

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil produk perikanan laut terbesar di dunia, dengan luas wilayah perairan yang mencapai sekitar 5,8 juta kilometer persegi. Dalam konteks perekonomian nasional, sektor perikanan tangkap memberikan kontribusi yang signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB). Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), kontribusi PDB perikanan terhadap PDB nasional pada tahun 2023 mencapai 2,66 persen, meningkat dari 2,58 persen pada tahun 2022 [1].

Di antara berbagai komoditas perikanan unggulan Indonesia, kelompok Cephalopoda yang terdiri dari cumi-cumi (*squid*), sotong (*cuttlefish*), dan gurita (*octopus*) menempati posisi ketiga sebagai komoditas ekspor bernilai tertinggi setelah udang dan tuna-cakalang. Berdasarkan laporan resmi KKP, pada tahun 2024, nilai ekspor komoditas cumi-sotong-gurita (CSG) mencapai USD 874,12 juta atau setara 14,7 persen dari total keseluruhan ekspor perikanan Indonesia yang menembus angka USD 5,95 miliar[2]. Nilai ini meningkat 14,6 persen dibandingkan tahun 2023, dengan permintaan yang terutama didorong oleh pasar Tiongkok dan kawasan ASEAN. Fakta ini menegaskan bahwa ketiga jenis Cephalopoda tersebut bukan sekadar komoditas biasa, melainkan merupakan sumber devisa negara yang memiliki nilai strategis secara ekonomi dan perlu mendapatkan perhatian serius dalam pengelolaan dan pemantauannya.

Meskipun nilai ekonominya sangat tinggi, pengelolaan sumber daya Cephalopoda di Indonesia menghadapi tantangan serius yang berkaitan dengan tingkat eksploitasi yang melebihi kapasitas pulih alami sumber daya tersebut. Penelitian yang dilakukan terhadap Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPP NRI) 573 menunjukkan bahwa cumi-cumi telah masuk dalam status *over-exploited*, yang berarti tingkat penangkapan harus segera dikurangi agar keberlanjutan stok dapat terjaga [3]. Kondisi serupa juga ditemukan di perairan Cirebon, di mana penelitian menunjukkan bahwa gurita dan sotong

termasuk dalam jenis-jenis biota yang telah mengalami gejala *overfishing* akibat intensitas alat tangkap yang melampaui jumlah upaya optimum [4].

Indikasi penurunan populasi yang lebih nyata dapat ditemukan pada kasus gurita di berbagai wilayah Indonesia. Di Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat, yang merupakan salah satu sentra utama penghasil gurita di wilayah barat Indonesia, para nelayan melaporkan penurunan hasil tangkapan yang drastis. Pada tahun 2024, seorang pengepul gurita di Desa Sinaka, Pulau Simatapi, hanya mampu mengumpulkan 80-200 kilogram gurita dari para nelayan, padahal di periode enam bulan sebelumnya ia bisa mendapatkan 500–600 kilogram [5]. Kondisi ini mendorong nelayan setempat untuk menerapkan sistem jeda tangkap (*buka tutup*) sejak tahun 2023 guna memberikan kesempatan pemulihan populasi. Fenomena yang sama juga terjadi di Teluk Totikum Selatan, Sulawesi Tengah, di mana populasi gurita dilaporkan menurun drastis dalam beberapa tahun terakhir hingga memaksa nelayan beralih ke jenis tangkapan lain [6]. Kondisi ini mencerminkan bahwa tekanan penangkapan yang berlebihan terhadap spesies-spesies Cephalopoda di Indonesia sudah berada pada tingkat yang mengkhawatirkan dan memerlukan intervensi pengelolaan yang sistematis.

Dibandingkan cumi-cumi dan gurita, sotong (*cuttlefish*, genus *Sepia*) memiliki karakteristik biologis yang membuatnya jauh lebih rentan terhadap gangguan lingkungan. Berbeda dengan cumi-cumi yang bersifat pelagis dan gurita yang mudah berpindah habitat, sotong memiliki mobilitas yang sangat rendah (*low vagility*) dan dibatasi keberadaan *cuttlebone* sehingga hanya dapat hidup pada zona kedalaman tertentu [7]. Keterbatasan ini membuat sotong sangat bergantung pada stabilitas habitat spesifiknya dan tidak dapat dengan mudah bermigrasi menghindari tekanan lingkungan.

Studi pemodelan distribusi spesies (*Species Distribution Models/SDM*) yang dipublikasikan dalam jurnal [8] mengkaji sembilan spesies *Sepiidae* terhadap empat skenario perubahan iklim hingga tahun 2050 dan 2100. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kesesuaian habitat dan distribusi sotong diproyeksikan akan mengalami penurunan secara keseluruhan di masa mendatang, dengan spesies *Doratosepion braggi* yang mengalami penurunan paling ekstrem hingga mencapai

30,77 persen dari total luas habitatnya pada skenario RCP 8.5 tahun 2100 [8]. Penelitian selanjutnya mengungkapkan bahwa cephalopoda, termasuk sotong, menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap perubahan kondisi laut akibat laju pertumbuhan yang cepat, tingkat metabolisme tinggi, dan masa hidup yang singkat. Fluktuasi suhu terbukti menyebabkan stres oksidatif pada embrio cephalopoda serta mengganggu homeostasis glikolipid yang berdampak pada penurunan performa pertumbuhan dan tingkat penetasan [9]. Temuan-temuan ini memperkuat urgensi pemantauan dan pengelolaan populasi sotong secara lebih intensif dan berbasis teknologi.

Salah satu permasalahan mendasar dalam pengelolaan sumber daya Cephalopoda adalah sulitnya identifikasi spesies secara akurat di lapangan. Ketiga jenis utama, yaitu cumi-cumi, sotong, dan gurita, seringkali membingungkan bahkan bagi petugas pengelola perikanan karena memiliki beberapa kemiripan morfologis tertentu meski secara taksonomi berbeda ordo. Cumi-cumi dan sotong sama-sama memiliki sepuluh apendiks (delapan lengan dan dua tentakel) dan tubuh yang memanjang, sedangkan gurita hanya memiliki delapan lengan tanpa tentakel dengan bentuk tubuh yang lebih lebar dan tidak simetris bilateral seperti dua lainnya [6]. Bahkan di antara spesies-spesies dalam genus yang sama pun, identifikasi sering menuntut keahlian taksonomi yang mendalam.

Penelitian yang dilakukan di Pelabuhan Perikanan Brondong, Lamongan, Jawa Timur, membuktikan kompleksitas identifikasi ini. Studi tersebut harus menggunakan pendekatan identifikasi morfologis yang rinci untuk membedakan spesies-spesies sotong (*Sepia* sp.) yang mendarat di pelabuhan tersebut, dan menemukan dinamika populasi yang berbeda antarspesies yang tidak akan terdeteksi jika hanya dilakukan pencatatan di level [10]. Kondisi ini diperparah di level lapangan, di mana nelayan dan petugas pencatatan sering kali hanya mencatat hasil tangkapan berdasarkan nama lokal tanpa membedakan jenis spesies. Akibatnya, data stok yang digunakan sebagai dasar pengelolaan menjadi tidak akurat, dan populasi beberapa spesies yang sudah tertekan tidak mendapat perhatian yang semestinya.

Ketidakakuratan identifikasi ini memiliki implikasi langsung terhadap keandalan data pengelolaan. Pada sebuah penelitian menemukan bahwa stok spesies-spesies perikanan Indonesia diperkirakan 1,4 hingga 2,4 kali lebih rendah dari perkiraan resmi KKP, sebagian karena basis data yang tidak mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan [11]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem identifikasi yang dapat bekerja secara cepat, konsisten, dan tidak bergantung pada kemampuan subjektif pengamat manusia.

Perkembangan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), khususnya di bidang *deep learning* dan *computer vision*, telah membuka peluang baru yang sangat menjanjikan untuk mengatasi keterbatasan identifikasi spesies secara manual. Kemajuan pesat dalam bidang ini telah memberikan peluang besar untuk otomatisasi proses deteksi dan identifikasi organisme laut secara lebih objektif, efisien, dan mudah diimplementasikan oleh berbagai pemangku kepentingan di sektor perikanan [12].

Penelitian yang diterbitkan dalam jurnal *Heliyon* mengembangkan pendekatan *deep learning* dua tahap untuk identifikasi spesies ikan secara otomatis menggunakan kamera bawah air. Studi ini secara eksplisit mengevaluasi berbagai arsitektur deteksi objek, termasuk *Single Shot Multibox Detector* (SSD), dan menemukan bahwa SSD mencapai akurasi 91,44 persen, presisi 90,33 persen, *recall* 90,22 persen, dan *F-measure* 90,29 persen dalam tugas identifikasi spesies akuatik [13]. Penelitian lain yang menggunakan kombinasi SSD dan MobileNet untuk klasifikasi jenis ikan di jaring penangkapan juga menunjukkan bahwa kombinasi arsitektur ini mampu mengklasifikasikan ikan dengan akurasi tinggi secara *real-time*, membuktikan kelayakan penerapan SSD pada objek-objek biota laut yang memiliki variasi visual tinggi.

Studi khusus mengenai identifikasi spesies Cephalopoda menggunakan pendekatan machine learning telah dilakukan oleh peneliti [14], yang mengintegrasikan fitur morfometrik tradisional dengan *deep features* untuk membedakan spesies cephalopoda dari karakteristik paruh (*beak*). Penelitian ini membuktikan bahwa teknik *machine learning* dan *deep learning* secara inheren mampu menangkap pola-pola fitur visual yang sulit diidentifikasi secara manual.

Lebih lanjut, penelitian dalam jurnal *Ecological Informatics* mengembangkan metode segmentasi berbasis *video object segmentation* untuk pengenalan individu ikan di lingkungan bawah air yang kompleks, menunjukkan arah perkembangan sistem monitoring berbasis AI yang semakin canggih [9].

Single Shot Multibox Detector (SSD) merupakan algoritma deteksi objek yang diperkenalkan oleh Liu et al. (2015) dan telah menjadi salah satu arsitektur *deep learning* paling berpengaruh dalam bidang *computer vision*. Berbeda dengan pendekatan dua tahap seperti Faster R-CNN yang memerlukan tahap pembangkitan proposal objek terlebih dahulu, SSD melakukan deteksi dan klasifikasi objek secara serentak dalam satu kali *forward pass* melalui jaringan saraf konvolusional. SSD mendiskretisasi ruang keluaran *bounding box* ke dalam himpunan *default box* dengan berbagai rasio aspek dan skala pada setiap lokasi *feature map*, kemudian secara simultan menghasilkan skor kepercayaan keberadaan setiap kelas objek dan melakukan penyesuaian *bounding box* [15]. Pendekatan *single-stage* ini menghasilkan kecepatan pemrosesan yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode dua tahap, menjadikan SSD sangat cocok untuk skenario yang membutuhkan pemrosesan *real-time*.

Keunggulan lain SSD terletak pada kemampuannya mendeteksi objek dalam berbagai ukuran secara alami, karena prediksi dilakukan pada beberapa lapisan *feature map* dengan resolusi yang berbeda-beda. Hal ini sangat relevan untuk klasifikasi Cephalopoda, di mana ketiga spesies yang menjadi objek penelitian memiliki ukuran tubuh yang sangat bervariasi: gurita dapat memiliki rentang lengan hanya beberapa sentimeter hingga lebih dari satu meter, sementara sotong umumnya berukuran sedang dan cumi-cumi dapat dijumpai dari yang berukuran kecil hingga sangat besar. Dibandingkan metode klasifikasi citra konvensional yang hanya mengklasifikasikan satu objek per citra, SSD mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan beberapa objek sekaligus dalam satu citra, menjadikannya lebih aplikatif untuk kondisi nyata di tempat pendaratan ikan (*fishing port*) di mana berbagai spesies dapat hadir bersama dalam satu tangkapan.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dipaparkan, terdapat beberapa celah penelitian (*research gap*) yang menjustifikasi pelaksanaan penelitian ini. Pertama,

meskipun penerapan *deep learning* untuk identifikasi spesies akuatik telah banyak dilakukan pada ikan-ikan bersirip (*finfish*), penelitian yang secara spesifik berfokus pada klasifikasi otomatis ketiga jenis utama Cephalopoda bernilai ekonomi tinggi, yaitu cumi-cumi, sotong, dan gurita, masih sangat terbatas. Kedua, metode identifikasi yang ada saat ini masih bergantung pada inspeksi manual yang memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan, konsistensi, dan skalabilitas, terutama di tempat-tempat pendaratan ikan yang memiliki volume tangkapan tinggi. Ketiga, di tengah situasi tekanan penangkapan yang tinggi dan ancaman perubahan iklim terhadap populasi Cephalopoda, kebutuhan akan sistem pemantauan berbasis teknologi yang mampu memberikan data identifikasi spesies secara cepat dan akurat menjadi semakin mendesak.

Penelitian ini ditulis untuk menjawab kesenjangan tersebut dengan mengembangkan sistem klasifikasi berbasis metode *Single Shot Multibox Detector* (SSD) yang mampu membedakan tiga jenis Cephalopoda utama, yaitu cumi-cumi, sotong, dan gurita, secara otomatis dari data citra digital. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem yang dikembangkan dapat menjadi fondasi teknologi bagi sistem pemantauan perikanan yang lebih akurat, efisien, dan dapat diandalkan untuk mendukung pengelolaan sumber daya Cephalopoda yang berkelanjutan di Indonesia.

Dengan dibangunnya sistem klasifikasi jenis Cephalopoda berbasis *Single Shot Multibox Detector* (SSD) dengan *backbone* MobileNet, proses identifikasi *Loligo* sp., *Sepia* sp., dan *Octopus* sp. yang sebelumnya dilakukan secara manual dan subjektif dapat digantikan dengan sistem otomatis berbasis citra yang lebih cepat, konsisten, dan akurat [13]. Sebagai implementasi akhir dari penelitian ini, model yang telah dilatih akan diintegrasikan ke dalam sebuah aplikasi berbasis Android yang mampu melakukan deteksi dan klasifikasi jenis Cephalopoda secara *real-time* melalui kamera perangkat. Pemilihan platform Android didasarkan pada tingkat penetrasi perangkat *smartphone* yang tinggi di kalangan masyarakat di Indonesia, sehingga sistem ini diharapkan dapat langsung dioperasikan di lapangan tanpa memerlukan perangkat keras khusus. Dengan demikian, identifikasi jenis Cephalopoda yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh tenaga ahli taksonomi

dapat dilakukan oleh siapa pun secara mandiri, cepat, dan di mana pun proses pendaratan ikan berlangsung.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah penelitian ini untuk menguji bagaimana kinerja metode *Single Shot Multibox Detector* (SSD) dengan backbone MobileNet dalam melakukan identifikasi otomatis spesies Cephalopoda, yaitu *Loligo* sp., *Sepia* sp., dan *Octopus* sp. sebagai solusi atas keterbatasan metode identifikasi konvensional yang bersifat subjektif dan bergantung pada keahlian pengamat?

C. Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan mencapai tujuan yang diharapkan, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek Penelitian: Biota laut yang diteliti terbatas pada tiga jenis *Cephalopoda*, yaitu cumi-cumi (*Loligo* sp.), sotong (*Sepia* sp.), dan gurita (*Octopus* sp.).
2. Dataset: Data yang digunakan berformat (.jpg atau .png) sebanyak 1500 data citra yang di bagi secara merata ke dalam 3 kelas (*Loligo* sp.), sotong (*Sepia* sp.), dan gurita (*Octopus* sp.).
3. Parameter Pengujian: Jarak pengambilan gambar pada saat pengujian sistem dibatasi pada rentang jarak 30 cm untuk melihat konsistensi akurasi model.
4. Parameter Pengujian: Sudut pengambilan gambar pada saat pengujian dibatasi pada dua sudut, yaitu 45° (sudut diagonal) dan 90° (sudut tegak lurus/vertical dari atas) untuk mengevaluasi konsistensi performa model terhadap variasi perspektif pengambilan citra.
5. Parameter Pengujian: Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *mean Average Precision* (mAP)

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengevaluasi kinerja metode *Single Shot Multibox Detector* (SSD) dengan *backbone* MobileNet dalam melakukan identifikasi otomatis spesies Cephalopoda, yaitu *Loligo* sp., *Sepia* sp.,

dan *Octopus* sp., sebagai solusi alternatif yang lebih objektif dan tidak bergantung pada keahlian pengamat dibandingkan metode identifikasi konvensional.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat ditinjau dari berbagai perspektif untuk menunjukkan kontribusi nyata yang dihasilkan, baik secara akademis maupun praktis:

1. Bagi Penulis: Penelitian ini bermanfaat sebagai sarana untuk mengimplementasikan pemahaman teoritis mengenai teknologi *Deep Learning*, khususnya dalam penguasaan algoritma Single Shot Multibox Detector (SSD) dan pengolahan citra digital. Selain itu, proses ini menjadi kesempatan untuk mengasah kemampuan pemecahan masalah teknis dan metodologis yang relevan dengan bidang informatika dan teknologi kelautan.
2. Bagi Universitas: Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah literasi akademik dan menambah referensi ilmiah di lingkungan kampus, khususnya dalam pengembangan studi mengenai penerapan kecerdasan buatan di sektor maritim. Penelitian ini juga berkontribusi dalam meningkatkan reputasi universitas melalui inovasi teknologi yang mendukung pemanfaatan sumber daya laut secara modern.
3. Bagi Masyarakat Umum: Penelitian ini dapat menjadi referensi dan bukti konsep (*proof of concept*) bagi peneliti, pengembang teknologi, maupun instansi terkait seperti Kementerian Kelautan dan Perikanan dalam mengembangkan sistem identifikasi biota laut berbasis kecerdasan buatan yang lebih lanjut. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi kontribusi ilmiah dalam memperkaya pengetahuan masyarakat mengenai penerapan teknologi *deep learning* di sektor perikanan, khususnya dalam upaya modernisasi pengelolaan komoditas Cephalopoda di Indonesia.