

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Habitat air tawar menyediakan jasa ekosistem yang sangat penting (Maracle et al. 2024), seperti penyediaan air bersih, tempat tinggal bagi berbagai spesies yang menunjang keanekaragaman hayati, serta peran dalam siklus karbon dan nutrisi yang membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung kehidupan manusia (Jannah et al. 2020). Namun, saat ini ekosistem air tawar merupakan salah satu sistem yang paling rentan karena mengalami banyak tekanan dari kawasan daratan di sekitarnya (Imroatushshoolikhah et al. 2023; Pérez et al. 2013). Keanekaragaman hayati perairan tawar terus berkurang dengan kecepatan yang mengkhawatirkan (Ahmed et al. 2022). Dibandingkan dengan keanekaragaman hayati darat atau laut, keanekaragaman hayati air tawar telah terpengaruh secara tidak proporsional, menurun sebesar 83% di seluruh dunia dalam 40 tahun terakhir (Maracle et al. 2024; Grooten and Almond 2018).

Telaga Menjer telah menghadapi berbagai ancaman dan tekanan antropogenik, termasuk erosi dan sedimentasi akibat aktivitas pertanian intensif di sekitarnya. Telaga Menjer merupakan salah satu telaga berbentuk kawah yang terletak di dataran tinggi Jawa Tengah, Indonesia, yang terbentuk akibat letusan gunung berapi yang menyisakan cekungan alami di bagian puncaknya (Imroatushshoolikhah et al. 2023). Telaga ini berada di antara Desa Maron dan Desa Tlogo, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo (Piranti et al. 2021). Telaga Menjer memiliki permukaan tanah yang tidak rata dengan kemiringan berkisar

3 % hingga 65 % dengan kedalaman telaga mencapai 45 meter (Rinasari & Suwarno 2022), dan luas telaga mencapai 0.61km^2 (Amalia & Sudarmadji 2016). Telaga Menjer digunakan untuk pariwisata, perikanan darat, dan pembangkit tenaga listrik (Isfaudin et al. 2020).

Kegiatan pemupukan untuk tanaman seperti kentang, kubis, cabai, kacang polong, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kondisi lingkungan Telaga Menjer (Sulawesty et al. 2021). Selain itu, tekanan lain seperti konversi dan kerusakan habitat, eksploitasi yang berlebihan (penangkapan berlebih, perburuan berlebih, dan pemanenan berlebih), perubahan iklim, pencemaran, eksploitasi sumber daya, dan kehadiran spesies invasif juga mempengaruhi Telaga Menjer.

Permasalahan lain yang dihadapi Telaga Menjer adalah penurunan kualitas air akibat konsentrasi nutrien organik yang tinggi, dengan tingkat total fosfat sebesar $0,042\text{ mg/L}$ dan total nitrat sebesar $2,2878\text{ mg/L}$ (Imroatushshoolikhah et al. 2023). Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai kualitas air di Telaga Menjer. Firmahaya & Piranti (2022), menganalisis kualitas air di Telaga Menjer berdasarkan analisis STORET, yang hasilnya menunjukkan bahwa status kualitas air di Telaga Menjer saat ini melebihi standar kualitas air yang ditetapkan, sehingga tergolong dalam tingkat tercemar sedang. Penelitian oleh Imroatushshoolikhah et al. (2023), juga menunjukkan bahwa terdapat konsentrasi unsur hara organik yang tinggi di lingkungan sekitar Telaga Menjer, menyebabkan kualitas air di Telaga ini bersifat eutrof hingga hipereutrof. Selain itu, Subehi et al. (2020), mengamati permukaan Telaga Menjer hingga kedalaman 45 meter dan

menemukan bahwa Telaga Menjer memiliki konsentrasi nitrogen yang tinggi, menunjukkan banyaknya kandungan pupuk pertanian di perairan Telaga Menjer.

Berbagai ancaman dan tekanan yang terjadi di Telaga Menjer akibat aktivitas manusia maupun kerusakan alam sangat mempengaruhi kondisi lingkungan, dan struktur komunitas ikan. Struktur komunitas ikan, yang mencakup komposisi spesies, kelimpahan individu, serta interaksi antarspesies, berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan (Latuconsina et al. 2014). Penilaian struktur komunitas ikan dapat dilakukan menggunakan berbagai indeks ekologi, seperti indeks Jaccard untuk menganalisis kesamaan spesies antar lokasi (Ilham et al. 2021), indeks Simpson untuk mengetahui tingkat dominansi spesies tertentu di suatu lokasi (Msaki et al. 2023), indeks Shannon untuk mengukur tingkat keanekaragaman spesies, dan indeks Pielou untuk mengevaluasi pemerataan distribusi individu dalam suatu komunitas (Mou et al. 2023). Indeks-indeks ini memberikan informasi penting mengenai tingkat keanekaragaman dan distribusi spesies dalam suatu ekosistem, yang mendukung upaya konservasi dan pengelolaan berbasis ekologi. Tingkat keanekaragaman ikan yang tinggi mencerminkan ekosistem yang sehat, di mana setiap spesies memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan rantai makanan. Sebaliknya, penurunan keanekaragaman atau perubahan struktur komunitas akibat pencemaran, aktivitas manusia, dan eksploitasi berlebihan dapat mengganggu kestabilan ekosistem secara keseluruhan (Ziralou 2020). Spesies ikan juga merupakan indikator utama dalam menilai kesehatan suatu ekosistem (Li et al. 2023). Selain itu, ikan berkontribusi besar pada keanekaragaman hayati perairan sekaligus memiliki nilai penting bagi pengelolaan

air dan kesejahteraan masyarakat (Shu et al. 2021). Sebagai mangsa, pemangsa, dan pesaing dalam ekosistem, ikan membentuk keseimbangan yang kompleks yang mendukung fungsi ekosistem secara keseluruhan. Namun, terus menurunnya keanekaragaman dan distribusi ikan akibat berbagai tekanan dapat mengganggu keseimbangan tersebut (Gu et al. 2023). Oleh karena itu, tindakan pemantauan dan strategi konservasi untuk mengatasi masalah ini sangat penting dilakukan (Specchia et al. 2023). Upaya ini bertujuan menjaga kelestarian dan kesehatan ekosistem perairan Telaga Menjer. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menilai keadaan lingkungan telaga, termasuk organisme penyusunnya, adalah metode identifikasi organisme secara molekuler.

Pendekatan molekuler untuk mengidentifikasi spesies perairan kini semakin populer (Hubert et al. 2015). Memperkirakan keberadaan spesies di perairan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan DNA lingkungan yang disebut *Environmental DNA* (eDNA) (Andriyono et al. 2021). eDNA merupakan semua materi genetik yang diperoleh secara langsung di lingkungan (Taberlet et al. 2012) dari berbagai organisme melalui kotoran, jaringan sel yang terkelupas, lapisan lendir, dan proses sekresi lainnya (Rees et al. 2014).

Dalam beberapa tahun terakhir, metode eDNA telah menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam pemantauan keanekaragaman hayati di komunitas alam (Roger et al. 2021). eDNA memberikan potensi besar dalam upaya pelestarian dan pengelolaan keanekaragaman hayati dengan menggantikan sistem pemantauan tradisional (Rishan et al. 2023). Organisme yang ada dalam sampel eDNA dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode metabarcoding (O'Rourke et al. 2022).

Metabarcoding merupakan pengembangan dari bioinformatika yang mampu menganalisis data dalam jumlah yang cukup besar (Andriyono et al. 2019; Yamamoto et al. 2017). eDNA metabarcoding adalah teknik dimana eDNA yang telah diekstraksi kemudian di amplifikasi menggunakan PCR dan gen target untuk banyak spesies dan banyak sampel yang kemudian diurutkan secara bersamaan (Diao et al. 2023).

eDNA metabarcoding menunjukkan potensi besar untuk memantau keanekaragaman hayati air tawar (Maracle et al. 2024; Hallam et al. 2021; Taberlet et al. 2012). Pendekatan eDNA Metabarcoding memungkinkan analisis taksonomi di seluruh komunitas (Holman et al. 2021), dengan menganalisis satu sampel dari lingkungan (Sawaya et al. 2019), dapat menilai keanekaragaman hayati (Stat et al. 2019), melacak dinamika temporal populasi dan keanekaragaman hayati (Bista et al. 2017), serta menilai kondisi ekologi (Yang & Zhang 2020).

Pendeteksian taksa dalam eDNA metabarcoding menggunakan gen penanda (primer) (Pratomo et al. 2022). Pemilihan primer universal yang sesuai dan cakupan basis data referensi yang komprehensif sangat mempengaruhi kinerja eDNA metabarcoding, terutama dalam menilai keanekaragaman ikan (Schenekar et al. 2020). Primer 12S-U telah menjadi standar utama untuk metabarcoding keanekaragaman ikan secara keseluruhan baik di ekosistem laut maupun air tawar (Miya et al. 2020). eDNA metabarcoding dengan menggunakan primer 12S-U, lebih unggul daripada metode pengambilan sampel tradisional dalam mendeteksi komposisi kelompok ikan dan memberikan data spasial yang luas tentang keanekaragaman hayati ikan air tawar (Cilleros et al. 2019). Terlebih lagi, metode

eDNA metabarcoding dapat mendeteksi banyak spesies ikan secara bersamaan di berbagai lokasi (Ito et al. 2023).

Penerapan potensi eDNA metabarcoding dengan primer 12S-U telah terbukti efektif dalam penelitian keanekaragaman hayati untuk mendeteksi variasi spesies ikan. Beberapa penelitian di Indonesia, seperti yang dilakukan oleh Ambeng et al. (2024) dengan melakukan skrining keanekaragaman ikan di Maros-Pangkep Global Geopark, Sulawesi Selatan, dan Roesma et al. (2021) untuk monitoring keanekaragaman ikan di Danau Singkarak, Sumatera Barat. Selain itu, di luar Indonesia, Kasmi et al. (2024), menerapkan metode ini untuk mendeteksi keanekaragaman ikan di Sylt Outer Reef, German Bight North Sea. Sedangkan Doorenspleet et al. (2021), mengaplikasikannya di North Sea dan Ocean aquarium Netherlands. Sementara itu, Maggini et al. (2024), melakukan penelitian untuk memperkirakan komposisi spesies dalam perikanan pukat dasar demersal di Skagerrak, Denmark. Penelitian - penelitian ini menunjukkan bahwa metode eDNA metabarcoding dengan primer 12S-U dapat menjadi alat yang efektif untuk memantau keanekaragaman hayati. Namun, meskipun terdapat sejumlah aplikasi di berbagai wilayah, penelitian terkait penggunaan metode ini di perairan air tawar di Indonesia, khususnya di Telaga Menjer, masih sangat terbatas.

Sejauh ini, penggunaan MinION *sequencer* (Oxford Nanopore) dengan primer 12S-U untuk identifikasi keanekaragaman ikan di Telaga Menjer belum pernah dilakukan, padahal metode ini memberikan hasil yang dapat diandalkan dan efisien dalam segi waktu dibandingkan dengan metode konvensional. Penilaian keanekaragaman spesies yang komprehensif juga sangat diperlukan untuk

konservasi ekologi dan pengelolaan lingkungan (Albert et al. 2021; Jun Yang et al. 2021). Signifikansi dari berbagai aktivitas manusia dan kerusakan lingkungan telah mengakibatkan terjadinya berbagai tekanan yang saling berinteraksi pada Telaga Menjer. Oleh sebab itu, penting untuk dilakukan penelitian terkait keragaman spesies ikan di Telaga Menjer menggunakan analisis eDNA metabarcoding dengan penggunaan MinION *sequencer* (Oxford Nanopore) berdasarkan primer 12S-U dan visualisasi data secara bioinformatika yang hingga kini masih belum dilakukan. Sejalan dengan eDNA metabarcoding yang telah terbukti sebagai alternatif yang menjanjikan, data yang dihasilkan akan berkontribusi untuk mengisi kekosongan dalam literatur penelitian eDNA di Indonesia dan mendukung kegunaan metabarcoding dalam pemantauan biologis di sistem perairan terutama Telaga, khususnya di Telaga Menjer, untuk mendukung pengelolaan dan konservasi ekosistem perairan secara berkelanjutan. Dengan melakukan biomonitoring ikan melalui pendekatan eDNA metabarcoding dapat memberikan hasil yang komprehensif sebagai studi komplementer terhadap keanekaragaman spesies ikan berbasis eDNA di daerah ini.

1.2. Rumusan Masalah

- 1.2.1. Bagaimanakah struktur komunitas ikan di Telaga Menjer, Dieng, berdasarkan metode eDNA metabarcoding menggunakan gen penanda 12S-U, dengan fokus pada identifikasi spesies, keberagaman, distribusi spesies.
- 1.2.2. Bagaimanakah efektivitas pendekatan eDNA metabarcoding dalam identifikasi ikan berdasarkan analisis sampel air di Telaga Menjer, Dieng?.

1.3. Tujuan Penelitian

- 1.3.1. Mengkaji struktur komunitas ikan di Telaga Menjer, Dieng melalui metode eDNA metabarcoding menggunakan gen penanda 12S-U, dengan fokus pada identifikasi spesies, keberagaman, distribusi spesies.
- 1.3.2. Menganalisis efektivitas pendekatan eDNA metabarcoding dalam identifikasi ikan berdasarkan analisis sampel air di Telaga Menjer, Dieng.

1.4. Manfaat Penelitian

- 1.4.1. Memberikan informasi terkait penggunaan metode eDNA terhadap identifikasi keanekaragaman ikan di Telaga Menjer, Dieng dengan menggunakan gen penanda 12S-U.
- 1.4.2. Memberikan hasil yang komprehensif sebagai studi literatur dan komplementer terhadap keanekaragaman spesies ikan di daerah Telaga Menjer, Dieng.