



PENGARUH JENIS PELARUT DAN KONSENTRASI EKSTRAK *Caulerpa racemosa* TERHADAP BAKTERI PENYEBAB JERAWAT

Meske Ferdinandus¹, Trijunianto Moniharapon², Beni Setha^{2*}

¹Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pattimura

Jalan Ir. M. Putuhena, Ambon, Maluku Indonesia 97233

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura

Jalan Mr. Chr. Soplanit, Poka, Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku Indonesia 97233

Diterima: 24 Agustus 2025/Disetujui: 17 November 2025

*Korespondensi: benisetha42@gmail.com

Cara sitasi (APA Style 7th): Ferdinandus, M., Moniharapon, T., & Setha, B. (2025). Pengaruh jenis pelarut dan konsentrasi ekstrak *Caulerpa racemosa* terhadap bakteri penyebab jerawat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(12), 1058-1071. <http://dx.doi.org/10.17844/4e4pgv46>

Abstrak

Jerawat merupakan masalah kulit yang banyak dialami remaja dan dewasa muda, dengan patogenesis yang melibatkan bakteri *Cutibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*. Penggunaan antibiotik konvensional sering kali menimbulkan resistansi sehingga diperlukan alternatif pengobatan alami. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efektivitas ekstrak *Caulerpa racemosa* sebagai agen antibakteri atau menghambat pertumbuhan bakteri *C. acnes* dan *S. aureus* penyebab jerawat, dengan fokus pada pengaruh jenis pelarut (metanol dan etil asetat) serta konsentrasi pelarut (95%, 75%, 55%, dan 35%) terhadap aktivitas antimikrob yang dihasilkan. Ekstrak diperoleh melalui metode maserasi dan diuji fitokimia untuk identifikasi metabolit sekunder. Uji aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer. Hasil penelitian menunjukkan ekstrak metanol menghasilkan rendemen dan zona hambat lebih besar dibanding etil asetat, dengan rata-rata 12,63 mm terhadap *C. acnes* dan 12,94 mm terhadap *S. aureus*. Zona hambat bakteri meningkat secara signifikan seiring dengan kenaikan konsentrasi ekstrak, dan pada konsentrasi 95% zona hambat mencapai 15,37 mm terhadap *C. acnes* serta 14,12 mm terhadap *S. aureus*. Uji fitokimia menunjukkan adanya flavonoid, fenolik, tanin, saponin, alkaloid, terpenoid, dan steroid yang berkontribusi pada aktivitas antibakteri. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *C. racemosa*, khususnya dengan pelarut metanol, memiliki potensi besar sebagai sumber bahan aktif alami untuk formulasi topikal anti-jerawat, serta dapat menjadi alternatif aman dalam menghadapi resistansi antibiotik.

Kata kunci: aktivitas antimikrob, *Cutibacterium acnes*, fitokimia, flavonoid, *Staphylococcus aureus*

The Effect of Solvent Type and Extract Concentration of *Caulerpa racemosa* on its Antibacterial Activity against Acne-Causing Bacteria

Abstract

Acne is a common skin disorder, particularly among adolescents and young adults, with *Cutibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus* being the main causative bacteria. Conventional antibiotic treatments often lead to resistance, highlighting the need for natural alternatives to antibiotics. This study aimed to determine the effectiveness of *Caulerpa racemosa* extract as an antibacterial agent against *C. acnes* and *S. aureus*, the primary acne-causing bacteria, with a particular focus on the influence of solvent type (methanol and ethyl acetate) and solvent concentration (95%, 75%, 55%, and 35%) on the resulting antimicrobial activity. The extracts were prepared by maceration and screened for phytochemical constituents. The antibacterial activity was tested using the Kirby-Bauer disc diffusion method. The results showed that the methanol extract produced higher yields and greater inhibition zones compared to ethyl acetate, averaging 12.63 mm against *C. acnes* and 12.94 mm against *S. aureus*. The bacterial inhibition zone increased significantly with an increase in the extract concentration, and at a concentration of 95%, the inhibition zone reached 15.37 mm against *C. acnes* and 14.12 mm against *S. aureus*. Phytochemical analysis revealed the presence

of flavonoids, phenolics, tannins, saponins, alkaloids, terpenoids, and steroids, which contributed to the antibacterial activity. This study concludes that *C. racemosa*, particularly its methanol extract, exhibits significant potential as a natural source of active compounds for topical anti-acne formulations and may serve as a safe alternative to conventional antibiotics in addressing bacterial resistance.

Keywords: antimicrobial activity, *Cutibacterium acnes*, flavonoids, phytochemistry, *Staphylococcus aureus*

PENDAHULUAN

Jerawat merupakan salah satu gangguan kulit yang paling umum terjadi, terutama pada masa remaja dan dewasa muda. Kondisi ini ditandai dengan pembentukan komedo, papula, pustula, dan dalam kasus yang parah dapat menyebabkan pembentukan kista serta jaringan parut permanen (Dreno, 2017). Prevalensi jerawat mencapai 85% pada populasi berusia 12-25 tahun, menjadikan jerawat sebagai permasalahan dermatologis yang signifikan secara global (Layton *et al.*, 2021). Permasalahan jerawat biasanya timbul pada kulit wajah, leher, dada, punggung, dan lengan atas, yang ditandai dengan terbentuknya kista, nodul, pustul, komedo, maupun papul (Parac *et al.*, 2023). Patogenesis jerawat melibatkan interaksi kompleks antara produksi sebum berlebih, hiper keratinisasi folikular, kolonisasi bakteri patogen, dan respons inflamasi. Dua spesies bakteri utama yang berperan dalam perkembangan jerawat adalah *Cutibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*. *C. acnes* merupakan bakteri anaerob Gram positif yang secara normal menghuni folikel pilosebaceus, namun dapat menjadi patogenik ketika terjadi oklusi folikular (O'Neill & Gallo, 2017). *Staphylococcus aureus* dapat memperparah kondisi inflamasi melalui produksi toksin dan enzim yang merusak jaringan kulit (Chen *et al.*, 2022). *Cutibacterium acnes* umumnya ditemukan pada infrainfundibulum, dan mikroorganisme ini dapat mencapai permukaan kulit seiring dengan keluarnya sebum. Peningkatan trigliserida akan diikuti oleh pertumbuhan *C. acnes* karena senyawa ini berfungsi sebagai sumber nutrisinya. *Cutibacterium acnes* tidak hanya mengaktivasi jalur komplemen klasik dan alternatif, tetapi juga menguraikan trigliserida menjadi asam lemak bebas yang memicu respons peradangan dan berkontribusi terhadap munculnya jerawat (Zouboulis, 2020).

Pengobatan jerawat umumnya memanfaatkan antibiotik seperti eritromisin, klindamisin, tetrasiklin, dan doksisisiklin (Patel & Bhatia, 2021). Penggunaan antibiotik secara berkepanjangan dapat menyebabkan dampak negatif, antara lain gangguan organ dan respons imunohipersensitivitas (Macy *et al.*, 2017). Resistansi bakteri dapat berkembang akibat penggunaan antibiotik yang tidak rasional, khususnya jika dikonsumsi tanpa resep dokter dan dalam jumlah berlebihan (Islam, 2021). Dengan demikian, pengembangan alternatif pengobatan yang lebih aman berbasis bahan alami dengan potensi antibakteri menjadi suatu kebutuhan.

Peningkatan penggunaan antibiotik untuk jerawat menimbulkan masalah resistansi bakteri terhadap pengobatan konvensional. Banyak bakteri, termasuk *C. acnes* dan *S. aureus*, telah menunjukkan kemampuan resistansi terhadap antibiotik, sehingga mengurangi efektivitas pengobatan, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan pada 4 isolat bakteri *S. aureus* yang resisten terhadap antibiotik Cefotaxim (Delost *et al.*, 2016; Beig *et al.*, 2024). Hal ini menambah tantangan dalam pengobatan jerawat dan mendorong pencarian alternatif yang lebih aman dan efektif (Niedzwiedzka *et al.*, 2024). Penggunaan antibiotik yang semakin meluas untuk mengobati jerawat (*acne vulgaris*) telah menimbulkan ancaman serius berupa resistansi bakteri, yang kini mengganggu efektivitas pengobatan konvensional (Karadag *et al.*, 2021). Fenomena ini terjadi karena banyak bakteri pemicu jerawat, termasuk *Propionibacterium acnes* atau *Cutibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*, telah menunjukkan kemampuan untuk mengembangkan mekanisme resistansi terhadap berbagai jenis antibiotik (Kim & Kim, 2024). Akibatnya, efektivitas terapi antibiotik seperti klindamisin dan eritromisin yang dulunya menjadi standar pengobatan,



kini menurun secara drastis, dengan laporan peningkatan insidensi resistansi di berbagai wilayah (Walsh *et al.*, 2016). Hal ini menambah tantangan besar dalam pengobatan jerawat, terutama untuk kasus sedang hingga berat, dan secara mendesak mendorong komunitas medis untuk mencari alternatif yang lebih aman dan efektif, seringkali berupa terapi kombinasi atau agen non-antibiotik (Niedziedzka *et al.*, 2024).

Peningkatan resistansi bakteri terhadap antibiotik konvensional menjadikan pengobatan alternatif yang lebih aman dan efektif semakin penting. Salah satu sumber potensial adalah bahan alami, seperti ekstrak tanaman laut. *Caulerpa racemosa*, yang dikenal sebagai anggur laut merupakan alga hijau (*Chlorophyta*) yang banyak ditemukan di perairan tropis dan subtropis. Rumput laut *Caulerpa racemosa* telah dimanfaatkan sebagai bahan baku produk kosmetik dan menunjukkan potensi dalam perawatan kulit. Pemanfaatan *C. racemosa* sebagai bahan masker wajah yang kaya senyawa bioaktif dan antioksidan telah dibuktikan dalam formulasi masker *wash-off* dengan aktivitas fungsional yang baik dan aman digunakan (Viruly *et al.*, 2024). *Caulerpa racemosa* yang kaya pigmen seperti klorofil juga membuka peluang aplikasinya pada industri pangan sebagai pewarna alami yang bernilai tambah (Putra *et al.*, 2025). Spesies ini telah dilaporkan memiliki berbagai aktivitas biologis, termasuk antimikrob, antioksidan, dan antiinflamasi (Shah *et al.*, 2020). Kandungan senyawa bioaktif dalam *C. racemosa* meliputi alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan senyawa fenolik lainnya yang berpotensi sebagai agen antimikrob alami (Palaniyappan *et al.*, 2023). Pemanfaatan produk lokal ini sekaligus mendukung diversifikasi produk dermatologi berbasis tumbuhan laut. Penelitian ini memiliki nilai ekonomi dan ilmiah yang tinggi bagi komunitas riset dan industri kosmetik.

Ekstraksi senyawa bioaktif dari material alami dapat dilakukan menggunakan berbagai pelarut dengan polaritas yang berbeda. Pelarut metanol dan etil asetat umumnya digunakan untuk ekstraksi senyawa antimikrob dari alga laut karena kemampuannya mengekstrak

senyawa polar dan semipolar secara efektif (Quiterio *et al.*, 2022). Konsentrasi pelarut memiliki peran penting dalam efisiensi ekstraksi dan aktivitas biologis ekstrak yang dihasilkan (Rafinska *et al.*, 2019).

Cutibacterium acnes merupakan bakteri Grampositif anaerob yang dominan pada jerawat dan memicu peradangan kulit melalui produksi enzim dan biofilm, yang memperparah lesi jerawat (Dreno *et al.*, 2018). Bakteri *S. aureus* sering ditemukan sebagai bakteri oportunistik yang turut memperburuk inflamasi pada jerawat berat. Penggunaan ekstrak *C. racemosa* didasari pada potensi antibakteri alami dari senyawa bioaktifnya. Sood *et al.* (2020) melaporkan bahwa ekstrak metanol *C. racemosa* memiliki aktivitas terhadap beberapa patogen Grampositif seperti *S. aureus* dan *Salmonella typhi* dengan zona hambat sedang (sekitar 6–7 mm). Aktivitas antibakteri telah dilaporkan, namun efektivitas ekstrak terhadap bakteri penyebab jerawat spesifik masih jarang dianalisis. Banyak studi memusatkan pada patogen umum seperti *E. coli* atau bakteri akuatik, sehingga diperlukan penelitian fokus pada bakteri jerawat seperti *C. acnes* dan *S. aureus* untuk mengetahui apakah ekstrak ini efektif dan aman diaplikasikan pada kulit manusia.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa aktivitas antibakteri *C. racemosa* menghasilkan zona hambat 6,72 mm terhadap *S. aureus* dan *S. typhi* (Dreno *et al.*, 2018). Palaniyappan *et al.* (2023) melaporkan bahwa ekstrak metanol *C. racemosa* mengandung phenolic (11,99 mg GAE/g), flavonoid (33,17 mg QE/g), dan tanin (18,59 mg TAE/g) yang menjadikan ekstrak tersebut sebagai kandidat antibakteri dan antioksidan. Namun studi tersebut belum menguji bakteri penyebab jerawat secara spesifik. Honey *et al.* (2024) menyatakan bahwa kandungan fenol dan flavonoid pada *C. racemosa* cukup tinggi dengan potensi antioksidan yang kuat, namun aktivitas antibakterinya terhadap patogen manusia relatif rendah. Secara keseluruhan, penelitian terdahulu menunjukkan potensi antibakteri dan aktivitas antioksidan yang menjanjikan, namun belum mencapai efektivitas optimal dan belum menguji terhadap *C. acnes* secara

khusus. Kapasitas hambatan cenderung di kisaran moderat dan penelitian fokus terhadap jerawat masih sangat terbatas.

Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan target secara spesifik terhadap dua bakteri utama penyebab jerawat, yaitu *C. acnes* dan *S. aureus*, menggunakan ekstrak *C. racemosa* yang berasal dari perairan Maluku. Penelitian ini secara eksplisit fokus pada efektivitas antibakteri ekstrak *C. racemosa* terhadap bakteri jerawat serta mengukur daya hambatnya secara kuantitatif (*in vitro*) melalui uji zona hambat. Selain itu, penelitian ini mengeksplorasi korelasi antara kandungan senyawa bioaktif (flavonoid, tanin, fenol) dalam ekstrak tersebut dengan tingkat efektivitas antibakteri, sehingga berpotensi membuka peluang formulasi bahan aktif alami baru dalam kosmetik dermatologis berbasis rumput laut tropis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi efektivitas ekstrak *C. racemosa* sebagai agen antibakteri atau menghambat pertumbuhan bakteri *C. acnes* dan *S. aureus* penyebab jerawat, dengan fokus pada pengaruh jenis pelarut (metanol dan etil asetat) serta konsentrasi pelarut (95%, 75%, 55%, dan 35%) terhadap aktivitas antimikrob yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Preparasi Sampel

Caulerpa racemosa segar dibersihkan dari kotoran, dicuci dengan air laut dan air destilata. Sampel dikeringkan menggunakan oven (Memmert) dengan suhu 45°C selama 12 jam hingga kadar air mencapai <10%, kemudian digiling menjadi dengan mortal dan selanjutnya diblender sampai menjadi serbuk halus (Djapiala *et al.*, 2013).

Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi pada suhu ruang untuk memaksimalkan difusi senyawa bioaktif. Sampel serbuk *C. racemosa* (50 g) direndam dalam 500 mL pelarut metanol (A1) dan etil Asetat (A2) (MERCK) selama 3x24 jam. Penggunaan dua jenis pelarut berbeda polaritas ini bertujuan untuk mengekstrak spektrum senyawa yang lebih luas. Perlakuan ekstraksi dilakukan secara bertingkat pada

konsentrasi 35% (B1), 55% (B2), 75% (B3), dan 95% (B4) dan untuk mengidentifikasi pelarut optimal. Filtrat yang dihasilkan dipekatan menggunakan *rotary evaporator* (BUCHI) pada suhu 60°C untuk metanol dan 40°C untuk etil asetat, sesuai dengan titik didih masing-masing pelarut, sehingga diperoleh ekstrak kental (Azwanida, 2015). Semua bahan kering diukur menggunakan timbangan analitik (Ohaus), dan peralatan gelas yang digunakan adalah kelas Pyrex.

Uji Fitokimia

Ekstrak *C. racemosa* diuji kandungan fitokimianya meliputi flavonoid, alkaloid, saponin, fenolik, tanin, terpenoid, dan steroid menggunakan metode standar. Proses identifikasi metabolit sekunder dilakukan melalui analisis fitokimia kualitatif yang didasarkan pada indikator reaksi warna serta terbentuknya endapan (Harborne, 1998). Uji flavonoid menggunakan 1mg ekstrak ditambahkan 1 mg serbuk Mg (Smartlab) dan 2 mL HCl (Merck) pekat, kemudian dikocok. Uji positif ditunjukkan oleh terbentuknya warna merah, kuning atau jingga (Robinson, 1995).

Identifikasi alkaloid dilakukan dengan cara 2 g ekstrak ditambahkan dengan 1 mL HCl 2 N dan 6 mL air suling, kemudian dipanaskan selama 2 menit, didinginkan dan disaring. Filtrat diperiksa dengan pereaksi mayer terbentuk endapan putih (Harborne, 1998). Uji saponin dilakukan dengan menyiapkan 2 g ekstrak ditambahkan air panas, kemudian ditambahkan beberapa tetes HCl pekat. Uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya busa permanen ± 15 menit (Harborne, 1998). Uji fenolik menggunakan beberapa tetes FeCl_3 1% (Merck) yang ditambahkan pada 2 g ekstrak sampel. Uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna biru kehitaman (Saxena *et al.*, 2013). Uji tanin, 0,5 g ekstrak ditambahkan aquades sampai terendam, kemudian dipanaskan selama 3 sampai 5 menit, selanjutnya tambahkan 2 tetes larutan NaCl 10% lalu direaksikan dengan menambahkan 2 tetes FeCl_3 . Terbentuknya warna biru kehitaman menunjukkan adanya kandungan tanin (Robinson, 1995). Uji terpenoid, masukkan 2 g ekstrak, tambahkan 2 mL kloroform (Smartlab) dan 2 mL HCl



(Merck). Uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna hijau tua (Robinson, 1995). Uji steroid, 2 g ekstrak ditambahkan asetat anhidrat (Merck) 10 tetes dan 3 tetes H_2SO_4 (Merck). Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna hijau atau biru (Robinson, 1995). Uji fitokimia menggunakan alat gelas yakni tabung reaksi, pipet dan tabung erlenmeyer (Pyrex)

Preparasi Inokulum Bakteri

Isolat bakteri *C. acnes* ATCC 6916 dan *S. aureus* ATCC 6538 diremajakan pada media nutrisi agar (MERCK), diinkubasi di dalam inkubator (MEMMERT) selama 24 jam pada suhu 37°C. Pembuatan media dan penggunaan alat gelas seperti cawan petri (ANUMBRA), tabung erlenmeyer 250 dan 500 mL, tabung reaksi, gelas ukur 250 mL (Pyrex), dan disterilisasi menggunakan *autoclave* (Tommy). Media ditimbang menggunakan timbangan analitik (Ohaus) dan dimasak menggunakan *hot plate* (Boico). Semua pengerjaan dilakukan di dalam *laminar air flow* (HLM120) (Daud *et al.*, 2023). Koloni tunggal yang tumbuh setelah bakteri diinkubasi dipindahkan ke media NaCl (Ficher Chemical) dan diinkubasi hingga mencapai kekeruhan setara dengan standar McFarland 0,5 ($1,5 \times 10^8$ CFU/mL) (Huang, 2020).

Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer (Hudzicki, 2009). Suspensi bakteri disebarkan secara merata pada permukaan media nutrisi agar menggunakan swab steril. Blank Disc (MN Germany) berdiameter 6 mm dijenuhkan dengan 20 μ L ekstrak uji, diletakkan pada permukaan media agar yang telah diinokulasi bakteri. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong dengan akurasi pengukuran 0,1 mm. Zona hambat yang terbentuk dikategorikan berdasarkan kriteria Davis & Stout (1971): sangat kuat (>20 mm), kuat (15-20 mm), sedang (10-15 mm), lemah (5-10 mm), dan tidak aktif (<5 mm).

Disk antibiotik eritromisin (Oxoid) digunakan sebagai kontrol positif, sedangkan kontrol negatif berupa pelarut tanpa

tambahan ekstrak. Proses homogenisasi konsentrasi ekstrak yang akan diuji dilakukan menggunakan alat *vortex* (Heidolph), sedangkan pemipetan larutan dilakukan dengan mikropipet berkapasitas 200 μ l dan 1.000 μ l (Eppendorf). Setiap perlakuan diulang empat kali. Cawan petri diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Alenezi, 2023).

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial, perlakuan yang diberikan dalam percobaan ini adalah jenis pelarut (A1=metanol dan A2=etil asetat) dan konsentrasi ekstrak (B1=35%, B2=55%, B3=75% dan B4=95%). Setiap perlakuan diulang sebanyak empat (4) kali. Sebelum dilakukan analisis varians, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas data. Analisis varians (ANOVA) digunakan untuk mengolah data zona hambat setiap bakteri uji, kemudian perlakuan yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada tingkat signifikansi 5% (Lusiana & Mahmudi, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Ekstraksi dan Uji Fitokimia

Proses ekstraksi *C. racemosa* menggunakan metode maserasi (Rahman *et al.*, 2019), pelarut yang digunakan adalah metanol dan etil asetat dengan berbagai konsentrasi. Ekstrak yang dihasilkan adalah 20 g ekstrak metanol kental berwarna hijau tua dengan rendemen 33,3 %, dan 15 g ekstrak etil asetat dengan tekstur yang sama berwarna hijau tua dengan rendemen 25% (Table 1). Rendemen ekstrak metanol *C. racemosa* hasil penelitian Marraskuranto *et al.* (2021) sebanyak 4,24%, sedangkan hasil penelitian Marfuah *et al.* (2018) melaporkan bahwa rendemen ekstrak etanol sebanyak 2,18%.

Hasil uji fitokimia (Table 2) menunjukkan bahwa ekstrak metanol *C. racemosa* mampu mengekstraksi flavonoid dan alkaloid yang bersifat polar, sedangkan ekstrak etil asetat tidak mendeteksi keduanya. Kedua pelarut sama-sama mengekstraksi saponin, fenolik, tanin, terpenoid, dan steroid. Hasil ini menegaskan bahwa metanol lebih efektif untuk senyawa polar, sementara etil

Table 1 Physical properties of filtrates and extracts of *C. racemosa*Tabel 1 Sifat fisik filtrat dan ekstrak *C. racemosa*

Extraction method	Solvent	Filtrate		Extract		Weight (g)	Yield (%)
		Color	Form	Color	Form		
Maceration	Methanol	Green	Liquid	Dark green	Paste	20	33.3
Maceration	Ethyl acetate	Green	Liquid	Dark green	Paste	15	25

Table 2 Phytochemical test results of methanol extract and ethyl acetate extract of *C. racemosa*Tabel 2 Hasil uji fitokimia ekstrak metanol dan ekstrak etil asetat *C. racemosa*

Secondary metabolite compounds	Result	Description
Methanol extract		
Flavonoids	+	Formed orange colour
Alkaloid	+	Formed a foamy green colour / there is a precipitate
Saponins	+	Formed light green colour, formed stable foam
Phenolic	+	Formed blackish green colour
Tannins	+	Formed a blackish green colour
Terpenoids	+	Formed green colour
Steroids	+	Formed a green colour
Ethyl acetate extract		
Flavonoids	-	Formed white colour
Alkaloid	-	Formed a non-foaming green colour / no precipitate
Saponins	+	Formed dark green colour, formed stable foam
Phenolic	+	Formed black colour
Tannins	+	Formed a blackish green colour
Terpenoids	+	Formed green colour
Steroids	+	Formed an intense green colour

(+) = detected, (-) = not detected

asetat lebih optimal mengekstraksi senyawa semipolar atau nonpolar.

Berdasarkan hasil uji fitokimia, ekstrak metanol *C. racemosa* terdeteksi mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, saponin, fenolik, tanin, terpenoid, serta steroid. Hasil ini sejalan dengan penelitian Marraskuranto *et al.* (2021) yang melaporkan keberadaan senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, fenolik, dan steroid pada *C. racemosa* yang diekstraksi dengan pelarut metanol, etil asetat dan heksana. Senyawa-senyawa tersebut telah dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri melalui berbagai mekanisme. Flavonoid dapat menghambat sintesis asam nukleat, mengganggu fungsi

membran sel, dan menghambat metabolisme energi bakteri (Gorniak *et al.*, 2019). Senyawa fenolik dan flavonoid merupakan kelompok senyawa antimikrob utama dalam alga hijau yang bekerja melalui mekanisme denaturasi protein dan gangguan permeabilitas membran sel bakteri (Kumar & Goel, 2019). Fakta ini sejalan dengan laporan Setha *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat daun *Jatropha curcas* mampu menghambat bakteri pembentuk histamin melalui kerusakan membran sel. Kandungan fenol total dalam *C. racemosa* dilaporkan berkisar 2,5–4,8 mg GAE/g ekstrak kering (Palaniyappan *et al.*, 2023).



Senyawa alkaloid tergolong nitrogen heterosiklik dan bersifat antimikrob melalui mekanisme interferensi terhadap sintesis DNA dan RNA bakteri. Mekanisme kerja alkaloid melibatkan gangguan terhadap komponen penyusun peptidoglikan, menyebabkan dinding sel bakteri gagal terbentuk secara utuh (Nourbakhsh *et al.*, 2022). Saponin merupakan senyawa glikosida triterpena yang memiliki kemampuan untuk merusak membran sel bakteri melalui interaksi dengan sterol dan fosfolipid membran. Saponin dalam *Caulerpa racemosa* dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri yang sinergis dengan senyawa fenol (Palaniyappan *et al.*, 2023). Saponin bekerja dengan cara meningkatkan permeabilitas membran sel bakteri sehingga terjadi hemolisis sel (Groot & Muller-Goymann, 2016).

Tanin merupakan Senyawa polifenol yang dapat membentuk kompleks dengan protein dinding sel bakteri, menyebabkan denaturasi dan lisis sel. Tanin dapat menghambat enzim yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri (Sharma, 2019). Tanin memiliki aktivitas antibakteri melalui penghambatan enzim reverse transkriptase dan DNA topoisomerase serta merusak membran sel bakteri (Brighenti *et al.*, 2021). Senyawa terpenoid termasuk monoterpena, sesquiterpena, dan diterpena yang memiliki aktivitas antimikrob melalui gangguan membran sel dan inhibisi enzim respirasi bakteri (Guimaraes *et al.*, 2019). Mekanisme kerja terpenoid dan steroid melibatkan interaksi dengan protein transmembran pada membran luar sel bakteri yang membentuk

kompleks polimer kuat yang akhirnya merusak fungsi purin (Kumar & Engle, 2023). Interaksi sinergis antara senyawa-senyawa bioaktif ini berkontribusi terhadap aktivitas antimikrob yang diamati dalam penelitian. Ekstrak metanol menunjukkan aktivitas antimikrob paling kuat, diperkirakan mengandung kombinasi senyawa bioaktif dalam proporsi yang optimal.

Zona Hambat Bakteri *Cutibacterium acnes*

Data diameter zona hambat bakteri *C. acnes* yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar 8.00-18.00 mm. Rataan diameter zona hambat bakteri *C. acnes* pada perlakuan jenis pelarut metanol (12,63 mm) ternyata lebih besar dibandingkan dengan perlakuan jenis pelarut etil asetat (11,75 mm). Diameter zona hambat kontrol positif (antibiotik eritromisin) sebesar 19.00±1.00 mm.

Berdasarkan analisis keragaman, perlakuan jenis pelarut (A) dan konsentrasi ekstrak (B) terbukti berpengaruh sangat signifikan terhadap zona hambat bakteri *C. acnes*, sedangkan interaksi antara kedua perlakuan jenis pelarut dan konsentrasi ekstrak (AB) tidak berpengaruh nyata. Hasil uji beda nyata jujur (*Table 3*) menunjukkan bahwa rata-rata zona hambat bakteri *C. acnes* pada perlakuan konsentrasi ekstrak 35% berbeda nyata terhadap perlakuan konsentrasi ekstrak 55%, 75%, dan 95%, perlakuan konsentrasi ekstrak 55% berbeda nyata terhadap perlakuan konsentrasi ekstrak 75% dan 95%, perlakuan konsentrasi ekstrak 75% berbeda nyata terhadap perlakuan konsentrasi

Table 3 *C. acnes* bacterial inhibition zone in extract concentration treatments

Tabel 3 Zona hambat bakteri *C. acnes* pada perlakuan konsentrasi ekstrak

Extract concentration treatment (%)	The average inhibition zone value of <i>C. acnes</i> bacteria
35	9.50±0.82 ^a
55	10.87±0.54 ^b
75	13.00±0.82 ^c
95	15.37±1.14 ^d

Values followed by the same letter within the same column are not significantly different at the 5% HSD test level

ekstrak 95%. Berdasarkan hasil Uji BNJ tersebut, konsentrasi ekstrak 95% yang terbaik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *C. acnes*.

Aktivitas antibakteri ekstrak *C. racemosa* terhadap bakteri *C. acnes* dan *S. aureus* meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak yang diberikan. Temuan ini konsisten dengan laporan sebelumnya yang menunjukkan bahwa *C. racemosa* memiliki senyawa bioaktif yang dapat mendukung kesehatan kulit dan berpotensi dikembangkan dalam formulasi kosmetik (Viruly *et al.*, 2024). Mekanisme antibakterinya diduga berasal dari metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik, tanin, dan terpenoid yang mampu merusak dinding sel serta menghambat sintesis protein bakteri. Rataan zona hambat pada pelarut metanol (12,63 mm) lebih tinggi dibandingkan dengan etil asetat (11,75 mm), yang mengindikasikan bahwa senyawa polar lebih banyak terlarut dalam metanol. Temuan ini sesuai dengan penelitian Palaniyappan *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa ekstrak metanol *C. racemosa* memiliki kandungan fenolik dan flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan pelarut semipolar, sehingga memberikan aktivitas antibakteri lebih kuat. Rushdi *et al.* (2020) menyebutkan bahwa genus *Caulerpa* mengandung metabolit sekunder seperti caulerpin, fenolik, dan flavonoid, yang larut optimal dalam pelarut polar sehingga menghasilkan potensi farmakologis yang lebih signifikan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa polaritas pelarut merupakan faktor kunci yang memengaruhi aktivitas antibakteri ekstrak *C. racemosa*.

Pola peningkatan daya hambat seiring konsentrasi (35%<55%<75%<95%) menunjukkan hubungan dosis-respon yang kuat. Analisis BNJ memperlihatkan bahwa setiap konsentrasi berbeda nyata satu sama lain pada taraf 5%, yang menandakan bahwa kenaikan konsentrasi berbanding lurus dengan luas zona hambat. Belkacemi *et al.* (2020) melaporkan bahwa fraksi polifenolik *C. racemosa* memperlihatkan aktivitas antibakteri meningkat seiring konsentrasi dan fraksionasi. El-Sapagh *et al.* (2023) melaporkan bahwa ekstrak *C. racemosa* memperlihatkan aktivitas antimikrob dan

antibiofilm yang signifikan pada konsentrasi tinggi, sehingga memperkuat indikasi adanya efek yang bergantung pada dosis. Temuan ini didukung oleh kajian fitokimia yang menunjukkan bahwa polifenol dan tanin dalam makroalga mampu merusak membran sel bakteri, mengganggu transport ion, dan menurunkan aktivitas enzim (Belkacemi *et al.*, 2020; Palaniyappan *et al.*, 2023). Dengan demikian, peningkatan konsentrasi ekstrak berimplikasi langsung pada peningkatan efektivitas antimikrob.

Berdasarkan sudut pandang klinis, hasil penelitian ini sangat relevan karena resistansi antibiotik *C. acnes* cenderung meningkat. Beig *et al.* (2024) dan Legiawati *et al.* (2023) menegaskan adanya peningkatan resistansi terhadap antibiotik lini pertama jerawat seperti klindamisin, makrolida, dan tetrasiklin. Fakta ini menuntut alternatif terapi yang lebih aman dan efektif, salah satunya melalui pemanfaatan metabolit bioaktif dari makroalga laut. Ekstrak metanol *C. racemosa* yang menunjukkan aktivitas antibakteri signifikan terhadap *C. acnes* berpotensi dikembangkan sebagai kandidat bahan aktif topikal anti-jerawat. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melakukan fraksionasi senyawa aktif, menguji efek antibiofilm pada *C. acnes*, serta mengevaluasi keamanan melalui uji sitotoksitas pada sel kulit (keratinosit dan sebosit). Strategi tersebut membuka peluang lebih luas bagi translasi *Caulerpa racemosa* menjadi sediaan farmasi (Rushdi *et al.*, 2020).

Zona Hambat Bakteri *Staphylococcus aureus*

Data diameter zona hambat bakteri *S. aureus* yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar 9.00-16.00 mm. Rataan diameter zona hambat bakteri *S. aureus* pada perlakuan jenis pelarut metanol (12,94 mm) ternyata lebih besar dibandingkan dengan perlakuan jenis pelarut etil asetat (11,00 mm). Diameter zona hambat kontrol positif (antibiotik eritromisin) sebesar 19,00±1,00 mm.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut (A) dan konsentrasi ekstrak (B) berpengaruh sangat nyata terhadap zona hambat bakteri *S. aureus*, sedangkan interaksi antara kedua perlakuan



jenis pelarut dan konsentrasi ekstrak (AB) tidak berpengaruh nyata. Hasil uji beda nyata jujur (Table 4) menunjukkan bahwa rata-rata zona hambat bakteri *S. aureus* pada perlakuan konsentrasi ekstrak 35% tidak berbeda nyata terhadap perlakuan konsentrasi ekstrak 55%, namun berbeda nyata terhadap perlakuan konsentrasi ekstrak 75% dan 95%. Perlakuan konsentrasi ekstrak 55% berbeda nyata terhadap perlakuan konsentrasi ekstrak 75% dan 95%, perlakuan konsentrasi ekstrak 75% berbeda nyata terhadap perlakuan konsentrasi ekstrak 95%. Berdasarkan hasil uji BNJ, konsentrasi ekstrak 95% yang terbaik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*.

Ekstrak metanol menunjukkan rata-rata zona hambat lebih besar terhadap *S. aureus* (12,94 mm) dibandingkan etil asetat (11,00 mm). Hasil penelitian Belkacemi *et al.* (2020), melaporkan bahwa ekstrak metanol *C. racemosa* mengandung jumlah senyawa bioaktif lebih banyak (29 senyawa) dibanding pelarut lain, termasuk senyawa antimikrob seperti tetrazole, dan derivatif asam lemak antimikrob. Kandungan metabolit dalam metanol ini berkontribusi terhadap efek daya hambat bakteri *S. aureus*.

Senyawa bioaktif polar seperti fenolik, flavonoid, dan tanin lebih banyak diekstraksi oleh metanol dibandingkan etil asetat. Kandungan fenolik dan flavonoid dalam ekstrak *C. racemosa* yang diperoleh dengan pelarut polar berperan penting dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif seperti *S. aureus* (Palaniyappan *et al.*, 2023). Mekanisme kerjanya terutama melalui perusakan membran sel bakteri, denaturasi

protein, serta gangguan metabolisme energi (Yap *et al.*, 2019). Temuan ini sejalan dengan Fernandes *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa ekstrak *C. racemosa* menunjukkan aktivitas antibakteri dan antibiofilm signifikan terhadap beberapa strain patogen, termasuk *S. aureus*, dengan daya hambat lebih tinggi pada pelarut polar.

Hasil uji BNJ mengungkapkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi 35 % dan 55%. Nilai zona hambat keduanya lebih kecil dari pada konsentrasi 75% (13,12 mm) berbeda nyata terhadap konsentrasi 95% (14,12 mm). Ekstrak metanol *C. racemosa* memiliki zona hambat terhadap bakteri *S. aureus* sebesar 7,32 mm (Ritan *et al.*, 2021), sedangkan ekstrak etanol *C. racemosa* dengan konsentrasi 50% dan 75% menghasilkan zona hambat terhadap bakteri *S. aureus* sebesar 20,00 mm dan 22,00 mm (Pattipeilohy *et al.*, 2023).

Pola ini konsisten dengan efek dosis respon terstandar, di mana konsentrasi tinggi menghasilkan zona hambat lebih besar. Zainuddin *et al.* (2019) melaporkan bahwa ekstrak metanol *C. racemosa* menunjukkan aktivitas antibakteri tinggi terhadap bakteri patogen, termasuk *S. aureus*, dengan pelarut metanol menghasilkan efek antibakteri tertinggi dibandingkan pelarut lain. Zubia *et al.* (2020) melaporkan bahwa metabolit sekunder *Caulerpa* seperti caulerpin dan caulerpenyne bersifat *dose-dependent* dalam aktivitas antimikrob. Kondisi ini terjadi karena akumulasi senyawa bioaktif pada konsentrasi tinggi mampu meningkatkan permeabilitas membran bakteri, sehingga mempercepat lisis sel.

Table 4 *S. aureus* bacterial inhibition zone on extract concentration treatment

Tabel 4 Zona hambat bakteri *S. aureus* pada perlakuan konsentrasi ekstrak

Extract concentration treatment (%)	The average inhibition zone value of <i>S. aureus</i> bacteria
35	9.87±0.54 ^a
55	10.75±0.50 ^a
75	13.12±0.54 ^b
95	14.12±0.89 ^c

Values followed by the same letter within the same column are not significantly different at the 5% HSD test level

Hasil penelitian ini memiliki relevansi penting dalam konteks resistansi antibiotik pada *S. aureus*. Bakteri ini dikenal sebagai patogen oportunistik yang sering menunjukkan resistansi terhadap berbagai antibiotik, termasuk metisilin dan oksasilin, yang memunculkan strain *methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). Guo *et al.* (2020) menegaskan peningkatan prevalensi resistansi antibiotik pada *S. aureus*, sehingga pencarian alternatif terapi berbasis metabolit alami semakin mendesak. *C. racemosa* memiliki potensi sebagai sumber kandidat antimikrob baru yang efektif terhadap *S. aureus*, sekaligus aman digunakan sebagai bahan aktif topikal. Sejalan dengan temuan Abebe & Birhanu (2023), yang menyatakan bahwa pemanfaatan metabolit makroalga dapat menjadi strategi farmakologis untuk menghadapi krisis resistansi antimikrob global. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa ekstrak *C. racemosa*, khususnya menggunakan pelarut metanol dan pada konsentrasi tinggi, memiliki prospek sebagai agen fitofarmaka anti-*S. aureus*.

KESIMPULAN

Ekstrak *Caulerpa racemosa* terbukti mampu menghambat pertumbuhan *Cutibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*, dua bakteri yang sering memicu masalah jerawat. Ekstrak metanol menunjukkan kinerja terbaik dengan peningkatan zona hambat seiring naiknya konsentrasi, terutama pada konsentrasi 95%. Khasiat ini tidak terlepas dari kandungan senyawa aktif seperti flavonoid, fenolik, tanin, saponin, alkaloid, terpenoid, dan steroid yang bekerja saling mendukung dalam menghambat bakteri. Temuan ini membuka peluang besar bagi *C. racemosa* sebagai sumber bahan alami yang lebih aman dan ramah kulit, sehingga dapat dikembangkan dalam produk kosmetik atau terapi jerawat sebagai alternatif di tengah tantangan resistansi antibiotik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas fasilitasi Beasiswa Tut Wuri Handayani

sesuai dengan Surat Nomor 2820/E4/DT.04.02/2024 atas nama Meske Ferdinandus, yang telah memberikan dukungan biaya untuk menunjang kelancaran pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abebe, A. A., & Birhanu, A. G. (2023). Methicillin resistant *Staphylococcus aureus*: molecular mechanisms underlying drug resistance development and novel strategies to combat. *Infection and Drug Resistance*, 16, 7641-7662. <https://doi.org/10.2147/IDR.S428103>
- Alenezi, M. A. (2023). In vitro evaluation of the antimicrobial activity of aqueous and ethanolic extracts of four medicinal plants from Saudi Arabia. *Journal of Pure & Applied Microbiology*, 17(2), 1000-1008. <https://doi.org/10.22207/JPAM.17.2.29>
- Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*, 4(3), 1-6. <https://dx.doi.org/10.4172/2167-0412.1000196>
- Beig, M., Shirazi, O., Ebrahimi, E., Banadkouki, A. Z., Golab, N., & Sholeh, M. (2024). Prevalence of antibiotic-resistant *Cutibacterium acnes* (formerly *Propionibacterium acnes*) isolates, a systematic review and meta-analysis. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 39, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2024.07.005>
- Belkacemi, L., Belalia, M., Djendara, A. C., & Bouhadda, Y. (2020). Antioxidant and antibacterial activities and identification of bioactive compounds of various extracts of *Caulerpa racemosa* from Algerian coast. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 10(2), 87-94. <https://doi.org/10.4103/2221-1691.275423>
- Brighenti, V., Iseppi, R., Pinzi, L., Mincuzzi, A., Ippolito, A., Messi, P., Sanzani, S.M., Rastelli, G. & Pellati, F. (2021). Antifungal activity and DNA topoisomerase inhibition of hydrolysable tannins from *Punica granatum* L. *International Journal*



- of Molecular Sciences*, 22(8), 4175-4193. <https://doi.org/10.3390/ijms22084175>
- Chen, H., Zhang, J., He, Y., Lv, Z., Liang, Z., Chen, J., Li, P., Liu, J., Yang, H., Tao, A. & Liu, X. (2022). Exploring the role of *Staphylococcus aureus* in inflammatory diseases. *Toxins*, 14(7), 464-507. <https://doi.org/10.3390/toxins14070464>
- Daud, N. S., Arni, D. P., Idris, S. A., & Saehu, M. S. (2023). Uji aktivitas antibakteri ekstrak batang meitera chinensis terhadap *Escherichia coli* ATCC 35218. *Warta Farmasi*, 12(1), 8-18. <https://doi.org/10.46356/wfarmasi.v12i1.236>
- Davis, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay. *Applied Microbiology*, 22(4), 659-665. <https://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>
- De Groot, C., & Muller-Goymann, C. C. (2016). Saponin interactions with model membrane systems—Langmuir monolayer studies, hemolysis and formation of ISCOMs. *Planta medica*, 82(18), 1496-1512. <https://doi.org/10.1055/s-0042-118387>
- Delost, G. R., Delost, M. E., Armile, J., & Lloyd, J. (2016). *Staphylococcus aureus* carriage rates and antibiotic resistance patterns in patients with acne vulgaris. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 74(4), 673-678. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2015.11.025>
- Djapiala, F. Y., Montolalu, L. A., & Mentang, F. (2013). Kandungan total fenol dalam rumput laut *Caulerpa racemosa* yang berpotensi sebagai antioksidan. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 1(2). <https://doi.org/10.35800/mthp.1.2.2013.1859>
- Dreno, B. (2017). What is new in the pathophysiology of acne, an overview. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 31(5), 8-12. <https://doi.org/10.1111/jdv.14374>
- Dreno, B., Pécastaings, S., Corvec, S., Veraldi, S., Khammari, A., & Roques, C. (2018). *Cutibacterium acnes* (*Propionibacterium acnes*) and acne vulgaris: a brief look at the latest updates. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 32(2), 5-14. <https://doi.org/10.1111/jdv.15043>
- El-Sapagh, S., El-Shenody, R., Pereira, L., & Elshobary, M. (2023). Unveiling the potential of algal extracts as promising antibacterial and antibiofilm agents against multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*: in vitro and in silico studies including molecular docking. *Plants*, 12(18), 3324-3352. <https://doi.org/10.3390/plants12183324>
- Fernandes, M., González-Ballesteros, N., da Costa, A., Machado, R., Gomes, A. C., & Rodríguez-Argüelles, M. C. (2023). Antimicrobial and anti-biofilm activity of silver nanoparticles biosynthesized with *Cystoseira* algae extracts. *JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 28(4), 439-450. <https://doi.org/10.1007/s00775-023-01999-y>
- Gorniak, I., Bartoszewski, R., & Króliczewski, J. (2019). Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. *Phytochemistry Reviews*, 18(1), 241-272. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9591-z>
- Guimaraes, A. C., Meireles, L. M., Lemos, M. F., Guimarães, M. C. C., Endringer, D. C., Fronza, M., & Scherer, R. (2019). Antibacterial activity of terpenes and terpenoids present in essential oils. *Molecules*, 24(13), 2471-2483. <https://doi.org/10.3390/molecules24132471>
- Guo, Y., Song, G., Sun, M., Wang, J., & Wang, Y. (2020). Prevalence and therapies of antibiotic-resistance in *Staphylococcus aureus*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 107.
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis* (3rd ed.). Chapman & Hall.
- Honey, O., Nihad, S. A. I., Rahman, M. A., Rahman, M. M., Islam, M., & Chowdhury, M. Z. R. (2024). Exploring the antioxidant and antimicrobial potential of three common seaweeds of Saint Martin's Island of Bangladesh. *Heliyon*, 10(4), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26096>
- Huang, C. (2020). Extensively drug-resistant alcaligenes faecalis infection. *BMC*

- Infectious Diseases*, 20(1), 833-844. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-05557-8>
- Hudzicki, J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *American Society for Microbiology*, 15(1), 1-23. <https://asm.org/getattachment/2594ce26-bd44-47f6-8287-0657aa9185ad/kirby-bauer-disk-diffusion->
- Islam, M. M. (2021). Bacterial resistance to antibiotics: access, excess, and awareness in Bangladesh. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 19(8), 973-981. <https://doi.org/10.1080/14787210.2021.1865804>
- Karadag, A. S., Aslan Kayıran, M., Wu, C. Y., Chen, W., & Parish, L. C. (2021). Antibiotic resistance in acne: changes, consequences and concerns. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 35(1), 73-78. <https://doi.org/10.1111/jdv.16686>
- Kim, H. J., & Kim, Y. H. (2024). Exploring acne treatments: from pathophysiological mechanisms to emerging therapies. *International journal of molecular sciences*, 25(10), 5302. <https://doi.org/10.3390/ijms25105302>
- Kumar, G., & Engle, K. (2023). Natural products acting against *S. aureus* through membrane and cell wall disruption. *Natural Product Reports*, 40(10), 1608-1646. <https://doi.org/10.1039/d2np00084a>
- Kumar, S., & Goel, N. (2019). Phenolic acids: natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370>
- Layton, A. M., Thiboutot, D., & Tan, J. (2021). Reviewing the global burden of acne: how could we improve care to reduce the burden?. *British Journal of Dermatology*, 184(2), 219-225. <https://doi.org/10.1111/bjd.19477>
- Legiawati, L., Halim, P. A., Fitriani, M., Hikmahrachim, H. G., & Lim, H. W. (2023). Microbiomes in acne vulgaris and their susceptibility to antibiotics in indonesia: a systematic review and meta-analysis. *Antibiotics*, 12(1), 145-162. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010145>
- Macy, E., Romano, A., & Khan, D. (2017). Practical management of antibiotic hypersensitivity in 2017. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 5(3), 577-586. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2017.02.014>
- Marfuah, I., Dewi, E. N., & Rianingsih, L. (2018). Kajian potensi ekstrak anggur laut (*Caulerpa racemosa*) sebagai antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 7(1), 7-14. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>
- Marraskuranto, E., Nursid, M., Utami, S., Setyaningsih, I., & Tarman, K. (2021). Kandungan fitokimia, potensi antibakteri dan antioksidan hasil ekstraksi *Caulerpa racemosa* dengan pelarut berbeda. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 16(1), 1-10. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v16i1.696>
- Niedzwiedzka, A., Micallef, M. P., Biazzo, M., & Podrini, C. (2024). The role of the skin microbiome in acne: challenges and future therapeutic opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(21), 11422-11442. <https://doi.org/10.3390/ijms252111422>
- Nourbakhsh, F., Lotfalizadeh, M., Badpeyma, M., Shakeri, A., & Soheili, V. (2022). From plants to antimicrobials: natural products against bacterial membranes. *Phytotherapy Research*, 36(1), 33-52. <https://doi.org/10.1002/ptr.7275>
- O'Neill, A. M., & Gallo, R. L. (2018). Host-microbiome interactions and recent progress into understanding the biology of acne vulgaris. *Microbiome*, 6(1), 177-193. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0558-5>
- Palaniyappan, S., Sridhar, A., Kari, Z. A., Téllez-Isaías, G., & Ramasamy, T. (2023). Evaluation of phytochemical screening, pigment content, in vitro antioxidant, antibacterial potential and GC-MS



- metabolite profiling of green seaweed *Caulerpa racemosa*. *Marine Drugs*, 21(5), 278-301. <https://doi.org/10.3390/md21050278>
- Parac, E., Spiljak, B., Lugovic-Mihic, L., & Bukvic Mokos, Z. (2023). Acne-like eruptions: disease features and differential diagnosis. *Cosmetics*, 10(3), 89-107. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10030089>
- Patel, D. J., & Bhatia, N. (2021). Oral antibiotics for acne. *American Journal of Clinical Dermatology*, 22(2), 193-204. <https://doi.org/10.1007/s40257-020-00574-w>
- Pattipeilohy, C. E., Tuhumury, S. F., & Rijoly, S. M. (2023). Aktivitas antibakteri anggur laut *Caulerpa Racemosa* terhadap beberapa jenis bakteri pada ikan budidaya. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 19(1), 1-8. <https://doi.org/10.30598/tritonvol19issue1page1-8>
- Putra, H. F. S., Purnamayati, L., & Dewi, E. N. (2025). Aplikasi bubuk *Caulerpa racemosa* sebagai pewarna alami pada cokelat putih batang. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(4), 431-441. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i4.62184>
- Quiterio, E., Grosso, C., Ferraz, R., Delerue-Matos, C., & Soares, C. (2022). A critical comparison of the advanced extraction techniques applied to obtain health-promoting compounds from seaweeds. *Marine Drugs*, 20(11), 677-717. <https://doi.org/10.3390/md20110677>
- Rafinska, K., Pomastowski, P., Rudnicka, J., Krakowska, A., Maruska, A., Narkute, M., & Buszewski, B. (2019). Effect of solvent and extraction technique on composition and biological activity of *Lepidium sativum* extracts. *Food chemistry*, 289, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.013>
- Rahman, S. M., Neaz, S., Alam, M. M., & Nur, J. (2019). Hypolipidemic activity of ethanolic extract of *Caulerpa racemosa*. *BIRDEM Medical Journal*, 9(3), 197-201. <https://doi.org/10.3329/birdem.v9i3.43080>
- Ritan, Y., Wewengkang, D., & Siampa, J. (2021). Uji aktivitas antibakteri ekstrak dan fraksi alga *Caulerpa racemosa* dari perairan pulau mantehage minahasa utara terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Pharmacon*, 10(2), 905-911. <https://doi.org/10.35799/pha.10.2021.34042>
- Robinson, T. (1995). Kandungan organik tumbuhan tinggi. PT Penerbit ITB Press.
- Rushdi, M. I., Abdel-Rahman, I. A., Attia, E. Z., Abdelraheem, W. M., Saber, H., Madkour, H. A., Amin, E., Hassan, H. M. & Abdelmohsen, U. R. (2020). A review on the diversity, chemical and pharmacological potential of the green algae genus *Caulerpa*. *South African Journal of Botany*, 132, 226-241. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.04.031>
- Saxena, M., Saxena, J., Nema, R., Singh, D., & Gupta, A. (2013). Phytochemistry of medicinal plants. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 1(6), 168-182.
- Setha, B., Mailoa, M. N., Laga, A., & Mahendradatta, M. (2024). Ethyl acetate extract of *Jatropha curcas* L. leaves as an inhibitor of histamine-forming bacterium in fish scombroid. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 28(5), 1663-1677. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2024.387002>
- Shah, S. A. A., Hassan, S. S. U., Bungau, S., Si, Y., Xu, H., Rahman, M. H., Behl, T., Gitae, D., Aron, R. A. C., Pasca, B., & Nemeth, S. (2020). Chemically diverse and biologically active secondary metabolites from marine phylum chlorophyta. *Marine drugs*, 18(10), 493-521. <https://doi.org/10.3390/md18100493>
- Sharma, K. P. (2019). Tannin degradation by phytopathogen's tannase: a plant's defense perspective. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 21, 101342. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101342>
- Sood, H., Kumar, Y., Gupta, V. K., & Arora, D. S. (2020). Bioprospecting the antimicrobial, antibiofilm and antiproliferative activity of *Symplocos racemosa* Roxb. Bark phytoconstituents

- along with their biosafety evaluation and detection of antimicrobial components by GC-MS. *BMC Pharmacology and Toxicology*, 21(1), 78-98. <https://doi.org/10.1186/s40360-020-00453-y>
- Viruly, L., Anggi, Jumsurizal, & Muzahar. (2024). Pemanfaatan rumput laut *Caulerpa racemosa* sebagai bahan baku masker *wash-off* dengan penambahan peptida siput gonggong. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(10), 917-931. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i10.45866>
- Walsh, T. R., Efthimiou, J., & Dréno, B. (2016). Systematic review of antibiotic resistance in acne: an increasing topical and oral threat. *The Lancet Infectious Diseases*, 16(3), e23-e33. [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(15\)00527-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(15)00527-7)
- Yap, W. F., Tay, V., Tan, S. H., Yow, Y. Y., & Chew, J. (2019). Decoding antioxidant and antibacterial potentials of Malaysian green seaweeds: *Caulerpa racemosa* and *Caulerpa lentillifera*. *Antibiotics*, 8(3), 152-170. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8030152>
- Zouboulis, C. C. (2020). Endocrinology and immunology of acne: two sides of the same coin. *Experimental Dermatology*, 29(9), 840-859. <https://doi.org/10.1111/exd.14172>
- Zainuddin, E. N., Anshary, H., Huyyirnah, H., Hiola, R., & Baxa, D. V. (2019). Antibacterial activity of *Caulerpa racemosa* against pathogenic bacteria promoting “ice-ice” disease in the red alga *Gracilaria verrucosa*. *Journal of Applied Phycology*, 31(5), 3201-3212.
- Zubia, M., Draisma, S. G., Morrissey, K. L., Varela-Álvarez, E., & De Clerck, O. (2020). Concise review of the genus *Caulerpa* JV Lamouroux. *Journal of Applied Phycology*, 32(1), 23-39. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01868-9>