

Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*) Terhadap Pertumbuhan *Salmonella typhi*

Daffa Izza Arwinto¹, Redemptus Yudadi², Rahadian³

Departemen Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah
Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur Indonesia

Korespondensi: Daffa Izza Arwinto, Email: daffaizzaar@gmail.com, Telp/
HP 081380391640

Naskah Masuk 23 Januari 2026, Revisi 18 September 2026, Layak Terbit 31 September 2026

Abstrak

Demam tifoid merupakan penyakit sistemik yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Salmonella typhi*, ditandai dengan adanya nyeri perut dan demam. Antibiotik adalah terapi utama. Peningkatan resistensi antibiotik sering terjadi sehingga mencari antibiotik alternatif menjadi langkah yang tepat. Ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) memiliki sifat antibakteri dikaitkan dengan senyawa aktif yang ada dalam kandungannya, antara lain flavonoid, tanin, fenol, alkaloid, dan senyawa lainnya yang telah terbukti dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif maupun gram positif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya hambat ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) terhadap pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi* pada media agar secara in vitro.

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif eksperimental laboratoris dengan desain post test only control group. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan mengukur zona hambat menggunakan metode difusi cakram. Terdapat 6 kelompok perlakuan dalam penelitian ini, 4 diantaranya kelompok perlakuan dengan konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% serta 2 kelompok kontrol yaitu kontrol positif (kloramfenikol) dan kontrol negatif (*aquades steril*) yang setiap kelompok dilakukan pengulangan 4 kali. Data dianalisis menggunakan Uji *Kruskal-Wallis*.

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata diameter zona hambatan K(+): 25,8725 mm; K1: 8,9475 mm; K2: 9,5750 mm; K3: 10,39 mm; K4: 12,41 mm; K(-): 6,00 mm. Hasil uji *Kruskal-Wallis* masing-masing kelompok perlakuan menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$). Uji *Post hoc Mann-Whitney U* menunjukkan adanya perbedaan bermakna antara kelompok kontrol negatif dengan semua kelompok perlakuan ($p < 0,05$) dan antara kelompok kontrol positif dengan semua kelompok perlakuan ($p < 0,05$).

Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) memiliki daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Kata kunci : Demam Tifoid, *Salmonella typhi*, anggur laut (*Caulerpa racemosa*)

Abstract

Typhoid fever is a systemic disease caused by Salmonella typhi infection, characterized by abdominal pain and fever. Antibiotics are the mainstay of therapy; however, the increasing prevalence of antibiotic resistance highlights the need for alternative antimicrobial agents. Sea grape (Caulerpa racemosa) extract possesses antibacterial properties due to its bioactive compounds, including flavonoids, tannins, phenols, alkaloids, and other secondary metabolites, which have been shown to inhibit the growth of both Gram-negative and Gram-positive bacteria. This study aimed to determine the inhibitory effect of Caulerpa racemosa extract on the growth of Salmonella typhi on agar medium in vitro.

This was a quantitative experimental laboratory study using a post-test only control group design. Antibacterial activity was assessed by measuring the inhibition zone diameter using the disc diffusion method. Six treatment groups were established: four treatment groups with extract concentrations of 25%, 50%, 75%, and 100%, as well as two control groups—positive control (chloramphenicol) and negative control (sterile distilled water). Each group was tested in four replications. Data were analyzed using the Kruskal–Wallis test.

The results showed mean inhibition zone diameters as follows: K(+): 25,8725mm; K1: 8,9475mm; K2: 9,5750mm; K3: 10,39mm; K4: 12,41mm; K(-): 6,00mm. The Kruskal–Wallis test demonstrated significant differences among treatment groups ($p<0.05$). Post hoc Mann–Whitney U tests revealed significant differences between the negative control and all treatment groups ($p<0.05$), as well as between the positive control and all treatment groups ($p<0.05$).

In conclusion, *Caulerpa racemosa* extract exhibited inhibitory activity against the growth of *Salmonella typhi*.

Keyword: Typhoid Fever, *Salmonella typhi*, Sea Grape (*Caulerpa racemosa*)

PENDAHULUAN

Salmonella typhi adalah bakteri tidak berspora, bergerak dengan flagel, dapat menjadi anaerob, dan merupakan bakteri Gram-negatif. Manusia sebagai reservoir *Salmonella typhi* dimana penyebarannya melalui jalur *fecal oral* (Putra, 2025).

Demam tifoid merupakan penyakit sistemik yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Salmonella typhi*. Penyakit ini juga menjadi salah satu penyebab angka morbiditas dan mortalitas pada kawasan padat penduduk yang memiliki higienitas buruk sehingga prevalensinya tinggi di negara berkembang. *World Health Organization* memperkirakan angka mortalitas tifoid sebesar 128.000-161.000 jiwa per tahunnya sedangkan angka kejadian di Indonesia pada tahun 2008 sebanyak 81,7/100.000 penduduk pada segala usia (Mendrofa, 2022).

Beberapa jenis antibiotik yang umum digunakan untuk pengobatan demam tifoid antara lain kloramfenikol, amoksisilin, siprofloksasin, gentamisin, dan kotrimoksazol. Namun demikian, penggunaan antibiotik dalam pengobatan infeksi *Salmonella typhi* menghadapi kendala serius berupa meningkatnya kasus resistensi, termasuk terhadap kloramfenikol

yang selama ini menjadi terapi lini utama. Kondisi ini menegaskan perlunya pencarian alternatif terapi antibakteri yang efektif untuk mengatasi masalah resistensi tersebut (Suwandi & Sandika, 2017).

Selain menggunakan metode terapi farmakologis, ada metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi demam tifoid yang disebabkan oleh *Salmonella typhi*. Beberapa tahun ke belakang, banyak peneliti yang melakukan percobaan dengan ekstrak bahan alamiah yang dapat ditemukan di alam. Contoh bahan alami yang dapat digunakan adalah daun mangrove api-api (Mendrofa, 2022), minyak biji jantan hitam (Karsa and Latief, 2020), dan anggur laut (*Caulerpa racemosa*)

Caulerpa racemosa, atau yang lebih dikenal sebagai anggur laut, adalah sejenis alga hijau yang umum tumbuh pada substrat pasir dan karang. Masyarakat di wilayah tropis sering mengonsumsi tumbuhan ini sebagai lalapan atau sayuran. Persebarannya meliputi perairan Sumatera, Jawa, dan Sulawesi Utara. Anggur laut mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi memiliki sifat antibakteri. (Marfuah, Dewi

and Rianingsih, 2018). Sifat antibakteri suatu ekstrak dikaitkan dengan senyawa aktif yang ada dalam kandungannya, antara lain flavonoid, tanin, fenol, alkaloid, dan senyawa lainnya yang telah terbukti dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif maupun gram positif (Fadia et al., 2020).

Menurut Fadia et al. (2020) anggur laut (*Caulerpa racemosa*) memiliki potensi untuk menjadi alternatif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Namun, penelitian terkait kemampuan anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dalam menghambat *Salmonella typhi* dalam 10 tahun terakhir masih kurang memadai. Oleh karena itu, penelitian tentang efektivitas antibakteri anggur laut (*Caulerpa racemosa*) terhadap *Salmonella typhi* perlu dilakukan.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif *True Eksperimental* dengan *post test only control group*. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan metode difusi cakram. Sampel sebanyak 24 unit dibagi menjadi enam kelompok perlakuan dengan empat kali pengulangan per kelompok sesuai rumus Federer. Kelompok perlakuan meliputi kontrol negatif, konsentrasi ekstrak 25%, 50%, 75%, 100%, dan kontrol positif. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Surabaya (No.I/018/UHT.KEPK.03/VI/2025).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi cawan petri, gelas ukur, tabung reaksi, rotary evaporator, autoklaf, dan laminar air flow. Bahan penelitian terdiri dari umbi bit (*Beta vulgaris* L.), bakteri *Salmonella typhi*, agar Nutrient, etanol 96%, *Chloramphenicol*, dan *Aquadest steril*.

Persiapan Sampel

Ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dibuat melalui proses maserasi, yaitu dengan mencampur pelarut dan serbuk tanaman dalam wadah tertutup pada suhu ruangan. Setelah sampel dihaluskan, direndam dan dihancurkan dalam larutan etanol 96%, *Caulerpa racemosa* diekstraksi. Sampel ini kemudian dimasukkan ke dalam wadah tertutup agar tidak terpapar cahaya matahari dan tidak terkontaminasi.

Perendaman diproses tiga kali selama 24 jam, dengan pengadukan setiap 8 jam. Tiga hari setelah perendaman, maserat 1 terbentuk dari perpaduan simplisia dan pelarut. Ampas anggur laut (*Caulerpa racemosa*) direndam kembali dalam pelarut selama 24 jam, kemudian disaring untuk mendapat maserat 2. Maserat 1 dan 2 yang telah mengendap semalaman, dipekatkan pada evaporator rotasi pada suhu 40°C untuk mencapai konsistensi ekstrak kental sebanyak $\pm 200\text{ml}$. Kemudian ekstrak pekat digunakan untuk menganalisis senyawa metabolit sekunder.

Pembuatan Konsentrasi Ekstrak

Hasil proses ekstraksi anggur laut (*Caulerpa racemosa*), diperoleh larutan dengan konsentrasi 100%. Larutan ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) diencerkan dengan aquades steril untuk mencapai konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%.

Pembuatan Agar Nutrient

Media agar dibuat dengan memasukkan 20 gr bubuk agar nutrient pada erlenmeyer dan dicampurkan dengan 1 L pelarut aquades. Kemudian diaduk dan dipanaskan diatas *hotplate*. Kemudian, proses dilanjutkan dengan pembungkusan koran dan disterilisasi selama 15 menit serta didiamkan selama 24 jam dan kemudian terbentuk media agar nutrient. Proses ini dibuat oleh laboran yang telah tersertifikasi di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Surabaya.

Uji Aktivitas Bakteri

Difusi cakram digunakan untuk pengujian aktivitas bakteri. Metode dilakukan dengan menyiapkan 6 cawan petri dan diisi larutan agar nutrient sebanyak 10ml, kemudian dilakukan penggoresan pada suspensi bakteri *Salmonella typhi* secara keseluruhan pada cawan petri. Kertas saring cakram yang sudah direndam dalam larutan ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dengan beberapa konsentrasi, seperti 25%, 50%, 75%, 100% ditempatkan di dalam cawan petri. Aquades steril berperan sebagai kontrol negatif dan Kloramfenikol 30 µg berperan sebagai kontrol positif. Kertas cakram saring dengan suspensi bakteri *Salmonella typhi* dalam cawan petri diproses dan

disimpan selama 24 jam didalam inkubator dengan suhu 37°C. Proses terakhir, dengan menggunakan jangka sorong, adalah mengukur luas zona yang menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Analisis Data

Setelah data dikumpulkan, komputerisasi digunakan untuk menganalisisnya, dan uji normalitas data dilakukan dengan uji *Shapiro-Wilk*. Hasil $p > 0,05$ menunjukkan bahwa data memiliki distribusi normal, sedangkan hasil $p < 0,05$ menunjukkan bahwa data memiliki distribusi yang tidak normal.

Kemudian dilakukan uji homogenitas dengan uji *Levene* untuk mengetahui apakah varian homogen atau tidak. Jika variabel zona hambat memenuhi syarat parametrik, metode *One-way Anova* digunakan. Jika tidak, uji *Kruskal Wallis* digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan diantara kelompok perlakuan.

HASIL

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Hang Tuah Surabaya pada bulan Juli 2024 menggunakan bakteri *Salmonella typhi* yang didapatkan dari biakan laboratorium. Penelitian ini untuk membuktikan kemampuan ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*. Biakan bakteri *Salmonella typhi* diberi 6 perlakuan berbeda, yaitu perlakuan kontrol negatif, perlakuan dengan konsentrasi 25%; 50%; 75%; dan 100%, serta perlakuan kontrol

positif.

Tabel 1. Hasil data penelitian *Salmonella typhi*

Perlakuan	Diameter Zona Hambat (mm)			
	I	II	III	IV
Kontrol Positif	26,92	25,02	23,50	28,05
K1	9,92	9,63	7,88	8,36
K2	9,76	10,77	8,81	8,98
K3	9,91	10,87	11,37	9,51
K4	11,02	13,93	15,14	9,55
Kontrol Negatif	6,00	6,00	6,00	6,00



Gambar 1. Hasil biakan bakteri *Salmonella typhi* pada media agar nutrisi setelah diinkubasi selama 24 pada inkubator.

Tabel 2 Data deskriptif

Perlakuan	N	Minimal	Maximal	Mean	Std. Dev
Kontrol Positif	4	23,50	28,05	25,8725	2,01612
K1	4	7,88	9,92	8,9475	0,98256
K2	4	8,81	10,77	9,5800	0,89920
K3	4	9,51	11,37	10,4150	0,83857
K4	4	9,55	15,14	12,4100	2,57391
Kontrol Negatif	4	6,00	6,00	6,00	0,00

Uji Normalitas *Shapiro-Wilk*

Karena jumlah sampel yang diteliti kurang dari 50, setiap perlakuan dalam penelitian ini harus diuji menggunakan uji *Shapiro-Wilk*.

Tabel 3 Hasil Uji Normalitas

Variabel	Nilai p
K (+) (n = 4)	0,855
K1 (n = 4)	0,424
K2 (n = 4)	0,447
K3 (n = 4)	0,764
K4 (n = 4)	0,664

Uji normalitas *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data memiliki distribusi normal jika signifikansi $p > 0,05$, dan sebaliknya jika signifikansi $p < 0,05$. Berdasarkan tabel 5.3, uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa pada K (+), K1, K2, K3, dan K4, signifikansi $p > 0,05$ menunjukkan bahwa data memiliki distribusi normal.

Uji Homogenitas *Levene*

Uji *Levene* untuk homogenitas varian dilakukan di langkah berikutnya. Ini dilakukan untuk mengetahui apakah data dari kelompok perlakuan memiliki varian yang sama.

Tabel 4 Hasil Uji *Levene*

	Nilai p
Zona hambatan	<.001

Uji *Kruskal-Wallis*

Data yang didapat akan dianalisis dengan metode uji statistik untuk mengetahui pengaruh perbedaan antara dua variabel. Penelitian ini menggunakan uji *Kruskal-Wallis* karena data berdistribusi normal namun tidak homogen. Uji dilakukan untuk mengetahui adanya perbandingan terhadap rerata diameter zona hambatan setiap kelompok.

Tabel 5 Hasil Uji *Kruskal-Wallis*

	Nilai p
Zona Hambatan	0,002

Uji Mann-Whitney U

Pada uji *Kruskal-Wallis*, didapatkan hasil adanya perbedaan signifikan dari semua kelompok perlakuan. Oleh karena itu, dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney U* untuk mengetahui konsentrasi paling optimum dalam menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi*.

Tabel 6 Hasil Uji Mann-Whitney U

	K (+)	K1	K2	K3	K4	K (-)
K (+)	-	0,021	0,021	0,021	0,021	0,014
K1	-	-	0,386	0,149	0,083	0,014
K2	-	-	-	0,191	0,083	0,014
K3	-	-	-	-	0,248	0,014
K4	-	-	-	-	-	0,014
	-	-	-	-	-	-

Terdapat perbedaan secara signifikan pada kelompok dengan $p < 0,05$ yaitu antara kontrol negatif dengan ekstrak konsentrasi 25%, antara kontrol negatif dengan ekstrak konsentrasi 50%, antara kontrol negatif dengan ekstrak konsentrasi 75%, antara kontrol negatif dengan ekstrak konsentrasi 100%, antara ekstrak konsentrasi 25% dengan kontrol positif, antara ekstrak konsentrasi 50% dengan kontrol positif, antara ekstrak konsentrasi 75% dengan kontrol positif, dan antara ekstrak konsentrasi 100% dengan kontrol positif.

PEMBAHASAN

Penelitian ini menemukan rerata diameter zona hambat terbentuk semakin besar dengan konsentrasi yang lebih tinggi dan semakin kecil dengan konsentrasi yang lebih rendah. Kelompok kontrol positif yang diberi Kloramfenikol memiliki zona hambat

tertinggi, dan kelompok perlakuan dengan ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) konsentrasi 100% memiliki zona hambat kedua tertinggi setelah kontrol positif.

Hasil penelitian diatas sejalan dengan Kereh *et al.*, 2025 terkait uji aktivitas inhibisi anggur laut (*Caulerpa racemosa*) terhadap bakteri *Salmonella typhi*. Kereh *et al* menggunakan beberapa kelompok konsentrasi dalam uji efektivitas antibakteri pada bakteri *Salmonella typhi*, yaitu 100µg, 200µg, 300µg, dan 400µg yang diulang sebanyak tiga kali. Didapatkan hasil pengukuran rata – rata pada konsentrasi 100 µg sebesar 25 mm; 200µg sebesar 27,3 mm; 300µg sebesar 28,8 mm; dan 400µg sebesar 29,5 mm. Pada kontrol negatif tidak membentuk zona hambat (Kereh *et al.*, 2025).

Penelitian lain mengenai ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) didapatkan bahwa ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Marfuah *et al* 2016 menggunakan 3 kelompok konsentrasi, yaitu 5%, 10%, dan 15%. Didapatkan hasil pengukuran rata – rata pada konsentrasi 5% sebesar $5,53 \pm 0,28$ mm; konsentrasi 10% sebesar $5,78 \pm 0,33$ mm; dan konsentrasi 15% sebesar $6,95 \pm 0,28$ mm (Marfuah *et al.*, 2018).

Sifat antibakteri anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dikaitkan dengan senyawa aktif yang ada dalam kandungannya, antara lain flavonoid, tanin, fenol, alkaloid, triterpenoid, saponin, dan steroid yang telah terbukti dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif maupun gram positif (Marfuah, Dewi and Rianingsih, 2018; Fadia *et al.*, 2020).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zamzami (2015), ekstrak *Caulerpa racemosa* terbukti memiliki aktivitas

antibakteri terhadap *Aeromonas hydrophila*. Dari hasil karakterisasi menggunakan metode spektrofotometri ultraviolet, inframerah, hingga LC-MS, diketahui bahwa salah satu senyawa bioaktif utama yang terkandung dalam *C. racemosa* adalah luteolin. Senyawa ini termasuk dalam golongan flavonoid, yaitu turunan dari senyawa fenolik yang banyak ditemukan pada tumbuhan maupun alga. Mekanisme aksi luteolin sebagai antibakteri terutama berkaitan dengan kemampuannya mengganggu integritas membran sitoplasma bakteri hingga pada akhirnya menekan pertumbuhan bakteri atau bahkan menyebabkan kematian sel bakteri tersebut (Zamzami et al., 2015).

Penelitian oleh Palaniyappan (2023) melaporkan bahwa golongan alkaloid bisindol seperti caulerpin, caulersin, dan caulerpenyne ditemukan cukup melimpah pada *C. racemosa*. Senyawa alkaloid ini merupakan senyawa nitrogen yang diketahui memiliki aktivitas antiinflamasi, antijamur, serta antibakteri. Temuan ini memperkuat bahwa aktivitas antibakteri dari *C. racemosa* tidak hanya disebabkan oleh flavonoid seperti luteolin, tetapi juga dipengaruhi oleh keberadaan senyawa bioaktif lain yang bekerja melalui mekanisme berbeda namun saling melengkapi (Palaniyappan et al., 2023).

Caulerpa racemosa juga diketahui mengandung senyawa sterol sebagai salah satu metabolit sekundernya. Beberapa jenis sterol yang berhasil diidentifikasi antara lain kolesterol, fukosterol, dan klionasterol. Sterol merupakan bagian dari golongan steroid triterpenoid, karena berasal dari jalur biosintesis triterpenoid (squalene) yang kemudian membentuk kerangka dasar steroid. Dalam konteks bioaktivitas, sterol berperan penting dalam mengganggu integritas membran sel bakteri dengan berinteraksi dengan fosfolipid pada membran

sitoplasma, sehingga menyebabkan ketidakstabilan struktur membran dan kebocoran isi sel (Rushdi et al., 2020).

Selain flavonoid, alkaloid, dan sterol, kandungan tannin dan saponin pada *Caulerpa racemosa* juga berkontribusi penting terhadap sifat antibakterinya. Menurut Belkacemi et al. (2020), fraksi ekstrak *Caulerpa racemosa* yang kaya akan senyawa fenolik, termasuk tannin, terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram negatif seperti *Pseudomonas aeruginosa*. Mekanisme yang mendasarinya antara lain adalah kemampuan tannin dalam menginaktivasi enzim membran, mengganggu transport nutrisi, serta mencegah adhesi bakteri pada inang. Sementara itu, saponin bekerja dengan cara merusak integritas membran sel bakteri melalui sifat surfaktannya, sehingga menyebabkan kebocoran isi sel dan berujung pada kematian sel bakteri. Temuan ini memperkuat bukti bahwa keberadaan berbagai golongan metabolit sekunder di dalam *Caulerpa racemosa* saling melengkapi dalam memberikan efek antibakteri, baik terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif, sehingga menjadikan alga hijau ini sebagai salah satu kandidat sumber bioaktif yang potensial untuk dikembangkan dalam bidang kesehatan (Belkacemi et al., 2020).

Tidak ditemukannya perbedaan yang signifikan antar konsentrasi ekstrak *Caulerpa racemosa* (25%, 50%, 75%, dan 100%) dapat dijelaskan melalui prinsip farmakodinamik *E_{max} model*, yaitu hubungan non-linear antara konsentrasi obat dan besar efek biologisnya. Menurut teori *E_{max}*, peningkatan konsentrasi tidak selalu menghasilkan peningkatan efek yang sebanding karena respons farmakologis mengikuti kurva hiperbolik berdasarkan *law of mass action*. Pada konsentrasi di atas

C50, efek antibakteri akan meningkat semakin lambat meskipun konsentrasi senyawa aktif terus dinaikkan. Hal tersebut terjadi karena *E_{max}* tidak pernah dapat tercapai secara langsung, mengingat nilai *E_{max}* hanya muncul pada konsentrasi tak hingga—suatu kondisi yang tidak mungkin dicapai pada aplikasi biologis nyata. Bahkan pada konsentrasi yang mencapai 10 kali C50, efek yang diperoleh hanya sekitar 90% dari *E_{max}*, menunjukkan adanya kecenderungan sistem biologis menuju fase *plateau* (Holford, 2017).

Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Wing-Fai Yap *et al.* (2019), yang melaporkan bahwa ekstrak kloroform *Caulerpa racemosa* menunjukkan peningkatan efek antibakteri yang tajam pada konsentrasi 5–100 µg/mL, tetapi peningkatan efek dari 100 menjadi 250 µg/mL relatif kecil dan tidak sebanding dengan kenaikan dosis. Dengan demikian, ketidaksignifikanan antar peningkatan konsentrasi bukan menunjukkan tidak efektifnya ekstrak, melainkan menggambarkan karakteristik farmakodinamik alami bahan bioaktif yang mulai mencapai titik jenuh, sehingga tambahan dosis tidak lagi meningkatkan efek secara substansial (Yap *et al.*, 2019).

Secara farmakodinamik, interaksi senyawa antibakteri dengan target reseptor pada bakteri berlangsung pada jumlah target yang terbatas dan bersifat jenuh. Peningkatan konsentrasi senyawa aktif, termasuk flavonoid dan fenol yang merupakan komponen dominan dalam ekstrak *Caulerpa racemosa*, akan meningkatkan efek penghambatan melalui peningkatan ikatan terhadap target struktural dan fungsional bakteri hingga mencapai titik kejenuhan. Setelah sebagian besar target tersebut terpengaruh, peningkatan konsentrasi ekstrak selanjutnya tidak lagi menghasilkan peningkatan efek antibakteri yang bermakna.

Kondisi ini menyebabkan zona hambat antar berbagai kadar ekstrak tidak menunjukkan perbedaan signifikan meskipun seluruhnya masih berbeda secara bermakna dibandingkan kelompok kontrol (Gumbo & Alffenaar, 2018).

Dalam konteks penelitian ini, tidak adanya perbedaan zona hambat antara konsentrasi ekstrak mengindikasikan bahwa sistem antibakteri telah memasuki fase mendekati *plateau effect*, di mana peningkatan dosis tidak lagi memberikan tambahan efek yang bermakna. Sejalan dengan teori, kurva konsentrasi-efek yang bersifat non-linear menjelaskan bahwa “*doubling the dose does not double the effect*” (Holford, 2017).

Penelitian ini menunjukkan adanya kesesuaian antara hasil yang dipresentasikan dengan teori yang dinyatakan pada tinjauan pustaka dan penelitian sebelumnya, bahwa terdapat konsentrasi efektif ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian eksperimental uji efektivitas antibakteri ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) terhadap pertumbuhan *Salmonella typhi* pada media *nutrient agar* secara *in vitro* dengan kelompok perlakuan yang berbeda dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) memiliki daya hambat yang signifikan terhadap pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*, dan diameter hambatan yang dihasilkan ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) konsentrasi 25% sebesar 8,9475 mm; konsentrasi 50% sebesar 9,5000 mm; konsentrasi 75% sebesar 10,3900 mm; dan konsentrasi 100% sebesar 12,4100 mm,

dengan konsentrasi ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi* adalah konsentrasi 100%.

SARAN

1. Penelitian berikutnya diperlukan untuk menentukan peran ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) sebagai bakteriosida atau bakteriostatik.
2. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menggunakan rentang dosis yang lebih luas, mencakup dosis yang lebih rendah maupun lebih tinggi dari dosis yang digunakan saat ini, untuk mengidentifikasi dosis minimal yang efektif serta menentukan pada titik dosis mana peningkatan konsentrasi ekstrak menghasilkan perbedaan efek yang signifikan antar kelompok perlakuan.
3. Penelitian lebih lanjut dibutuhkan untuk menguji konsentrasi minimal ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) yang dapat menghambat (MIC) dan yang dapat membunuh (MBC) bakteri *Salmonella typhi*.
4. Dibutuhkan penelitian lanjutan mengenai daya hambat ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) terhadap bakteri *Salmonella typhi* secara in vivo melalui uji preklinik dan klinik

DAFTAR PUSTAKA

1. Mendrofa CM. Pengaruh Ekstrak Daun Mangrove Api-Api (*Avicennia marina*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella typhi* Pada Media Agar Melalui Uji Zona Hambat. 2022.
2. Suwandi JF, Sandika J. Sensitivitas *Salmonella typhi* Penyebab Demam Tifoid terhadap Beberapa Antibiotik. 2017;6.
3. Karsa NS, Latief S. Perbandingan Efektivitas Ekstrak Minyak Biji Jintan Hitam (*Habbatussauda*) Terhadap Pertumbuhan *Salmonella Typhi*. *Alami Journal*. 2020;4(2):32–42.
4. Fadia, Nurlailah, Elyn Herlina T, Lutpiatina L. Efektivitas Ekstrak Etanol Daun Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L) Sebagai Antibakteri *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus*. 2020;2(3):2020.
5. Marfuah I, Dewi EN, Rianingsih L. Kajian Potensi Ekstrak Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*) Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. 2018;7. Available from: <http://www.ejournal-sl.undip.ac.id/index.php/>
6. Zamzami I, Andayani S, Maftuch. Characterization of *Caulerpa Racemosa* Fraction As *Aeromonas Hydrophila* Antibacterial. *JLSB Journal of Life Science and Biomedicine J Life Sci Biomed*. 2015;5(2):30–3.
7. Palaniyappan S, Sridhar A, Kari ZA, Téllez-Isaías G, Ramasamy T. Evaluation of Phytochemical Screening, Pigment Content, In Vitro Antioxidant, Antibacterial Potential and GC-MS Metabolite Profiling of Green Seaweed *Caulerpa racemosa*. *Mar Drugs*. 2023 May 1;21(5).
8. Rushdi MI, Abdel-Rahman IAM, Attia EZ, Abdelraheem WM, Saber H, Madkour HA, et al. A review on the diversity, chemical and pharmacological potential of the green algae genus *Caulerpa*. *South African Journal of Botany*. 2020 Aug 1;132:226–41.
9. Belkacemi L, Belalia M, Djendara A, Bouhadda Y. Antioxidant and antibacterial activities and identification of bioactive compounds of various extracts of *Caulerpa racemosa* from Algerian coast. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2020 Feb 1;10(2):87–94.
10. Holford N. Pharmacodynamic principles and the time course of immediate drug effects. *Transl Clin Pharmacol*. 2017;25(4):157–61.
11. Yap WF, Tay V, Tan SH, Yow YY, Chew J. Decoding antioxidant and antibacterial potentials of Malaysian green seaweeds: *Caulerpa racemosa* and *caulerpa lentillifera*. *Antibiotics*. 2019 Sep 1;8(3).
12. Gumbo T, Alffenaar JWC. Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Background and Methods and Scientific Evidence Base for Dosing of Second-line Tuberculosis Drugs. *Clinical Infectious Diseases*. 2018 Nov 28;67:S267–73.