

## Bioaktivitas Antibakteri Tanaman Salam Koja (*Murraya Koenigii*)

Emilda<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fakultas MIPA, Prodi Pendidikan Biologi, Universitas Indraprasta PGRI

\*email: emilda1430@gmail.com

### Article History

Received:  
20/07/2022  
Revised:  
22/07/2022  
Accepted:  
28/07/2022

### Kata kunci:

Salam Koja  
Antimikroba  
Senyawa  
bioaktif

### Key word:

Salam Koja  
Antimicrobial  
Bioactive  
compounds

### ABSTRAK

Salam Koja (*Murraya koenigii*) adalah salah satu spesies tanaman obat yang biasanya dimanfaatkan sebagai rempah. Tanaman ini mengandung banyak senyawa metabolit sekunder yang potensial dikembangkan menjadi bahan baku obat khususnya antibiotika. Artikel ini disusun untuk membahas tentang aktifitas antibakteri pada senyawa bioaktif yang ditemukan pada tanaman Salam Koja. Salam Koja/daun Kari memiliki aktifitas antibakteri yang cukup baik, selain sebagai antioksidan, antikanker, antiinflamasi dan sebagainya. Dari sejumlah penelitian diketahui ekstrak daun Kari, kaya dengan alkaloid karbazol, serta minyak atsiri yang banyak mengandung  $\beta$ -kariofilena,  $\alpha$ - humulene,  $\alpha$ -selinena dari golongan sesquiterpen dan pinena dari golongan monoterpen. Aktifitas antibakteri senyawa metabolit tersebut lebih efektif pada bakteri Gram positif daripada bakteri Gram negatif. Untuk pengaplikasian senyawa ini sebagai alternatif antibiotika alami, dapat dilakukan dengan cara mensinergikan dengan antibiotik sintetik karena terbukti memberikan pengaruh yang lebih baik.

### ABSTRACT

*Salam Koja (Murraya koenigii) is one of medicinal plant which is usually used as a spice. This plant contains many secondary metabolites that has the potencial to be developed as raw materials for drugs, especially antibiotics. This article was aimed to discuss the antibacterial activity of the bioactive compounds found in the Salam Koja/ Curry leaf plant. Its leaves have good bioactivities among others as antibacterial, antioxidant, anticancer, anti-inflammatory. From a number of studies, it is known that Curry leaf extract is rich in carbazole alkaloids, as well as essential oils that contain a lot of  $\beta$ -caryophyllene,  $\alpha$ -humulene,  $\alpha$ -selinene from the sesquiterpene group and pinene from the monoterpene group. The antibacterial activity of these metabolites was more effective on Gram positive bacteria than Gram negative bacteria. For the application of this compound as an alternative to natural antibiotics, it can be done by synergistic action with synthetic antibiotics because it has been proven to have a better effect.*

Copyright © 2022 LPPM Universitas Indraprasta PGRI. All Right Reserved

### PENDAHULUAN

Hingga saat ini penyakit menular masih menjadi penyebab utama kematian di seluruh dunia. Baik disebabkan munculnya penyakit infeksi baru (*emerging disease*) dan munculnya kembali penyakit menular lama (*re-emerging disease*). Dan antibiotika masih dijadikan obat utama untuk mengatasi penyakit infeksi tersebut. Namun disisi lain, penggunaan antibiotika yang tidak tepat dan pemakaian dalam jangka panjang menimbulkan efek yang tidak baik yaitu munculnya mikroorganisme yang resisten terhadap antibiotika.

Akibatnya makin menyulitkan proses terapi terhadap infeksi penyakit.

Bagi Indonesia tantangan lainnya adalah sebagian besar bahan baku obat ini masih bergantung pada impor. Hampir 95% bahan baku obat diimpor dari berbagai negara, baik bahan aktifnya sebanyak 851 jenis maupun bahan pembantu sebanyak 441 jenis bahan Adiarso *dkk.* (2020).

Antibiotika termasuk bahan obat yang masih diimpor dalam jumlah besar karena kebutuhan yang terus meningkat. Sementara potensi sumberdaya Indonesia juga besar sebagai bahan antibiotika alami, baik yang berasal dari mikroorganisme

maupun senyawa metabolit asal tumbuhan. Untuk itulah penelitian-penelitian untuk pencarian dan pengembangan antibiotika perlu terus dilakukan.

Tanaman Salam Koja atau daun Kari (*Murraya koenigii*) adalah sejenis rempah-rempah dan diketahui memiliki khasiat obat. Sekalipun cukup banyak ditemukan, namun di Indonesia tanaman ini belum dimanfaatkan masyarakat secara luas. Mustanir *dkk.* (2019) melaporkan bahwa penggunaannya banyak ditemukan di masyarakat Aceh, Sumatera Barat, serta sebagian kecil di daerah Jawa. Fakhriyah *dkk.* (2012) menyebutkan daun Kari banyak ditemukan di Aceh dan biasa digunakan sebagai bumbu penyedap berbagai makanan khas Aceh. Backer & Bakhuizen (1965) dalam Astuti (2011) menuliskan bagi masyarakat Semarang, *Murraya koenigii* disebut kara keling yang digunakan sebagai penyedap untuk memasak kari/gulai kambing.

Sedang di India dan negara-negara di Kawasan Asia Selatan sudah umum memanfaatkan tanaman ini. Chauhan *et al.* (2017) menyatakan bagi masyarakat India tanaman ini sejak lama digunakan dalam sistem pengobatan Ayurveda dan termasuk pengobatan kuno Siddha dan Unani sebagai tanaman obat multi-potensial. Di Malaysia, *Murraya koenigii* juga disebut dengan daun Kari dan digunakan sebagai obat tradisional untuk anti hipertensi, anti aging dan antidiabetes.

Sejumlah penelitian membuktikan adanya beragam senyawa bioaktif yang dikandung Salam Koja sehingga memberikan khasiat sebagai obat. Eksplorasi yang dilakukan Aziman *dkk.* (2012) menemukan senyawa alkaloid, flavonoid, tannin, saponin dan steroid pada ekstrak etanol daun kari. Senyawa-senyawa ini diketahui berperan sebagai antioksidan dan antibakteri sehingga berpotensi dimanfaatkan pada industri pangan dan farmasi. Sukma *dkk.* (2018) juga menemukan hasil skrining fitokimia yang sama, dan pada ekstrak methanol daun Temurui/Salam Koja (*M. koenigii*) ditemukan senyawa terpenoid.

Beragamnya senyawa metabolit sekunder yang dieksplorasi pada Salam Koja berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna mencari sumber bahan baku obat khususnya antibiotika.

Tulisan review ini disusun untuk mengetahui potensi antibakteri senyawa bioaktif yang ditemukan pada tanaman Salam Koja (*Murraya koenigii*) guna dijadikan bahan antibiotika alami.

## METODE

Metode penyusunan artikel ini berdasarkan kajian literatur dengan pendekatan deskriptif menggunakan pustaka sekunder. Baik dari jurnal penelitian maupun *e-book* yang diterbitkan secara *online* di internet. Pencarian dilakukan melalui situs pencarian Google, dan Google Scholar dengan kata kunci seperti “Aktivitas Antibakteri”, “Antibacterial Activity”, “Phytochemistry”, “*Murraya koenigii*”, “Salam Koja”.

## PEMBAHASAN

### A. Tanaman Salam Koja (*Murraya koenigii*)

Tanaman Salam Koja berupa pohon semak atau perdu dengan tinggi mencapai 2,5-6 m (Tihurua *dkk.*, 2012; Chauhan *et al.*, 2017). Batang utama berwarna hijau tua sampai kecoklatan, dengan banyak titik di atasnya dengan diameter sekitar 15-40 cm. Daunnya bercabang, majemuk bipinnate, panjang tangkai 30 cm, masing-masing memuat 11-24 helai daun. Daun bertipe dorsiventral, dengan selapis epidermis di permukaan atas dan bawah daun (Tihurua *dkk.*, 2012).



Gambar 1. Daun Salam Koja (*Murraya koenigii*)  
Sumber: Chauhan *et al.* (2017)

Ujung perbungaan, malai genap terdiri dari 11–50 kuntum bunga; bunga putih, sepal tegak, kelopak lanset, ke atas, benang sari: 5 panjang di luar dan 5 pendek di dalam, kepala sari reniform, dalam, coklat kekuningan pucat, putik membulat, putih kehijauan, gaya lurus dengan pangkal melebar. Buah bulat, licin, hijau saat muda, berubah menjadi ungu kehitaman saat masak mengandung 1-2 biji. Biji berbentuk bulan sabit, berwarna hijau keputihan, ditutupi aril hitam ungu. Tanaman ini tumbuh baik pada ketinggian 600 hingga 1500 m serta cocok dengan semua jenis tanah jika ada drainase yang baik (Sukma *dkk.*, 2018).

*M. koenigii* adalah tanaman yang berasal dari India dan ditemukan di seluruh anak benua India (Chauhan *et al.*, 2017). Tercatat 11 spesies yang termasuk genus *Murraya*. Sedang di Indonesia menurut penelitian Astuti (2011) ditemukan 4 spesies yaitu: *M. crenulata*, *M. exotica*, *M. Koenigii*, dan *M. paniculate*. Senyawa bioaktif yang dikandung Salam Kojja bisa ditemukan pada semua bagian tanaman mulai dari akar, batang, dan daun. Namun sebagian besar penelitian yang penulis telaah menjadikan bagian daun sebagai bahan eksplorasi. Beberapa penelitian yang melaporkan senyawa metabolit sekunder yang ditemukan pada ekstrak daun Salam Kojja (Tabel 1).

Tabel 1 Senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak daun tanaman Salam Kojja

No	Metode Ekstraksi	Senyawa Utama yang Ditemukan	Referensi
1	Ekstraksi menggunakan metanol, etil asetat, dan n-heksana	Alkaloid, Flavonoid, Steroid, Terpenoid, Saponin, Saponin Steroid.	Mustanir <i>dkk.</i> (2019)
2	Destilasi air	$\beta$ -phellandere, Caryophyllene, $\beta$ -Piperidinopropiophenone, $\alpha$ -Caryophyllene dan Oleic Acid	Jamil <i>et al.</i> (2016)
3	Destilasi uap	Caryophyllene, Napthalene, Azulene, Cyclopentadecanone, 2-Hydroxy dan A-Pinene	
4	Destilasi air	$\beta$ -Kariofilena, $\alpha$ -Selinene dan $\alpha$ -Humulene	Sukkaewa <i>et al.</i> (2014)
5	Teknik maserasi	Vitamin E, $\beta$ -Kariofilena, Pirazina, Tetrakis (1-Metiletil), N,N-Dimetill-Tridesilamin dan D-Nerolidol	Jelita <i>dkk.</i> (2019)
6	Destilasi uap air	Senyawa golongan Monoterpen dan Seskuiterpen yaitu Kariofilena, $\alpha$ -Pinena, $\beta$ -Felandrena, $\alpha$ -Humulena, dan Germakrena	Septiyaningsih <i>dkk.</i> (2019)
7	Evaporasi	Kariofilena dan Undec-4-Ene	Muhammad <i>dkk.</i> (2020)
8	Destilasi air	$\beta$ -phellandrene, $\alpha$ -pinene, $\beta$ -caryophyllene, terpinene-4-ol, limonene, $\gamma$ -terpinene, dan $\alpha$ -phellandrene	Ismail <i>dkk.</i> (2014)

Berdasarkan Tabel 1 terlihat perbedaan komposisi senyawa bioaktif yang ditemukan. Perbedaan ini diantaranya dipengaruhi oleh tipe bahan yang digunakan, perlakuan terhadap bahan, metode ekstraksi, jenis pelarut yang dipakai, serta teknik pemisahan dan pemurnian senyawa. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa senyawa yang ditemukan dari minyak atsiri daun Salam Kojja dengan konsentrasi yang cukup tinggi adalah kariofilena, humulena dan pinena.

## B. Bioaktivitas Ekstrak Daun Salam Kojja

Keragaman kandungan senyawa metabolit sekunder inilah yang memberikan khasiat obat

pada daun Salam Kojja. Sebab metabolit sekunder pada tumbuhan diketahui memiliki beberapa fungsi: 1) pertahanan terhadap virus, bakteri, dan fungi; tumbuhan kompetitor; dan yang terpenting adalah terhadap herbivora, 2) sebagai atraktan untuk polinator dan hewan penyebar biji, 3) perlindungan dari sinar UV dan penyimpanan-N juga berperan sebagai pelindung untuk meningkatkan kebugaran reproduktif tumbuhan melalui penghambatan pertumbuhan fungi, bakteri, dan herbivora (Angraito *et al.*, 2018).

Senyawa-senyawa bioaktif pada tanaman Salam Kojja memiliki kemampuan sebagai antioksidan, antimikroba, anthelmintik, analgesik,

antiinflamasi, antidiare, hepatoprotektif, dan antitumor. Senthilkumar *et al.* (2014) menyatakan kandungan minyak atsiri daun Kari memiliki aktifitas sebagai antibakteri, antijamur dan pestisida.

Ekstrak daun Kari berpotensi menurunkan kadar gula darah, sebagaimana penelitian Fauziah (2014) dan Widayanti *dkk.* (2019). Hasil penelitian menunjukkan pemberian ekstrak daun kari memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan kadar glukosa darah, meskipun dengan tingkat efektifitas berbeda-beda.

Murti *dkk.* (2013) meneliti potensi senyawa antioksidan pada ekstrak daun kari. Dari hasil penelitian menggunakan uji DPPH, daya reduksi dan metode *Metal Chelating Assay* menunjukkan bahwa daun kari mengandung zat antioksidan yang cukup baik. Parithy *et al.* (2021) membandingkan kandungan senyawa antioksidan daun kari dari tiga metode ekstraksi berbeda dan melaporkan bahwa metode *ultrasonic assisted extraction* (UAE) mampu mengekstraksi flavonoid lebih baik. Senyawa ini menunjukkan aktifitas antioksidan yang paling baik dibandingkan metode *solvent assisted extraction* (SAE) dan *microwave assisted extraction* (MAE).

Selain itu ekstrak minyak atsiri dari daun Salam Koja juga berpotensi sebagai insektisida alami untuk pengendalian hama serangga. Penelitian Thodsare *et al.* (2014) menunjukkan kemampuan ekstrak minyak daun kari mengurangi pertumbuhan bobot larva, persen kepompong dan kemunculan dewasa dari *Spilosoma obliqua* dan *Spodoptera litura*. Jamil *et al.* (2016) membuktikan ekstrak minyak atsiri *M. Koenigii* berpotensi dikembangkan sebagai obat nyamuk (repelen) berbahan alami.

Penelitian yang cukup banyak dilakukan adalah mengungkap aktifitas antibakteri dari daun Salam Koja, walaupun belum memberikan hasil yang paling optimal. Diantaranya Bakar *dkk.* (2020) menunjukkan bahwa bakteri *Salmonella typhi* paling sensitif terhadap ekstrak *M. Koenigii* pada konsentrasi 300 mg/mL dibandingkan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, dan *Candida tropicalis*, dengan nilai rerata diameter zona hambat  $8,67 \pm 0,67$  mm.

Jonathan *dkk.* (2020) menemukan kemampuan ekstrak daun Salam Koja menghambat pertumbuhan *Salmonella enteritidis* ATCC 13067 sebesar -1,321 siklus log atau 95,16% kematian bakteri. Sebelumnya Argal *et al.* (2011) menemukan bahwa ekstrak daun *M. koenigii* pada

konsentrasi rendah (10 dan 15%) memiliki efek intermediet terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumonia*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus* yang resisten terhadap vankomisin, dan *Candida albicans*. Dan ditambahkannya bahwa efikasi ekstrak daun dapat ditingkatkan. dengan meningkatkan konsentrasi ekstrak.

Penelitian Fadila *dkk.* (2020) justru menunjukkan sebaliknya. Pemberian ekstrak daun kari memberikan tingkat penghambatan terhadap bakteri *Streptococcus pyogenes* tergolong kuat pada semua level konsentrasi dan pada bakteri *Shigella dysenteriae* tergolong sedang pada konsentrasi 10, 15, dan 20%. Jakhar *et al.* (2015) melaporkan bahwa ekstrak aseton daun dan biji *M. Koenigii* paling efektif melawan *Staphylococcus aureus* dan *Klebsiella pneumoniae*. Sedangkan ekstrak metanol daun dan biji menunjukkan aktivitas yang signifikan terhadap *Pseudomonas auregiuosa* dan *Bacillus subtilis*.

### C. Aktifitas Antibakteri Daun Salam Koja

Aktifitas antibakteri pada tumbuhan berasal dari senyawa metabolit sekunder baik pada senyawa non volatil maupun minyak atsiri. Berdasarkan penelitian-penelitian yang penulis pelajari diketahui bahwa aktifitas antibakteri dari Salam Koja diduga dihasilkan dari senyawa utamanya  $\beta$ -kariofilena,  $\alpha$ -humulene,  $\alpha$ -selinena dari golongan sesquiterpen dan pinena dari golongan monoterpen.

$\beta$ -kariofilena adalah salah satu komponen utama dari golongan sesquiterpenoid. Senyawa ini termasuk komponen utama minyak atsiri yang banyak diekstrak dari tanaman rempah-rempah dan pangan. Di alam, senyawa ini ditemukan dalam beberapa struktur yaitu trans-kariofilena,  $\beta$ -kariofilena (BCP),  $\alpha$ -humulene ( $\alpha$ -kariofilena) dan  $\beta$ -kariofilena oksida (Francomano *et al.*, 2019).

Berbagai studi menunjukkan bahwa BCP memiliki potensi sebagai agen antimikroba yang baik pada industri pangan karena tingkat toksisitas yang rendah. Disamping itu BCP juga mengandung potensi antikanker, antioksidan dan anti inflamasi (Dahham *et al.*, 2015). Pada penelitian Dahham *et al.* (2015) ini disebutkan kemampuan antibakteri yang baik dari BCP dengan nilai MIC pada kisaran 3-14  $\mu$ M. Kemampuan antibakterialnya ini lebih efektif melawan bakteri Gram positif dibandingkan Gram negatif. Senyawa ini juga mengindikasikan kemampuan antifungi yang lebih baik dibandingkan kanamisin.

Pada penelitian tersebut juga ditemukan aktivitas antimikroba BCP yang teruji pada *Streptococcus mutans* yang menghasilkan biofilm melalui pembentukan berbagai zat polimer ekstraseluler (EPS). Zat ini berperan melindungi mikroorganisme di rongga mulut. Terbukti BCP mampu membunuh *Streptococcus mutans* dengan konsentrasi penghambatan minimum (MIC) 0,32% dengan menembus biofilm, yang merupakan penghalang pelindung terhadap zat eksternal dan bertindak sebagai resin penukar ion.

Belum banyak yang mengungkap bagaimana mekanisme BCP dalam menghambat biofilm. Francomano et al (2019) menduga mekanisme kerja BCP adalah dengan mengurangi ekspresi gen *Gtf* (*Glucosyltransferase gene*), sehingga mencegah sintesis biofilm. Moo et al. (2020) memperkirakan karena BCP termasuk dalam senyawa penyusun minyak atsiri maka kemungkinan BCP terlibat dalam perubahan permeabilitas membran bakteri. Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan keterlibatan minyak atsiri dalam mengubah permeabilitas membran bakteri dan kebocoran intraseluler (Trombetta et al., 2005; Yap et al., 2013; Yang et al., 2017; Yang et al., 2019 dalam Moo et al., 2020).

Sedangkan  $\alpha$ -humulena, yang dikenal juga sebagai  $\alpha$ -kariofilena adalah isomer cincin-terbuka dari  $\beta$ -kariofilena. Potensi antibakteri dari  $\alpha$ -humulena diketahui dari sejumlah penelitian, walaupun aktifitasnya terkait dengan senyawa antibakteri lainnya. Seperti penelitian Zhang et al. (2021) menyebutkan komponen utama dari minyak atsiri *M. repandus* berasal dari kelompok seskuiterpen dan seskuiterpen teroksigenasi yang memiliki aktifitas antibakterial yang cukup baik. Senyawa utamanya adalah  $\alpha$ -humulena, asifilena, kariofilena dan kariofilena oksida. Dari hasil penelitiannya diketahui aktifitas antibakteri yang lebih baik ditemukan pada bakteri gram positif daripada gram negatif. Pengaruh antibakteri yang paling baik terjadi pada *Paenibacillus larvae* ATCC 9545 dibandingkan *Bacillus subtilis* ATCC 6633 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Pada penelitian ini juga dinyatakan kombinasi minyak atsiri dengan antibiotik sintetik terbukti

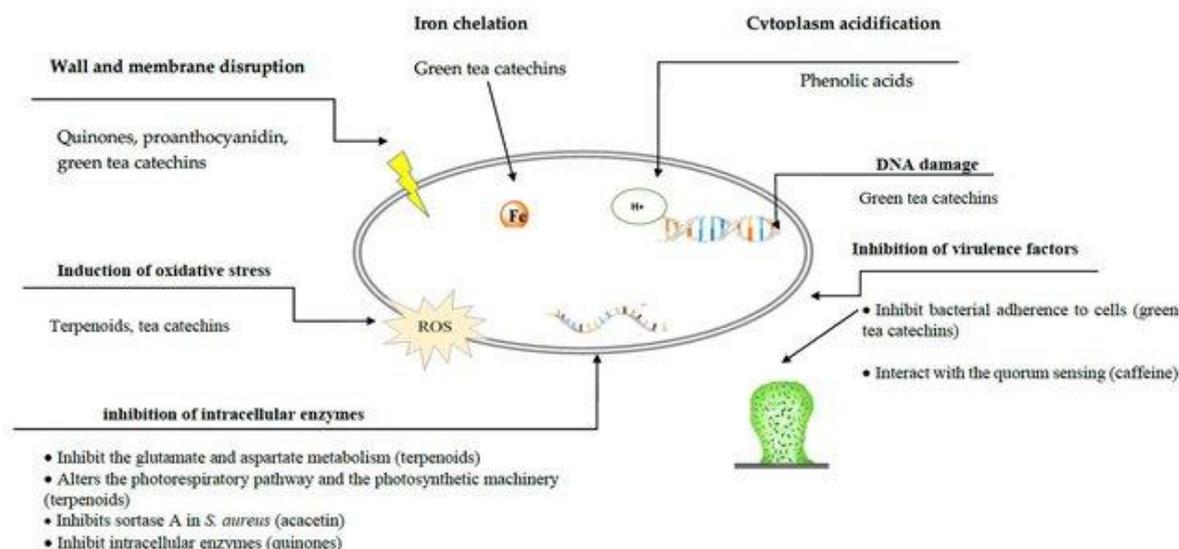
meningkatkan efek antimikroba, memperluas spektrum antimikroba, menghambat resistensi obat, dan mengurangi efek samping yang merugikan/toksik.

Velasque et al. (2019) menemukan senyawa utama dari minyak atsiri pada dua varietas *Centrolobium* adalah  $\alpha$ -humulena sebanyak 24,8%, BCP 14,3%, kariofilena oksida 18,33%, dan humulena epoksida II 16,86%. Ekstrak ini memiliki aktifitas antibakteri yang baik pada *Staphylococcus aureus* dan *Enterococcus faecalis*, dengan nilai MIC of 100 dan 600  $\mu$ L/mL. Pada penelitian lainnya juga ditemukan potensi  $\alpha$ -humulena sebagai insektisida alami (da Silva et al., 2015) dan antikanker (Sajid dkk., 2016).

Sedangkan  $\alpha$ -pinena adalah senyawa golongan monoterpen yang memiliki ikatan rangkap dan paling banyak ditemukan pada terpenin. Eralita dkk. (2020) menyebutkan terpenin yang diekstrak dari pohon pinus mengandung 65-85%  $\alpha$  pinene, camphene kurang 1%, 1-3%  $\beta$  pinene, 10-18% 3-carene dan limonene 1-3%. Minyak terpenin banyak digunakan dalam berbagai bidang industri, misalnya pada industri cat sebagai pegencer (thinner), sebagai perekat dan pelarut lilin, industri parfum, dan industri farmasi (Khikmah & Utami, 2019).

Aktifitas antibakteri dari  $\alpha$ -pinena diuji oleh Silva et al. (2021) yang menunjukkan enantiomer positif pinena memiliki kemampuan antibakteri melawan *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Rhizopus oryzae* dan methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). Pengaruh aditif dan sinergis (+)- $\alpha$ -pinene dan (+)- $\beta$ -pinene yang dikombinasikan dengan antimikroba komersial, mampu mempertahankan aktivitas antimikroba dan menurunkan toksisitas. Selain itu aktifitas antimikroba senyawa pinene juga potensial dalam penghambatan pembentukan biofilm *C. albicans*.

Mekanisme antibakteri dari  $\alpha$ -humulena dan  $\alpha$ -pinena belum penulis temukan. Begitupula mekanisme dari berbagai zat antibakteri alami lainnya juga belum bisa dipastikan. Namun (Alibi et al., 2021) mencoba mengilustrasikan mekanisme penghambatan pada sejumlah senyawa alam seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme kerja antibiotika dari metabolit sekunder pada tanaman

Sumber: (Alibi *et al.*, 2021)

## KESIMPULAN

Berdasarkan paparan di atas disimpulkan bahwa tumbuhan Salam Koja/daun Kari memiliki aktifitas antibakteri yang cukup baik, selain sebagai antioksidan, antikanker, antiinflamasi dan sebagainya. Dari sejumlah penelitian diketahui ekstrak daun kari, kaya dengan alkaloid karbazol, serta minyak atsiri yang banyak mengandung  $\beta$ -kariofilena,  $\alpha$ -humulene,  $\alpha$ -selinena dari golongan sesquiterpen dan pinena dari golongan monoterpen. Aktifitas antibakteri senyawa metabolit tersebut lebih efektif pada bakteri Gram positif daripada bakteri Gram negatif. Untuk pengaplikasian senyawa ini sebagai alternatif antibiotika alami, dapat dilakukan dengan cara mensinergikan dengan antibiotik sintetik karena terbukti memberikan pengaruh penghambatan bakteri yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiarso., Marwoto, B., Ismariny., Zubair, M., Widyastuti, N., & Prihawantoro, S. (2020). *Outlook Teknologi Kesehatan 2020: Inisiatif Penguatan Rantai Pasok Bahan Baku Obat*. Tangerang Selatan: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Alibi, S., Crespo, D., & Navas, J. (2021). Plant-derivatives small molecules with antibacterial activity. *Antibiotics*, 10, 1-19.
- Anggraito, Y. U., Susanti, R., Iswari, R. S., Yuniastuti, A., Lisdiana, W. H. N., et al. (2018). *Metabolit Sekunder dari Tanaman: Aplikasi dan Produksi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Argal, M. S., Kumar, S., Choudhary, H. S., Thakkar, R. M., Verma, S. K., & Seniya, C. (2011). The efficacy of *Murraya koenigii* leaf extract on some bacterial and a fungal strain by disc diffusion method. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 3(5), 697-704.
- Astuti, I. P. (2011). The genus *Murraya* (Rutaceae) in Java. *Floribunda*, 4(3), 65-69.
- Aziman, N., Abdullah, N., Mohd Noor, Z., Zulkifli, K. S., & Wan Kamarudin, W. S. (2012). Phytochemical constituents and *in vitro* bioactivity of ethanolic aromatic herb extracts. *Sains Malaysiana*, 41(11), 1437-1444.
- Bakar, B. A., Abdul Razak, W. W., & Osman, C. P. (2020). Antimicrobial activity of curry leaves (*Murayya koenigii*) on selected foodborne pathogens. *Science Letters*, 14(1), 7-13.
- Chauhan, B., Dedania, J., & Mashru, R. C. (2017). Review on *Murraya koenigii*: versatile role in management of human health. *World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences*, 6(3), 476-493.
- Dahham, S. S., Tabana, Y. M., Iqbal, M. A., Ahamed, M. B., Ezzat, M. O., Majid, A. S., et al. (2015). The anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of the sesquiterpene  $\beta$ -

- caryophyllene from the essential oil of *Aquilaria crassna*. *Molecules* 20, 11808-11829.
- Eralita, N., Pramita, A., & Fauziah, D. N. (2020). Pengaruh Suhu reaksi pada proses hidrasi alpha pinene dengan katalisator amberlyst 36. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, 2(1), 10-15.
- Fadila, A. R., Mariani, Y., & Yusro, F. (2020). Minyak atsiri daun Kari (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) sebagai penghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus pyogenes* dan *Shigella dysenteriae*. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(2), 155-160.
- Fakhraniah., Kurniasih, E., & Novilasi, D. T. (2012). Ekstraksi antioksidan dari daun Kari. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, 10(21), 35-44.
- Fauziah, N. N. (2014). The effect of curry leaves (*Murayya Koenigii* L.) on blood glucose. *Jurnal Natural*, 14(1), 23-29.
- Francomano, F., Caruso, A., Barbarossa, A., Fazio, A., La Torre, C., Ceramella, J., et al. (2019). Caryophyllene: a sesquiterpene with countless biological properties. *Applied Sciences*, 9, 5420, 1-19.
- Ismail, N. A., Roslan, J., Ramli, H., & Sy Mohamad, S. F. (2014). Study of essential oil from Malaysian curry leaves. *International Conference on Biological, Chemical and Environmental Sciences (BCES-2014)*, 1-4. Phuket Thailand: Unpublished.
- Jakhar, S., Gahlawat, D., Dahiya, S., Verma, M., Dahiya, P., & Swami, U. (2015). Antibacterial and Antioxidant potential of leaf and seed extracts of *Murraya koenigii* (Linn.) Spreng. *British Microbiology Research Journal*, 10(10), 1-7.
- Jamil, R., Nasir, N. N., Ramli, H., Isha, R., & Ismail, N. A. (2016). Extraction of essential oil from *Murraya Koenigii* leaves: potential study for application as natural-based insect repellent. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(4), 2248-2252.
- Jelita., Wirjosentono, B., Tamrin, & Marpaung, L. (2019). Phytochemical screening and chemical analysis of ethanol extract of kari leaves (*Murayya koeginii*) using GC-MS method. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1232, 1-6.
- Jonathan, B. A., Ekawati, G. A., & Hapsari, N. I. (2020). Pengaruh lama penyimpanan daun Salam Koja (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) terhadap total fenol dan aktivitas antibakteri pada pertumbuhan *Salmonella enteritidis* ATCC 13067. *Jurnal Itepa*, 9(4), 381-389.
- Khikmah, U. N., & Utami, H. (2019). Studi pengaruh suhu dan waktu reaksi pada sintesis  $\alpha$ -terpineol dari terpenin dengan menggunakan katalis asam trikloroasetat. *Inovasi Pembangunan-Jurnal Kelitbangan*, 7(2), 211-220.
- Moo, C. L., Yang, S.-K., Osman, M.-A., Yuswan, M. H., Loh, J.-Y., Lim, W.-M., et al. (2020). Antibacterial activity and mode of action of  $\beta$ -caryophyllene. *Polish Journal of Microbiology*, 69(1), 49-54.
- Muhammad, D. H. T., & Maulinda, L. (2020). Ekstraksi minyak atsiri dari daun kari menggunakan optimasi proses response surface methodology (RSM). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(1), 1 - 13.
- Murti, S., Abidin, N. Z., & Yusof, A. (2013). Antioxidant activity in crude petroleum benzene, chloroform, methanol and water extracts of six selected vegetables. *Sains Malaysiana*, 42(9), 1253-1259.
- Mustanir., Al Qarana, T. R., Gusvianna, H., Saidi, N. (2019). Analisa potensi ekstrak daun kari (*Murraya koenigii* L. Spreng). Prosiding pada Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2018 di USU, 1-8.
- Parithy, M., Zin, Z. M., Mamat, H., & Rusli, N. D. (2021). Antioxidants properties of *Murraya koenigii*: a comparative study of three different extraction methods. *Food Research*, 5(1), 43 - 49.
- Sajid, A., Qaisar, M., Munawar, I., Amit, K. T., Raja, A. S., & Anam, S. (2018). *Pinus roxburghii* essential oil anticancer activity and chemical composition evaluation. *EXCLI Journal*, 17, 233-245.
- Senthilkumar, A., Gopalakrishnan, B., Jayaraman, M., & Venkatesalu, V. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from the leaves of *Murraya koenigii* (L.) Spreng. *Journal of Experimental Sciences*, 5, 1-4.
- Septianingsih, T., Cahyono, E., & Wijayanti, N. (2019). Identifikasi senyawa minyak daun kari (*Murraya koenigii*) dan kajian reaksi oksidasinya dengan KMnO<sub>4</sub>. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(3), 161-170.
- Silva, R. C. S., Milet-Pinheiro, P., Bezerra da Silva, P. C., da Silva, A. G., da Silva, M. V., Navarro, D. M. A. F., et al. (2015). (E)-Caryophyllene and  $\alpha$ -Humulene: *Aedes aegypti* oviposition deterrents elucidated by gas chromatography-electrophysiological assay of *Commiphora leptophloeos* leaf oil. *PLoS ONE*, 10(12), 1-14.

- Silva, A. C., Lopes, P. M., Azevedo, M. M., Costa, D. C., Alviano, C. S., & Alviano, D. S. (2012). Biological activities of  $\alpha$ -Pinene and  $\beta$ -Pinene enantiomers. *Molecules*, *17*, 6305-6316.
- Sukkaewa, S., Pripdeevech, P., Thongpoon, C., Machan, T., & Wongchuphan, R. (2014). Volatile constituents of *Murraya koenigii* fresh leaves using headspace solid phase microextraction-as chromatography-mass spectrometry. *Natural Product Communications*, *9*(12), 1783 - 1786.
- Sukma, F. F., Sahara, D., Ihsan, F. N., Halimatussakdiah, Wahyuningsih, P., & Amna, U. (2018). Skrining fitokimia ekstrak daun "temurui" (*Murraya koenigii* (L.) Spreng) Kota Langsa, Aceh. *Jurnal Jeumpa*, *5*(1), 34-39.
- Thodsare, N. H., Bhatt, P., & Srivastava, R. P. (2014). Bioefficacy of *Murraya koenigii* oil against *Spilosoma obliqua* and *Spodoptera litura*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *2*(4), 201-205.
- Tihurua, E. F., Astuti, I. P., & Rugayah. (2012). Anatomi helaian daun *Murraya* spp. (Rutaceae) di Jawa. *Berita Biologi*, *11*(3), 411-419.
- Velásquez, J. E., Rojas-Fermín, L., Velasco, J., Aparicio, R., Usubillaga, A. N., & Sanoja, E. (2019). Chemical diversity and antibacterial activity of volatile compounds from two *Centrolobium paraense* Tul. varieties. *Bionatura*, *4*(3), 1-5.
- Widayanti, A., Srifiana, Y., & Efendi, K. (2019). Antidiabetics activity of Koja Bay (*Murraya koenigii*) leaves tea bag. *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*, *6*(2), 107-110.
- Zhang, X.-C., Zhu, L., Li, X.-Y., Liu, L.-C., & Lai, P. X. (2021). Chemical composition, and evaluation of antibacterial, antibiofilm and synergistic effects with conventional antibiotics of essential oil from *Mallotus repandus*. *Records of Natural Products*, *15*(4), 324-329.



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0  
International License