

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang tiap wilayahnya dihubungkan oleh perairan. Indonesia menempati urutan kedua dari negara dengan keanekaragaman flora dan fauna tertinggi di dunia (Roesma *et al.*, 2024). Indonesia merupakan negara yang menyumbang produksi ikan terbesar kedua di dunia yaitu 8,2% dari produksi ikan secara global, hal ini menyebabkan sektor perikanan dan perairan berperan sangat penting dalam perekonomian Indonesia (Hasan *et al.*, 2023). Keanekaragaman spesies ikan di Indonesia mencapai lebih dari 8,500 spesies yang meliputi dari ikan air asin, tawar, dan payau dengan lebih dari 1,300 spesies ikan air tawar (Hasan *et al.*, 2023; Roesma *et al.*, 2024).

Secara biogeografis Indonesia memiliki dua *Hotspot* keanekaragaman hayati yaitu Sundaland dan Wallacea, namun terdapat wilayah pada *hotspot* Sundaland yang kurang dieksplor yaitu pulau Bali (Hutama *et al.*, 2017). Pulau Bali merupakan salah satu pulau dengan tujuan wisata yang memiliki daya tarik dari keindahan alamnya. Salah satu wisata yang menjadi daya tarik wisatawan adalah Kabupaten Buleleng, terutama wisata airnya (Hidayat *et al.*, 2024). Kabupaten Buleleng memiliki Daerah Aliran Sungai (DAS) terbanyak yaitu sebanyak 125 DAS, salah satu aliran sungai di Kabupaten Buleleng yaitu Air Terjun Padangbulia (Pemerintahan Provinsi Bali, 2023). Air terjun secara ekologi memiliki peran sebagai pembatas aliran sehingga menciptakan habitat

dengan karakteristik yang berbeda dengan perairan di bawahnya, serta dengan aliran yang deras dan turbulensi sehingga menghasilkan kadar *dissolved oxygen* meningkat dan dapat menyalurkan nutrien ke bagian sungai dibawahnya (Yanygina & Shipunov, 2022).

Air Terjun Padangbulia merupakan tempat wisata air terjun sehingga rawan akan kerusakan akibat kegiatan manusia (antropogenik) berupa alih fungsi lahan, serta pencemaran air yang dapat mengurangi kualitas air (Rifqi, 2020). Berbagai aktivitas darat dari wisatawan akan mengakibatkan masalah alam seperti pembangunan bendungan, perubahan penggunaan lahan, perubahan iklim, serta polusi antropogenik dan industri yang pada akhirnya merusak sistem sungai. Rusaknya sistem sungai akan mengakibatkan turunnya keanekaragaman hayati dan akan mempengaruhi hampir semua ekosistem dan semua makhluk hidup di air seperti ikan dan makroinvertebrata lainnya (Ambeng *et al.*, 2024). Ekosistem air tawar ini meliputi dari danau, kolam, sungai, aliran mata air, rawa, yang merupakan habitat dari keanekaragaman spesies. Ekosistem air tawar tidak sekedar sebuah habitat namun menyediakan layanan ekosistem penyedia, pendukung, pengatur sumber daya alam, serta menyediakan mata pencaharian (Kono *et al.*, 2021; Matthews, 2016).

Ekosistem yang terdapat pada pulau berukuran kecil dan pegunungan memiliki keanekaragaman jenis yang rendah, tetapi tingkat spesies endemik yang tinggi, namun korelasi ini tidak begitu signifikan antara ukuran pulau dengan kekayaan spesies. Ikan yang berpotensi untuk ditemukan pada perairan air terjun Padangbulia yakni ikan keting (*Mystus gulio*), ikan

mujair (*Oreochromis mossambicus*), ikan bedul (*Ophiocara porocephalai*) (Adiguna *et al.*, 2018) dan *Lentipes whittenorum* (Arthana & As-syakur, 2018). Suatu aliran sungai memiliki beberapa pembatas yang dapat menyebabkan spesies di dalamnya terisolasi seperti air terjun, jeram bertingkat, saluran kanal, dan bendungan (Blackburn *et al.*, 2021; Kusumaningrum & Prasetyo, 2018; Rodeles *et al.*, 2021; Roesma *et al.*, 2024). Istilah yang digunakan antara hubungan luas area pulau dengan jumlah spesies di dalamnya yaitu *species area relationship*, istilah ini memiliki arti bahwa suatu luasan wilayah tertentu hanya dapat mendukung sejumlah spesies tertentu begitu juga sebaliknya yaitu ketika luas wilayah mengalami degradasi maka jumlah spesies yang dapat ditampung akan berkurang (Kusumaningrum & Prasetyo, 2018).

Indonesia sebagai negara megabiodiversitas namun data flora fauna yang terkumpul pada database masih sangat sedikit. Data ikan Indonesia yang terdapat pada database *Fishbase* berjumlah 1193 spesies, serta terdapat 120 spesies endemik Indonesia yang belum ditemukan (Syafei, 2017). Data yang terkumpul pada website sebagian besar mengandalkan hanya data morfologi, sedangkan banyak sekali spesies flora fauna yang memiliki morfologi yang hampir sama. Selain itu, data dan informasi keanekaragaman flora fauna di beberapa pulau kecil Indonesia masih sangat terbatas. Akses jalan yang sulit dicapai dan kurang dieksplorasi menjadikan data molekuler terhadap spesies ikan air tawar pada pulau kecil masih menjadi kendala untuk dikumpulkan (Pranata *et al.*, 2022 ; Roesma *et al.*, 2024). Kondisi ekosistem perairan dapat dideteksi oleh keberadaan ikan di dalamnya, ikan merupakan organisme yang

mampu merespon perubahan fisik, kimia maupun biologis secara cepat sehingga dapat digunakan sebagai indikator kondisi ekosistem. Pulau Bali sebagai pulau pariwisata yang secara tidak langsung mempengaruhi kondisi lingkungan seperti pemanfaatan lahan dan air yang melebihi daya dukung. Kondisi ini dapat mempengaruhi habitat ikan dan komunitas ikan didalamnya, sehingga identifikasi ikan air tawar menggunakan eDNA dapat menghasilkan data ikan air tawar pada Air Terjun Padangbulia.

Metode *environmental* DNA (eDNA) dapat menghasilkan data ikan yang berasal dari jejak genetik pada wilayah tersebut (Pranata *et al.*, 2022). Pendataan hasil dari eDNA telah berkembang untuk berbagai takson dan habitat yang berbeda. Pendataan ini sangat penting untuk deteksi spesies endemic, spesies invasif akuatik dan spesies terancam punah (Roesma *et al.*, 2021). Data eDNA yang terkumpul dalam website dapat digunakan untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan serta untuk mendukung data biodiversitas spesies ikan air tawar Indonesia. Data molekuler juga mendukung akurasi beberapa spesies yang secara morfologi serupa namun secara genetik berbeda dan sebaliknya secara morfologi tidak serupa namun secara genetik serupa (Roesma *et al.*, 2024). Sumber yang dapat digunakan merupakan bagian fragmen DNA yang sudah terlepas dari organisme ke lingkungan seperti air, udara, tanah, atau sedimen. Fragmen DNA tersebut seperti kulit, urine, feses, lendir, dan sel mati (Roesma *et al.*, 2021). Penggunaan eDNA *metabarcoding* untuk mendeteksi berbagai spesies yang sulit dideteksi dari lokasi yang beranekaragam dan dilakukan dengan cepat dengan metode *non-destruktif*

untuk mendeteksi atau memantau ikan di ekosistem air tawar (Ambeng *et al.*, 2024), eDNA juga digunakan untuk mengetahui biodiversitas. Dibalik banyaknya keunggulan eDNA terdapat beberapa masalah seperti eDNA bisa saja tidak berfungsi atau berfungsi namun tidak memberikan informasi yang dibutuhkan, serta masalah seperti deteksi yang tidak sempurna (Beng *et al.*, 2020). eDNA penggunaan gen *marker* dipilih berdasarkan keragaman organisme apa yang akan diamati (Kezlya *et al.*, 2023).

DNA *Marker* dalam analisis eDNA ikan dapat digunakan gen lokus 12S, 16S, COI, dan Cytb, namun penggunaan 12S lebih unggul dibanding yang lain didasarkan kemampuan mendeteksi keanekaragaman ikan yang lebih besar dibanding *marker* lain (Xiong *et al.*, 2022). *Metabarcoding* eDNA dengan target ikan primer yang digunakan yakni MiFish merupakan yang paling sesuai dengan kriteria tersebut dan terbukti lebih unggul dibandingkan primer lain dalam beberapa hal. MiFish sebagai primer yang digunakan dalam *metabarcoding* eDNA ikan telah dirancang dengan mengacu pada urutan genom mitokondria lengkap dari 880 spesies ikan dan 160 *elasmobranch* (Miya *et al.*, 2020). Sekuensing yang dapat digunakan untuk eDNA adalah *next generation sequencing* (NGS) atau *third generation sequencing* (TGS), sekuensing menggunakan TGS karena keunggulan yaitu *throughput* tinggi, kemampuan membaca sekuens panjang, mendeteksi langsung modifikasi metilasi basa (Hu *et al.* 2024). Teknologi yang digunakan adalah *Oxford Nanopore Technology* (ONT) dengan perangkat MinION yang merupakan alat

sequencer dengan prinsip nanopore sebagai biosensor DNA untai Tunggal (Hu *et al.* 2024).

Sayangnya, data biodiversitas ikan air tawar pada Pulau Bali masih minim dieksplorasi khususnya menggunakan data molekuler berbasis *Oxford Nanopore Technology* (ONT). Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Gustiano *et al.*, (2025) dan Syah *et al.*, (2023) melakukan identifikasi ikan air tawar di Danau Batur menggunakan deskripsi morfologi dengan temuan ikan endemic Bali yaitu *Rasbora baliensis*, serta penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ambeng *et al.*, (2024) ; Hasan *et al.*, (2023) dan Roesma *et al.*, (2024) yang menggunakan teknologi sequencing menggunakan metode PCR berbasis Sanger/Illumina, penelitian ini dilakukan masing-masing pada Sulawesi Selatan, Jawa Timur dan Sumatera Barat.

Penggunaan teknologi sekuensing *Oxford Nanopore Technology* (ONT) mampu menghasilkan *long reads* hingga puluhan kilobase (kb) dengan akurasi yang tinggi dan menghasilkan data secara *real-time* (Laver *et al.*, 2015). Oleh karena itu, penggunaan metode sekuensing eDNA menggunakan ONT dapat menjadi metode yang potensial untuk mendapatkan data keanekaragaman ikan air tawar pada Air Terjun Padangbulia, Bali.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Bagaimana keanekaragaman spesies ikan air tawar yang terdapat di Air Terjun Padangbulia, Bali menggunakan pendekatan eDNA, serta

tingkat keanekaragaman spesies ikan berdasarkan indeks Shannon-Wiener dan Indeks Simpson?

1.2.2 Apa saja fungsi ekologis, ekonomi, serta konservasi spesies ikan air tawar yang ditemukan pada ekosistem Air Terjun Padangbulia, Bali?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Menganalisis keanekaragaman spesies ikan air tawar yang terdapat di Air Terjun Padangbulia, Bali menggunakan pendekatan eDNA, serta menganalisis tingkat keanekaragaman spesies ikan menggunakan indeks Shannon-Wiener dan indeks Simpson.

1.3.2 Menganalisis fungsi ekologis, ekonomi, serta konservasi spesies ikan air tawar yang ditemukan pada ekosistem Air Terjun Padangbulia, Bali.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan informasi mengenai keanekaragaman serta fungsi ekologis, ekonomi, serta konservasi spesies ikan air tawar yang terdapat di Air Terjun Padangbulia, Bali, sehingga dapat mendukung upaya konservasi sekaligus memberikan manfaat bagi masyarakat setempat.