verrucosa* merupakan hasil tambak yang memiliki senyawa bioaktif dan perlu dilakukan uji antibakteri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas antibakteri dan konsentrasi optimal ekstrak rumput laut *G. verrucosa* dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*. Tahapan penelitian meliputi ekstraksi, rekultur bakteri, pengenceran ekstrak, dan uji aktivitas antibakteri dengan metode difusi sumuran. Uji aktivitas antibakteri menggunakan konsentrasi ekstrak 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL, dan 250 mg/mL. Konsentrasi ekstrak tersebut menghasilkan diameter zona hambat berturut-turut sebesar $4,02 \pm 1,26$ mm; $4,18 \pm 2,57$ mm; $5,6 \pm 3,59$ mm; $9,97 \pm 5,84$ mm. Data dianalisis secara deskriptif dan statistika menggunakan SPSS 26 untuk memeriksa perbedaan nyata antara diameter zona hambat yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa keempat konsentrasi ekstrak memiliki aktivitas antibakteri, konsentrasi ekstrak 250 mg/mL merupakan konsentrasi optimum. Penelitian ini membuktikan kemampuan rumput laut *G. verrucosa* dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen *P. fluorescens*, yang diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan produk antibakteri alami dalam bidang perikanan.

Kata kunci: *Pseudomonas fluorescens*; ekstrak *Gracilaria verrucosa*; senyawa antibakteri; aktivitas antibakteri; daya hambat; budidaya perairan.

Abstract. The fisheries sector is essential to the economy of the coastal communities in South Java Island. The primary indicator in fish farming is the health of the fish. As the fisheries business develops, the risk of fish mortality due to bacterial infections increases. One of the infecting bacteria is *Pseudomonas fluorescens*, which causes Pseudomoniasis. *G. verrucosa* seaweed is a product of fish ponds that contains bioactive compounds, and it is necessary to conduct antibacterial tests. The aim of this research is to determine the antibacterial activity and the optimal concentration of *G. verrucosa* seaweed extract in inhibiting the growth of *P. fluorescens* bacteria. The research stages include extraction, bacterial re-culturing, extract dilution, and antibacterial activity testing using the well diffusion method. Antibacterial activity was tested at extract concentrations of 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL, and 250 mg/mL, resulting in inhibition zone diameters of 4.02 ± 1.26 mm, 4.18 ± 2.57 mm, 5.6 ± 3.59 mm, and 9.97 ± 5.84 mm, respectively. Data were analyzed descriptively and statistically using SPSS 26 to examine significant differences between the produced inhibition zone diameters. Based on the analysis results, it can be concluded that all four extract concentrations have antibacterial activity, and the optimum concentration is 250 mg/mL. This research demonstrates the ability of *G. verrucosa* seaweed to inhibit the growth of the pathogenic bacterium *P. fluorescens*, which is expected to serve as a basis for the development of natural antibacterial products in the field of fisheries.

Keywords: *Pseudomonas fluorescens*; *Gracilaria verrucosa* extract; antibacterial compounds; antibacterial activity; inhibition; aquaculture.

PENDAHULUAN

Hasil laut merupakan salah satu penopang ekonomi bagi masyarakat di wilayah pesisir, khususnya yang berada di pesisir selatan Pulau Jawa. Dusun Tanjung Sari di Desa Kupang adalah salah satu daerah yang sebagian besar penduduknya mengandalkan sektor perikanan sebagai sumber penghidupan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2020, total produksi ikan di Sidoarjo meliputi 34.120.500 ton ikan bandeng, 3.643.100 ton udang, 13.415.200 ton ikan nila, dan 10.100.700 ton rumput laut (BPS, 2020). Data menunjukkan bahwa rumput laut,

bersama dengan hasil laut, merupakan salah satu aset utama pembudidaya tambak di wilayah Sidoarjo. Rumput Laut yang tumbuh di tambak Dusun Tanjung Sari merupakan jenis alga merah yang umumnya ditemukan di daerah tropis yaitu *Gracilaria verrucosa* (KKP, 2018).

Kesehatan ikan merupakan salah satu faktor penting yang digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi kualitas dan keberhasilan budidaya ikan. Oleh karena itu, keadaan ikan yang buruk atau sakit menjadi masalah serius yang harus segera ditangani oleh para pembudidaya kolam (Wiyanto, 2010). Seiring dengan perkembangan industri akuakultur, terjadi peningkatan penyakit yang disebabkan oleh berbagai komunitas mikroba, termasuk patogen, yang dapat menyebabkan kematian pada ikan (Sinurat *et al.*, 2019). Salah satu bakteri penyebab infeksi pada ikan air tawar adalah *Pseudomonas fluorescens*, yang sering ditemukan pada berbagai jenis ikan tawar dan memiliki tingkat kematian hingga 90% (Hardi, 2018). Pseudomoniasis adalah penyakit yang disebabkan oleh *P. fluorescens* pada ikan air tawar, yang ditandai dengan gejala seperti pembengkakan pada rongga mulut, ruam merah pada kulit, pembengkakan dan perubahan bentuk yang abnormal pada mata, perubahan warna tubuh menjadi gelap, perdarahan internal dan pada permukaan tubuh, serta pengelupasan sisik (Shabana *et al.*, 2022).

Lingkungan yang bersih serta pemberian pakan yang mengandung gizi lengkap bagi ikan diperlukan untuk mencegah infeksi bakteri patogen yang dapat menyebabkan kerugian bagi petani tambak. Sampai saat ini, antibiotik kimia sering digunakan dalam melawan infeksi bakteri, tetapi penggunaan dalam dosis yang berlebihan menyebabkan resistensi bakteri (Ventola, 2015). Salah satu bahan alternatif yang terkenal sebagai sumber berbagai senyawa aktif antibakteri adalah rumput laut. Rumput laut mengandung senyawa antibakteri, antikoagulan, antibiotik, serta berbagai nutrisi lengkap seperti air, protein, karbohidrat, lemak, serat kasar, enzim, asam nukleat, asam amino, serta vitamin A, B, C, D, E, dan K (Sari dan Kurniawan, 2021). Senyawa antibakteri yang terdapat dalam rumput laut *Gracilaria* sp. diantaranya adalah flavonoid, saponin, dan terpenoid (Bhernama, 2020). Mekanisme yang umumnya dimiliki oleh senyawa antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri adalah menghancurkan sel dari bakteri (Wei *et al.*, 2016).

Dalam penelitian ini rumput laut *G. verrucosa* digunakan karena merupakan salah satu spesies dari genus *Gracilaria* yang diketahui secara luas mengandung banyak senyawa antibakteri seperti alkaloid, flavonoid, steroid, dan saponin (Purwaningsih dan Deskawati, 2020). Rumput laut ini memiliki kandungan flavonoid yang paling banyak dari jenis *Gracilaria* lainnya, yaitu mencapai 45,29 mg/g (Julyasih *et al.*, 2009). Senyawa flavonoid dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh dengan merangsang sel fagosit yang berperan dalam respons imun seluler. Gugus hidroksil dalam senyawa flavonoid berinteraksi dengan protein pada membran sel bakteri melalui ikatan hidrogen, yang mengakibatkan protein tersebut kehilangan fungsinya (Sulistiani dan Rahayuningsih, 2015).

Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan hasil-hasil terkait rumput laut. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Wiyanto (2010) menunjukkan bahwa ekstrak rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Eucheuma denticullatum* yang diekstraksi menggunakan metanol dan etanol memiliki sifat antibakteri terhadap *Aeromonas hydrophila* dan *Vibrio harveyii*. Penelitian Adam *et al.* (2013) menyatakan bahwa ekstrak *G. verrucosa* yang dilarutkan dengan fenol menunjukkan efek penghambatan terhadap bakteri *Aeromonas salmonicida*. Pada dosis ekstrak sebesar 1,5 ppt (*part per thousand*), rerata diameter zona hambat yang paling tinggi mencapai 15 mm. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Fatmawati *et al.* (2022) menyatakan bahwa ekstrak *G. verrucosa* yang diekstrak menggunakan pelarut metanol selama 9 hari menghasilkan aktivitas antibakteri dengan kategori sedang terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Micrococcus luteus*, dengan zona hambat sebesar 9 mm.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji aktivitas antibakteri ekstrak rumput laut *G. verrucosa* dan konsentrasi ekstrak rumput laut *G. verrucosa* yang menunjukkan aktivitas antibakteri paling optimum terhadap bakteri *P. fluorescens*, patogen pada ikan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sumber antibakteri alami sehingga dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pencegahan dan pengobatan penyakit pada ikan.

BAHAN DAN METODE

Pengujian ini merupakan sebuah penelitian eksperimental yang termasuk dalam kategori penelitian kuantitatif. Pelaksanaan penelitian dilakukan di dua laboratorium yang berbeda, yaitu Laboratorium Biologi Dasar dan Laboratorium Mikrobiologi di FMIPA, Universitas Negeri Surabaya.

Proses rekultur bakteri *P. fluorescens* dan pengujian aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, sementara proses maserasi dan pembuatan ekstrak dilakukan di Laboratorium Biologi Dasar. Untuk mengambil sampel rumput laut *G. verrucosa*, lokasi penelitian berada di Kawasan Dusun Tanjungsari, Desa Tlocor, Kecamatan Jabon, Porong, Kabupaten Sidoarjo.

Bahan yang digunakan yakni suspensi bakteri *P. fluorescens* FNCC 0070 IFO 13922, rumput laut *G. verrucosa*, akuades steril, antibiotik kloramfenikol 0,1%, media *Nutrient Agar* (NA) (Merck Lot number: VM1011250), kertas saring lembaran, blue tip *Eppendorf*, NaCl 0,9%, alkohol 70%, dan metanol 96%, kapas steril, *aluminium foil*. Alat yang digunakan meliputi *rotary vaccum evaporator* (BUCHI V-850), *Laminar Air Flow* (LAF) (ESCO), spektrofotometri UV-VIS, autoklaf (Tomy ES-215), cawan petri, blender, jarum ose, neraca analitik, erlenmeyer 250 mL dan 500 mL, inkubator (Imperial-III Model 302), gelas beker, tabung reaksi, penggaris, *vortex*, gelas ukur, mikropipet 20 - 200 μ L dan 100 - 1000 μ L, blender, *cork borer* ukuran 0,5 cm, saringan ukuran 60 mesh, inkubator, lampu spiritus, oven, *hot plate*.

Sampel rumput laut *G. verrucosa* yang digunakan diperoleh dari daerah tambak di Kawasan Dusun Tanjungsari, Desa Tlocor, Kecamatan Jabon, Porong, Kabupaten Sidoarjo. Rumput laut dibersihkan dengan dicuci menggunakan air tawar hingga bersih dari residu seperti lumpur, lumut, kerang-kerangan, dan bakteri simbiosis pada *G. verrucosa* yang masih menempel agar tidak mengganggu kualitas ekstrak yang dihasilkan. Setelah dibersihkan rumput laut dikering-anginkan untuk selanjutnya dikeringkan menggunakan oven. Pengeringan dua tahap dilakukan karena rumput laut *G. verrucosa* memiliki kandungan air yang banyak. Pengeringan dengan oven dilakukan pada suhu 150°C selama 3 hari hingga rumput laut mengering dan berwarna coklat. Selanjutnya rumput laut dihaluskan menggunakan *blender* dan diayak dengan saringan ukuran 60 *mesh* sehingga diperoleh bubuk. Metode ekstraksi mengikuti Rudi dan Ramadhani (2022). *Simplisia G. verrucosa* ditimbang sebanyak 600 gram, kemudian diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut metanol 1.800 mL dengan perbandingan 1:3 (w/v). Menurut Padmawati *et al.* (2020) prosedur ekstraksi dilakukan dengan merendam sampel dengan metanol selama 24 jam dalam keadaan gelap dan diaduk 1 kali dalam 1 jam pertama. Hasil perendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring. Perendaman dilakukan 3 kali dengan perbandingan yang sama sampai filtrat mendekati bening dan residunya dibuang.

Filtrat yang diperoleh dari proses maserasi dipekatkan dengan *rotary vaccum evaporator* dengan tekanan 200 hingga 300 millibar dan pada suhu 40°C hingga tidak terjadi pengembunan dengan tujuan menghilangkan pelarut yang masih terjebak dalam senyawa aktif. Hasil yang diperoleh berupa ekstrak kental berwarna coklat. Warna coklat muncul karena terjadi oksidasi pigmen warna pada ekstrak. Degradasi termal menyebabkan hilangnya warna pada antosianidin sehingga terjadi pencoklatan (Hayati *et al.*, 2012).

Setelah dilakukan evaporasi dalam proses ekstraksi, rendemen ekstrak dihitung dengan menghitung perbandingan berat akhir (berat ekstrak yang dihasilkan) dengan berat awal (berat biomassa sel yang digunakan) dikalikan 100% (Sani *et al.*, 2014) sebagaimana tersaji pada rumus berikut.

$$\%rendemen = \frac{\text{Bobot ekstrak yang didapatkan (gram)}}{\text{Bobot serbuk simplisia yang diekstraksi (gram)}} \times 100\% \quad (1)$$

Stok bakteri pada media NA miring dikeluarkan dari lemari pendingin untuk dilakukan regenerasi bakteri selama 24 jam. Suspensi bakteri yang berumur 24 jam dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode spektrofotometri. Dengan mengambil beberapa ose bakteri yang telah dilarutkan dalam 3 mL NaCl 0,9% selanjutnya dilakukan proses komputasi untuk menghitung bakteri. Larutan kemudian disatukan dengan vorteks, diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer bergelombang 625 nm, memberikan nilai absorbansi antara 0,08 dan 1,0. Ini sebanding dengan konsentrasi $1,5 \times 10^8$ CFU/mL bakteri sesuai dengan standar 0,5 Mc Farland (Rosmania dan Yanti, 2020). Bakteri kemudian ditanamkan dan diuji aktivitas antibakterinya. Sebanyak 60 μ L suspensi bakteri yang telah dihitung sebelumnya ditempatkan dalam cawan petri, kemudian ditambahkan 20 mL media agar nutrisi. Cawan petri yang berisi campuran media NA dan bakteri kemudian dipindahkan untuk menghomogenkan campuran tersebut dan membentuk angka 8. Setelah itu ditunggu hingga mengeras dan melakukan tes antibakteri.

Ekstrak *G. Verrucosa* terdiri dari 250 mg/mL, 200 mg/mL, 150 mg/mL, dan 100 mg/mL. Setiap konsentrasi disiapkan dalam volume 10 mL menggunakan air suling steril. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi sumuran agar. Sumur dibuat dengan melubangi media

NA yang mengandung kultur bakteri yang dipadatkan. Media NA dilubangi dengan *cork borer* 0,5 cm dan setiap lubang diisi ekstrak yang telah diencerkan sebelumnya, kelompok kontrol negatif dengan air suling steril dan kelompok kontrol positif dengan 100 µL kloramfenikol 0,1%. Setelah itu, sampel diinkubasi pada suhu 34°C selama periode 24 jam. Untuk mengukur zona supresi bakteri, dilakukan pengukuran diameter zona hambat menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm. Kemudian, hasil pengukuran tersebut dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan sebagai berikut.

$$\text{Diameter Zona hambat} = \frac{(Dv-Dc)+(Dh-Dc)}{2} \tag{2}$$

Keterangan:

Dv: diameter vertical

Dh: diameter horizontal

Dc: diameter sumuran

Hasil pengukuran yang diperoleh dalam penelitian ini melibatkan pengamatan terhadap diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar koloni bakteri setelah periode inkubasi tertentu. Untuk mendapatkan nilai zona hambat, diameter koloni dikurangi dengan diameter zona hambat yang terbentuk. Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Dalam analisis ini, fokus diberikan pada aktivitas antibakteri ekstrak rumput laut *G. verrucosa* terhadap pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*. Untuk menganalisis data secara statistik, metode *One Way ANOVA* digunakan dengan menggunakan perangkat lunak *Statistical Product Service Solution (SPSS 26)*. Apabila data berdistribusi normal, uji lanjutan dengan metode Duncan dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan yang lebih detail.

HASIL

Berdasarkan proses ekstraksi yang dilakukan, dari 600 gram serbuk simplisia *G. verrucosa* dihasilkan rendemen simplisia sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rendemen simplisia rumput laut} &= \frac{\text{Bobot ekstrak yang didapat (gram)}}{\text{Bobot serbuk simplisia yang diekstraksi (gram)}} \times 100\% \\ &= \frac{46 \text{ gram}}{600 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 7,6\% \end{aligned}$$

Berdasarkan uji potensi aktivitas antibakteri ekstrak rumput laut *G. verrucosa* diperoleh data bahwa ekstrak tersebut memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*. Hasil yang diperoleh berupa adanya hambatan pertumbuhan yang ditandai dengan terbentuknya zona hambat pada semua konsentrasi ekstrak *G. verrucosa* yang diujikan. Zona hambat terbentuk dengan ditandai adanya *clear zone* (zona hambat) yang terdapat di sekitar sumuran. Nilai rata-rata diameter zona hambat yang terbentuk ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rata-rata diameter zona hambat

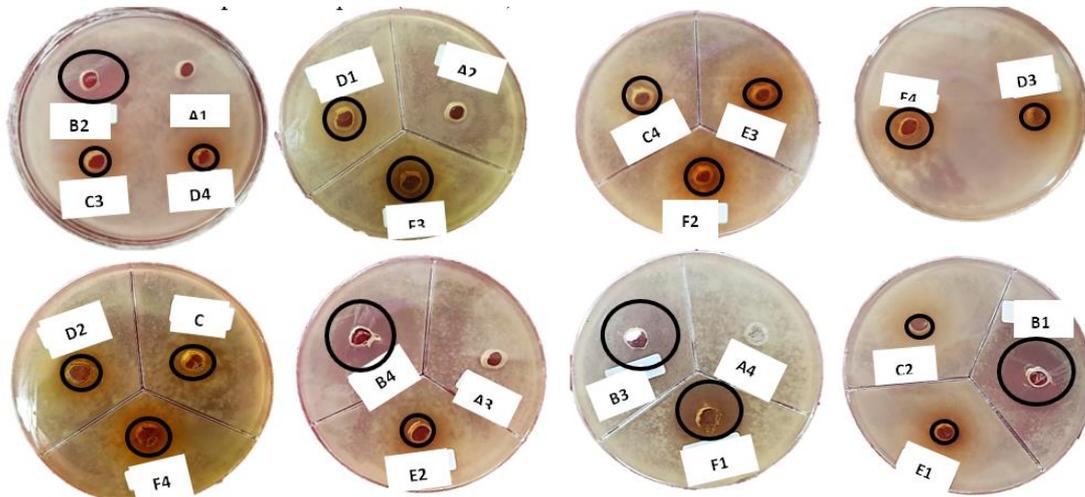
| No. | Perlakuan | Rata-rata Diameter Zona Hambat (mm) |
|-----|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. | Kontrol negatif (akuades steril) | 0±0,00 ^a |
| 2. | Kontrol positif (kloramfenikol 0,1%) | 17,78±2,07 ^d |
| 3. | Konsentrasi 100 mg/mL | 4,02±1,26 ^{ab} |
| 4. | Konsentrasi 150 mg/mL | 4,18±2,57 ^{ab} |
| 5. | Konsentrasi 200 mg/mL | 5,6±3,59 ^{bc} |
| 6. | Konsentrasi 250 mg/mL | 9,97±5,84 ^c |

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata yang diperoleh berdasarkan uji Duncan dengan taraf signifikansi 5%.

Nilai rata-rata dianalisis menggunakan Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov untuk melihat distribusi data hasil yang diperoleh, apabila data berdistribusi normal dapat dilanjutkan dengan uji *Analysis of Varian (ANOVA)*. Melalui uji yang telah dilakukan, diperoleh hasil data tidak berdistribusi normal sehingga perlu dilakukan transformasi data hingga data berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji Duncan untuk melihat ada atau tidaknya beda nyata di setiap perlakuan dan kontrol.

Rata-rata diameter dianalisis menggunakan ANOVA dengan taraf signifikan (α) 0,05. Diperoleh hasil nilai F hitung > F tabel (15,52 > 2,77) sehingga dapat diketahui bahwa data yang

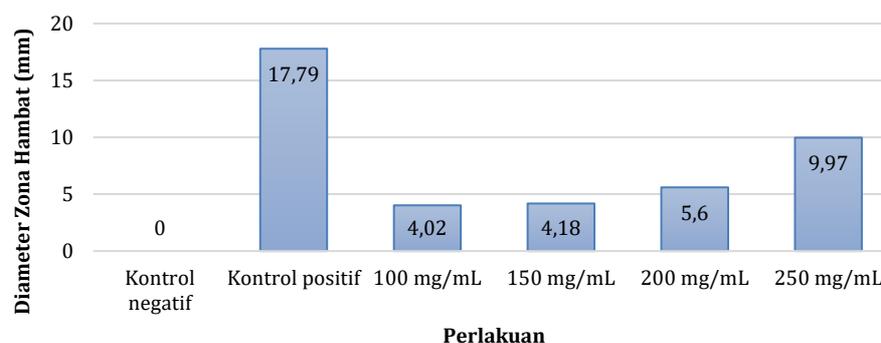
diperoleh memiliki pengaruh, hasil tersebut dapat dilanjutkan uji Duncan untuk mengetahui beda nyata pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*. Hasil uji Duncan yang ditunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan kontrol positif berbeda nyata terhadap semua perlakuan. Perlakuan dengan konsentrasi ekstrak 250 mg/mL memiliki beda nyata dengan konsentrasi 100 mg/mL dan 150 mg/mL tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 200 mg/mL. Sedangkan perlakuan dengan konsentrasi 100 mg/mL tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan konsentrasi 150 mg/mL dan 200 mg/mL (Gambar 1).



Gambar 1. Uji antibakteri perlakuan A1-4: kontrol negatif ulangan 1-4; B1-4: kontrol positif ulangan 1-4; C1-4: 100 mg/mL ulangan 1-4; D1-4: 150 mg/mL ulangan 1-4; E1-4: 200 mg/mL ulangan 1-4; dan F1-4: 250 mg/mL.

Pada Gambar 1, daerah yang terbentuk zona hambat berupa zona hambat ditandai dengan lingkaran berwarna hitam. Akuades steril sebagai kontrol negatif tidak dapat menghambat pertumbuhan *P. fluorescens*. Kontrol positif (kloramfenikol 0,1%) mampu menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*, hambatan yang terbentuk memiliki rata-rata sebesar $17,78 \pm 2,07$ mm. Pada perlakuan menggunakan ekstrak *G. verrucosa* diperoleh hasil rata-rata diameter hambatan pertumbuhan bakteri terkecil pada konsentrasi 100 mg/mL, yaitu sebesar $4,02 \pm 1,26$ mm dan hambatan pertumbuhan bakteri terbesar pada konsentrasi 250 mg/mL, yaitu sebesar $9,97 \pm 5,84$ mm. Konsentrasi 250 mg/mL merupakan konsentrasi optimal pada ekstrak *G. verrucosa* untuk menghambat pertumbuhan *P. fluorescens*.

Pengaruh konsentrasi ekstrak *G. verrucosa* terhadap pertumbuhan *P. fluorescens* mengalami peningkatan seiring dengan banyaknya konsentrasi ekstrak yang digunakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi yang digunakan berbanding lurus dengan daya hambat yang dihasilkan. Semakin banyak konsentrasi yang ditambahkan, daya hambat ekstrak terhadap pertumbuhan bakteri juga semakin besar. Hal tersebut ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2, yang menunjukkan adanya peningkatan daya zona hambat yang ditandai dengan peningkatan besar diameter *clear zone* pada konsentrasi *G. verrucosa* yang semakin besar.



Gambar 2. Perbandingan diameter zona hambat ekstrak *G. verrucosa* pada berbagai konsentrasi.

PEMBAHASAN

Rumput laut *G. verrucosa* yang digunakan pada penelitian ini merupakan salah satu dari jenis rumput laut merah. Dalam rumput laut merah terkandung senyawa metabolit sekunder dengan sifat kepolaran yang berbeda-beda yaitu polar, semipolar, dan nonpolar (Hidayah *et al.*, 2016). Untuk menarik senyawa metabolit sekunder yang dimiliki oleh *G. verrucosa* dilakukan tahap ekstraksi. Dalam penelitian yang dilakukan, 600 gram bubuk simplisia yang dilarutkan dalam 1800 mL pelarut polar metanol. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi atau metode perendaman selama 1x24 jam dengan tiga kali pengulangan. Setelah itu, hasil maserasi dievaporasi hingga mendapatkan ekstrak kental sebanyak 46 gram. Dari 600 gram serbuk simplisia rumput laut *G. verrucosa*, didapatkan ekstrak sebanyak 46 gram sehingga diperoleh rendemen ekstrak sebesar 7,6%. Hasil rendemen dari suatu sampel sangat diperlukan untuk mengetahui banyaknya ekstrak yang diperoleh selama proses ekstraksi. Terdapat hubungan antara rendemen dengan senyawa aktif dari suatu sampel sehingga apabila jumlah rendemen semakin banyak maka jumlah senyawa aktif yang terkandung dalam sampel juga semakin banyak (Hasnaeni *et al.*, 2019). Standarisasi rendemen suatu simplisia dan ekstrak juga dilakukan untuk menjaga stabilitas dan keamanan, serta mempertahankan konsistensi kandungan senyawa aktif yang terkandung pada bahan baku yang digunakan.

Metode maserasi merupakan proses ekstraksi sampel yang menggunakan pelarut non polar dan polar dengan perendaman dan pengadukan berulang pada suhu kamar (Septiana dan Asnani, 2012). Kelebihan dari metode maserasi adalah prosedur dan peralatannya yang sederhana, serta tidak adanya penguraian pada sampel bahan alam yang digunakan karena metode ini tidak menggunakan pemanasan (Susanty dan Bachmid, 2016). Proses perendaman yang dilakukan memungkinkan pelarut untuk menembus dinding sel sehingga senyawa aktif dapat masuk dalam sel, zat aktif dalam sel akan larut dalam pelarut (Khoiriyah *et al.*, 2014). Kemudian proses pengadukan pada metode tersebut bertujuan untuk memperbesar pengikatan dan pemecahan sel sehingga komponen bahan bioaktif dapat larut dalam pelarut. Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelarut polar metanol sesuai dengan penelitian Sinurat *et al.* (2019). Metanol dapat melarutkan hampir semua senyawa organik pada sampel baik senyawa polar maupun non polar (Jacob *et al.*, 2013). Tahap berikutnya merupakan tahap pemisahan. Tahap pemisahan terdiri dari penyaringan yang dilakukan untuk memisahkan sampel *G. verrucosa* dari pelarut yang telah mengandung senyawa aktif, kemudian dilanjutkan dengan evaporasi dengan suhu yang tidak terlalu tinggi.

Selanjutnya dilakukan proses evaporasi yang bertujuan untuk menambah kepekatan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tidak mudah menguap dengan pelarut yang mudah menguap (Praptiningsih, 1999). Evaporasi dilaksanakan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi dengan mengikuti Sinurat *et al.*, (2019).

Berdasarkan pengujian aktivitas antibakteri ekstrak *G. verrucosa* diperoleh hasil keempat konsentrasi ekstrak yaitu 100 mg/mL, 150 mg/mL, 200 mg/mL, dan 250 mg/mL memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*. Hal ini ditandai dengan adanya zona hambat di sekitar sumuran. Hasil yang diperoleh menunjukkan perbedaan potensi hambatan pada masing-masing konsentrasi ekstrak rumput laut *G. verrucosa* sesuai dengan hambatan pertumbuhan yang terbentuk (Tabel 1). Zona hambat terkecil terbentuk pada konsentrasi 100 mg/mL, yaitu sebesar $4,02 \pm 1,26$ mm dan zona hambat terbesar terbentuk pada konsentrasi 250 mg/mL, yaitu sebesar $9,97 \pm 5,84$ mm. Nazri *et al.* (2011) mengategorikan diameter zona hambat kategori lemah memiliki diameter ≤ 5 mm, kategori sedang memiliki diameter zona hambat 6 – 10 mm, kategori kuat memiliki diameter zona hambat 11 – 20 mm, dan kategori sangat kuat memiliki diameter > 20 mm. Zona hambat terbesar yang dihasilkan memiliki kekuatan daya hambat yang sedang terhadap bakteri *P. fluorescens*. Hasil penelitian yang diperoleh juga menunjukkan bahwa konsentrasi 250 mg/mL sebagai konsentrasi terbesar merupakan konsentrasi yang optimal dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*.

Berdasarkan data yang diperoleh, semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin besar daya hambat yang dihasilkan. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Rahayu *et al.* (2023) yang menyatakan semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan, maka semakin besar potensi ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri, begitu pula sebaliknya, bila semakin rendah konsentrasi ekstrak yang digunakan, maka semakin rendah potensi ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini disebabkan peningkatan konsentrasi akan diikuti dengan peningkatan konsentrasi

senyawa bioaktif efek antibakterinya semakin tinggi (Simanungkalit *et al.*, 2020). Kandungan senyawa bioaktif antibakteri yang terkandung dalam *G. verrucosa* diantaranya adalah alkaloid, flavonoid, saponin, dan steroid (Purwaningsih dan Deskawati, 2020). Alkaloid berperan sebagai antibakteri dengan memanfaatkan sifat reaktif gugus basa atom nitrogen yang dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa asam amino. Reaksi yang dihasilkan mengakibatkan terjadinya perubahan struktur dan susunan asam amino menyebabkan terganggunya susunan peptidoglikan sel bakteri sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk sempurna dan menyebabkan kematian pada sel (Darsana *et al.*, 2012). Selain itu, alkaloid diketahui sebagai interkelator atau senyawa kimia yang menempati ruang antara pasangan DNA dan menghambat enzim topoisomerase sel bakteri (Ningsih *et al.*, 2016).

Mekanisme kerja flavonoid sebagai senyawa antibakteri terbagi menjadi 3 yaitu menghambat proses sintesis asam nukleat, menghambat fungsi membran sel, serta menghambat metabolisme energi pada sel bakteri (Rijayanti, 2014). Senyawa flavonoid yang terkandung dalam rumput laut *G. verrucosa* bersifat lipofilik yang dapat merusak dinding sel dan membran sitoplasma bakteri, menyebabkan sistem enzim bakteri menjadi tidak aktif (Hendra *et al.*, 2011). Kerusakan dinding sel memungkinkan nukleotida dan asam amino keluar sehingga mencegah bahan-bahan aktif masuk dalam sel, keadaan tersebut menyebabkan kematian sel. Pada kerusakan membran sitoplasma, ion hidrogen (H⁺) dari senyawa fenol dan flavonoid akan menyerang gugus fosfat yang merupakan gugus polar sehingga molekul fosfolipida akan terurai menjadi gliserol, asam karboksilat, serta asam sulfat. Penguraian ini mengakibatkan fosfolipida tidak mampu mempertahankan bentuk membran sitoplasma sehingga membran tersebut akan bocor dan bakteri mengalami hambatan pertumbuhan hingga kematian (Retnowati *et al.*, 2011).

Gangguan pada pertumbuhan sel juga disebabkan oleh senyawa bioaktif antibakteri saponin yang terkandung dalam ekstrak *G. verrucosa*. Berdasarkan penelitian Pangestuti *et al.* (2017), senyawa dalam ekstrak rumput laut merah berperan sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* menggunakan metode KLT-Bioautografi adalah senyawa saponin yang memiliki mekanisme kerja dalam penghambatan pertumbuhan bakteri dengan menghambat sintesis bakteri dinding sel dan menyebabkan kerusakan membran. Kerusakan membran yang terjadi dapat membuat berbagai komponen penting dalam sel seperti protein dan asam nukleat keluar, serta dapat mengganggu kelangsungan hidup bakteri (Apriliana *et al.*, 2018). Saponin juga dapat menyebabkan lisis pada sel yang mengakibatkan kematian sel dengan cara mengikat membran sitoplasma yang masuk melalui membran luar dan dinding sel hingga membuat kestabilan membran sel pada bakteri menurun.

Ketiga senyawa bioaktif antibakteri yaitu alkaloid, flavonoid, dan saponin memiliki kesamaan mekanisme kerja dalam menghambat pertumbuhan bakteri dengan menghambat sintesis protein. Terhambatnya sintesis protein pada bakteri menyebabkan tingkat elastisitas membran sel menurun dan mengganggu pembentukan dinding sel. Hal tersebut akan mengakibatkan nutrisi yang masuk dalam sel menjadi sedikit. Menurut Sidauruk *et al.* (2021), senyawa alkaloid, flavonoid, dan saponin yang dihasilkan dari rumput laut merah *Sargassum plagyophyllum* dapat mengganggu pertumbuhan bakteri dengan menyebabkan kerusakan pada dinding sel bakteri *Pseudomonas* sp. selain itu ketiga senyawa tersebut juga dapat menghambat proses sintesis protein. Pembentukan sintesis protein yang terhambat akan mengganggu pembentukan membran dan tingkat elastisitas sel bakteri. Apabila pembentukan komponen tersebut terhambat, maka materi dalam sel akan keluar dan menyebabkan kematian sel.

Steroid memberikan efek antibakteri dengan merusak membran lipid hingga terjadi kebocoran pada liposom. Selain itu, steroid juga berinteraksi dengan membran fosfolipid yang memiliki sifat permeabel sehingga mengurangi integritas membran, menyebabkan lisis dan kerapuhan sel. Steroid berperan penting dalam aktivitas penghambatan pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* karena di dalam rumput laut merah seperti *G. verrucosa* terdapat senyawa protein golongan steroid dan diketahui memiliki aktivitas antibakteri (Januário *et al.*, 2021).

Dalam penelitian ini didapatkan hasil kekuatan daya hambat terbesar dari konsentrasi 250 mg/mL dengan kategori sedang. Pada penelitian ini rumput laut *G. verrucosa* dikeringkan menggunakan suhu 150° C selama 3 hari. Hal tersebut diduga berpengaruh terhadap aktivitas senyawa antibakteri pada rumput laut *G. verrucosa*. Suhu dan durasi pengeringan memiliki dampak signifikan pada aktivitas antibakteri karena kondisi tersebut menyebabkan kerusakan pada bahan aktif yang terdapat dalam suatu substansi. Bahan aktif tersebut diantaranya senyawa antibakteri yang terkandung di dalam ekstrak *G. verrucosa*. Suhu yang digunakan telah melebihi batas titik rusak dari senyawa aktif antibakteri yang terkandung di dalam ekstrak. Semakin tinggi suhu dan lama pengeringan yang digunakan menyebabkan aktivitas antibakteri maupun antioksidan juga semakin

menurun (Dharma *et al.*, 2020). Kandungan bioaktif seperti flavonoid, tanin, dan fenol dapat mengalami kerusakan pada suhu di atas 50°C karena dapat mengalami perubahan struktur yang mengakibatkan ekstrak dengan kualitas rendah terbentuk (Yuliantari *et al.*, 2017). Menurut Wahyuni *et al.* (2018) alkaloid tetap stabil hingga suhu 138°C, sementara saponin mampu bertahan pada suhu 70°C.

Pada penelitian ini bakteri yang digunakan adalah *P. fluorescens* yang merupakan bakteri Gram negatif. Dinding sel pada bakteri Gram negatif memiliki peptidoglikan (PG) yang jumlahnya lebih sedikit daripada bakteri Gram positif. Bakteri Gram negatif terdapat membran luar yang tersusun dari lipoprotein dan fosfolipid, juga lipopolisakarida (LPS) (Rini dan Rochmah, 2020). Membran tersebut berperan dalam menyaring zat antibakteri yang masuk dalam bakteri. Membran luar sel bakteri Gram negatif memiliki ciri unik pada selaputnya, yaitu tidak dapat menerima molekul hidrofobik dan hidrofilik. Selaput yang dimiliki oleh membran luar sel bakteri Gram negatif memiliki saluran khusus bernama porin. Porin memiliki molekul protein yang terkandung di dalamnya sehingga dapat membantu senyawa hidrofilik berdifusi dengan berat molekul yang rendah seperti asam amino dan gula, maupun berat molekul yang tinggi seperti antibiotik sehingga zat aktif lebih sulit untuk menembus membran (Murwani *et al.*, 2002). Lipoprotein pada membran luar bakteri Gram negatif memiliki fungsi sebagai stabilisator membran luar dan menjadi tempat penempelan pada lapisan peptidoglikan, sedangkan lapisan lipopolisakarida merupakan antigen yang ada pada permukaan sel. Saat sel mengalami lisis lapisan tersebut akan keluar dari sel (Jawetz *et al.*, 2005). Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Maftuch *et al.* (2016) diketahui bahwa ekstrak *G. verrucosa* dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen ikan Gram negatif (*Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas putida*, *Vibrio harveyi*, dan *Vibrio alginolyticus*). Penelitian lain yang dilakukan oleh Dayuti (2017), menyatakan bahwa ekstrak *G. verrucosa* mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram negatif lain seperti *Escherichia coli* dan *Salmonella typhimurium*.

Pada penelitian ini menggunakan akuades steril sebagai kontrol negatif dan kloramfenikol 0,1% sebagai kontrol positif. Perlakuan kontrol negatif tidak membentuk zona hambat, sedangkan pada perlakuan kontrol positif terbentuk zona hambat. Kontrol positif digunakan untuk membandingkan kemampuan antara ekstrak *G. verrucosa* dengan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*. Kloramfenikol merupakan antibiotik yang memiliki spektrum luas sehingga efektif menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif ataupun Gram negatif, juga bakteri anaerob (Dian *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil dalam penelitian ini, perlakuan kontrol positif kloramfenikol membentuk zona hambat sebesar 17,78mm. Melalui hasil tersebut diketahui bahwa diameter zona hambat dari kontrol positif lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi ekstrak 250 mg/mL yang memiliki hasil paling optimal dari konsentrasi ekstrak lainnya, yaitu 9,97 mm.

Dapat diketahui bahwa konsentrasi ekstrak *G. verrucosa* yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* adalah ekstrak dengan konsentrasi 250 mg/mL karena membentuk hambatan pertumbuhan paling besar. Hasil uji statistika pada (Tabel 1) didapatkan konsentrasi 200 mg/mL dengan rata-rata diameter zona hambat 5,6 mm tidak memiliki beda nyata dengan konsentrasi 250 mg/mL dengan rata-rata 9,97 mm. Namun konsentrasi 250 mg/mL dipilih menjadi konsentrasi ekstrak yang optimal memiliki aktivitas antibakteri karena hasil rata-rata konsentrasi ekstrak 250 mg/mL memiliki kategori kuat daya hambat mendekati kuat, sesuai dengan kategori Nazri *et al.* (2011). Daya hambat ekstrak *G. verrucosa* pada konsentrasi tertinggi 250 mg/mL termasuk dalam kategori sedang dan berpotensi sebagai antibakteri yang bersifat alami.

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan, potensi aktivitas antibakteri pada ekstrak rumput laut *G. verrucosa* dapat dilakukan optimasi agar mendapat kekuatan daya hambat yang memiliki kategori kuat. Optimasi yang dapat dilakukan adalah dengan memperhatikan suhu dan waktu pengeringan saat proses ekstraksi. Menurut Getchew *et al.* (2022) suhu ekstraksi sebaiknya tidak jauh berbeda dengan titik didih pelarut. Suhu pengeringan juga sebaiknya tidak melebihi 50° C untuk menghindari kerusakan senyawa aktif flavonoid yang merupakan kandungan senyawa aktif terbesar pada *G. verrucosa*, juga menghindari kerusakan senyawa aktif lainnya.

SIMPULAN

Simpulan penelitian ini diantaranya ekstrak rumput laut *G. verrucosa* memiliki aktivitas antibakteri dan berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*, serta konsentrasi ekstrak rumput laut *G. verrucosa* yang optimal dalam menghambat pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* adalah konsentrasi 250 mg/mL dengan zona hambat sebesar $9,97 \pm 5,84$ mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam MA, Hardoko, & Maftcuh, 2013. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Fenol *Gracillaria verrucosa* terhadap Bakteri *Aeromonas salmonicida* secara in vitro. *Natural B*, 2(1): 7-11.
- Al-Jaber NA, Awaad AS, Moses JE, 2011. Review on Some Antioxidant Plants Growing in Arab World. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15:293 -307.
- Apriliana E, Ramadhian MR, & Hasibuan SA, 2018. Perbandingan Daya Hambat Ekstrak Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia colisecara* In Vitro. *Jurnal Kesehatan dan Agromedicine*, 5(2): 556-561.
- Bhernama BG, 2020. Aktivitas Antibakteri Sabun Padat yang Mengandung Ekstrak Etanol Rumpun Laut *Gracillaria* Sp. terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 19(1): 34-44.
- Bhernama BG, 2020. Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Rumpun Laut *Gracillaria* sp. Asal Desa Neusu Kabupaten Aceh Besar. *Ar-Raniry Chemistry Journal*, 2(1). DOI: <https://doi.org/10.22373/amina.v2i1.418>.
- Bps.go.id, 2020. *Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo*. **Online**.
<https://sidoarjo.kab.bps.go.id/pressrelease/2021/01/27/23/brs-hasil-sensus-penduduk-2020-kab--sidoarjo.html> [Diakses pada 13 Desember 2021].
- Cappuccino JG & Sherman N, 2013. *Manual Laboratorium Mikrobiologi Edisi 8*, Jakarta: EGC.
- Claus EP, Tyler VE, & Brady LR, 1970. *Pharmacognosy 6th Edition* 160, Philadelphia: Lea and Febiger.
- Darsana IGO, Besung INK, & Mahatmi H, 2012. Potensi Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Tenore) Steenis) dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* secara In Vitro. *Indonesia Medicus Veterinus*, 1(3): 337-351.
- Dayuti S, 2017. Antibacterial Activity of Red Algae (*Gracillaria verrucosa*) Extract Against *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. *IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci*, 137. DOI: 10.1088/1755-1315/137/1/012074.
- Dharma MA, Nociantri KA, & Yusasrini NLA, 2020. Pengaruh Metode Pengerinan Simplisia terhadap Kapasitas Antioksidan Wedang Uwuh. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 9(1): 88-95. DOI: <https://doi.org/10.24843/itepa.2020.v09.i01.p11>.
- Dian R, Fatimawati, & Budiarso F, 2015. Uji Resistensi Bakteri *Escherichia coli* yang Diisolasi dari Plak Gigi terhadap Merkuri dan Antibiotik Kloramfenikol. *Jurnal e-Biomedik*, 3(1): 59-63.
- Fatmawati F, Sibero MT, Trianto A, Wijayanti, DP, Sabdono A, Pringgenies D, & Radjasa OK. 2022. The influence of Fermentation Using Marine Yeast *Hortaea werneckii* SUCCY 001 on Antibacterial and Antioxidant Activity of *Gracillaria verrucosa*. *Biodiversitas*. 23(10): 5258-5266. DOI: 10.13057/biodiv/d231035.
- Federer W, 1963. *Experimental Design Theory and Application*, Oxford: Oxford and Lbh Publish Hincó.
- Getchew AT, Holdt SL, Meyer AS, & Jacobsen C, 2022. Effect of Extraction Temperature on Pressurized Liquid Extraction of Bioactive Compounds from *Fucus vesiculosus*. *Marine Drugs Journal*. 20(263): 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/md20040263>.
- Hardi EH, 2018. *Bakteri Patogen pada Ikan Air Tawar Aeromonas hydrophila dan Pseudomonas fluorescens*, Samarinda: Mulawarman University Press.
- Hasnaeni H, Usman S, & Wisdawati W. 2019. Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Rendemen dan Kadar Fenolik Ekstrak Tanaman Kayu Beta-Beta (*Lunasia amara* Blanco). *Jurnal Farmasi Galenika*. 5(2): 175. DOI: <https://doi.org/10.22487/j24428744.2019.v5.i2.13599>.
- Hayati EK, Budi US, & Hermawan R, 2012. Konsentrasi Total Senyawa Antosianin Ekstrak Kelopak Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.): Pengaruh Temperatur dan pH. *Jurnal Kimia*, 6(2): 138-147.
- Heliawati L, 2018. *Kimia Organik Bahan Alam*, Bogor: Pascasarjana Universitas Pakuan.
- Hendra R, Ahmad S, Sukari A, Shukor MY, & Oskoueian E, 2011. Flavonoid Analyses and Antimicrobial Activity of Various Parts of *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl Fruit. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(6): 3422-3431.
- Hidayah N, Hisan AK, Solikin A, Irawati, & Mustikaningtyas D, 2016. Uji Efektivitas Ekstrak *Sargassum muticum* Sebagai Alternatif Obat Bisul Akibat Aktivitas *Staphylococcus aureus*. *Journal of Creativity Students*, 1(2). DOI: <https://doi.org/10.15294/jcs.v1i2.7794>.
- Jacob AM, Suptijah P, & Zahidah, 2013. Komposisi Kimia, Komponen Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Buah Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 16(1): 86-94.
- Januário AP, Félix R, Félix C, Reboleira J, Valentão P, & Lemos MFL, 2021. Red Seaweed-Derived Compounds as a Potential New Approach for Acne Vulgaris Care. *Pharmaceutics*, 13. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13111930>.
- Jawetz E, Melnick JL, & Adelberg EA, 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi XXII*, Jakarta: Salemba Medika.
- Julyasih K, Sri IGP, Wirawan WS, Harijani, & Widajati W. 2009. Aktivitas Antioksidan Beberapa Jenis Rumpun Laut (*Seaweeds*) Komersial Di Bali. *Seminar Nasional*.

- Khoiriyah S, Hanapi S, & Fasya AG, 2014. Uji Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Fraksi Etil Asetat, Kloroform, dan Petroleum Eter Ekstrak Metanol Alga Coklat *Sargassum vulgare* dari Pantai Kapong Pamekasan Madura. *Alchemy: Journal of Chemistry*, 3(2): 133-144. DOI: <https://doi.org/10.18860/al.v0i1.2914>.
- KKP, 2018. Kelompok di Sidoarjo Berhasil Kembangkan Budidaya *Gracilaria* Hingga Jadi Produk Olahan, *Online*. <https://kkp.go.id/djpb/artikel/8682-kelompok-di-sidoarjo-berhasil-kembangkan-budidaya-gracilaria-hingga-jadi-produk-olahan> [Diakses pada 17 April 2022].
- Lemanceau P, 1992. Beneficial Effects of Rhizobacteria on Plants: Example of fluorescent *Pseudomonas* spp. *Agronomie*, 12: 413-437.
- Maftuch, Kurniawati I, Adam A, Zamzami I, 2016. Antibacterial Effect of *Gracilaria verrucosa* Bioactive on Fish Pathogenic Bacteria. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(4): 405-410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2016.10.005>.
- Margaretta S, Handayani N, Indraswati, & Hindraso H, 2011. Ekstraksi Senyawa *Phenolics Pandanus amaryllifolius* Roxb Sebagai Antioksidan Alami. *Widya Teknik*, 10(1): 21-30. DOI: <https://doi.org/10.33508/wt.v10i1.157>.
- Murwani S, Santosaningsih D, & Ramadhona A, 2002. Pola Protein dari *Outer Membrane Protein* yang Diisolasi Menggunakan *N-Octyl Glucoside* dan Menggunakan *Sarcosyl* pada *Salmonella typhi*. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*, 18(2): 89-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jkb>.
- Nazri NAAM, Ahmat N, Adnan A, Mohamad SAS, & Ruzaina SAS, 2011. In Vitro Antibacterial and Radical Scavenging Activities of Malaysian Table Salad. *African Journal of Biotechnology*, 10(30): 5728-5735. DOI: 10.5897/AJB11.227.
- Ningsih DR, Zufahir, & Dwi K, 2016. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Serta Uji Aktivitas Ekstrak Daun Sirsak sebagai Antibakteri. *Molekul*, 11(1): 101-111. DOI: 10.20884/1.jm.2016.11.1.199.
- Pangestuti IE, Sumardianto S, & Amalia U, 2017. Skrining Senyawa Fitokimia Rumput Laut *Sargassum* sp. dan Aktivasinya sebagai Antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (*Phytochemical Compound Screening of Sargassum sp. and It's Activity as Antibacterial Against Staphylococcus aureus and Escherichia coli*). *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(2): 98-102. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijfst.12.2.98-102>.
- Praptiningsih Y, 1999. *Buku Ajar Teknologi Pengolahan*, Jember: FTP UNEJ.
- Punchard NA, 2006. *Haemocytometer instruction Sheet for Neubauer Improved*, London: University of East London
- Padmawati IAG, Suter IK, & Arihantana NMIH, 2020. Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Eceng Padi (*Monochoria vaginalis* Burm F. C. Presel.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 9(1): 81-87. DOI: <https://doi.org/10.24843/itepa.2020.v09.i01.p10>.
- Purwaningsih S & Deskawati E, 2020. Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan Rumput Laut *Gracilaria* sp. Asal Banten. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3): 503-512. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.32808>.
- Rahayu PSP, Praharani D, Probosari N, Indahyani DE, & Barid I, 2023. Aktivitas Antibakteri Bahan Cetak Berbasis Ekstrak Natrium Alginat dari Alga Merah (*Kappaphycus alvarezii*) terhadap *Lactobacillus acidophilus*. *Jurnal Kedokteran Gigi*, 20(1): 13-17. DOI: <https://doi.org/10.19184/stoma.v20i1.38592>.
- Retnowati Y, Bialangi N, & Posangi NW, 2011. Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* pada Media yang Diekspos dengan Infus Daun Sambiloto (*Andrographis paniculata*). *Jurnal SAINTEK*, 6(2).
- Rijayanti RK, 2014. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Mangga Bacang (*Mangifera foetida* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* Secara In Vitro. *Naskah Publikasi*, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura: Pontianak.
- Rini CS & Rochmah J, 2020. *Bakteriologi Dasar*, Sidoarjo: UMSIDA Press.
- Rosmania & Yanti F, 2020. Perhitungan Jumlah Bakteri di Laboratorium Mikrobiologi Menggunakan Pengembangan Metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2): 76-86. DOI: <https://doi.org/10.56064/jps.v22i2.564>.
- Rudi M & Ramadhani DE, 2022. Uji Daya Hambat Ekstrak Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* terhadap Bakteri *Vibrio harveyi*. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 3(1): 18-23.
- Sani RN, Fithri CN, Ria DA, & Jaya MM. 2014. Analisis Rendemen dan Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Mikroalga Laut *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(2): 121-126.
- Sari DMM & Kurniawan A, 2021. Pemberdayaan Tenaga Kerja Budidaya Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) Melalui Pendidikan Non Formal. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 12(1): 197-202.

- Septiana AT& Asnani A, 2012. Kajian Sifat Fisikokimia Ekstrak Rumpuk Laut Coklat *Sargassum duplicatum* Menggunakan Berbagai Pelarut dan Metode Ekstraksi. *Agrointek*, 6(1):22-28. DOI: <https://doi.org/10.21107/agrointek.v6i1.1950>.
- Shabana BM, Elkenany RM, & Younis G, 2022. Sequencing and Multiple Antimicrobial Resistance of *Pseudomonas fluorescens* Isolated from Nile Tilapia Fish in Egypt. *Brazilian Journal of Biology*,84: 1-9.
- Sidauruk SW, Sari NI, Diharmi A, & Arif I, 2021. Aktivitas Antibakteri Ekstrak *Sargassum plagyophyllum* terhadap Bakteri *Listeria monocytogenes* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(1): 27-37.
- Simanungkalit ER, Duniaji AS, & Ekawati IGY, 2020. Kandungan Flavonoid dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sintrong (*Crassocephalum crepidiodes*) terhadap Bakteri *Bacillus cereus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*,9(2): 202-210. DOI: <https://doi.org/10.24843/itepa.2020.v09.i02.p10>.
- Sinurat AAP, Renta PP, Herliany NE, Bertoka, &Purnama D, 2019. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Rumpuk Laut *Gracilaria edulis* terhadap Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Enggano*,4(1): 105-114.
- Sulistiani RP & Rahayuningsih HM. 2015. Pengaruh Ekstrak Lompong Mentah (*Colocasia esculenta* L Schoot) terhadap Aktivitas Fagositosis dan Kadar NO (Nitrit Oksida) Mencit Balb/C Sebelum dan Sesudah Terinfeksi *Listeria monocytogenes*. *Journal of Nutrition College*. 4(4): 409-415. DOI: <https://doi.org/10.14710/jnc.v4i4.10118>.
- Susanty & Bachmid F, 2016. Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Refluks terhadap Kadar Fenolik dari Ekstrak Tongkol Jagung (*Zea mays* L.). *Konversi*, 5(2): 87-93. DOI: <https://doi.org/10.24853/konversi.5.2.87-92>.
- Ventola CL, 2015. The Antibiotic Resistance Crisis: Causes and Threats. *P & T Journal*,40(4): 277-283.
- Wasteson Y & Hornes E, 2009. Pathogenic *Escherichia coli* Found in Food. *International Journal of Food Microbiology*, 12: 103-114.
- Wahyuni S, Vifta RL, & Erwiyani AR, 2018. Kajian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) terhadap Pertumbuhan *Streptococcus mutans*. *Inovasi Teknik Kimia*. 3(1): 25-30.
- Wei Y, Liu Q, Xu C, Yu J, Zhao L, & Guo Q, 2016. Damage to the Membrane Permeability and Cell Death of *Vibrio parahaemolyticus* Caused by Phlorotannins with Low Molecular Weight from *Sargassum thunbergii*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*,25: 323-333. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.851757>.
- Wiyanto DB, 2010. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Rumpuk Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Eucheuma denticullatum* terhadap Bakteri *Aeromonas hydrophila* dan *Vibrio harveyii*. *Jurnal Kelautan*, 3(1):1-17.
- Yuliantari NWA, Widarta IWR, & PermanaIDGM, 2017. Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kandungan Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Menggunakan Ultrasonik. *Media Ilmiah Teknologi Pangan (Scientific Journal of Food Technology)*. 4(1): 35-42. ISSN 2477-2739.

Article History:

Received: 31 Juli 2023

Revised: 12 Oktober 2023

Available online: 18 Oktober 2023

Published: 31 Januari 2024

Authors:

Athiyya Nur Agistiana Azzahra, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231, Indonesia, e-mail: athiyya.19003@mhs.unesa.ac.id

Guntur Trimulyono, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231, Indonesia, e-mail: gunturtrimulyono@unesa.ac.id

How to cite this article:

Azzahra ANA, Trimulyono G, 2024. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Rumpuk Laut *Gracilaria verrucosa* terhadap Bakteri *Pseudomonas fluorescens* Patogen pada Ikan. *LenteraBio*; 13(1): 44-54.