

DNA MINI BARCODING UNTUK AUTENTIKASI PRODUK PERIKANAN

Fransisca Victory Kusumaningrum¹, Laurentia Henrieta Permita Sari
Purba²

Universitas Kristen Duta Wacana^{1,2}
laurentiapermita@staff.ukdw.ac.id²

ABSTRAK

Produksi perikanan diprediksi akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Akan tetapi, pengembangan produk perikanan dapat menimbulkan kasus substitusi yakni penggantian bahan dalam produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dengan bahan lain yang memiliki nilai ekonomi yang lebih rendah. Selain itu juga terjadi kasus *mislabelling* yaitu klaim pada kemasan yang tidak sesuai dengan bahan yang terkandung pada produk. Penggunaan DNA mini barcoding dengan gen *cytochrome c oxidase subunit I (COI)* telah muncul sebagai solusi inovatif dalam identifikasi spesies, khususnya pada produk perikanan dengan DNA yang telah terdegradasi. Teknik ini memanfaatkan fragmen pendek DNA dari daerah marker berukuran 100-200 bp. Dengan menggunakan ukuran marker yang lebih pendek, memungkinkan proses amplifikasi dan identifikasi spesies dengan tingkat keberhasilan mencapai 90-95%. DNA mini barcoding memiliki kelebihan yakni lebih efisien, cepat, dan akurat dalam proses identifikasi, selain itu biaya penelitian lebih terjangkau. Meskipun demikian, teknik ini juga memiliki keterbatasan, termasuk kesulitan dalam membedakan spesies yang sangat mirip secara genetik dan ketergantungan pada kualitas sampel DNA. DNA mini barcoding menjadi salah satu alternatif dalam proses autentikasi produk pangan olahan karena dapat membantu meningkatkan keamanan pangan dan konservasi.

Kata Kunci: Autentikasi, *Cytochrome C Oxidase Subunit I*, DNA mini barcoding, Produk Perikanan

ABSTRACT

Fisheries production is predicted to continuously increase every year. However, the development of fishery products may result in ingredient substitution where high-value components are replaced with the lower-economic alternatives. Additionally, mislabelling cases also occur when the claims on packaging do not accurately reflect the actual ingredients contained in the product. The use of DNA mini barcoding using the cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene has emerged as an innovative solution in species identification, particularly in fishery products with degraded DNA. This technique utilizes short DNA fragments from marker regions ranging from 100-200 bp. By employing shorter marker size, the amplification and species identification process achieve a success rate of approximately 90-95%.

DNA mini barcoding offers several advantages, including higher efficiency, speed, and accuracy in identification process, while also being cost-effective. However, this technique has certain limitations such as challenges in distinguishing genetically similar species and the dependence on the quality of the DNA sample. Despite these constraints, DNA mini barcoding serves an alternative for the authentication process of processed food products that contributing to food safety and conservation efforts.

Keywords: Authentication; Cytochrome C Oxidase Subunit I; Mini-barcodes DNA; Fish Product

PENDAHULUAN

Produksi perikanan dan akuakultur global mengalami peningkatan setiap tahunnya hingga mencapai 223,2 juta ton pada tahun 2022 (Hasnin et al., 2024). Sekitar 89% dari produk perikanan dan akuakultur tersebut dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi manusia (FAO, 2024).

Sektor produksi perikanan semakin berkembang seiring dengan munculnya pemahaman bahwa ikan merupakan sumber nutrisi yang berkelanjutan (Duggan & Kochen, 2016) serta sebagai *superfood* alami (Obiero et al., 2019). Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan konsumsi protein dari hewan, di mana 17% di antaranya adalah produk perikanan (*seafood*). Beberapa negara di Asia dan Afrika mengonsumsi protein yang 50% dari total konsumsinya berasal dari produk perikanan (FAO, 2022).

Secara global, sekitar 10-12% populasi dunia sangat bergantung pada produk makanan yang berasal dari sektor perikanan dalam kehidupannya (Tidd et al., 2022). Di berbagai negara, ikan dan makanan laut banyak dikonsumsi mentah atau diproses secara minimal. Hal ini dapat menyebabkan risiko kesehatan yang signifikan karena adanya aktivitas mikroba (Daschner, 2016).

Pada era modernisasi, dikembangkan produk ikan olahan seperti ikan kaleng, ikan asap, dan aneka *frozen food* agar dapat disimpan dalam waktu lama dan tetap menjaga kualitas produk (Tsironi et al., 2020). Pengembangan produk perikanan merupakan rangkaian kegiatan dan/atau perlakuan dari bahan baku ikan hingga menjadi produk akhir untuk konsumsi manusia (Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2018).

Pengolahan ikan menjadi makanan siap saji merupakan alternatif makanan yang layak dikonsumsi dengan praktis namun tetap memiliki gizi yang tinggi (Stiles et al., 2011). Namun, pengembangan ini menimbulkan potensi pemalsuan karena berbagai faktor, seperti keinginan produsen dalam meningkatkan keuntungan secara ilegal serta penggunaan ikan dari spesies yang dilindungi (Visciano & Schirone, 2021).

Salah satu bentuk pemalsuan pangan produk perikanan adalah substitusi bahan yang digunakan dengan bahan lain yang lebih murah sehingga tidak sesuai

dengan label pada kemasan (Jacquet & Pauly, 2008). Kasus substitusi ini dapat menimbulkan risiko kesehatan dan kerugian ekonomi bagi konsumen (Hanner et al., 2011; Stiles et al., 2011).

Seiring berkembangnya teknologi, kasus substitusi dapat diatasi dengan proses autentikasi (Mottola et al., 2022). Proses autentikasi merupakan metode untuk memastikan bahwa produk yang dijual sesuai dengan apa yang tertera pada label (Shokralla et al., 2015a). Proses ini penting dilakukan untuk melindungi konsumen dari penipuan serta memastikan bahwa mereka mendapatkan produk berkualitas (Ghidini et al., 2019).

Salah satu metode dalam proses autentikasi adalah memanfaatkan biologi molekuler, yakni *DNA barcoding*. Metode ini digunakan karena adanya keterbatasan dalam identifikasi morfologi dan biokimia, yang sering kali tidak mampu mencapai akurasi penuh dalam mengidentifikasi suatu spesies (Zhao et al., 2013). Hal ini disebabkan oleh proses pengolahan pada produk makanan olahan yang menyulitkan identifikasi morfologi dan biokimia.

DNA barcoding telah dinilai sebagai *gold-standard* dalam mengidentifikasi suatu spesies tertentu melalui analisis urutan DNA dari sampel (Filonzi et al., 2021a). Namun, metode ini kurang akurat dalam mengidentifikasi spesies yang telah mengalami proses pengolahan (Hebert et al., 2003; Hebert & Gregory, 2005). Hal ini terjadi karena proses pengolahan menyebabkan degradasi DNA dalam sampel (Armani et al., 2015; Mottola et al., 2022).

Oleh karena itu, berkembang metode *DNA mini barcoding* sebagai alternatif lain dalam mengidentifikasi spesies yang telah mengalami proses pengolahan (Fernandes et al., 2021). Identifikasi produk menggunakan *DNA mini barcoding* lebih berfokus pada analisis fragmen DNA yang lebih pendek (100-200 bp) dibandingkan *DNA barcoding* (~650 bp) (Shokralla et al., 2015a).

Mini-review ini bertujuan untuk menganalisis peranan *DNA mini barcoding* dalam mengidentifikasi pemalsuan (substitusi) pada produk perikanan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan *mini review* ini adalah studi literatur dengan mengumpulkan dan melakukan analisa jurnal dan/atau artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal terakreditasi *Sinta (Science and Technology Index)* dan jurnal internasional *Scopus* dengan rentang tahun 2003 hingga 2024.

Kata kunci yang digunakan dalam menulis *mini review* ini adalah *DNA mini barcoding*, *DNA mini-barcode*, *DNA mislabelling*, *cytochrome c oxidase subunit I*, *DNA barcoding*, perikanan, substitusi produk perikanan, *authentication*, *DNA primers*, *food science*, *fish products*, *food biotechnology*, *seafood fraud*, dan *polymerase chain reaction*.

Jurnal maupun artikel yang digunakan berjumlah 61, yang diakses pada *Google Scholar*, *ResearchGate*, *MDPI*, *PubMed (NCBI)*, *Springer*, *Frontiers*, dan *ScienceDirect*. Basis data internasional yang digunakan adalah *Food and Agriculture Organization*.

HASIL PENELITIAN

Kasus substitusi pangan olahan hewani yang banyak terjadi di berbagai negara dengan presentase kasus yang bervariasi (Tabel 1). Kasus tertinggi terjadi pada negara Belgia dengan presentase kasus 95%, selain itu pada negara Jerman kasus cukup signifikan yakni sebesar 50%. Lokasi utama terjadinya kasus substitusi adalah di restoran, pasar online, kantin, serta supermarket, dimana lokasi tersebut sering dikunjungi oleh konsumen.

Tabel 1. Kasus Substitusi Pangan Olahan Hewani di Berbagai Negara di Dunia

No	Negara	Lokasi Kasus Substitusi	Presentase Kasus	Referensi
1.	Taiwan	Restoran dan <i>online market</i>	18,9%	Chen et al., 2020
2.	Belgia	Restoran dan kantin	95%	Christiansen et al., 2018
3.	Jerman	Restoran	50%	Kappel & Schröder, 2016
4.	India	Restoran, pedagang ikan, dan supermarket	22%	Nagalakshmi et al., 2016
5.	Afrika	Restoran dan <i>online market</i>	18%	Cawthorn et al., 2015

Beberapa spesies ikan yang sering atau rentan mengalami kasus substitusi adalah ikan seabass (100%), ekor kuning (88,9%), dan kakap (86,56%) (Tabel 2). Tingginya angka substitusi pada spesies ini dapat disebabkan oleh tingginya permintaan pasar dan kemiripan fisik dengan ikan lain yang lebih murah. Selain itu, kasus substitusi berpotensi merugikan sektor perikanan. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukannya metode autentikasi yang lebih ketat dalam mendeteksi kasus pemalsuan dalam industri perikanan.

Tabel 2. Daftar Spesies Ikan yang Mengalami Kasus Substitusi Pangan

No	Nama Ikan	Nama Ilmiah	Presentase Kasus	Referensi
1.	Kakap	<i>Lutjanus</i> sp.	86,56%	Warner et al., 2013
2.	Tuna	<i>Thunnus</i> sp.	58,77%	
3.	Cod	<i>Gadus morhua</i>	17,2%	
4.	Salmon	<i>Salmo salar</i>	7,29%	
5.	Ekor kuning	<i>Thunnus albacares</i>	88,9%	
6.	Kerapu	<i>Epinephelus</i>	18,82%	
7.	Ikan Halibut	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	18,82%	
8.	Ikan sebelah/sole	<i>Solea solea</i>	9,43%	
9.	Chilean seabass	<i>Dissostichus eleginoides</i>	38,1%	
10.	Seabass	<i>Dicentrarchus labrax</i>	100%	
11.	Hoki	<i>Macruronus novaezelandiae</i>	2%	Cundy et al., 2023
12.	Hiu	<i>Selachimorpha</i> sp.	35.9%	
13.	Pari	<i>Dasyatis</i> sp.	35.9%	

Proses autentikasi spesies ikan dengan pendekatan biologi molekuler dapat dilakukan dengan metode DNA barcoding karena metode tersebut telah dianggap sebagai gold standard dalam penelusuran spesies makanan laut (Filonzi et al.,

2021). Segmen DNA yang sering digunakan sebagai *marker* dalam DNA barcoding antara lain *Cytochrome C Oxidase Subunit I* (COI), 12rDNA, 16S rRNA, dan D-loop (Tabel 3). COI merupakan segmen gen pada DNA mitokondria yang memiliki laju mutasi konservatif dan stabil (Nirmala et al., 2024). Beberapa penelitian di berbagai negara, seperti Indonesia, Italia, dan Spanyol, menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mendeteksi substitusi ikan dalam rantai pasok pangan (Abdullah et al., 2019b; Kolondam, 2020; Filonzi et al., 2021b; Ardura et al., 2013; Sarri et al., 2014; Chen et al., 2020). Dengan adanya marker ini DNA mini barcoding dapat digunakan dalam proses autentikasi suatu spesies yang DNAny telah terdegradasi.

Tabel 3. Marker yang Digunakan dalam DNA Mini Barcoding

Jenis Ikan	Negara	Marker	Lokasi DNA	Referensi
<i>Trichiurus sp.</i> dan <i>T. lepturus</i>	Indonesia	COI	Mitokondria	(Abdullah et al., 2019b)
<i>Thunnus orientalis</i> dan <i>T. thynnus</i>	Indonesia	COI	Mitokondria	(Kolondam, 2020)
<i>Pangasius</i> , <i>Salmo</i> dan <i>Tilapia</i>	Italia	COI	Mitokondria	(Filonzi et al., 2021b)
<i>Mackerel & tuna</i>	Spanyol	12rDNA	Ribosom	(Ardura et al., 2013)
<i>Anchovy</i> , <i>mackerel</i> , <i>Atlantic salmon</i> , <i>brown trout</i>	Spanyol	D-Loop	Mitokondria	(Ardura et al., 2013)
<i>Theragra chalcogramma</i> , <i>Limanda aspera</i> , dan <i>Gadus morhua</i>	Yunani	16s rRNA	Mitokondria	(Sarri et al., 2014)
Snapper, Cod, Swordfish, Cobia, Surimi.	Taiwan	COI dan 16s rRNA	Mitokondria	(Chen et al., 2020)

PEMBAHASAN

Penggunaan DNA Mini Barcoding dalam Produk Perikanan

Substitusi makanan laut merupakan tindakan dengan mengganti jenis ikan atau makanan laut yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi dengan jenis yang memiliki nilai ekonomi lebih rendah, sehingga hal ini dianggap sebagai pemalsuan (Christiansen et al., 2018). Telah terjadi kasus substitusi di berbagai negara di dunia dan kasus paling banyak ditemukan pada pangan olahan hewani. Contohnya, di Taiwan (18,9%) (Chen et al., 2020), di Belgia (95%) (Christiansen et al., 2018), di Jerman (50%) (Kappel & Schröder, 2016), di India (22%) (Nagalakshmi et al., 2016), serta di Afrika (18%) (Cawthorn et al., 2015). Kasus substitusi terjadi di tempat yang sering dikunjungi masyarakat yakni di restoran. Hal ini disebabkan karena kurang ketatnya pedoman dan peraturan mengenai identitas asal makanan. Selain itu, hidangan produk perikanan yang disajikan di restoran merupakan makanan olahan sehingga hanya memiliki sedikit karakter yang dapat dikenal untuk identifikasi spesies (Christiansen et al., 2018). Dengan demikian, sebagai

konsumen, hampir tidak mungkin untuk memverifikasi identitas spesies dari produk yang dibeli di restoran tertentu sehingga menyebabkan terjadinya kasus substitusi.

Pada Tabel 2. dapat diketahui spesies yang banyak mengalami kasus pemalsuan pangan (substitusi) adalah ikan *seabass*, kakap, dan kerapu (Warner et al., 2013). Ikan tersebut disubstitusi dengan ikan yang memiliki karakter morfologi yang mirip namun memiliki harga yang lebih rendah (Isaacs & Hellberg, 2020). Salah satu contoh pada ikan kakap (*Lutjanus* sp.) yang banyak disubstitusi oleh ikan pengganti yakni ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan pagrus (*Pagrus* sp.), dan rockfish (*Sebastes* sp.) (Khaksar et al., 2015). Produk olahan ikan yang sering mengalami kasus substitusi adalah *cooked dish*, *cooking materials*, sushi, dan sashimi (Chen et al., 2020).

Banyaknya kasus substitusi di berbagai penjuru dunia membutuhkan pengecekan keamanan pangan secara berkala. Identifikasi kandungan produk, khususnya bahan baku yang digunakan (proses autentikasi), dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan substitusi (Jacquet & Pauly, 2008). Proses autentikasi sangat diperlukan dalam menjaga pasokan ikan yang berkelanjutan serta memastikan bahwa produk ikan yang dijual sesuai dengan apa yang tertera pada labelnya (Shokralla et al., 2015a). Proses autentikasi sangat penting untuk melindungi konsumen dari penipuan dan memastikan bahwa mereka mendapatkan produk berkualitas tinggi (Ghidini et al., 2019).

Namun, produk yang telah mengalami proses pengolahan lebih sulit untuk diidentifikasi berdasarkan karakteristik morfologi dan biokimia (Zhao et al., 2013). Autentikasi produk makanan dapat dilakukan dengan berbagai metode, yaitu berbasis analisis protein atau DNA. Salah satu metode identifikasi spesies yang digunakan sebagai bahan baku adalah *DNA barcoding*. *DNA barcoding* biasanya dipilih dalam autentikasi produk karena memiliki akurasi yang tinggi, stabil, dan spesifik. *DNA barcoding* dianggap sebagai *gold-standard* dalam penelusuran spesies makanan laut dan pelabelan makanan (Filonzi et al., 2021b).

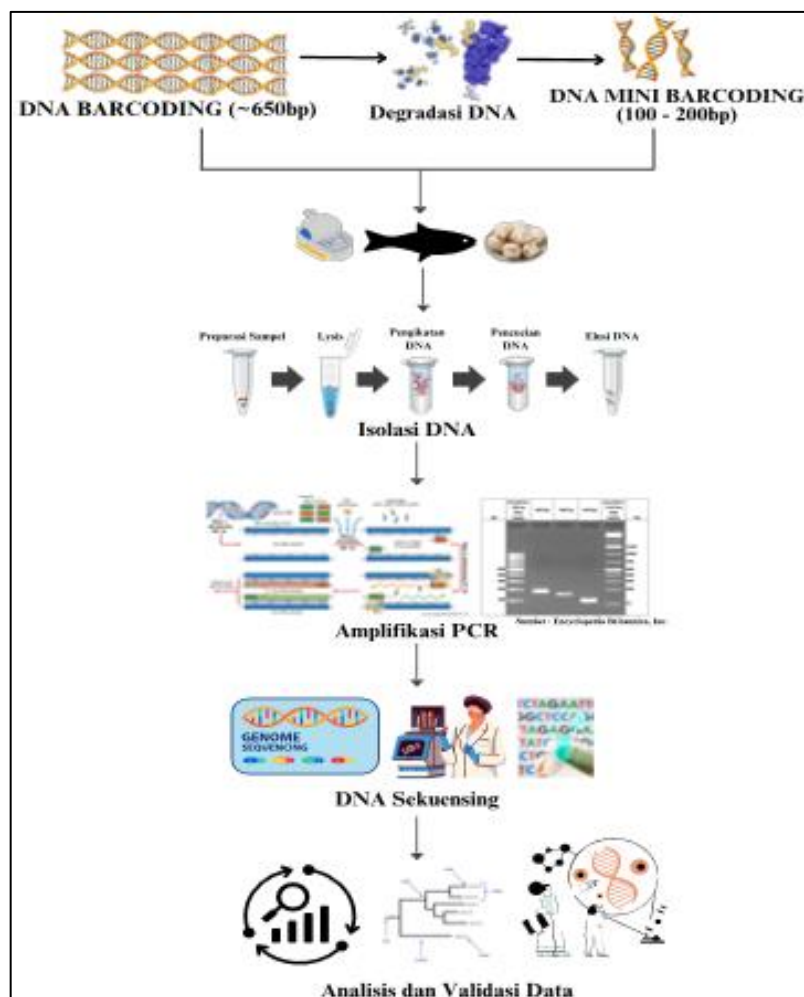
Analisis DNA dengan mitokondria banyak digunakan karena genom bersifat haploid sehingga memiliki jumlah salinan yang tinggi (*high copy numbers*) dan tingkat mutasinya lebih besar dibandingkan inti sel (Cline, 2012). Penggunaan *DNA barcoding (full barcode)* dalam autentikasi suatu produk yang telah mengalami pengolahan sering tidak dapat memberikan hasil yang memuaskan karena DNA dalam produk telah terdegradasi (Armani et al., 2015; Shokralla et al., 2015b; Sultana et al., 2018). Degradasi DNA pada suatu produk serta keberadaan beberapa zat aditif, pengawet, dan perasa dapat memengaruhi kuantitas dan kualitas DNA yang berpengaruh pada keberhasilan amplifikasi (Abdullah et al., 2019a).

Untuk itu, digunakanlah *DNA mini barcoding* dalam autentikasi suatu produk yang telah mengalami pengolahan, seperti pada produk makanan laut olahan, khususnya produk perikanan. *DNA mini barcoding* pertama kali digunakan untuk mengamplifikasi dan mengetahui urutan DNA pada spesimen dengan DNA

yang terdegradasi, misalnya produk makanan. Penggunaan fragmen DNA *mini-barcoding* dengan marka COI (130 bp) untuk eukariot berhasil mengidentifikasi spesies lebih banyak dibandingkan dengan *DNA full-barcode* (650 bp) (Meusnier et al., 2008).

Telah banyak penelitian yang menggunakan *DNA mini barcoding* dalam identifikasi suatu spesies dari produk yang telah mengalami pemrosesan rumit, seperti penghancuran, ekstraksi, pemurnian, konsentrasi, pengeringan, dan granulasi (Gao et al., 2019). *DNA mini barcoding* memiliki fragmen DNA yang lebih pendek, yaitu 100-200 bp dibandingkan dengan *full barcode* (Meusnier et al., 2008). *DNA mini barcoding* juga dapat bermanfaat dalam pengelolaan keanekaragaman hayati, di mana dapat membantu dalam identifikasi suatu spesies, studi klasifikasi, dan autentikasi spesies secara spesifik (Su'udi et al., 2023).

DNA mini barcoding juga telah digunakan dalam bidang pengawasan produk pangan, forensik, dan penelitian konservasi. Alur analisis molekuler menggunakan metode *DNA mini barcoding* memiliki persamaan dengan *DNA barcoding*, yang membedakan adalah fragmen DNA yang digunakan pada *DNA mini barcoding* lebih pendek dibandingkan dengan *DNA barcoding* (Gambar 1).



Gambar 1. Metode DNA Mini Barcoding

Marker yang Digunakan dalam DNA Mini Barcoding untuk Produk Perikanan

Identifikasi spesies yang akurat, cepat, mudah, dan relatif murah sangat diperlukan dalam mendukung keberlanjutan pangan. *DNA mini barcoding* dapat digunakan dalam proses *autentikasi* pangan berdasarkan identifikasi pada marka gen tertentu, misalnya gen *cytochrome c oxidase subunit I* (COI) (Hebert et al., 2003). COI adalah *marker* yang paling umum digunakan dalam identifikasi spesies pada kelompok hewan (Hebert & Gregory, 2005). COI banyak digunakan karena memiliki variabilitas antarpesies yang tinggi dan variabilitas intraspesies yang relatif rendah (Hanner et al., 2011).

Gen COI memiliki variabilitas intraspesies yang rendah karena fungsinya yang penting dalam metabolisme energi seluler (Pierron et al., 2012). Mutasi pada gen ini dapat mengganggu aktivitasnya sehingga berpotensi menyebabkan disfungsi mitokondria (Zong et al., 2024). Oleh karena itu, seleksi alam cenderung mempertahankan urutan gen COI yang stabil dan fungsional, sehingga mengurangi variasi genetik di dalam spesies tersebut (Zhang et al., 2024). Gen COI memiliki kelebihan, yakni pada sekuensnya hanya sedikit mengalami *insersi* dan *delesi*, sehingga sekuensnya tetap stabil. Selain itu, gen COI juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi identitas di level spesies (Nirmala et al., 2024).

Ukuran gen yang digunakan dalam *DNA barcoding* berkisar antara 650 bp (Hebert et al., 2003). Namun, hal ini mengalami hambatan dalam proses amplifikasi dan identifikasi spesies hewan menggunakan ukuran sekuens yang panjang untuk produk hasil pengolahan pangan dengan DNA yang terfragmentasi (Gao et al., 2019). *DNA mini barcoding* memanfaatkan fragmen pendek dari gen COI dalam mendeteksi spesies pada sampel yang telah terdegradasi, seperti produk makanan yang telah melalui proses pengolahan (Shokralla et al., 2015b).

DNA mini barcoding menggunakan fragmen yang lebih pendek dari gen COI dibandingkan *DNA barcoding*, yakni sekitar 127 hingga 314 bp (Shokralla et al., 2015b) dan 100-200 bp (Janjua et al., 2017). Dengan penggunaan fragmen yang lebih pendek, DNA yang rusak karena terdegradasi saat proses pengolahan tetap dapat teridentifikasi hingga level spesies (Shokralla et al., 2015b).

Substitusi merupakan salah satu kasus yang dapat diatasi dengan menggunakan *DNA mini barcoding* berbasis gen COI. Tingkat keberhasilan *DNA mini barcoding* dalam menelusuri sebuah kasus substitusi mencapai 90-95%, dibandingkan dengan *DNA barcoding* yang hanya memiliki tingkat keberhasilan 20,5% (Gao et al., 2019; Shokralla et al., 2015b). Oleh karena itu, penggunaan gen COI dalam *autentikasi* suatu produk pangan olahan hewani sangat disarankan.

Kelebihan dan Kekurangan DNA Mini Barcoding

DNA mini barcoding merupakan perkembangan teknologi biologi molekuler yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu spesies, terutama dari sampel dengan DNA yang telah terfragmentasi (Gao et al., 2019; Shokralla et al.,

2015b). *DNA mini barcoding* telah diterapkan dalam beberapa kasus identifikasi spesies, misalnya dalam kasus substitusi (Cawthorn et al., 2015; Chen et al., 2020; Cline, 2012; Hanner et al., 2011; Kappel & Schröder, 2016). Teknik ini menggunakan fragmen DNA yang lebih pendek, yaitu sekitar 100–200 bp, sehingga memungkinkan proses amplifikasi yang lebih cepat (Janjua et al., 2017). Tingkat keberhasilan identifikasi menggunakan *DNA mini barcoding* mencapai 90–95% (Gao et al., 2019). Selain itu, biaya penelitian menggunakan *DNA mini barcoding* relatif lebih terjangkau dibandingkan dengan *DNA full barcode*, sehingga menarik minat banyak peneliti, terutama di negara berkembang (Su'udi et al., 2023).

Meskipun *DNA mini barcoding* dapat mengidentifikasi spesies dengan baik, masih terdapat beberapa keterbatasan, terutama dalam hal diversitas spesies (Meusnier et al., 2008). Beberapa spesies yang sangat mirip secara genetik sulit diidentifikasi secara akurat dengan menggunakan fragmen DNA yang lebih pendek (Lv et al., 2014). Selain itu, kualitas sampel DNA sangat mempengaruhi keberhasilan identifikasi menggunakan metode ini (Pollack et al., 2018). Sampel DNA dengan kualitas rendah dapat menghasilkan produk PCR nonspesifik, yang berpotensi menyebabkan kesalahan identifikasi spesies (Rodríguez-Riveiro et al., 2022).

Selain itu, *DNA mini barcoding* tidak dapat mengidentifikasi kontaminan atau spesies yang tidak diketahui dengan pasti (Gao et al., 2019). Beberapa informasi penting juga dapat terlewatkan karena fragmen DNA yang digunakan lebih pendek dibandingkan dengan urutan *full barcode*. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut mengenai *DNA mini barcoding* sangat diperlukan untuk mengatasi keterbatasan ini serta memperluas cakupan aplikasinya dalam berbagai bidang, khususnya biologi molekuler.

SIMPULAN

DNA mini barcoding menawarkan metode yang efektif dan efisien untuk identifikasi spesies pada produk perikanan yang telah diproses, dengan kemampuan untuk mengatasi masalah degradasi DNA. Dengan menggunakan fragmen DNA yang lebih pendek, teknik ini dapat meningkatkan tingkat keberhasilan identifikasi dibandingkan dengan *full barcode*.

Di Indonesia, *DNA mini barcoding* telah digunakan dalam mengidentifikasi produk olahan perikanan menggunakan marka gen COI. Gen COI banyak digunakan karena memiliki variabilitas antar spesies yang tinggi. Teknik ini memiliki keunggulan karena lebih efisien, cepat, dan akurat dalam proses identifikasi, serta memiliki biaya penelitian yang lebih terjangkau.

Meskipun demikian, tantangan seperti keterbatasan dalam diversitas spesies yang dapat diidentifikasi dan ketergantungan pada kualitas sampel tetap menjadi perhatian. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan metode baru dan memperkuat basis data referensi agar teknik ini dapat diterapkan secara lebih luas dalam bidang biologi molekuler, keamanan

pangan, dan konservasi. Upaya ini akan membantu memastikan bahwa *DNA mini barcoding* dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengelolaan keanekaragaman hayati dan autentikasi produk makanan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Nurilmala, M., & Sitaresmi, K. P. (2019a). DNA Mini-Barcodes as A Molecular Marker for Various Hairtail Fish Products Traceability. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 33. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.25874>
- Abdullah, A., Nurilmala, M., & Sitaresmi, K. P. (2019b). DNA Mini-Barcodes as A Molecular Marker for Various Hairtail Fish Products Traceability. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 33. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.25874>
- Ardura, A., Planes, S., & Garcia-Vazquez, E. (2013). Applications of DNA barcoding to fish landings: Authentication and diversity assessment. *ZooKeys*, 365, 49–65. <https://doi.org/10.3897/zookeys.365.6409>
- Armani, A., Guardone, L., Castigliego, L., D'Amico, P., Messina, A., Malandra, R., Gianfaldoni, D., & Guidi, A. (2015). DNA and Mini-DNA barcoding for the identification of Porgies species (family Sparidae) of commercial interest on the international market. *Food Control*, 50, 589–596. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.025>
- Cawthorn, D.-M., Duncan, J., Kastern, C., Francis, J., & Hoffman, L. C. (2015). Fish species substitution and misnaming in South Africa: An economic, safety and sustainability conundrum revisited. *Food Chemistry*, 185, 165–181. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.113>
- Chen, P.-Y., Ho, C.-W., Chen, A.-C., Huang, C.-Y., Liu, T.-Y., & Liang, K.-H. (2020). Investigating seafood substitution problems and consequences in Taiwan using molecular barcoding and deep microbiome profiling. *Scientific Reports*, 10(1), 21997. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79070-y>
- Christiansen, H., Fournier, N., Hellemans, B., & Volckaert, F. A. M. (2018). Seafood substitution and mislabeling in Brussels' restaurants and canteens. *Food Control*, 85, 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.09.005>
- Cline, E. (2012). Marketplace substitution of Atlantic salmon for Pacific salmon in Washington State detected by DNA barcoding. *Food Research International*, 45(1), 388–393. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.043>
- Cundy, M. E., Santana-Garcon, J., McLennan, A. G., Ayad, M. E., Bayer, P. E., Cooper, M., Corrigan, S., Harrison, E., & Wilcox, C. (2023). Seafood label quality and mislabelling rates hamper consumer choices for sustainability in Australia. *Scientific Reports*, 13(1), 10146. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37066-4>

- Daschner, A. (2016). Risks and Possible Health Effects of Raw Fish Intake. *Fish and Fish Oil in Health and Disease Prevention*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802844-5.00031-2>
- Duggan, D. E., & Kochen, M. (2016). Small in scale but big in potential: Opportunities and challenges for fisheries certification of Indonesian small-scale tuna fisheries. *Marine Policy*, 67, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.01.008>
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. *FAO*. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- FAO. (2024). In Brief to The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. *FAO*. <https://doi.org/10.4060/cd0690en>
- Fernandes, T. J. R., Amaral, J. S., & Mafra, I. (2021). DNA barcode markers applied to seafood authentication: An updated review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(22), 3904–3935. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1811200>
- Filonzi, L., Vaghi, M., Ardenghi, A., Rontani, P. M., Voccia, A., & Nonnis Marzano, F. (2021a). Efficiency of DNA Mini-Barcoding to Assess Mislabeling in Commercial Fish Products in Italy: An Overview of the Last Decade. *Foods*, 10(7), 1449. <https://doi.org/10.3390/foods10071449>
- Filonzi, L., Vaghi, M., Ardenghi, A., Rontani, P. M., Voccia, A., & Nonnis Marzano, F. (2021b). Efficiency of DNA Mini-Barcoding to Assess Mislabeling in Commercial Fish Products in Italy: An Overview of the Last Decade. *Foods*, 10(7), 1449. <https://doi.org/10.3390/foods10071449>
- Gao, Z., Liu, Y., Wang, X., Wei, X., & Han, J. (2019). DNA Mini-Barcoding: A Derived Barcoding Method for Herbal Molecular Identification. *Frontiers in Plant Science*, 10, 987. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00987>
- Ghidini, S., Varrà, M. O., & Zanardi, E. (2019). Approaching authenticity issues in fish and seafood products by qualitative spectroscopy and chemometrics. *Molecules*, 24(9), 1812. <https://doi.org/10.3390/molecules24091812>
- Hanner, R., Becker, S., Ivanova, N. V., & Steinke, D. (2011). FISH-BOL and seafood identification: Geographically dispersed case studies reveal systemic market substitution across Canada. *Mitochondrial DNA*, 22(sup1), 106–122. <https://doi.org/10.3109/19401736.2011.588217>
- Hasnin, H. R., Muzaky, R., & Subakti, J. (2024). Analysis of fisheries market export in Indonesia.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), 313–321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>
- Hebert, P. D. N., & Gregory, T. R. (2005). The promise of DNA barcoding for taxonomy. *Systematic Biology*, 54(5), 852–859. <https://doi.org/10.1080/10635150500354886>

- Jacquet, J. L., & Pauly, D. (2008). Trade secrets: Renaming and mislabeling of seafood. *Marine Policy*, 32(3), 309–318. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.06.007>
- Janjua, S., Fakhar-I-Abbas, William, K., Malik, I. U., & Mehr, J. (2017). DNA mini-barcoding for wildlife trade control: A case study on identification of highly processed animal materials. *Mitochondrial DNA Part A*, 28(4), 544–546. <https://doi.org/10.3109/24701394.2016.1155051>
- Kappel, K., & Schröder, U. (2016). Substitution of high-priced fish with low-priced species: Adulteration of common sole in German restaurants. *Food Control*, 59, 478–486. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.024>
- Khaksar, R., Carlson, T., Schaffner, D. W., Ghorashi, M., Best, D., Jandhyala, S., Traverso, J., & Amini, S. (2015). Unmasking seafood mislabeling in U.S. markets: DNA barcoding as a unique technology for food authentication and quality control. *Food Control*, 56, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.007>
- Kolondam, B. J. (2020). Variasi sekuens gen COI untuk DNA barcoding ikan tuna. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 8(2), 70. <https://doi.org/10.35800/mthp.8.2.2020.28378>
- Lv, J., Wu, S., Zhang, Y., Chen, Y., Feng, C., Yuan, X., Jia, G., Deng, J., Wang, C., Wang, Q., Mei, L., & Lin, X. (2014). Assessment of four DNA fragments (COI, 16S rDNA, ITS2, 12S rDNA) for species identification of the Ixodida (Acari: Ixodida). *Parasites & Vectors*, 7(1), 93. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-93>
- Meusnier, I., Singer, G. A., Landry, J.-F., Hickey, D. A., Hebert, P. D., & Hajibabaei, M. (2008). A universal DNA mini-barcode for biodiversity analysis. *BMC Genomics*, 9(1), 214. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-9-214>
- Mottola, A., Piredda, R., Catanese, G., Lorusso, L., Ciccicarese, G., & Di Pinto, A. (2022). Species authentication of canned mackerel: Challenges in molecular identification and potential drivers of mislabelling. *Food Control*, 137, 108880. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108880>
- Nagalakshmi, K., Annam, P.-K., Venkateshwarlu, G., Pathakota, G.-B., & Lakra, W. S. (2016). Mislabeling in Indian seafood: An investigation using DNA barcoding. *Food Control*, 59, 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.018>
- Obiero, K., Meulenbroek, P., Drexler, S., Dagne, A., Akoll, P., Odong, R., Kaunda-Arara, B., & Waidbacher, H. (2019). The contribution of fish to food and nutrition security in Eastern Africa: Emerging trends and future outlooks. *Sustainability*, 11(6), 1636. <https://doi.org/10.3390/su11061636>
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Pub. L. No. NOMOR 67/PERMEN-KP/2018, 3 (2018).
- Pierron, D., Wildman, D. E., Hüttemann, M., Letellier, T., & Grossman, L. I. (2012). Evolution of the couple cytochrome c and cytochrome c oxidase in primates. In B. Kadenbach (Ed.), *Mitochondrial Oxidative Phosphorylation* (Vol. 748,

- pp. 185–213). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3573-0_8
- Pollack, S. J., Kawalek, M. D., Williams-Hill, D. M., & Hellberg, R. S. (2018). Evaluation of DNA barcoding methodologies for the identification of fish species in cooked products. *Food Control*, 84, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.08.013>
- Rodríguez-Riveiro, R., Velasco, A., & Sotelo, C. G. (2022). The influence of DNA extraction methods on species identification results of seafood products. *Foods*, 11(12), 1739. <https://doi.org/10.3390/foods11121739>
- Sarri, C., Stamatis, C., Sarafidou, T., Galara, I., Godosopoulos, V., Kolovos, M., Liakou, C., Tastsoglou, S., & Mamuris, Z. (2014). A new set of 16S rRNA universal primers for identification of animal species. *Food Control*, 43, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.036>
- Shokralla, S., Hellberg, R. S., Handy, S. M., King, I., & Hajibabaei, M. (2015). A DNA mini-barcoding system for authentication of processed fish products. *Scientific Reports*, 5(1), 15894. <https://doi.org/10.1038/srep15894>
- Tidd, A. N., Rousseau, Y., Ojea, E., Watson, R. A., & Blanchard, J. L. (2022). Food security challenged by declining efficiencies of artisanal fishing fleets: A global country-level analysis. *Global Food Security*, 32, 100598. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100598>
- Visciano, P., & Schirone, M. (2021). Food frauds: Global incidents and misleading situations. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 424–442. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.010>
- Zhang, X., Chen, J., Luo, H., Chen, X., Zhong, J., & Ji, X. (2024). Climate-driven mitochondrial selection in lacertid lizards. *Ecology and Evolution*, 14(3), e11176. <https://doi.org/10.1002/ece3.11176>