

REVIEW ARTIKEL: PENGARUH KOMPOSISI MEDIA FERMENTASI TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI METABOLIT MIKROBA

Desti Isna Danias¹, Dhiva Dwi Handayani², Noviyanti Sutisna³, Desti Novia
Salsabilla⁴, Saphira Aulia Effendi⁵, Siti Nurjannah⁶, Tiara Amanda Lestari^{7*}, Intan
kusumaningrum⁸

¹Teknologi pangan - Universitas Djuanda, destiisnad@gmail.com

²Teknologi pangan - Universitas Djuanda, dhivahandayani433@gmail.com

³Teknologi pangan - Universitas Djuanda, noviyantisutisna794@gmail.com

⁴Teknologi pangan - Universitas Djuanda, destinovia03@gmail.com

⁵Teknologi pangan - Universitas Djuanda, saphiraaulia0@gmail.com

⁶Teknologi pangan - Universitas Djuanda, sitinjanah3424@gmail.com

^{7*}Teknologi pangan - Universitas Djuanda, tiaraamandalestari@unida.ac.id

⁸Teknologi pangan - Universitas Djuanda, intan.kusumaningrum@unida.ac.id

ABSTRAK

Komposisi media fermentasi merupakan faktor kunci yang menentukan pertumbuhan mikroba dan produksi metabolit dalam proses fermentasi industri. *Review* artikel ini mengkaji berbagai penelitian terkini mengenai pengaruh komponen media seperti sumber karbon, nitrogen, mineral, dan faktor fisikokimia terhadap kinerja fermentasi mikroba. Berdasarkan analisis literatur dari 10 jurnal terindeks internasional periode 2016-2026, ditemukan bahwa optimasi komposisi media menggunakan metode statistik seperti *Response Surface Methodology* (RSM) dan *Plackett-Burman Design* dapat meningkatkan produksi metabolit hingga 200-300%. Sumber karbon kompleks seperti molase, pati, dan limbah agroindustri terbukti lebih ekonomis dibandingkan glukosa murni. Sumber nitrogen organik seperti *yeast extract* dan pepton memberikan hasil lebih baik untuk produksi metabolit sekunder. Konsentrasi fosfat, magnesium, dan *trace elements* juga mempengaruhi jalur metabolisme mikroba. Pendekatan *machine learning* dan *metabolomics* mulai digunakan untuk memprediksi formulasi media optimal. Kajian ini menyimpulkan bahwa pemilihan dan optimasi komposisi media yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi produksi fermentasi dan menurunkan biaya produksi.

Kata Kunci: media fermentasi, pertumbuhan mikroba, metabolit, optimasi media, *Response Surface Methodology*

PENDAHULUAN

Fermentasi merupakan salah satu bentuk penerapan bioteknologi yang telah lama digunakan oleh manusia, tidak hanya dalam pengolahan bahan pangan, tetapi juga untuk menghasilkan berbagai metabolit mikroba bernilai tinggi seperti enzim, antibiotik, dan senyawa bioaktif lainnya (Shi et al., 2024). Salah satu penerapannya adalah pemanfaatan kapang *Aspergillus niger* sebagai biokatalis dalam produksi enzim amilase yang memiliki nilai ekonomi penting di sektor industri (Agusnur, 2025). Meski demikian, secara alami mikroorganisme cenderung menghasilkan metabolit dalam jumlah terbatas, sehingga diperlukan strategi optimasi untuk meningkatkan produktivitas agar sesuai dengan kebutuhan industri (Singh et al., 2017).

Keberhasilan fermentasi sangat ditentukan oleh komposisi media yang berfungsi sebagai sumber nutrisi utama bagi pertumbuhan mikroba sekaligus pembentukan metabolit (Singh et al., 2017). Komponen seperti sumber karbon, misalnya glukosa dan fruktosa, memiliki peran penting sebagai penyedia energi yang dapat meningkatkan pertumbuhan biomassa serta aktivitas antibakteri pada beberapa isolat (Wulandari et al., 2020). Selain itu, variasi jenis media, seperti pemanfaatan limbah organik (ampas tahu atau limbah buah), serta pengaturan konsentrasi substrat yang tepat, terbukti berpengaruh signifikan terhadap efisiensi produksi, baik untuk enzim maupun biomassa (Agusnur, 2025).

Upaya optimasi komposisi media dan parameter lingkungan, termasuk lama fermentasi, menjadi langkah penting untuk memaksimalkan sintesis metabolit atau senyawa aktif tertentu (Ani & Putri, 2021). Sebagai contoh, penggunaan media yang dimodifikasi dengan konsentrasi gula tertentu mampu meningkatkan hasil produksi eksopolisakarida seperti skleroglukan secara optimal (Moehady & Djenar, 2018). Perkembangan teknologi juga mendorong pemanfaatan metode statistik serta pemahaman yang lebih mendalam mengenai interaksi antara mikroorganisme dan

nutrisi media, yang menjadi landasan penting dalam pengembangan bioteknologi yang lebih efisien dan terarah (Aida et al., 2023).

Beragam jenis media, baik sintetis maupun berbasis limbah organik, menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan biomassa dan aktivitas metabolit yang dihasilkan (Amran, 2021). Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan produksi pada skala industri tidak hanya ditentukan oleh potensi genetik mikroorganisme, tetapi juga oleh ketepatan dalam merancang dan memodifikasi komposisi media untuk mengarahkan jalur metabolisme tertentu (Moehady & Djenar, 2018). Oleh karena itu, kajian literatur ini bertujuan untuk mengulas dan merangkum berbagai penelitian terkait pengaruh komposisi media fermentasi terhadap pola pertumbuhan mikroorganisme serta efektivitas produksi metabolit, sehingga dapat mengidentifikasi kondisi optimal yang telah dilaporkan dalam berbagai studi bioteknologi.

METODE PENELITIAN

Review artikel ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menganalisis pengaruh komposisi media fermentasi terhadap pertumbuhan dan produksi metabolit mikroba. Data dikumpulkan dari artikel penelitian original dan review yang dipublikasikan pada jurnal terindeks internasional seperti *Scopus*, *Web of Science*, *PubMed*, dan *Google Scholar* dalam rentang waktu 2015-2025. Jenis penelitian yang dianalisis meliputi studi kualitatif yang membahas mekanisme pengaruh komponen media terhadap metabolisme mikroba, serta studi kuantitatif yang mengukur pertumbuhan sel, konsentrasi metabolit, dan *yield* produk. Spesifikasi model yang dikaji mencakup berbagai metode optimasi seperti *Response Surface Methodology* (RSM), *Plackett-Burman Design* (PBD), *One-Factor-at-a-Time* (OFAT), serta pendekatan *machine learning* dan *metabolomics*. Data yang dianalisis meliputi parameter pertumbuhan mikroba (*optical density*, biomassa kering, laju pertumbuhan

spesifik), parameter produksi metabolit (konsentrasi produk, *yield*, produktivitas), serta komposisi media optimal yang dilaporkan dari setiap studi.

Adopsi dan modifikasi metode dilakukan dengan mengekstraksi informasi penting dari setiap artikel terpilih, termasuk jenis mikroorganisme, komponen media yang digunakan, metode optimasi yang diterapkan, dan hasil yang diperoleh. Modifikasi dilakukan dengan menyesuaikan terminologi dan klasifikasi komponen media agar konsisten antar sumber literatur. Bahan analisis mencakup 10 artikel jurnal terindeks yang memenuhi kriteria inklusi, dengan cara penarikan sampel menggunakan purposive sampling berdasarkan relevansi topik dan kualitas jurnal. Prosedur analisis dilakukan dengan metode deskriptif-komparatif, dimana data dari berbagai studi disintesis untuk mengidentifikasi pola umum, tren, dan kesimpulan mengenai pengaruh komposisi media fermentasi. Pengumpulan data dilakukan melalui *systematic literature search* dengan kata kunci "*fermentation media composition*", "*microbial growth*", "*metabolite production*", dan "*media optimization*". Cara perhitungan atau analisis sampai diperoleh hasil terolah dilakukan dengan mengekstraksi data kuantitatif dari tabel dan grafik pada artikel sumber, kemudian membandingkan kondisi optimal dan peningkatan produktivitas yang dilaporkan untuk mengidentifikasi strategi optimasi media yang paling efektif secara terperinci dan diuraikan dengan mengacu pada literatur yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil berbagai penelitian, komposisi media fermentasi terbukti menjadi faktor dominan yang menentukan tidak hanya pertumbuhan mikroorganisme, tetapi juga arah dan intensitas produksi metabolit sekunder. Penelitian oleh Ahsan et al. (2022) menunjukkan bahwa formulasi media dengan kombinasi semolina, *beef extract*, dan $MgSO_4$ mampu menghasilkan aktivitas antifungi yang sangat tinggi dengan tingkat penghambatan mencapai $\pm 92\%$ terhadap *Cercospora arachidicola*. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan fermentasi tidak semata-

mata ditentukan oleh keberadaan nutrien, tetapi oleh keseimbangan komposisi yang mampu mengarahkan metabolisme mikroba ke produksi senyawa bioaktif. Namun demikian, hasil ini juga mengindikasikan bahwa optimasi media bersifat sangat spesifik terhadap jenis mikroorganisme dan target metabolit, sehingga tidak dapat digeneralisasi untuk semua sistem fermentasi.

Lebih lanjut, penggunaan metode optimasi berbasis statistik seperti *Response Surface Methodology* (RSM) menunjukkan keunggulan yang signifikan dibandingkan metode konvensional *one-factor-at-a-time* (OFAT). Pendekatan RSM memungkinkan identifikasi interaksi antar variabel yang sebelumnya tidak terdeteksi, sehingga menghasilkan kondisi optimum yang lebih akurat dan efisien (Singh et al., 2017). Secara kritis, hal ini menunjukkan bahwa pendekatan konvensional cenderung oversimplifikasi karena mengabaikan efek sinergis antar komponen media. Dengan demikian, penggunaan metode statistik bukan hanya pilihan, melainkan kebutuhan dalam optimasi fermentasi modern, terutama untuk skala industri yang menuntut efisiensi tinggi.

Di sisi lain, faktor proses seperti metode sterilisasi juga memiliki implikasi yang tidak dapat diabaikan. (Wang et al., 2023) melaporkan bahwa perbedaan metode sterilisasi dapat mengubah profil metabolit secara signifikan hingga ratusan senyawa. Hal ini menunjukkan bahwa proses yang sering dianggap sebagai tahap teknis rutin justru berpotensi mengubah kualitas media secara mendasar. Secara kritis, fenomena ini mengindikasikan bahwa hasil fermentasi tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi awal media, tetapi juga oleh perubahan kimia yang terjadi selama proses perlakuan, seperti reaksi degradasi atau pembentukan senyawa baru akibat pemanasan. Oleh karena itu, kontrol terhadap proses sterilisasi harus dipertimbangkan sebagai bagian integral dari desain fermentasi, bukan sekadar tahap pendukung.

Selain itu, interaksi antara sumber karbon, nitrogen, dan mineral dalam media menunjukkan peran yang kompleks dalam mengatur metabolisme mikroorganisme.

Karbon sebagai sumber energi utama, nitrogen sebagai penyusun biomolekul, serta mineral sebagai kofaktor enzim bekerja secara sinergis dalam menentukan jalur metabolik yang diaktifkan (Ahsan et al., 2022). Namun, secara lebih kritis, jenis karbon yang digunakan juga menentukan arah metabolisme, di mana karbon sederhana seperti glukosa dapat menekan produksi metabolit sekunder melalui mekanisme represi katabolit, sedangkan karbon kompleks cenderung mendukung produksinya. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan nutrisi tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan hasil metabolit, melainkan bergantung pada regulasi metabolik yang terjadi di dalam sel.

Lebih lanjut, hubungan antara pertumbuhan mikroorganisme dan produksi metabolit sekunder tidak selalu linier. Dalam banyak kasus, peningkatan biomassa tidak diikuti oleh peningkatan produksi metabolit karena keduanya terjadi pada fase pertumbuhan yang berbeda, yaitu *trofofase* dan *idiophase*. Secara kritis, hal ini menegaskan bahwa strategi fermentasi yang hanya berfokus pada peningkatan jumlah sel berpotensi tidak efektif jika tidak diikuti dengan pengaturan kondisi yang mendukung fase produksi metabolit (Singh et al., 2017). Oleh karena itu, pengendalian kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan ketersediaan nutrisi menjadi kunci dalam mengarahkan metabolisme mikroba secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan fermentasi merupakan hasil dari interaksi kompleks antara komposisi media, metode optimasi, dan kondisi proses. Pendekatan yang terlalu sederhana dalam merancang media fermentasi berpotensi menghasilkan output yang tidak optimal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih integratif dan berbasis data untuk mencapai efisiensi dan produktivitas yang maksimal dalam proses fermentasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan telaah literatur yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa komposisi media fermentasi adalah faktor kunci yang mempengaruhi

perkembangan mikroorganisme serta produksi metabolit. Di sini, keseimbangan antara sumber karbon, nitrogen, dan mineral berfungsi untuk mengarahkan kegiatan metabolisme dengan cara yang spesifik. Pengoptimalan media yang menggunakan metode statistik, terutama *Response Surface Methodology* (RSM), terbukti lebih efisien dibandingkan dengan teknik tradisional karena dapat mengenali interaksi antar variabel dengan lebih menyeluruh. Selain itu, kondisi dalam proses seperti sterilisasi dan faktor lingkungan juga berpengaruh pada mutu dan jumlah metabolit yang dihasilkan. Temuan dari kajian ini menunjukkan bahwa keberhasilan dalam fermentasi memerlukan pendekatan terintegrasi antara komposisi media dan kondisi proses. Namun, ada juga batasan dalam hal generalisasi disebabkan oleh variasi pada jenis mikroorganisme dan substrat yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian di selanjutnya harus difokuskan pada pengembangan metode optimasi yang berbasis teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi serta penerapan di tingkat industri.

REFERENSI

- Agusnur, A. (2025). Pengaruh Konsentrasi Media dan Lama Inkubasi terhadap Produksi Enzim Amilase dari *Aspergillus niger*. *Jurnal Agroteknologi Indonesia*, 01(01), 18–26. <http://pustakajurnal.web.id/index.php/jati>
- Ahsan, T., Zang, C., Yu, S., Pei, X., Xie, J., Lin, Y., Liu, X., & Liang, C. (2022). Screening, and Optimization of Fermentation Medium to Produce Secondary Metabolites from *Bacillus amyloliquefaciens*, for the Biocontrol of Early Leaf Spot Disease, and Growth Promoting Effects on Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Fungi*, 8(11), 1–17. <https://doi.org/10.3390/jof8111223>
- Aida, H., Uchida, K., Nagai, M., Hashizume, T., Masuo, S., Takaya, N., & Ying, B. W. (2023). Machine learning-assisted medium optimization revealed the discriminated strategies for improved production of the foreign and native metabolites. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 21, 2654–2663. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2023.04.020>
- Amran, M. (2021). Pengaruh Media Biakan Fermentasi dengan Mikroba yang Berbeda terhadap Produksi Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) The Influence of Fermentation Culture Media with Different Microbes on The Production of Maggot Black

- soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Peternakan*, 18(1), 41–50. <https://doi.org/10.24014/jupet.v18i1:11253>
- Ani, D. F., & Putri, D. H. (2021). Pengaruh Komposisi Medium dan Waktu Fermentasi Terhadap Produksi Senyawa Aktif Bakteri Endofit Tumbuhan Andalas (*Morus macroura* Mic). *Prosiding SEMNAS BIO 2021 Universitas Negeri Padang*, 1650–1655.
- Moehady, B. I., & Djenar, N. S. (2018). Pengaruh Komposisi Media Pertumbuhan Terhadap Produksi Scleroglucan Pada Fermentasi Aerob *Sclerotium rolfsii* InaCC F-05. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(3), 237–246.
- Shi, Y. W., Niu, X. X., Yang, H. M., Chu, M., Wang, N., Bao, H. F., Zhan, F. Q., Yang, R., & Lou, K. (2024). Optimization of the fermentation media and growth conditions of *Bacillus velezensis* BHZ-29 using a Plackett–Burman design experiment combined with response surface methodology. *Frontiers in Microbiology*, 15, 01–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1355369>
- Singh, V., Haque, S., Niwas, R., Srivastava, A., Pasupuleti, M., & Tripathi, C. K. M. (2017). Strategies for fermentation medium optimization: An in-depth review. *Frontiers in Microbiology*, 7(JAN), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02087>
- Wang, H., Guo, J., Chen, X., & He, H. (2023). The Metabolomics Changes in Luria–Bertani Broth Medium under Different Sterilization Methods and Their Effects on *Bacillus* Growth. *Metabolites*, 13(8), 1–14. <https://doi.org/10.3390/metabo13080958>
- Wulandari, H. R., Pujiyanto, S., & Jannah, S. N. (2020). Pengaruh penambahan sumber karbon terhadap produksi antibakteri isolat endofit A1 tanaman ciplukan (*Physalis angulata* L.) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *NICHE Journal of Tropical Biology*, 3(2), 80–88.