

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Patogen *multidrug resistant* (MDR) merupakan masalah besar yang tengah dihadapi dalam dunia medis. Penggunaan antibiotik yang berkepanjangan dan tidak tepat dapat mengakibatkan perkembangan resistensi antibiotik pada bakteri, sehingga mengakibatkan kesulitan dalam pengobatan infeksi. Masyarakat di Indonesia memiliki akses yang relatif mudah terhadap antibiotik tanpa resep dokter. Berdasarkan hasil pemetaan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) tahun 2018, diketahui bahwa sekitar 83,52% antibakteri diberikan kepada pasien atau masyarakat tanpa resep dokter. Kemudahan akses ini berkontribusi terhadap munculnya strain bakteri MDR di negara ini (Raj *et al.*, 2015; Prastiyanto *et al.*, 2024).

Infeksi patogen MDR menimbulkan tantangan signifikan bagi sistem perawatan kesehatan di dunia, termasuk Indonesia. Perkiraan terbaru berdasarkan data klinis menunjukkan bahwa sekitar 25.000 kematian per tahun di Uni Eropa dan 700.000 di seluruh dunia disebabkan oleh infeksi yang disebabkan oleh patogen yang resistan terhadap antibiotik (Cecchini *et al.*, 2015). Selain itu, lebih dari 2,8 juta infeksi yang resistan terhadap antibiotik terjadi di Amerika Serikat setiap tahun, yang menyebabkan 35.000 kematian (van Duin & Paterson, 2020). MRSA adalah salah satu bakteri MDR yang paling bermasalah dan umum ditemukan. Asia merupakan benua dengan

prevalensi infeksi MRSA >50% yang merupakan tertinggi di seluruh dunia (Sit *et al.*, 2017). Data atau publikasi tentang MRSA dan MSSA di Indonesia masih sangat terbatas. Berdasarkan hasil tinjauan 13 studi yang dilakukan oleh Syahnier *et al.* (2020), prevalensi infeksi MRSA di Indonesia sekitar 0,3%-52% dengan prevalensi tertinggi ditemukan di Jakarta sebesar 52% dan prevalensi terendah di Semarang sebesar 0,3%.

Meningkatnya tingkat resistensi antibiotik berdampak pada semua aspek pengobatan modern, dan membahayakan hasil perawatan kanker, prosedur transplantasi dan pembedahan. Walaupun sulit dihitung dengan tepat, resistensi antibiotik juga membawa dampak ekonomi yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh durasi rawat inap yang lebih lama, kebutuhan untuk tindak lanjut rawat jalan yang lebih banyak, dan biaya yang lebih tinggi untuk obat-obatan baru yang dibutuhkan untuk mengobati bakteri MDR (van Duin & Paterson, 2020). Meningkatnya kasus resistensi mikroorganisme terhadap antibiotik menyebabkan kerugian besar di bidang kesehatan maupun ekonomi, sehingga mendorong pencarian dan pengembangan antibiotik baru, salah satunya yang berasal dari rumput laut.

Rumput laut sangat kaya akan senyawa bioaktif seperti polifenol, pigmen, polisakarida dan lainnya yang memiliki berbagai sifat terapeutik (El-Sheekh *et al.*, 2023; Rushdi *et al.*, 2022; Rushdi *et al.*, 2021). Senyawa bioaktif yang berasal dari rumput laut telah dimanfaatkan sebagai agen antimikroba, antitumor, antivirus, antiinflamasi, dan antioksidan (Pereira & Cotas, 2024; El-Beltagi *et al.*, 2022; Mohamed & Saber, 2019; Rushdi *et al.*, 2022).

Caulerpa sp. merupakan salah satu jenis rumput laut hijau yang tersebar hampir di seluruh perairan pantai Indonesia dan dimanfaatkan sebagai bahan pangan. *Caulerpa* sp. menghasilkan senyawa bioaktif seperti flavonoid, fenol, steroid, tanin, alkaloid (Rusli *et al.*, 2016), caulerpin, caulerpicin, dan caulerpenin. Senyawa bioaktif yang terdapat pada *Caulerpa* sp. berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan antibakteri dan antioksidan (Marraskuranto *et al.*, 2021). Selain menghasilkan senyawa bioaktif sendiri, *Caulerpa* sp. diketahui memiliki bakteri asosiasi yang mampu menghasilkan senyawa bioaktif (Sujuliyani *et al.*, 2019).

Bakteri asosiasi menginduksi morfogenesis, memperbaiki nitrogen, menghasilkan fitohormon, melepaskan senyawa *antifouling* dan antimikroba, mengangkut metabolit dan nutrisi, mendetoksifikasi polutan, meningkatkan reproduksi alga, serta kunci untuk adaptasi terhadap lingkungan baru (Kopprio *et al.*, 2021). Senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh bakteri asosiasi merupakan senyawa metabolit sekunder yang dapat sama dengan yang dihasilkan oleh organisme inangnya. Oleh karena itu, senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh bakteri asosiasi memiliki potensi besar untuk penemuan obat dan aplikasi bioteknologi. Selain itu, penggunaan bakteri asosiasi merupakan cara yang paling efisien untuk memperoleh senyawa bioaktif antibakteri tanpa harus mengekstraksi tanaman inangnya (Warsidah *et al.*, 2021; Luyen *et al.*, 2019; Sujuliyani *et al.*, 2019).

Penelitian mengenai potensi bakteri asosiasi yang berasal dari rumput laut dalam melawan patogen MDR telah menunjukkan hasil yang menjanjikan.

Bakteri yang hidup berasosiasi dengan rumput laut diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat. Penelitian sebelumnya oleh Shanoona *et al.* (2024) menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus siamensis* SK53 dan *Bacillus velezensis* SK54 yang diisolasi dari rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Dictyota cervicornis* menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap MRSA dan *vancomycin-resistant Staphylococcus aureus* (VRSA) dengan terbentuknya zona hambat lebih dari 25 mm. Beberapa penelitian tentang aktivitas antibakteri dari organisme laut terhadap patogen MRSA yang telah dilakukan di Indonesia antara lain pada bakteri asosiasi dari spons laut *Amphimedon* sp. (Prastiyanto *et al.*, 2023), jamur simbiosis spons laut (Aini, 2023), bakteri asosiasi tunikata (Ayuningrum *et al.*, 2020), bakteri simbiosis teripang pasir (*Holothuria scabra*) (Sugireng & Lio, 2020), dan bakteri asosiasi spons (Azzami *et al.*, 2022).

Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa eksplorasi bakteri asosiasi dari rumput laut adalah cara inovatif untuk menemukan antibiotik baru untuk melawan ancaman resistensi antimikroba di seluruh dunia. Akan tetapi, penelitian mengenai pemanfaatan bakteri asosiasi rumput laut dalam menghambat pertumbuhan patogen MRSA masih jarang dilakukan di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk mengeksplorasi dan memanfaatkan bakteri asosiasi rumput laut, terutama yang berasal dari wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki keanekaragaman hayati laut sangat kaya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik mikroskopis dan makroskopis isolat bakteri asosiasi rumput laut *Caulerpa* sp.?
2. Bagaimana kemampuan antibakteri dari isolat bakteri asosiasi *Caulerpa* sp. dalam menghambat patogen MRSA dan MSSA?
3. Senyawa bioaktif apakah yang dihasilkan oleh isolat bakteri asosiasi *Caulerpa* sp. dengan kemampuan terbaik dalam menghambat patogen MRSA dan MSSA?
4. Spesies bakteri asosiasi *Caulerpa* sp. apakah yang memiliki kemampuan terbaik dalam menghambat patogen MRSA dan MSSA berdasarkan identifikasi molekuler gen 16S rRNA?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui karakteristik mikroskopis dan makroskopis isolat bakteri asosiasi rumput laut *Caulerpa* sp.
2. Mengetahui kemampuan antibakteri dari isolat bakteri asosiasi *Caulerpa* sp. dalam menghambat patogen MRSA dan MSSA.
3. Mengetahui senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh isolat bakteri asosiasi *Caulerpa* sp. dengan kemampuan terbaik dalam menghambat patogen MRSA dan MSSA.
4. Mengetahui spesies bakteri asosiasi *Caulerpa* sp. yang memiliki kemampuan terbaik dalam menghambat patogen MRSA dan MSSA berdasarkan identifikasi molekuler gen 16S rRNA.

1.4 Manfaat

Informasi tentang kemampuan antibakteri dan senyawa bioaktif dari isolat bakteri asosiasi *Caulerpa* sp. dalam menghambat pertumbuhan patogen MRSA dan MSSA diharapkan dapat dimanfaatkan untuk penelitian lebih lanjut yang dapat mengoptimasi senyawa antibakteri tersebut sehingga dapat membantu mengurangi kasus penyakit akibat infeksi MRSA dan MSSA.