

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Karimunjawa merupakan salah satu wilayah administratif Kabupaten Jepara, Jawa Tengah dengan luas total 111.625,00 hektar. Pada tahun 1999, Karimunjawa dinyatakan sebagai kawasan Cagar Alam dengan nama Taman Nasional Karimunjawa. Wilayah ini didominasi oleh kawasan perairan seluas 110.117,30 hektar bertipe semi-tertutup dikelilingi oleh gugusan pulau dan memiliki persebaran ekosistem terumbu karang cukup tinggi. Tercatat ada sebanyak 78 famili, 204 genus, dan 433 spesies ikan di perairan Taman Nasional Karimunjawa (BTNKJ, 2024; BPS Kab. Jepara, 2024; Nurjanah dkk, 2024). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Jepara (2024), Kepulauan Karimun Jawa terdiri atas 30 gugusan pulau kecil, yang mana 22 pulau diantaranya tercatat dalam kawasan Taman Nasional Karimun Jawa. Pulau terbesar yakni Pulau Karimunjawa, Pulau Kemujan, Pulau Parang, Pulau Genting, dan Pulau Nyamuk. Beberapa pulau lain tidak berpenduduk yakni Pulau Bengkoang, Pulau Menjangan Besar, dan Pulau Menjangan Kecil (BPS Kab. Jepara, 2024; Nuzapril dkk, 2019; Purbani dkk, 2019).

Pulau Menjangan Kecil merupakan salah satu gugus pulau kecil di sebelah barat daya Pulau Karimunjawa dengan luas 43 hektar. Kondisi ekosistem alamnya masih sangat baik, sehingga keanekaragaman biota lautnya cukup tinggi (Afifa dkk, 2018; Pratama dkk, 2018). Taman Nasional Karimunjawa diperuntukkan sebagai kawasan pelestarian alam yang memiliki ekosistem asli

dan pengelolaannya dilakukan berdasarkan sistem zonasi. Zonasi di Taman Nasional Karimunjawa meliputi zona inti, rimba, perlindungan bahari, pemanfaatan darat, pemanfaatan wisata bahari, budidaya bahari, religi, budaya, rehabilitasi, dan zona tradisional perikanan. Pulau Menjangan Kecil termasuk ke dalam zona pemanfaatan darat dan zona pemanfaatan wisata bahari yang diperbolehkan untuk kegiatan ekopariwisata, pendidikan, penelitian, perlindungan dan pengamanan sumber daya alam, inventarisasi dan monitoring sumber daya alam dan ekosistemnya (BTNKJ, 2024), serta kawasan peruntukan hutan rakyat (Nurjanah dkk, 2024).

Optimalisasi zona pemanfaatan bahari dapat dilakukan dengan adanya konservasi ex-situ, salah satunya dilakukan dengan penangkaran yang harus memenuhi beberapa kriteria yakni adanya izin legal, lingkungan penangkaran yang sesuai, dan adanya upaya untuk budidaya atau mempertahankan keturunan. Namun, penangkaran hiu di Pulau Menjangan Kecil masih belum memenuhi kriteria penangkaran karena hanya ditujukan sebagai sarana edukasi alam mengenai pentingnya hiu dalam keseimbangan ekosistem dan upaya memperkenalkan spesies hiu dan pari yang semakin langka saja (Marva dkk, 2024). Tidak hanya itu, perlu diperhatikan juga bahwa penangkaran hiu ini masih dikelola oleh perorangan dan sebagian spesiesnya merupakan hiu akibat *bycatch*. Belum ada aktivitas perkawinan antarspesies yang dilakukan dengan sengaja oleh pihak pengelola sehingga upaya konservasi di penangkaran ini masih bersifat terbatas, lebih diutamakan sebagai sarana *ecotourism* dan rehabilitasi hiu yang terluka (Yulita, 2023; Prasetya, 2022). Meski begitu,

diharapkan melalui penangkaran bisa menjadi sarana meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap isu dan kondisi populasi Elasmobranchii yang terus mengalami penurunan di alam. Adapun spesies utama dalam penangkaran di Menjangan Kecil yakni hiu *black-tip Carcharinus melanopterus* dan ikan pari *Glaucostegus* sp (Samusamu dkk, 2023), hal ini juga sesuai dengan penelitian Alghozali dkk (2023) bahwa ditemukan kedua spesies tersebut melalui visual sensus di perairan Karimunjawa. Meski begitu, pada laporan penelitian ini akan tetap menggunakan istilah “penangkaran” sebagai penyebutan lokasi penelitian.

Konservasi satu *umbrella species* atau sering disebut spesies payung akan mendukung konservasi spesies trofik di bawahnya atau spesies yang hidup berdampingan dalam satu ekosistem. *Umbrella species* dapat dipilih sebagai perwakilan suatu ekosistem untuk memudahkan strategi pengelolaan konservasi ekosistem yang memiliki keanekaragaman hayati kurang diketahui (Johnson *et al.*, 2017). Elasmobranchii termasuk di dalamnya yakni hiu dan pari merupakan spesies potensial sebagai *umbrella species* atau spesies payung (Weng *et al.*, 2015; Osgood *et al.*, 2020; Albano *et al.*, 2021) yakni istilah untuk menyebut spesies yang perlindungannya akan secara tidak langsung melindungi spesies lain dalam ruang habitatnya yang sama yang umumnya berukuran besar atau luas (Weng *et al.*, 2015). Kebutuhan *umbrella species* terhadap ruang habitat luas dikarenakan kebutuhannya pada makanan dalam jumlah besar, ruang untuk berburu dan migrasi, serta tempat berlindung memadai dari pemangsa lain (Johnson *et al.*, 2017). Tidak hanya itu, hiu

sebagai *umbrella species* dan predator teratas juga memiliki peran ekologis penting dalam rantai makanan yakni menjaga populasi biota laut karena dapat membersihkan laut dengan memakan hewan yang terluka atau sakit serta menjaga keseimbangan dengan mengontrol populasi ikan kecil (Yusrina dkk, 2019). Adanya penangkaran hiu di Pulau Menjangan Kecil serta statusnya sebagai *umbrella species* tentu dapat dimanfaatkan sebagai salah satu upaya konservasi untuk menjaga keanekaragaman hiu dan spesies lainnya dalam satu ekosistem (Wang *et al.*, 2023; Valls *et al.*, 2015).

Akan tetapi, saat ini jumlah spesies Elasmobranchii terutama ikan hiu dan pari semakin menurun akibat dari penangkapan liar dan berlebihan. Bahkan, di Atlantik, populasi hiu menurun hingga 90% selama 15 tahun terakhir yang menyebabkan meningkatnya 12 jenis populasi ikan pari hingga 10 kali lipat (Yusrina dkk, 2019). Hal ini berdampak pada penurunan spesies bivalvia sebagai biofilter dan meningkatkan kekeruhan air. Akibatnya, zona perairan dapat menjadi kawasan *dead zone* karena menurunnya kemampuan lamun untuk berfotosintesis dan menyediakan makanan bagi ikan lainnya. Data di Indonesia juga menyebut bahwa diperkirakan 100 juta hiu dibunuh setiap tahunnya, sebagian besar untuk perdagangan sirip (Dulvy *et al.*, 2014; Yusrina dkk, 2019). Chondrichthyes juga lambat mencapai kematangan dan memiliki tingkat reproduksi yang rendah mengakibatkan setidaknya 25% Chondrichthyes dianggap terancam atau terancam punah (Stedman *et al.*, 2018).

Oleh karena itu, asesmen data genetik Elasmobranchii sangat diperlukan untuk mendukung upaya monitoring di perairan dan pelacakan persebarannya. Namun, saat ini ketersediaan data referensi genetik masih sangat terbatas untuk banyak spesies, salah satunya kelompok Elasmobranchii, sehingga identifikasi spesies secara akurat menjadi sulit (Groeneveld *et al.*, 2023). Upaya memperoleh data genetik yang akurat dan representatif untuk penilaian status konservasi menjadi semakin menantang. Hal ini mendorong perlunya strategi alternatif yang efisien dan non-invasif, seperti pendekatan *metabarcoding* eDNA, yang tidak hanya mengurangi biaya, waktu, serta pengambilan sampel secara invasif, tetapi juga mampu meningkatkan cakupan survei berbagai kelompok taksonomi. Hal ini dapat mendukung upaya monitoring dan pengelolaan ekosistem secara menyeluruh (Jeunen *et al.*, 2020).

DNA Lingkungan atau sering disebut *Environmental* DNA (eDNA) saat ini menjadi salah satu alat standar yang dapat digunakan untuk mengetahui serta memantau keanekaragaman biota perairan seperti ikan laut dan Elasmobranchii (Altermatt *et al.*, 2023; Havermans *et al.*, 2022; West *et al.*, 2024). eDNA dikumpulkan dari sampel materi genetik DNA inti atau mitokondria yang terlepas (Sahu *et al.*, 2022) dan tersimpan di lingkungan air, tanah, udara, dan sedimen (Havermans *et al.*, 2022), lalu dapat diekstraksi langsung dari lingkungan melalui *metabarcoding*. Materi genetik ini berasal dari rambut (Altermat *et al.*, 2023), feses, gamet, lendir tubuh, darah, jaringan atau sisik yang terkelupas (Bohmann *et al.*, 2014; Miya, 2022; Oka *et al.*, 2021; Sahu *et al.*, 2022). Apabila menggunakan eDNA sebagai alat deteksi dan

pemantauan biodiversitas, kerusakan ekosistem dapat diminimalisir karena tidak ada organisme yang ditangkap, diganggu, bahkan dibunuh selama penelitian (West *et al.*, 2023; Miya *et al.*, 2022).

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, eDNA berhasil mendeteksi keanekaragaman biota perairan dari berbagai negara baik tawar maupun laut seperti ikan (Xu *et al.*, 2018; Takahara *et al.*, 2015), amfibi (McKee *et al.*, 2015; Valentini *et al.*, 2015), Crustaceae (Tréguier *et al.*, 2014; Deiner *et al.*, 2014), Elasmobranchii (Boussarie *et al.*, 2018; Nixon *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2022; Mariani *et al.*, 2021), dan sebagainya. Di Indonesia, Marwayana *et al* (2021) berhasil menggunakan eDNA untuk mendeteksi keanekaragaman komunitas ikan dari 39 titik lokasi di wilayah *coral triangle* dengan primer MiFish 12S; Al Malik *et al* (2025) juga berhasil mendeteksi keanekaragaman ikan di Taman Nasional Karimunjawa menggunakan pendekatan eDNA; Jefri *et al* (2015) juga melakukan penelitian analisis filogenetik dengan pendekatan DNA *barcoding* untuk identifikasi spesies *Epinephelus* sp yang diperoleh dari pasar ikan di beberapa wilayah, salah satunya Karimunjawa. Meski begitu, arus laut dapat mengangkut fragmen DNA dari sumber asli ke area lain, sehingga memungkinkan eDNA yang terdeteksi berasal dari organisme dari habitat berbeda. Selain itu, eDNA dapat mengalami penyebaran, berinteraksi dengan organisme lain, bahkan terdegradasi tergantung oleh kondisi biotik dan abiotik perairan seperti suhu, pH, salinitas, arus laut, cahaya, dan partikel di kolom air (Hinz *et al.*, 2022).

Pencapaian penerapan eDNA sebagai alat monitoring lingkungan berlandaskan pengembangan pasangan primer untuk amplifikasi DNA melalui PCR (Collins *et al.*, 2019; Leese *et al.*, 2021). Miya *et al* (2015) melakukan pengembangan primer universal (MiFish-U/E) didasarkan pada sekuens mitogenom yang selaras dari 880 spesies ikan, serta dilengkapi sekuens mitogenom parsial dari 160 elasmobranch. Primer tersebut ditargetkan untuk mengamplifikasi wilayah gen 12S rRNA (163–185 bp), yakni lokus berisi cukup informasi untuk mengidentifikasi Actinopteri secara jelas berdasarkan famili, genus, dan spesies taksonomi. Blackman *et al* (2021) juga menemukan bahwa kombinasi dua pasangan primer spesifik 12S yang berbeda dapat menghasilkan deteksi keanekaragaman hayati ikan yang lebih lengkap dalam jaringan perairan tropis yang luas. Sehingga, ketika pendekatan dilakukan dengan menggunakan primer MiFish 12SU dan MiFish 12SE, maka dapat diperoleh informasi identifikasi secara spesifik untuk Actinopteri dan Elasmobranchii, karena primer tersebut spesifik menargetkan kedua taksa tersebut. Pengambilan sampel spesifik hanya pada kolam penangkaran hiu juga bertujuan untuk melakukan pengujian aplikasi primer MiFish 12SU/E.

Selain itu, penggunaan pembacaan lebih panjang dengan beberapa set *markers* dapat meningkatkan resolusi dan spesifisitas spesies yang diperoleh. Seiring berkembangnya teknologi, saat ini telah muncul *Third Generation Sequencing* yakni Oxford Nanopore Technologies MinION yang mampu melakukan pembacaan lebih tinggi dari *Next Generation Sequencing* dengan rata-rata lebih dari 68 kbp dan maksimal melebihi 30.150 kbp. Pembacaan

urutan gen lebih panjang akan menargetkan gen yang lebih lengkap dan informatif, sehingga mampu menghasilkan rekonstruksi genom yang lebih berkesinambungan (Doorenspleet *et al.*, 2021; Johnson *et al.*, 2019; Shin *et al.*, 2016). Beberapa penelitian yang menggunakan Oxford Nanopore Technology Sequencer MinION untuk penelitian Elasmobranchii yakni pendeteksian hiu putih (*C. carcharias*) di laut terbuka dalam waktu ~48 jam (Truelove *et al.*, 2019); pendeteksian *sequence* genom mitokondria *Carcharinus amblyrhynchos* (Dunn *et al.*, 2020); serta digunakan juga untuk pendataan spesies terdaftar II CITES, *Carcharhinus falciformis* di India dari identifikasi sampel sirip (Johri *et al.* 2019).

Oleh karena itu, pengujian efisiensi *Third Generation Sequencing* melalui perangkat MinION Nanopore dilakukan dengan pengambilan sampel eDNA dari 4 kolam penangkaran hiu di Menjangan Kecil, Karimun Jawa yang bertujuan untuk mendeteksi keanekaragaman ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii) di area perairan tersebut. Harapannya, bahwa MinION Nanopore dapat menjadi salah satu alternatif yang mendukung eDNA sebagai alat monitoring biodiversitas, inventarisasi taksonomi hingga level spesies, serta mendorong kebijakan pengelolaan konservasi yang lebih sesuai.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan yakni sebagai berikut:

- 1.2.1 Bagaimana keanekaragaman ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii) di Perairan Kolam Penangkaran Hiu, Menjangan Kecil, Karimunjawa?
- 1.2.2 Apakah pendekatan Nanopore MinION Sequencing dengan primer MiFish 12SE dan MiFish 12SU berhasil dan tepat digunakan untuk mendeteksi keanekaragaman ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii)?
- 1.2.3 Bagaimana aplikasi pendekatan *environmental* DNA untuk konservasi spesies ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii) di perairan Karimunjawa?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini dilakukan yakni sebagai berikut:

- 1.3.1 Menganalisis keanekaragaman ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii) di Lokasi Perairan Kolam Penangkaran Hiu, Menjangan Kecil, Karimunjawa
- 1.3.2 Mengetahui keberhasilan pendekatan *environmental* DNA Nanopore MinION Sequencing dengan primer MiFish 12SE dan MiFish 12SU sebagai alat pendeteksian keanekaragaman ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii)
- 1.3.3 Mengetahui aplikasi pendekatan *environmental* DNA untuk konservasi spesies ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii) di perairan Karimunjawa

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat menjadi informasi tambahan mengenai pendekatan *Environmental* DNA Nanopore MinION Sequencing sebagai alat untuk pengawasan keanekaragaman hayati terutama demi pengelolaan konservasi keanekaragaman ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii) yang lebih sesuai serta sebagai database tambahan keanekaragaman ikan laut (Actinopteri dan Elasmobranchii) di Menjangan Kecil, Karimunjawa.