

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Berdasarkan data Badan Pangan Nasional (2024) ketersediaan protein nasional mengalami penurunan dari 79,99 gram per kapita per hari pada tahun 2022 menjadi 78,89 gram per kapita per hari pada tahun 2023. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa upaya pemenuhan kebutuhan protein masyarakat Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Produksi sumber protein di wilayah Kota Bandung menghadapi berbagai tantangan yang bersifat kompleks. Salah satunya akibat wabah Penyakit Mulut dan Kuku (PMK), yang berdampak pada menurunnya produktivitas maupun kuantitas protein yang dihasilkan dari sapi perah maupun sapi potong (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2022). Kondisi tersebut mengakibatkan pasokan protein hewani menjadi kurang stabil dan berpotensi menghambat pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat.

Faktor lingkungan juga berperan dalam memengaruhi produksi protein, khususnya pada sektor pertanian sebagai penyedia bahan baku protein nabati. Perubahan iklim dan keterbatasan lahan pertanian menyebabkan penurunan hasil produksi, sehingga berdampak pada ketersediaan sumber protein secara keseluruhan (Badan Pusat Statistik, 2023). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sumber protein alternatif yang berkelanjutan guna mendukung pemenuhan kebutuhan protein sekaligus memperkuat ketahanan pangan nasional. seperti protein sel tunggal (PST) yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber protein berkelanjutan.

PST merupakan sumber protein yang berasal dari mikroorganisme seperti bakteri, ragi, jamur, dan mikroalga, yang dimanfaatkan untuk kebutuhan pangan maupun pakan. PST memiliki kandungan protein tinggi, berkisar antara 30 hingga 80% dari berat kering, dengan profil asam amino yang seimbang dan waktu produksi yang singkat dibandingkan sumber protein nabati dan hewani (Zhuang dkk., 2024). Selain itu PST juga dapat diproduksi menggunakan bahan baku yang murah seperti limbah organik (Gundupalli dkk., 2024).

Limbah cair tahu dan kulit pisang merupakan substrat yang potensial untuk produksi Protein Sel Tunggal (PST) karena keduanya memiliki kandungan nutrisi yang mendukung pertumbuhan mikroba. Limbah cair tahu diketahui kaya akan nitrogen dan protein, sedangkan kulit pisang mengandung karbohidrat tinggi sebagai sumber energi. Kombinasi kedua limbah ini menghasilkan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) yang lebih seimbang, sehingga proses fermentasi berlangsung lebih efisien. Maryana dkk. (2016) melaporkan bahwa limbah cair tahu masih mengandung karbohidrat dan protein tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai substrat pertumbuhan *Rhizopus oryzae* untuk menghasilkan PST, dengan kadar protein tertinggi tercapai pada inkubasi 48 jam dengan pH optimum 5. Rahayu dkk. (2020) menunjukkan bahwa media fermentasi berbasis limbah cair tahu dengan tambahan sumber nitrogen mampu meningkatkan kadar protein hingga 33,33%.

Kajian terhadap sentra industri tahu di Cibuntu, Bandung, mencatat adanya sekitar 100 unit pabrik tahu aktif dengan kapasitas produksi yang bervariasi (Handayani, 2021) Gusvita dkk., (2023) melaporkan bahwa limbah cair tahu di Kota Bandung mencapai 94.900–116.800 m³ per tahun. Tingginya produksi limbah cair tahu memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Namun demikian, limbah cair tahu masih memiliki kandungan nutrisi.

Zainah (2025), melaporkan bahwa limbah cair tahu mengandung air 95,5%, abu 0,08%, lemak 0,82%, protein 2,96%, dan karbohidrat 0,94%. Berdasarkan hasil analisis proksimat, kadar protein pada limbah cair tahu sebesar 2,96% tergolong sedang hingga tinggi dibandingkan hasil penelitian Maryana dkk. (2016) melaporkan kadar protein berkisar antara 2,5–3,1%. Sementara itu, kadar protein pada limbah kulit pisang raja sebesar 1,82% tergolong rendah, namun kandungan karbohidratnya yang tinggi (19,26%) dapat berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroba. Kandungan protein yang lebih dominan dibandingkan lemak dan karbohidrat menunjukkan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) pada limbah cair tahu tidak seimbang. Akibatnya ketersediaan karbon sebagai sumber energi bagi mikroba menjadi terbatas. Oleh karena itu, Octaviani (2025), memadukan limbah cair tahu dengan kulit pisang raja, yang mengandung karbohidrat sebesar 19,26% untuk menyeimbangkan resio C/N.

Pemanfaatan kombinasi limbah cair tahu dan kulit pisang sebagai media pertumbuhan bakteri *indigenous* penghasil PST menunjukkan adanya potensi yang dapat dimanfaatkan dari ciptaan Allah. Hal ini selaras dengan makna QS. Ali ‘Imran ayat 191 sebagai berikut:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka”.

Menurut Katsir (2000), ayat ini menjelaskan bahwa orang yang memiliki akal sehat adalah mereka yang terus mengingat Allah sekaligus merenungi ciptaan-Nya, hingga akhirnya memahami bahwa segala sesuatu yang diciptakan memiliki tujuan dan hikmah, serta tidak ada yang diciptakan secara sia-sia. Ayat tersebut menegaskan bahwa segala ciptaan Allah memiliki manfaat. Sebagaimana bakteri *indigenous* bisa menghasilkan PST menggunakan bahan baku berupa limbah cair tahu dan kulit pisang.

Produksi PST sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti waktu inkubasi. Waktu inkubasi memengaruhi produksi PST karena berhubungan dengan fase pertumbuhan mikroorganisme yaitu fase adaptasi, eksponensial, stasioner dan kematian (Maryana dkk., 2016). Fase pertumbuhan eksponensial merupakan fase optimal dalam pembentukan biomassa sel, sehingga menjadi tahap yang paling tepat untuk proses pemanenan PST. Zainah (2025), melakukan 3 variasi waktu untuk menghasilkan PST menggunakan bakteri *indigenous*, hasil penelitian menunjukkan bahwa, waktu inkubasi 4 hari lebih baik dibandingkan waktu inkubasi 2 dan 6 hari.

Selain waktu inkubasi, konsentrasi starter juga mempengaruhi produksi PST. Konsentrasi starter sangat menentukan jumlah awal mikroorganisme yang digunakan dalam produksi PST. Konsentrasi yang tepat dapat mempercepat pertumbuhan menuju fase eksponensial sehingga sintesis protein berlangsung optimal (Napitupulu dkk., 2024). Namun, konsentrasi yang terlalu rendah memperlambat pertumbuhan, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat

menyebabkan persaingan nutrisi dan penumpukan metabolit yang menghambat aktivitas mikroba, sehingga menurunkan produksi protein (Fitria dkk., 2023). Hal ini didukung oleh penelitian Zainah (2025) yang menyatakan bahwa konsentrasi starter 10% lebih baik dibandingkan konsentrasi starter 5 dan 15%. Pencapaian kondisi produksi PST yang optimal sangat bergantung pada pengaturan waktu inkubasi, konsentrasi starter, serta ketersediaan nutrisi, sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

Dalam proses inkubasi, kadar gula berfungsi sebagai indikator utama untuk memantau aktivitas metabolisme mikroorganisme. Penurunan kadar gula mencerminkan efisiensi fermentasi serta aktivitas enzim dalam memecah substrat (Gao dkk., 2022). Selain itu, pH memiliki peran krusial karena memengaruhi stabilitas enzim dan jalur metabolik mikroba. Kondisi pH yang tidak sesuai dapat menurunkan efektivitas reaksi biokimia dan mengubah produk metabolit yang dihasilkan (Irvan dkk., 2015). Analisis kadar protein juga penting karena menentukan nilai gizi dan kualitas Protein Sel Tunggal (PST) sebagai sumber protein alternatif (Mehta & Satyanarayana, 2016). Sementara itu, biomassa kering menggambarkan total pertumbuhan mikroorganisme selama inkubasi, sehingga menjadi indikator produktivitas fermentasi (Ravindra, 2000). Oleh karena itu, keempat parameter ini digunakan dalam penelitian untuk menilai efektivitas variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter terhadap produksi PST.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter terhadap kadar gula dan pH media selama proses produksi PST?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter terhadap biomassa kering PST?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter terhadap kadar protein yang dihasilkan pada produksi PST?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter terhadap kadar gula dan pH media selama produksi PST?
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter terhadap biomassa kering PST?
3. Mengetahui pengaruh variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter terhadap kadar protein yang dihasilkan pada produksi PST?

1.4 Hipotesis Penelitian

- 1 Variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter berpengaruh terhadap kadar gula dan pH media selama produksi PST, di mana semakin lama waktu inkubasi dan semakin tinggi konsentrasi starter menyebabkan penurunan kadar gula serta penurunan pH akibat aktivitas metabolisme mikroba.
- 2 Variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter berpengaruh terhadap biomassa kering PST, di mana peningkatan waktu inkubasi dan konsentrasi starter akan meningkatkan biomassa kering hingga mencapai kondisi optimum, kemudian dapat menurun setelah melewati fase optimum.
- 3 Variasi waktu inkubasi dan konsentrasi starter berpengaruh terhadap kadar protein yang dihasilkan pada produksi PST, di mana semakin lama waktu inkubasi dan semakin tinggi konsentrasi starter akan meningkatkan kadar protein hingga mencapai kondisi optimum, kemudian dapat menurun setelah melewati titik optimum.

1.5 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu mikrobiologi, khususnya pada bidang fermentasi mikroba dan produksi protein sel tunggal (PST).

b. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pemanfaatan kedua jenis limbah ini berupa limbah cair tahu dan kulit pisang, yang dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah organik secara langsung, sehingga memberikan solusi nyata bagi permasalahan pengelolaan limbah agroindustri. Selain itu, penelitian ini mampu meningkatkan nilai ekonomi dari limbah cair tahu dan kulit pisang

dengan mengolahnya menjadi produk berprotein tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif.

