



KANDUNGAN FITOKIMIA DAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL BIJI BUAH NYIRIH (*Xylocarpus granatum*)

Rita Khairina*, Dewi Kartika Sari, Yuspihana Fitrial

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani Km 36 Banjarbaru Kalimantan Selatan Indonesia 70714

Diterima: 5 Desember 2024/Disetujui: 19 Mei 2025

*Korespondensi: rita.khairina@ulm.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Khairina, R., Sari, D. K., & Fitrial, Y. (2025). Kandungan fitokimia dan aktivitas antibakteri ekstrak etanol biji buah nyirih (*Xylocarpus granatum*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(5), 455-468. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i5.60932>

Abstrak

Xylocarpus granatum adalah jenis mangrove yang dikenal dengan buah nyirih di Kalimantan Selatan. Penelitian ini bertujuan menentukan kandungan fitokimia dan aktivitas antibakteri biji buah *X. granatum*. Tahapan penelitian adalah preparasi buah nyirih menjadi bubuk buah nyirih, ekstraksi bubuk biji buah nyirih dengan pelarut etanol, uji fitokimia bubuk biji buah nyirih, preparasi bakteri uji, dan uji antibakteri ekstrak etanol biji buah nyirih. Parameter yang diuji, yaitu rendemen, proksimat, fitokimia, dan uji antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. Rendemen biji buah nyirih adalah 21,17% dan berat bubuk 7,04%. Bubuk biji buah nyirih mengandung kadar air 4,97%, abu 2,56%, protein 4,54 %, lemak 0,63%, dan serat kasar 2,5%. Bubuk biji buah nyirih mengandung senyawa saponin, alkaloid, flavonoid, tanin, triterpenoid, fenolik, steroid, dan antosianin. Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih berbanding terbalik dengan total bakteri akan tetapi berbanding lurus dengan persen penghambatan. Ekstrak 20–90 µL memperlihatkan total bakteri *E. coli* sebesar log 9,32 CFU/g dan log 1,18 CFU/g dengan persen penghambatan sebesar 5,93 dan 88,05%. Konsentrasi ekstrak 1–15 µL terhadap bakteri *S. aureus* memperlihatkan nilai total bakteri sebesar log 5,69 CFU/g dan log 8,65 CFU/g dengan persen penghambatan sebesar 29,37 dan 64,46. Pengujian antibakteri dengan metode kontak langsung menunjukkan kemampuan ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus* pada konsentrasi ekstrak yang rendah. .

Kata kunci: *E. coli*, flavonoid, mangrove, proksimat, *S. aureus*

Phytochemical and Antibacterial Activity of Ethanol Extract from Cannonball Mangrove *Xylocarpus granatum* Fruit Seeds

Abstract

Xylocarpus granatum (cannonball mangrove) is a mangrove species known as nyirih fruit in South Kalimantan. This study aims to determine the phytochemical content and anti-bacterial activity of the seeds from *X. granatum* fruit. The research stages included preparing cannonball mangrove fruit into powder, extracting the seed powder with ethanol, conducting phytochemical tests on the seed powder, preparing test bacteria, and testing the antibacterial properties of the ethanol extract from the cannonball mangrove seeds. The parameters tested were yield, proximate, phytochemical, and antibacterial tests against *E. coli* and *S. aureus*. The yield of cannonball mangrove fruit seeds was 21.17%, and the powder weight was 7.04%. Cannonball mangrove fruit seed powder contains 4.97% water content, 2.56% ash, 4.54% protein, 0.63% fat, and 2.5% crude fiber. Cannonball mangrove fruit seed powder contains saponins, alkaloids, flavonoids,

tannins, triterpenoids, phenolics, steroids, and anthocyanins. The results of the antibacterial test showed that increasing the concentration of ethanol extract of cannonball mangrove fruit seed powder was inversely proportional to the total bacteria but directly proportional to the percent inhibition. Extracts of 20-90 μL showed total *E. coli* bacteria of log 9.32 CFU/g and log 1.18 CFU/g with percent inhibition of 5.93 and 88.05%. Extract concentrations of 1-15 μL against *S. aureus* bacteria showed total bacterial values of log 5.69 CFU/g and log 8.65 CFU/g with percent inhibition of 29.37 and 64.46. Antibacterial testing with the direct contact method showed the ability of ethanol extract of cannonball mangrove fruit seed powder to inhibit the growth of *E. coli* and *S. aureus* bacteria at low extract concentrations.

Keywords: *E. coli*, flavonoid, mangrove, proximate, *S. aureus*

PENDAHULUAN

Luasan hutan mangrove di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 3.364.080 Ha yang terdiri atas 3.121.240 Ha mangrove lebat, 188.366 Ha mangrove sedang, dan 54.474 Ha mangrove jarang. Kalimantan Selatan merupakan provinsi kedua setelah Kalimantan Utara yang memiliki hutan mangrove yang luas, yaitu 84.532 Ha dengan rincian 54.806 Ha mangrove lebat, 26.249 Ha mangrove sedang, dan 3.477 Ha mangrove jarang (Direktorat Konservasi Tanah dan Air, 2021). Hutan mangrove adalah hutan di sepanjang pantai atau muara sungai dan vegetasi hutan didominasi oleh beragam jenis tanaman yang umumnya bertoleransi terhadap salinitas garam (Bengen, 2001; Rahim & Baderan, 2014). Djamaludin (2018) menyebutkan bahwa ditemukan sebanyak 25 jenis tanaman mangrove dan salah satunya adalah *Xylocarpus granatum*. Nama lokal *X. granatum* berbeda di berbagai daerah di Indonesia, antara lain kacang *monkey-puzzle* atau *puzzle fruit*, nyiri, nyireh bunga, niri, nilih, nyireh, nyiri, nyuru, jombok gading, buli, bulu putih, buli hitam, inggili, siri, nyireh bunga, nyiri udang, nyiri hutan, pohon kira-kira, jomba, banang-banang, nipa, niumiri-kara, kabau, mokmof (Bengen, 2001; Egra *et al.*, 2022). *Xylocarpus granatum* dikenal dengan sebutan buah nyirih di pesisir Kalimantan Selatan. Secara ekologi nyirih tumbuh di daerah tepi sungai, pasang surut, hingga hutan mangrove (Irawan, 2023).

Secara umum, pemanfaatan tanaman mangrove telah banyak dilakukan untuk manusia dan hewan (Fahlifi *et al.*, 2018). Hampir seluruh bagian tumbuhan mangrove memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid, fenolat, steroid, dan terpenoid yang berhasil diekstraksi pada bagian daun, batang, kulit

batang dan buah mangrove (Alamgir *et al.*, 2007; Ratte *et al.*, 2022; Naidu & Saranjaj, 2013). Saptiani (2011), Dahibhate *et al.* (2018), dan (Rosulva *et al.*, 2021) menyebutkan bahwa fenol alami, alkaloid, dan flavonoid juga dilaporkan mengandung senyawa antioksidan, antibakteri, antivirus, dan antitumor. Ragam jenis tanaman mangrove yang diketahui memiliki senyawa bioaktif dengan kadar tinggi dan berpotensi untuk dikembangkan di antaranya *Avicennia* sp., *Bruguiera* sp., *Ceriops tagal*, *Excoecaria agallocha*, *Kandelia candel*, *Rhizophora* sp., *Sonneratia* sp. dan *Xylocarpus granatum* (Kumar-Das, 2015; Dahibhate *et al.*, 2018; Gazali *et al.*, 2020; Widiawati *et al.*, 2024; Diana *et al.*, 2024; Lein *et al.*, 2025; Hasibuan *et al.*, 2025). *X. granatum* mengandung metabolit sekunder berupa senyawa tanin, terpenoid, alkaloid, flavonoid, fenol, saponin dan steroid. Senyawa metabolit sekunder tersebut memiliki sifat antibakteri karena mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Hendrawan *et al.*, 2015).

Kandungan metabolit di dalam tanaman *X. granatum* telah diketahui memiliki berbagai manfaat yaitu bahan obat nyamuk *Aedes aegypti* (Pringgenies *et al.*, 2018), pestisida alami (Egra *et al.*, 2022), antidiare dan antibakteri (Alamgir *et al.*, 2007; Linda *et al.*, 2024; Alam *et al.*, 2008; Raymona *et al.*, 2023; Ratte *et al.*, 2022). Masyarakat pesisir Kalimantan Timur memanfaatkan buah *X. granatum* sebagai bahan campuran pembuatan tabir surya yang berfungsi sebagai masker kulit wajah dan anti jerawat (Raymona *et al.*, 2023; Hendrawan *et al.*, 2015).

Pelarut etanol merupakan pelarut polar-semi polar yang memiliki kemampuan mengekstrak senyawa bioaktif, yaitu flavonoid, alkaloid, triterpenoid, limonoid, dan tanin. Etanol adalah kelompok pelarut



GRAS dan mudah diuapkan sehingga aman sebagai bahan yang akan diaplikasikan di bidang farmasi dan pangan. Hendrawan *et al.* (2015) dan Sapitri *et al.* (2019) melaporkan penggunaan ekstrak etanol pada *X. granatum* lebih optimal jika hasil ekstrak digunakan untuk pengujian antibakteri. Hasil penelitian diharapkan memberi informasi tentang kemampuan antibakteri ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* yang selanjutnya bisa dijadikan pilihan alternatif metode pengujian yang mudah dengan hasil yang bisa dipertanggungjawabkan walaupun dengan kondisi sampel yang sedikit. Penelitian ini bertujuan menentukan kandungan fitokimia dan aktivitas antibakteri biji buah nyirih terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Bubuk Biji Buah Nyirih

Prosedur pembuatan bubuk mengacu pada (Hendrawan *et al.*, 2015). Buah nyirih diambil dari pesisir Pantai Kotabaru Kalimantan Selatan. Buah segar dengan beragam ukuran dikupas dan biji buah dipisahkan daging buahnya (testa). Biji buah diiris tipis dan dikeringkan di dalam alat pengering *fluidizer* pada suhu 60°C selama 8 jam hingga kering. Setelah kering irisan biji buah nyirih dihaluskan dengan grinder selama ± 5 menit. Bubuk biji buah selanjutnya disebut sampel bubuk biji buah nyirih.

Rendemen Buah Nyirih

Buah nyirih berbagai ukuran sebanyak 10 buah ditimbang berat buah, berat kulit, daging buah, biji, irisan biji kering, dan bubuk biji buah. Data hasil penimbangan dicatat dan ditabulasi untuk selanjutnya dipergunakan sebagai data menghitung rendemennya. Perhitungan rendemen mengacu pada Saerang *et al.* (2023) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat bubuk}}{\text{Berat bahan awal}} \times 100\%$$

Analisis Kandungan Proksimat

Kandungan yang dianalisis adalah kadar air, abu, protein, lemak, dan serat kasar (AOAC, 1995). Pengujian proksimat

dilakukan terhadap daging dan biji buah nyirih segar serta bubuk daging dan biji buah nyirih.

Ekstraksi Bubuk Buah Nyirih

Proses ekstraksi dilakukan menurut (Harbone, 1998). Bubuk biji buah nyirih 50 g diekstraksi dengan pelarut etanol 70%. Bubuk biji buah nyirih dimaserasi dengan etanol 1: 2, kemudian 50 g sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 100 mL pelarut dan dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang. Bahan disaring dengan kertas saring Whatman 42. Larutan hasil penyaringan diuapkan dengan *vacuum evaporator* dan diperoleh ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih yang akan diuji kandungan fitokimia dan aktivitas antibakteri.

Pengujian Fitokimia Sampel

Komponen fitokimia ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih yang diuji adalah, alkaloid, steroid, triterpenoid, saponin, fenolik, flavonoid dan tanin. Pengujian dilakukan menurut (Harbone, 1998; Hutasuhut *et al.*, 2022).

Alkaloid

Uji analisis kadar alkaloid dilakukan dengan memasukkan 10 g sampel ke dalam 250 mL *beaker glass*, selanjutnya ditambahkan asam asetat 10% sebanyak 200 mL. *Beaker glass* ditutup dan didiamkan selama 4 jam, kemudian disaring. Seperempat ekstrak diuapkan dengan penangas air dan ditambahkan amonium hidroksida lalu diendapkan. Endapan dicuci dengan amonium hidroksida encer dan disaring. Residu diuapkan hingga diperoleh berat konstan.

Triterpenoid dan Steroid

Analisis kadar triterpenoid dilakukan dengan memasukkan 1 mL + 1,5 mL kloroform dan didiamkan selama 3 menit kemudian tambahkan 100 μL H_2SO_4 dan diinkubasi dalam ruangan gelap selama 1,5-2 jam hingga terbentuk endapan, selanjutnya ditambahkan 1,5 mL methanol 95% dan dilakukan pengukuran dengan spektrofotometri UV-Vis (538 nm).

Pengujian kadar steroid dilakukan dengan memasukkan sebanyak 1 mL ekstrak sampel ke dalam labu takar 10 mL, lalu asam sulfat 4N sebanyak 2 mL dan besi (III) klorida sebanyak 2 mL, serta larutan kalium heksasianoferat (III) sebanyak 0,5 mL ditambahkan dalam larutan. Campuran selanjutnya dipanaskan menggunakan penangas air (suhu 70°C) selama 30 menit dengan sesekali diaduk. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 780 nm.

Tanin

Pengujian ini mengacu pada Harbone (1998). Sampel 0,5 g dilarutkan dengan akuades hingga mencapai volume 10 mL. Jika sampel belum larut sempurna, dapat digunakan alat untuk menghomogenkan larutan. Sampel 1,0 mL diambil secara hati-hati, dimasukkan ke dalam wadah 10 mL yang berisi 7,5 mL akuades. Reagen Folin Denis ditambahkan 0,5 mL, didiamkan selama 3 menit, ditambahkan 1,0 mL larutan Na_2CO_3 jenuh. Proses inkubasi selama 15 menit, kemudian dibaca pada panjang gelombang maksimum. Perhitungan dengan menggunakan kurva standar yang telah diperoleh sehingga konsentrasi sampel yang diukur diketahui. Satuan: mg Tannic Acid Equivalent (TAE)/g bahan kering.

Flavonoid

Kadar flavonoid diamati dengan cara mengambil sampel yang telah di preparasi menggunakan mikropipet 500 μL yang dituang ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 2 mL aquadest. NaNO_2 5% 150 μL ditambahkan dan didiamkan 6 menit, kemudian ditambahkan 150 μL AlCl_3 10% dan didiamkan selama 6 menit. NaOH 4% ditambahkan sebanyak 2 mL dan diencerkan dengan akuades hingga volume tabung mencapai 15 mL dan didiamkan selama 5 menit. Absorbansi diukur menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 520 nm.

Saponin

Uji analisis kadar saponin dilakukan dengan memasukkan sampel 10 g ke dalam gelas beaker 250 mL dan ditambahkan 200 mL etanol 20%, selanjutnya diuapkan dengan penangas air (suhu 55°C) selama 4 jam. Larutan

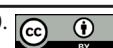
disaring dan residu dilakukan pengekstrakan lagi. Ekstrak diuapkan dengan penangas air pada suhu 90°C hingga volumenya menjadi 40 mL. Konsentrat dituangkan ke dalam corong pisah dan diambil lapisan airnya, selanjutnya ditambahkan nbutanol 60 mL dan dicampurkan dengan ekstrak, selanjutnya dicuci dengan NaCl 5% sebanyak 10 mL lalu diuapkan. Sampel dikeringkan di dalam oven hingga diperoleh berat yang stabil.

Fenolik

Uji analisis kadar fenolik dilakukan dengan memasukkan sebanyak 1 mL larutan ekstrak, lalu ditambahkan reagen Folin Ciocalteu sebanyak 0,4 mL dan didiamkan selama 4-8 menit. Selanjutnya, larutan sodium karbonat (Na_2CO_3) 7% sebanyak 4 mL ditambahkan hingga homogen. Akuabides 10 mL ditambahkan dan dibiarkan selama 2 jam pada suhu ruang. Pengukuran serapan dilakukan dengan Spektrofotometri UV-Vis (744,8 nm).

Pengujian Antibakteri

Suspensi bakteri uji mengacu pada standar Mc. Farland no. 3 yaitu 109 CFU/mL kemudian diencerkan dengan NaCl steril hingga diperoleh konsentrasi 10^5 CFU/mL (Poelongan, 2010). Bakteri uji yang digunakan adalah *S. aureus* dan *E. coli*. Suspensi bakteri yang digunakan untuk pengujian aktivitas antibakteri dengan kepadatan 10^5 CFU/mL. Uji antibakteri dilakukan menurut Fitriah & Khotimah (2021) dengan sedikit modifikasi pada konsentrasi ekstrak yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan membuat seri pengujian di dalam tabung kecil berisi 1.000 μL NB steril ditambah 300 μL bakteri uji, 1.670 μL akuades steril, dan 30 μL masing-masing ekstrak sampel. Tabung yang menjadi kontrol diisi dengan 300 μL suspensi bakteri uji, 1.000 μL NB steril, dan 1.700 μL akuades steril. Tabung uji dikocok dengan vortex selama 1 menit kemudian diinkubasi dalam *incubator shaker* pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah inkubasi suspensi diinokulasi dalam *nutrient agar* untuk dihitung total bakteri yang tumbuh dengan metode hitungan cawan (*total plate count*). Perbedaan antara total bakteri pada tabung uji kontrol dengan tabung uji ekstrak



memberikan gambaran ada atau tidaknya penghambatan oleh ekstrak yang diberikan. Persentase penghambatan bakteri ditentukan dengan modifikasi metode (Capasso *et al.*, 1995) yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ penghambatan} = 100 - \frac{N_t \times 100}{N_o}$$

Keterangan:

N_t = jumlah bakteri CFU/mL dalam perlakuan penambahan ekstrak etanol

N_o = jumlah bakteri CFU/mL dalam kontrol (inokulum awal)

Analisis Data

Data pengamatan yang diperoleh selama penelitian dianalisis secara statistik. Pengamatan antibakteri dilakukan dalam tiga kali ulangan dan konsentrasi ekstrak sebagai perlakuan. Perhitungan menggunakan Microsoft Excel. Analisis ANOVA dilakukan dan diteruskan dengan uji lanjut untuk melihat pengaruh antar konsentrasi ekstrak terhadap total bakteri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Buah Nyirih

Buah nyirih berbentuk bulat, berkulit tebal, berwarna coklat, daging buah berwarna putih kekuningan, dan biji kuning muda. *Figure 1* memperlihatkan buah, daging buah, dan biji buah nyirih. Rendemen buah, daging buah, biji, simplisia kering, dan bubuk buah nyirih dapat dilihat pada *Table 1*. Rata-

rata berat buah nyirih adalah 568,2 g, dengan berat daging buah 330,3 g (58,13% dari total berat buah) dan berat biji 120,3 g (21,17% dari total berat). Berat bubuk biji nyirih mencapai 7,04% dari total berat buah. Ukuran buah nyirih beragam mulai dari paling besar dengan berat 1.047 g dan paling kecil 450 g. Ukuran yang paling banyak ditemukan adalah 700–900 g dengan rerata pada angka 568,2 g.

Bakal buah nyirih berbentuk kapsul berdiameter 15–25 cm dengan warna buah kecokelatan, warna biji kuning kecokelatan dengan bentuk piramida tidak beraturan (Irawan, 2023). Buah nyirih dimanfaatkan secara turun temurun di beberapa wilayah pesisir di Indonesia sebagai obat-obatan tradisional dan kosmetik (Egra *et al.*, 2022; Nurhidayanti *et al.*, 2023).

Proksimat

Hasil pengujian proksimat buah, biji, bubuk buah, dan bubuk biji nyirih disajikan pada *Table 2*. Kandungan air dalam buah nyirih segar dan biji cukup tinggi yaitu sekitar 83,91% dan 63,49%. Setelah pengeringan selama 8 jam pada pengering *fluidizer* terjadi penurunan kadar air hingga 7,89% pada bubuk buah segar dan 4,97% pada bubuk biji. Perbedaan juga nampak pada kandungan abu dan serat kasar. Walaupun perbedaan kandungan air antara kedua bahan tersebut cukup tinggi tetapi kandungan protein dan lemak hampir tidak berbeda. Pengujian proksimat memberikan informasi awal yang berkaitan dugaan senyawa aktif yang mungkin berperan dalam buah *X. granatum*. Kandungan



(A)



(B)



(C)

Figure 1 Canonball mangrove fruit (A), fruit pulp (B), and seeds (C)

Gambar 1 Buah nyirih (A), daging buah (B), dan biji buah nyirih (C)

Table 1 Weight of fruit, pulp, seeds, dried seed slices, and cannonball mangrove fruit powder (g)

Tabel 1 Berat buah, daging buah, biji, irisan biji kering, dan bubuk buah nyirih (g)

No	Fruit	Fruit peel	Pulp	Seed	Dry seed	Powder
1	1,047.0	460.0	419.0	302.0	53.0	48.0
2	980.0	393.0	335.0	218.0	50.0	48.0
3	809.0	336.0	290.0	128.0	28.0	25.0
4	894.0	365.0	209.0	116.0	25.0	24.0
5	868.0	342.0	325.0	210.0	48.0	47.0
6	634.0	273.0	227.0	126.0	33.0	32.0
7	450.0	168.0	174.0	103.0	39.0	33.0
8	773.0	310.0	254.0	140.0	53.0	45.0
9	724.0	290.0	245.0	135.0	51.0	43.0
10	915.0	366.0	311.0	171.0	65.0	55.0
Total	5,682.0	3,303.0	2,789.0	1,203.0	445.0	400.0
Average	568.2	330.3	278.9	120.3	44.5	40.0
% of fruit weight		58.1	49.1	21.2	7.8	7.0

Table 2 Proximate of pulp and seeds of the fruit of cannonball mangrove

Tabel 2 Data proksimat daging buah dan biji buah nyirih

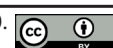
Sample	Proximate (%)				
	Moisture	Ash	Protein	Lipid	Fibre
Fresh fruit	83.91±0.71	10.67±0.51	2.15±0.54	0.20±0.01	3.12±0.85
Seeds	63.49±1.41	2.82±0.11	2.14±0.26	0.25±0.03	1.33±0.17
Fruits powder	7.89±0.07	6.12±0.00	5.64±0.02	0.64±0.00	5.98±0.00
Seeds powder	4.97±0.02	2.56±0.02	4.54±0.01	0.63±0.00	2.50±0.01

air dalam bahan dapat menunjukkan bahwa pengeringan sudah mencapai keadaan mikrob tidak dapat tumbuh sehingga dapat diduga tidak memengaruhi bahan selama penyimpanan sebelum ekstraksi. Kandungan lemak dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan pelarut yang digunakan pada ekstraksi, serat kasar dapat menjadi petunjuk adanya metabolit sekunder misalnya tanin dan flavonoid (Saerang *et al.*, 2023; Sobari *et al.*, 2022; Wendersteyt *et al.*, 2021).

Rasio yang tinggi antara berat daging buah dan biji mengindikasikan potensi pemanfaatan biji dalam produksi bahan bioaktif. Komposisi kandungan proksimat pada masing-masing bagian buah nyirih seiring dengan pengujian terhadap jenis mangrove lain dari famili Meliaceae. Proporsi

biji yang signifikan teridentifikasi sebagai sumber senyawa aktif, misalnya triterpenoid dan limonoid (Suryavanshi *et al.*, 2021).

Patil (2019) dan Gunawan *et al.* (2013) meneliti kandungan proksimat biji buah *X. granatum* dan *X. moluccensis* yaitu mengandung air 69,36% dan 66,06%; protein 4,91% dan 7,4%; abu 2,06% dan 9,77%; lemak 12,02% dan 10,21%, serta serat 3,42% dan 10,77%. Perbedaan komposisi proksimat tersebut dengan hasil pengamatan diduga karena ekosistem dan kondisi tanah yang berbeda (Purba *et al.*, 2021). Sebaran tanaman mangrove yang luas berpeluang menyebabkan terjadinya perbedaan unsur hara tanah. Irawan (2023) menyebutkan persebaran alami dari tanaman nyirih meliputi Afrika Timur Tropis, Madagaskar, lalu Asia Selatan yaitu



Bangladesh, India, kemudian Asia Tenggara dari Kamboja, Vietnam, Semenanjung Malaya, Thailand, hingga, Indonesia.

Kadar air dan kadar abu buah nyirih lebih tinggi jika dibandingkan dengan buah *Avicennia marina* (67,50% dan 1,22%) dan *Sonneratia caseolaris* (77,10% dan 3,85%). Kadar lemak dan kadar protein menunjukkan nilai yang lebih rendah dari buah nyirih yang diuji (Rosulva *et al.*, 2021; Zenadine *et al.*, 2024). Pemanfaatan buah mangrove jenis *Avicennia* dan *Sonneratia* yaitu sebagai bahan pangan, sementara *X. granatum* lebih banyak digunakan sebagai bahan obat-obatan (Raymona; *et al.*, 2023; Heryanto *et al.*, 2023; Irawan, 2023; Mahmud *et al.*, 2024).

Fitokimia

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji buah nyirih mengandung senyawa fitokimia metabolit sekunder di antaranya alkaloid, steroid, tanin, triterpenoid, limonoid, flavonoid, dan saponin. *Table 3* menunjukkan kandungan fitokimia buah nyirih yang diteliti. Pengujian fitokimia dalam bubuk biji buah nyirih dilakukan untuk mengetahui senyawa bioaktif yang diduga berperan sebagai senyawa antibakteri.

Ekstrak metanol dari kulit buah *X. granatum* mengandung flavonoid dan memiliki aktivitas penghambatan terhadap *Propionibacterium acne* dan *E. coli* pada konsentrasinya ekstrak 10%, 15%, dan 20% (Nurhidayanti *et al.*, 2023). Tran *et al.*

(2024) melaporkan bahwa terdapat empat senyawa limonoid dalam ekstrak etil asetat buah *X. granatum* yaitu hainanggranatum, *xylogranatin C*, *xylocarpin*, dan *xylocensin* yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan dan antiinflamasi.

Kandungan tertinggi dalam ekstrak bubuk biji buah nyirih adalah triterpenoid diikuti dengan flavonoid, saponin, dan fenolik. Senyawa tersebut berpotensi sebagai antibakteri alami karena memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri pada berbagai sistem. Triterpenoid dapat mengganggu permeabilitas membran sel bakteri dan menginduksi lisis sel. *X. granatum* yang diekstrak dengan metanol juga memperlihatkan komponen aktif yang serupa yaitu flavonoid, saponin, tanin, dan fenol dan mampu menghambat aktivitas bakteri *S. aureus* dan *E. coli* (Hendrawan *et al.*, 2015). Alkaloid memiliki kemampuan untuk mengganggu metabolisme sel bakteri dengan menghambat sintesis protein atau asam nukleat. Senyawa ini efektif terhadap *S. aureus* karena interaksinya dengan struktur enzim penting bagi bakteri tersebut. Tanin efektif menghambat pertumbuhan bakteri melalui inaktivasi enzim (Budiyanto, *et al.*, 2019; Schofield *et al.*, 2001; Cushnie *et al.*, 2014). Kandungan tanin dan antosianin dalam bubuk biji buah nyirih sangat rendah yaitu 0,57 mg/mL GAE dan 0,41 mg/100 g sehingga dapat diduga tidak berperan sebagai antibakteri.

Table 3 Phytochemical component ethanol extract of cannonball mangrove fruit seed powder

Tabel 3 Hasil uji fitokimia ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih

Phytochemical component	Extract ethanol seeds powder	<i>B. mutleyana</i> * (mg/mL)	<i>R. mucronata</i> ** (mg/mL)	<i>A. marina</i> ** (mg/mL)
Saponin (%)	10.38±0.06	102.35		
Alkaloid (%)	5.54±0.03	136.41	30	33
Flavonoid (mg/Que)	143.25±0.43	71.33	10.99	9.9
Tannin (mg/mL GAE)	0.568±0.17	-	1	0
Tritepenoid (mg/mL)	378.80±1.00	353.47	-	-
Phenolic (mg/mL)	82.51±0.14	109.96	29.85	26.93
Steroid (mg/mL)	41.07±0.06	28.71	-	-
Antosianin (mg/100 g)	0.410±0.02	-	-	-

*Hutasuhut *et al.* (2022), **Mangrio *et al.* (2016)

Senyawa aktif yang diduga berperan sebagai antibakteri pada bubuk biji buah nyirih yang diekstrak dengan ethanol hampir sama dengan yang diekstrak dengan methanol. Hendarwan *et al.* melaporkan bahwa senyawa fitokimia ekstrak metanol biji buah nyirih adalah flavonoid, saponin, tanin, dan fenol yang terdapat dalam akar, biji, kulit buah, daging buah, dan batang. Senyawa tersebut tidak ditemukan dalam ekstrak metanol daun nyirih. Xie *et al.* (2014) dan Keshebo *et al.* (2016) menunjukkan bahwa flavonoid dan fenolik dapat memutus rantai reaksi metabolik esensial dan merusak membran sel pada bakteri. Aktivitas ini lebih signifikan terhadap bakteri Gram-positif yaitu *S.aureus* karena membrannya lebih mudah terpengaruh oleh senyawa hidrofobik (Kim *et al.*, 2018). Saponin memiliki kemampuan mengganggu permeabilitas dinding sel sehingga sel menjadi lisis (Mahmud *et al.*, 2024). Ekstrak ethanol bubuk biji buah nyirih berpotensi sebagai antibakteri alami karena kandungan komponen fitokimianya yang

lengkap dan relatif tinggi. Polyium *et al.* (2020) dan Podolak *et al.* (2023) menyebutkan bahwa saponin, flavonoid, dan tanin merupakan senyawa penting terkait dengan aktivitas antibakteri.

Pengujian Aktivitas Antibakteri

Hasil pengujian aktivitas antibakteri ekstrak ethanol bubuk biji buah nyirih terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* dapat dilihat pada *Table 4* dan *Table 5*. Pengujian antibakteri dilakukan dengan metode kontak langsung. Uji pendahuluan menetapkan kepadatan bakteri uji dan konsentrasi ekstrak yang sesuai untuk kondisi pengujian adalah sebesar 10^5 dengan konsentrasi ekstrak pada range 25-90 μL untuk *E. coli* dan 1-15 μL untuk *S. aureus*. Kontrol negatif memperlihatkan total bakteri sebesar $8,2 \times 10^9$ CFU/mL.

Analisis data dengan ANOVA menunjukkan F hitung lebih besar dari F table dan uji lanjut memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan mulai dari 20—30 μL , 30—60 μL , ≥ 60 μL .

Table 4 The ability of ethanol extract of cannonball mangrove fruit seed powder against *E. coli*

Tabel 4 Kemampuan penghambatan ekstrak ethanol bubuk biji buah nyirih terhadap *E. coli*

Concentrations (μL)	Total bacteria (Log CFU/g)	Inhibitions (%)
20	9.32 $\pm$ 0.03 ^c	5.93
25	9.33 $\pm$ 0.98 ^c	5.89
30	8.91 $\pm$ 0.26 ^c	10.10
35	8.26 $\pm$ 0.12 ^{bc}	16.70
40	6.85 $\pm$ 0.10 ^b	30.84
45	5.91 $\pm$ 0.02 ^{ab}	40.36
50	5.88 $\pm$ 0.09 ^{ab}	40.11
55	5.81 $\pm$ 0.28 ^{ab}	41.35
60	5.73 $\pm$ 0.07 ^{ab}	42.16
65	3.11 $\pm$ 0.22 ^a	68.58
70	2.72 $\pm$ 0.95 ^a	72.59
75	2.44 $\pm$ 0.59 ^a	75.39
80	2.62 $\pm$ 0.45 ^a	73.53
85	1.43 $\pm$ 0.01 ^a	85.54
90	1.18 $\pm$ 0.25 ^a	88.05
Control (-)	9.91 $\pm$ 0.04 ^c	0.00

Different letter marks on the same column indicate significant differences ($p < 0.05$)

Table 5 The ability of ethanol extract of cannonball mangrove fruit seed powder against *S. aureus*Tabel 5 Kemampuan penghambatan ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih terhadap *S. aureus*

Concentrations (μ L)	Total bacteria (Log CFU/g)	Inhibitions (%)
1	5.69 $\pm$ 0.98 ^{bc}	29.37
2	5.23 $\pm$ 0.26 ^b	35.05
3	4.81 $\pm$ 0.03 ^{bc}	40.30
4	4.69 $\pm$ 0.02 ^{cd}	41.68
5	4.61 $\pm$ 0.10 ^{cde}	42.70
6	4.34 $\pm$ 0.12 ^{cde}	46.05
7	4.38 $\pm$ 0.09 ^{de}	45.53
8	4.24 $\pm$ 0.28 ^{de}	47.37
9	4.47 $\pm$ 0.07 ^{def}	44.51
10	4.12 $\pm$ 0.22 ^{ef}	48.80
11	4.12 $\pm$ 0.95 ^f	48.87
12	3.96 $\pm$ 0.59 ^{fg}	50.78
13	3.36 $\pm$ 0.45 ^{fg}	58.24
14	3.44 $\pm$ 0.01 ^g	57.28
15	2.86 $\pm$ 0.25 ^g	64.46
Control (-)	8.65 $\pm$ 0.04 ^a	0.00

Different letter marks on the same column indicate significant differences ($p < 0.05$)

Peningkatan konsentrasi ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih berbanding terbalik dengan total bakteri akan tetapi berbanding lurus dengan persen penghambatan (Table 4). Total bakteri mengalami penurunan secara signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Konsentrasi ekstrak 20 μ L menunjukkan total bakteri sebesar log 9,32 CFU/g dengan penghambatan sebesar 5,93% dan konsentrasi ekstrak sebesar 90 μ L memperlihatkan total bakteri sebesar log 1,18 CFU/g dengan penghambatan sebesar 88,05%. Konsentrasi ekstrak yang rendah (20–30 μ L) menunjukkan penghambatan masih < 30% dan setelah konsentrasi ekstrak mencapai > 60 μ L penghambatan sudah mencapai 50%. Kandungan flavonoid, saponin, tanin, dan fenol yang tinggi mendukung tingginya aktivitas penghambatan terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*, Xie *et al.* (2014) menyebutkan bahwa flavonoid mampu menghambat *E. coli*

dengan cara mengganggu metabolisme dan mengakibatkan stres oksidatif pada sel bakteri.

Kandungan flavonoid dalam ekstrak *X. granatum* sebesar 143,25 mg/QUE (Table 3) diduga juga mendukung mekanisme penghambatan tersebut. Alamgir *et al.* (2007); Alam *et al.* (2008); dan Egra *et al.* (2022) menguji kemampuan antibakteri kulit batang *X. granatum* dan konsentrasi ekstrak yang digunakan lebih tinggi dari pada yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0,4–3 mg/mL terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Konsentrasi ekstrak daun dan kulit batang *X. granatum* sebesar 5, 10, dan 20 mg/mL mampu menghambat bakteri *R. solanacearum* dan *P. acnes* dengan persen penghambatan tertinggi sekitar 35–40% (Egra *et al.*, 2022). Hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran bahwa ekstrak etanol bubuk biji buah *X. granatum* lebih sensitif dari pada kulit batang dan daun, hal ini dibuktikan pada penggunaan

konsentrasi ekstrak yang rendah, yaitu pada kisaran mikroliter (μL). Konsentrasi ekstrak $>65 \mu\text{L}$ menunjukkan aktivitas antibakteri yang sangat kuat terhadap *E. coli*. Kandungan fitokimia berupa flavonoid, tanin, alkaloid dan saponin berperan dalam merusak membran sel bakteri Gram-negatif melalui peningkatan permeabilitas membran dan gangguan pada protein membran (Kumari *et al.*, 2019; Yadav *et al.*, 2017). Mattioli *et al.* (2020) menunjukkan bahwa antosianin efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram-negatif.

Pengujian antibakteri ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih juga dilakukan terhadap bakteri *S. aureus*. Konsentrasi ekstrak yang digunakan ditentukan berdasarkan penelitian pendahuluan yang menunjukkan konsentrasi 1–15 μL sudah menunjukkan adanya penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri uji. *Table 5* menunjukkan penurunan total bakteri yang signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak bubuk biji buah *X. granatum*.

Konsentrasi ekstrak 1 μL memperlihatkan total bakteri sebesar $\log 5,69 \text{ CFU/g}$ menunjukkan nilai yang lebih rendah dari total bakteri pada kontrol negatif yaitu sebesar $\log 8,65 \text{ CFU/g}$. Keadaan ini membuktikan bahwa ekstrak etanol biji buah nyirih mampu menghambat bakteri *S. aureus* sebesar 29,37%. Aktivitas penghambatan tertinggi sebesar 64,46%, tercapai pada konsentrasi ekstrak sebanyak 15 μL . Secara signifikan penghambatan bakteri *S. aureus* mulai terlihat pada konsentrasi ekstrak 4 μL yaitu sebesar 40%. Menurut Cushnie *et al.* (2014) bakteri *S. aureus* lebih mudah terpengaruh oleh senyawa fitokimia yang bersifat hidrofobik misalnya triterpenoid, flavonoid, dan alkaloid. Senyawa tersebut dapat berinteraksi langsung dengan dinding sel Gram-positif yang terdiri atas lapisan peptidoglikan tebal, menyebabkan lisis sel. Konsentrasi tanin yang tinggi dapat meningkatkan kemampuan antibakteri melalui inaktivasi protein bakteri dan penghambatan biosintesis DNA. Saponin memiliki mekanisme kerja pada permeabilitas membran sel bakteri yang mengakibatkan lisis, terutama pada bakteri Gram positif. Selain itu, flavonoid dapat memutus rantai reaksi metabolik esensial pada bakteri,

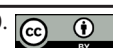
pengkelatan ion logam dan perusakan membran sel bakteri (Xie *et al.*, 2014)

Ekstrak etanol biji buah nyirih efektif menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus*. Aktivitas penghambatan tertinggi terlihat pada konsentrasi ekstrak 90 μL dengan persen penghambatan sebesar 88,05 untuk bakteri *E. coli* dan konsentrasi 15 μL dengan persen penghambatan 64,46 untuk *S. aureus*. Ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih lebih efektif menghambat bakteri *E. coli* (Gram-negatif) pada konsentrasi tinggi ($>20 \mu\text{L}$) sedangkan *S. aureus* (Gram-positif) signifikan pada konsentrasi ekstrak bubuk yang lebih rendah ($<20 \mu\text{L}$). *S. aureus*, sebagai bakteri Gram-positif, lebih mudah terpengaruh oleh senyawa hidrofobik seperti triterpenoid dan flavonoid. Senyawa ini dapat berinteraksi langsung dengan dinding sel Gram-positif yang terdiri dari lapisan peptidoglikan tebal, menyebabkan lisis sel.

Menurut Klančnik *et al.* (2010) pengujian antibakteri dengan metode kontak langsung memiliki keunggulan karena bakteri berhubungan langsung dengan senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak sehingga konsentrasi ekstrak dalam satuan mikroliter sudah memperlihatkan adanya penghambatan. Metode difusi mengandalkan kemampuan senyawa antibakteri untuk berdifusi melalui medium agar sedangkan metode kontak langsung tidak bergantung pada difusi, karena mikroorganisme bersentuhan langsung dengan bahan uji, memungkinkan evaluasi yang lebih akurat terhadap aktivitas antibakteri (Wiegand *et al.*, 2015). Pengujian anti bakteri dengan metode kontak langsung merupakan metode terbaik untuk digunakan dalam skrining skala besar, memberikan informasi yang lebih lengkap, tetapi memerlukan lebih banyak waktu dan tenaga (Massoud & Saffari, 2020).

KESIMPULAN

Ekstrak etanol bubuk biji buah nyirih memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Metode pengujian kontak langsung menunjukkan penurunan total bakteri seiring dengan peningkatan persen penghambatan dan peningkatan konsentrasi



ekstrak. Konsentrasi ekstrak etanol 90 μ L menunjukkan penghambatan sebesar 88,05% pada bakteri *E. coli* dan konsentrasi ekstrak 15 μ L menghambat bakteri *S. aureus* sebesar 64,46%.

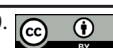
UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor Universitas Lambung Mangkurat yang mendukung penelitian ini melalui pendanaan Program Dosen Wajib Meneliti skema Hibah Riset Mandiri Dosen dengan nomor kontrak: 1090.131/UN8.2/PG/2024 pada tanggal 03 Juni 2024 atas nama Dr. Ir. Rita Khairina, M.P.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamgir, M., Rob, M., Kundu, D., Joy, J., & Sarder, M. (2007). Bioactivity of two medicinal plant *Xylocarpus granatum* Koen. (Meliaceae) and *Sarcolobus globosus* Wall. (Asclepiadaceae) of Sundarbans Mangrove Forest. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 7(4), 379–384.
- Bengen, D. G. (2001). Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu. *Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu*, November 2001, 1–167.
- Budiyanto, B., Sidebang, B., & Samosir, R. D. (2019). Effect of calamansi citrus (*Citrus Microcarpa*) extracts and CMC to preferences of red palm oil emulsions. *Jurnal Agroindustri*, 9(1), 49–55.
- Capasso, R., Evidente, A., Schivol, L., Orru, G., Marcialis, M. A., & Crstinzlo, G. (1995). Antibacterial polyphenols from olive oil mill waste waters. In *Journal of Applied Bacteriology*, 79, 393–398.
- Cushnie, T. P. T., Cushnie, B., & Lamb, A. J. (2014). Alkaloids: an overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing, and antivirulence activities. *Intert. J. Antimicrobe Agent*, 5(44), 377–386.
- Dahibhate, N. L., Saddhe, A. A., & Kumar, K. (2018). Mangrove plants as a source of bioactive compounds: a review. *The Natural Products Journal*, 9(2), 86–97.
- Diana, F. A. N. Riyadi, P. H., & Susanto, E. (2024). In silico analysis of ethyl acetate *Bruguiera gymnorhiza* leaf extracts as an anti-inflammatory agent. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(9), 798–818.
- Direktorat Konservasi Tanah Dan Air. (2021). *Peta Mangrove Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 181 halaman.
- Djamaludin, R. (2018). *Mangrove Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi*. Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi (1st Ed.). Unsrat Press.
- Egra, S., Hartini, Mardhiana, Nurjannah, Adiwena, M., Santoso, D., Kuspradini, H., & Mitsunaga, T. (2022). Antibacterial and natural pesticide properties of nyiri (*Xylocarpus granatum*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1083, 1.
- Fahlifi, R. M. S., & Efizon, D. (2018). Analisis keberlanjutan ekosistem mangrove di Desa Sungai Bela Kabupaten Indragiri Hilir. *Terubuk*, 46(3), 4–11. <https://Terubuk.Ejournal.Unri.Ac.Id>
- Fitrial, Y., & Khotimah, I. K. (2017). Aktivitas antibakteri dari melanin tinta sotong dan cumi-cumi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 266.
- Fitrial, Y., & Khotimah, I. K. (2021). The Antibacterial activity of melanin in the cuttlefish (*Sepia* sp.) ink against *Aeromonas* sp. *Egyptian Journal of Aquatic, Biology & Fisheries*, 25(4), 689–704.
- Gazali, M., Nurjanah, Ukhty, N., Nurdin, M., & Zuriat. (2020). Skrining senyawa bioaktif daun perepat (*Sonneratia alba* J.E. Smith) sebagai antioksidan asal pesisir Kuala Bubon Aceh Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2), 402–411.
- Ginarti D. R., Biworo, A., & Yulia Budiarti, L. (2023). Uji daya antibakteri ekstrak etanol daun *Xylocarpus granatum* terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Streptococcus pyogenes* ATCC 12344. *Homesostatis*, 2, 469–476.
- Harbone, J. B. (1998). *Phytochemical methods-Harborne* (Harbone.J/B/, Ed.; 3rd Ed.). Chapman & Hall.
- Hendrawan, Zuraida, I., & Pamungkas, B. F. (2015). Aktivitas Antibakteri Ekstrak

- Metanol *Xylocarpus granatum* Dari Pesisir Muara Badak. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*, 20 (2), 15–22.
- Heryanto, R., Putra, C. A., Khalil, M., Rafi, M., Putri, S. P., Karomah, A. H., & Batubara, I. (2023). Antioxidant activity and metabolite profiling of *xylocarpus granatum* extracts using gas chromatography–mass spectrometry. *Metabolites*, 13(2).
- Hutasuhut, A. D., Aspriyanto, D., & Wayan Arya Krishnawan Firdaus, I. (2022). Uji fitokimia kualitatif dan kuantitatif ekstrak kulit buah rambai. *Dentin Jurnal Kedokteran Gigi*, 6(2), 97–102.
- Irawan A, R. R. I. (2023). Menelisik tumbuhan nyirih, ditinjau dari aspek taksonomi, ekologi, bioproeksi, dan etnobotani: sebuah ulasan. *Jurnal Biosains Medika*, 1(2), 69–76.
- Kim, Y. B., Seo, K. W., Jeon, H. Y., Lim, S. K., & Lee, Y. J. (2018). Characteristics of the antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from chicken meat produced by different integrated broiler operations in Korea. *Poultry Science*, 97(3), 962–969.
- Klančnik, A., Piskernik, S., Jeršek, B., & Možina, S. S. (2010). Evaluation of diffusion and dilution methods to determine the antibacterial activity of plant extracts. *Journal of Microbiological Methods*, 81(2), 121–126.
- Kumar Das, S. (2015). Ethnomedicinal, antimicrobial and antidiarrhoeal studies on the mangrove plants of the genus *Xylocarpus*: a mini review. *Journal Of Bioanalysis & Biomedicine*, 01(S12).
- Kumari, R., Ratish, C., Mishra, A., Yadav, J., & Parkash, Y. (2019). Screening of traditionally used medicinal plants for their antimicrobial efficacy against oral pathogens and GC-MS analysis of *Acacia nilotica* extract. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 18(1), 162–168.
- Keshebo, L. D., Washe, A. P., & Alemu, F. (2016). Determination of antimicrobial and antioxidant activities of extracts from selected medicinal plants. *American Scientific Research Journal for Engineering*, 16(1), 212–222.
- Lein, M. A., Desniar, & Hardiningtyas, S. D. (2025). Fermentasi daun mangrove *Rhizophora mucronate* sebagai teh herbal. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(2), 170–186.
- Linda, T. M., Hendra, R., Farniga, A., Delfira, N., Ismed, F., & Haryani, Y. (2024). Potential antibacterial activity of *Botryosphaeria rhoina*: mangrove *Xylocarpus granatum* J. Koenig. derived fungal endophyte. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 14(2), 136–143.
- Mahmud, I., Rahman, S., Sarker, A.B., & Parvez, M.R. (2024). Assessment of phytochemical, antioxidant, and antibacterial properties of *Xylocarpus granatum* leaves. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 12(1), 191–196.
- Mangrio, A. M., Rafiq, M., Naqvi, S. H. A., Junejo, S. A., Mangrio, S. M., & Rind, N. A. (2016). Evaluation of phytochemical constituents and antibacterial potential of *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* from indus delta of Pakistan. *J. Biotechnol*, 13(4), 259–265.
- Massoud, R., & Saffari, H. (2020). Screening methods for assessment of antibacterial activity in nature. 4th International Conference on Applied Researches in Science and Engineering. Institution Of Engineering and Technology of London. October 19, 2019–vrije universiteit Brussel Belgium. 1- 6.
- Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., & Silva, P. (2020). Anthocyanins: a comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases. In *Molecules*, 25 (17), 3808.
- Hasibuan, N. E., Azka, A., Ratrinia, P. W., Sumartini, Pamaharyani, L. I., Suryono, M., & Basri. (2025). Aktivitas antioksidan dan hedonik teh hijau berbahan baku daun mangrove *Avicennia* sp. dan *Sonneratia* sp. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(2), 142–155.
- Nurhidayanti, W. I., Ansyori, A. K., & Sundu, R. (2023). Antibacterial activity of methanol extract from inggili fruit (*Xylocarpus granatum*) against *Propionibacterium acnes* and *Escherichia*



- coli* using well diffusion method. *Al Ulum: Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(3), 103.
- Osés, S. M., Pascual-Maté, A., De La Fuente, D., De Pablo, A., Fernández-Muiño, M. A., & Sancho, M. T. (2016). Comparison of methods to determine antibacterial activity of honeys against *Staphylococcus aureus*. *Njas - Wageningen Journal of Life Sciences*, 78, 29–33.
- Patil, P. D. (2019). Evaluation of seeds of *Xylocarpus granatum* Koenig for proximate composition. *Vivek Research E-Journal*, 3(1), 8–10.
- Podolak, I., Grabowska, K., Sobolewska, D., Wróbel-Biedrawa, D., Makowska-Wąs, J., & Galanty, A. (2023). Saponins as cytotoxic agents: an update (2010–2021). Part II triterpene saponins. *Phytochemistry Reviews*, 22(1), 113–167.
- Poelongan, M. P. dan Praptiwi (2010). Uji aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah manggis. *Media Litbang Kesehatan Balai Besar Penelitian Veteriner Cibinong*, 2(20), 65–69.
- Polyium, U. (2020). Phytochemicals investigation and antioxidant activities of the *Xylocarpus granatum* extracts. *Applied Mechanics and Materials*, 901, 17–21.
- Pringgenies, D., Widiyadmi, R., Yudiati, E., Bahry, M. S., & Djunaedi, A. (2018). Potensi ekstrak buah mangrove *Xylocarpus granatum* untuk pemberantasan larva nyamuk *Aedes aegypti*. *Journal of Tropical Marine Science*, 1(1), 1–6.
- Rahim, S., & Baderan, D. W. K. (2014). *Hutan Mangrove Dan Pemanfaatannya* Ed.; 1st Ed.). Deepublish. Yogyakarta.
- Ratte, M., Batubara, I., & Lestari, Y. (2022). Morphological characterization and antioxidant activity of actinobacteria from *Xylocarpus granatum* growing in mangrove habitat. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 10(1), 1–10.
- Rosulva, I., Hariyadi, P., Budijanto, S., & Boing Sitanggang, A. (2021). Potensi buah mangrove sebagai sumber pangan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(2).
- Saerang, M. F., Jaya Edy, H., & Siampa, P. (2023). Formulation of cream with ethanol extract of green gedi leaf (*Abelmoschus manihot* L.) against *Propionibacterium acnes*. *Pharmacon*, 12(3), 350–357.
- Sapitri, E. W., Batubara, I., & Syafitri, U. D. (2019). Optimization extraction of *Xylocarpus granatum* stem as antioxidant and antiglycation. *Hayati Journal of Biosciences*, 26(2), 50–55. <https://doi.org/10.4308/hjb.26.2.50>
- Saptiani. (2011). Uji aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ekstrak dari daun mangrove *Rhizophora mucronata*. [Skripsi]. Universitas Brawijaya.
- Naidu, M. A. & Saranjaj,sa P. (2013). Bacterial amylase: a review. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 4(2), 274 – 287.
- Schofield, P., Mbugua, D. M., & Pell, A. N. (2001). Analysis of condensed tanins: a review. In *Animal Feed Science and Technology*, 91(1–2), 21–40.
- Sobari, E., Gilang Ramadhan, M., & Dwi Destiana, I. (2022). Menentukan nilai rendemen pada proses ekstraksi daun murbei (*Morus alba* L.) dengan pelarut berbeda. *Jurnal Ilmiah Ilmu dan Teknologi Rekayasa*, 4(2), 28–35.
- Suryavanshi, A., Kumar, S., Kain, D., & Arya, A. (2021). Chemical composition, antioxidant and enzyme inhibitory properties of *Ajuga Parviflora* Benth. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 37, 102191.
- Syahidah, & Subekti, N. (2019). Phytochemical analysis of mangrove leaves (*Rhizophora* Sp.). *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 593(1).
- Purba, T., Hardian, N., Purwaningsih, Salam, J.A., Bambang, G., Junairiah, Refa, F., & Arsi. (2021). *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan Kita Menulis. Medan.
- Wendersteyt, N. V., Wewengkang, D. S., & Abdullah, S. S. (2021). Uji aktivitas antimikroba dari ekstrak dan fraksi ascidian *Herdmania momus* dari perairan Pulau Bangka Likupang terhadap pertumbuhan mikroba *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* dan *Candida albicans*. *PHARMACON*, 10(1),

- 706–712. <https://doi.org/10.35799/pha.10.2021.32758>
- Widiawati, & Asih, E. N. A. (2024). Potensi skrining fitokimia dan aktivitas antioksidan ekstrak daun *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* dari Selat Madura. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(5), 393-406.
- Wiegand, C., Abel, M., Ruth, P., Elsner, P., & Hipler, U. C. (2015). In vitro assessment of the antimicrobial activity of wound dressings: influence of the test method selected and impact of the pH. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 26(1). <https://doi.org/10.1007/s10856-014-5343-9>
- Xie, Y., Yang, W., Tang, F., Chen, X., & Ren, L. (2014). Antibacterial activities of flavonoids: structure-activity relationship and mechanism. *Current Medicinal Chemistry*, 22(1), 132–149.
- Yadav, A. K., Saraswat, S., Sirohi, P., Rani, M., Srivastava, S., Singh, M. P., & Singh, N. K. (2017). Antimicrobial action of methanolic seed extracts of *Syzygium Cumini* Linn. on *Bacillus Subtilis*. *Amb Express*, 7(1), 196.
- Zenadine, M. F., Sulistiyati, T. D., Hardoko, H., & Puspitasari, Y. E. (2024). Karakteristik fisikokimia snack bar tepung buah mangrove api-api (*Avicennia Marina*). *Jurnal Perikanan Unram*, 14(2), 515–526.