

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan persoalan global yang dihadapi oleh hampir seluruh negara dan masih sering dipandang sebagai material tidak bernilai, padahal keberadaannya tersebar luas di lingkungan masyarakat dan telah berkembang menjadi isu nasional yang berdampak pada aspek sosial, ekonomi, dan budaya. Peningkatan aktivitas manusia turut mendorong bertambahnya volume sampah, khususnya sampah organik, dari waktu ke waktu (Budiyanto *et al.*, 2022).

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2024, timbunan sampah di Indonesia yang berasal dari 311 kabupaten dan kota mencapai 32.907.482,51 ton per tahun. Dari jumlah tersebut, upaya pengurangan sampah baru mencapai 1,19% atau sekitar 392.366,75 ton per tahun, sedangkan penanganan sampah tercatat sebesar 31,96% atau 10.518.529,11 ton per tahun. Secara keseluruhan, sampah yang berhasil dikelola hanya sebesar 33,16% (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2024). Lebih dari separuh total sampah tersebut, yaitu sekitar 64,88%, berupa sampah organik yang berasal dari sisa makanan, dedaunan, serta limbah organik lainnya. Apabila tidak ditangani dengan baik, sampah organik berpotensi menimbulkan berbagai dampak lingkungan, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca, pencemaran tanah dan air, hingga penurunan kualitas kesehatan masyarakat (Amir *et al.*, 2025). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengelolaan yang tidak hanya berorientasi pada pengurangan timbunan sampah, tetapi juga mampu memberikan nilai tambah secara ekonomi.

Sistem pengelolaan sampah di berbagai kota di Indonesia masih belum memadai, sehingga banyak sampah yang berakhir mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan sampah harus menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari melalui perubahan perilaku, edukasi, serta penerapan metode pemilahan, daur ulang, dan pemanfaatan kembali. Melalui pendekatan valorisasi, sampah organik berpotensi diolah menjadi produk bernilai tambah, salah satunya sebagai bahan baku alternatif pakan ikan dalam bentuk pelet, di Kota Surabaya, pengelolaan sampah organik melalui sistem TPS 3R umumnya dilakukan dengan mengolah limbah organik menjadi kompos sebagai bentuk pemanfaatan kembali sampah. Namun, pengolahan tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, terutama terkait rendahnya nilai ekonomi produk, terbatasnya daya serap pasar, serta belum

optimalnya diversifikasi hasil pengolahan sampah organik. Sementara itu, peningkatan timbulan sampah organik di wilayah perkotaan menuntut adanya alternatif pengelolaan yang tidak hanya berfokus pada pengurangan volume sampah, tetapi juga mampu menghasilkan produk bernilai tambah dan berkelanjutan secara ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan valorisasi yang lebih inovatif melalui pemanfaatan sampah organik sebagai bahan baku alternatif pembuatan pelet ikan. Pemilihan pelet ikan sebagai produk valorisasi didasarkan pada tingginya kebutuhan pakan di sektor akuakultur nasional serta besarnya kontribusi biaya pakan dalam kegiatan budidaya ikan, sehingga memiliki potensi ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan pengolahan konvensional menjadi kompos. Selain itu, pengembangan pelet ikan berbasis sampah organik berbantu teknologi enzim berpotensi untuk diterapkan tidak hanya pada TPS 3R di Kota Surabaya, tetapi juga pada TPS 3R di berbagai kota lain di Indonesia yang memiliki karakteristik timbulan sampah organik serupa. Dengan demikian, pengembangan tersebut diharapkan dapat mendukung sistem pengelolaan sampah perkotaan yang lebih produktif, terintegrasi, dan berkelanjutan..

Hal ini sangat relevan mengingat Indonesia merupakan negara maritim dengan sektor perikanan yang berkembang pesat, dimana peningkatan kebutuhan pakan akuakultur masih dihadapkan pada tingginya harga pakan komersial akibat ketergantungan terhadap bahan baku impor, khususnya tepung ikan (*fish meal*) dan bungkil kedelai (*soybean meal*). Sekitar 89% bahan baku pakan nasional berasal dari impor, sehingga industri pakan domestik rentan terhadap dinamika pasar global, termasuk kenaikan harga *fish meal* hingga dua kali lipat dalam lima tahun terakhir serta volatilitas harga *soybean meal* yang dipengaruhi oleh perubahan iklim, gangguan logistik, dan kebijakan perdagangan internasional (Naf'an, 2025). Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan sumber protein alternatif berbasis bahan lokal dan limbah organik yang berkelanjutan untuk menekan biaya produksi pakan, mengurangi ketergantungan impor, sekaligus meningkatkan daya saing sektor perikanan nasional (Pauziah *et al.*, 2025).

Pemanfaatan teknologi enzim dalam pengolahan sampah organik menjadi pelet ikan berpotensi meningkatkan pencernaan nutrisi. Melalui hidrolisis enzimatis, karbohidrat, protein, dan lemak diuraikan menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga mudah diserap oleh ikan (Haetami dan Abun, 2024). Dengan cara ini, pakan yang dihasilkan tidak hanya memiliki kandungan gizi yang lebih baik, tetapi juga memberikan efisiensi pemanfaatan yang lebih tinggi bagi pertumbuhan ikan

(Pamaharyani *et al.*, 2025). Peningkatan pencernaan dan efisiensi pemanfaatan nutrisi menunjukkan bahwa penerapan teknologi enzim memiliki prospek untuk dikembangkan tidak hanya pada skala laboratorium, tetapi juga pada skala yang lebih luas. Dalam sistem pengelolaan sampah organik perkotaan, keberadaan Tempat Pengolahan Sampah *Reduce, Reuse, dan Recycle* (TPS 3R) di berbagai wilayah berperan sebagai penyedia bahan baku yang relatif kontinu dan terorganisir, sehingga mendukung keberlanjutan produksi pelet ikan berbasis sampah organik. Dengan demikian, pengembangan pakan ikan berbasis teknologi enzim perlu diarahkan ke skala industri guna mengoptimalkan pemanfaatan sampah organik sekaligus menghasilkan nilai tambah ekonomi.

Untuk menjamin keberlanjutan sekaligus kelayakan proses ini, diperlukan kajian komprehensif yang mencakup tidak hanya aspek teknis, tetapi juga aspek ekonomi. Analisis tekno-ekonomi menjadi instrumen penting dalam menilai sejauh mana teknologi pengolahan dapat diterapkan secara praktis. Kajian ini meliputi evaluasi alur produksi, kebutuhan peralatan, estimasi biaya, potensi keuntungan, serta perbandingan dengan pakan ikan konvensional. Melalui analisis tersebut, diharapkan diperoleh gambaran yang jelas mengenai peluang implementasi teknologi valorisasi sampah organik menjadi pelet ikan sebagai solusi inovatif yang ramah lingkungan sekaligus bernilai ekonomis (Alamsyah, 2020).

Dengan demikian, penelitian mengenai Analisis Tekno-Ekonomi Valorisasi Sampah Organik Menjadi Pelet Ikan Berbantu Teknologi Enzim sangat relevan untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan mampu menghadirkan alternatif pengelolaan sampah organik yang produktif, mendukung ketahanan pangan di sektor perikanan, serta berkontribusi dalam upaya pengurangan dampak lingkungan.

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait pemanfaatan limbah organik maupun limbah industri melalui pendekatan enzimatik dan biokonversi, serta meninjau aspek teknis maupun ekonominya. Salah satunya, Velasco *et al.*, (2024) menganalisis pemanfaatan limbah kopi sebagai bahan baku produksi enzim melalui perancangan dan simulasi proses, yang kemudian dievaluasi menggunakan analisis tekno-ekonomi. Hasil kajian tersebut menunjukkan bahwa proses yang dirancang memiliki efisiensi teknis yang baik serta kelayakan ekonomi yang ditunjukkan oleh nilai NPV dan IRR yang positif serta periode pengembalian modal yang relatif singkat, sehingga menegaskan potensi pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber bernilai tambah secara ekonomis.

Penelitian lain di Indonesia oleh Kusumanto dan Hidayat (2018) mengkaji pemanfaatan sampah organik sebagai bahan baku pembuatan pelet ikan dengan menilai kualitas nutrisinya, khususnya kandungan protein, karbohidrat, dan lemak. Selain aspek teknis, penelitian tersebut juga mengevaluasi kelayakan ekonomi melalui perhitungan biaya produksi dan analisis titik impas usaha, sehingga memberikan gambaran awal mengenai potensi pemanfaatan sampah organik sebagai bahan baku pelet ikan yang bernilai ekonomis. Dalam pengembangannya, penelitian tersebut menambahkan limbah hasil pemotongan ayam, seperti kulit dan usus, sebagai sumber protein untuk meningkatkan nilai gizi pelet yang dihasilkan, serta dilaksanakan di Kota Pekanbaru tanpa melibatkan penerapan teknologi enzim dalam proses pengolahan bahan baku.

Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini memanfaatkan darah hasil pemotongan hewan dari Rumah Potong Hewan (RPH) sebagai sumber protein alternatif dan mengintegrasikan teknologi enzim dalam proses pengolahan untuk meningkatkan pencernaan serta efisiensi pemanfaatan nutrisi. Selain itu, penelitian ini dilaksanakan di Kota Surabaya dengan pendekatan yang terintegrasi pada sistem pengelolaan sampah berbasis TPS 3R, sehingga menghadirkan konteks lokasi dan sistem pengolahan yang berbeda serta lebih relevan untuk penerapan pada skala perkotaan.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah proses valorisasi sampah organik menjadi pelet ikan berbantu teknologi enzim memenuhi kelayakan dari aspek teknis dan ekonomis untuk diimplementasikan sebagai alternatif pemanfaatan sampah organik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis aspek ekonomi dari proses valorisasi sampah organik menjadi pelet ikan berbantu enzim.