

INTEGRASI TEKNOLOGI CERDAS DALAM FERMENTASI PANGAN LOKAL BERBASIS BIOLOGI SEBAGAI STRATEGI PENINGKATAN KUALITAS HIDUP DI ERA SOCIETY 5.0

Kadek Ulan Pratima Wati¹, Pande Putu Eka Saputra², Baselius Luis Mauk Wala³

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Bali, Indonesia.

Email : ulanpratima17@gmail.com

Abstrak

Abstrak disusun untuk mengkaji integrasi teknologi cerdas dalam fermentasi pangan lokal sebagai upaya meningkatkan kualitas hidup di era Society 5.0. Fermentasi pangan lokal merupakan bentuk kearifan lokal berbasis biologi yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk meningkatkan nilai gizi, keamanan, dan daya simpan pangan. Produk seperti tempe, tape, dan dadih telah lama berperan dalam mendukung ketahanan pangan dan kesehatan masyarakat. Namun, praktik fermentasi tradisional masih menghadapi permasalahan berupa ketidakkonsistenan mutu, risiko kontaminasi mikroba patogen, serta keterbatasan efisiensi produksi. Di era Society 5.0, pemanfaatan teknologi cerdas seperti Internet of Things, kecerdasan buatan, dan bioteknologi sederhana berpotensi mengoptimalkan proses fermentasi tanpa menghilangkan nilai kearifan lokal. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara naratif integrasi teknologi cerdas dalam fermentasi pangan lokal berbasis biologi serta kontribusinya terhadap peningkatan kualitas hidup masyarakat. Metode yang digunakan adalah studi pustaka dengan menelaah literatur ilmiah bereputasi nasional dan internasional. Hasil kajian menunjukkan bahwa teknologi cerdas mampu meningkatkan kontrol proses biologis, mutu produk, keamanan pangan, serta nilai ekonomi pangan fermentasi lokal. Integrasi ini sejalan dengan konsep Society 5.0 yang menempatkan manusia sebagai pusat inovasi berbasis teknologi dan kearifan lokal.

Kata kunci: fermentasi pangan lokal, teknologi cerdas, kearifan lokal, biologi, Society 5.0

Pendahuluan

Fermentasi merupakan proses biologis yang melibatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengubah substrat pangan menjadi produk dengan karakteristik fisik, kimia, dan biologis yang lebih menguntungkan. Dalam konteks Indonesia, fermentasi

pangan berkembang sebagai kearifan lokal yang diwariskan secara turun-temurun, seperti pada pembuatan tempe, tape, dadih, dan berbagai produk fermentasi berbasis sumber daya lokal. Proses ini tidak hanya berfungsi sebagai teknik pengolahan pangan, tetapi juga sebagai strategi adaptif masyarakat dalam menjaga ketahanan pangan dan kesehatan.

Secara ilmiah, fermentasi meningkatkan bioavailabilitas nutrisi, menurunkan senyawa antinutrien, serta menghasilkan metabolit bioaktif yang berkontribusi terhadap kesehatan manusia (Marco et al., 2017). Meskipun demikian, praktik fermentasi tradisional umumnya masih mengandalkan pengalaman empiris, sehingga kualitas produk sering kali tidak konsisten dan rentan terhadap kontaminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Perkembangan Society 5.0 membawa paradigma baru dalam pemanfaatan teknologi, yaitu teknologi yang berorientasi pada kesejahteraan manusia dan keberlanjutan. Dalam konteks ini, integrasi teknologi cerdas pada fermentasi pangan lokal berpotensi menjadi solusi untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat tanpa menghilangkan identitas budaya dan biologis yang melekat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan sensor digital, sistem monitoring berbasis IoT, serta analisis data berbasis kecerdasan buatan mampu meningkatkan efisiensi dan keamanan proses fermentasi (Zhou et al., 2022).

Namun, kajian yang mengaitkan fermentasi pangan lokal, teknologi cerdas, dan kerangka Society 5.0 secara komprehensif masih terbatas. Oleh karena itu, Kajian ini bertujuan untuk menganalisis integrasi teknologi cerdas dalam fermentasi pangan lokal berbasis biologi sebagai strategi peningkatan kualitas hidup di era Society 5.0. Kajian ini diharapkan memberikan perspektif integratif antara biologi, teknologi cerdas, dan kearifan lokal sebagai dasar pengembangan sistem pangan berkelanjutan.

Berdasarkan uraian tersebut, kajian ini bertujuan untuk menganalisis integrasi teknologi cerdas dalam fermentasi pangan lokal berbasis biologi sebagai strategi peningkatan kualitas hidup di era Society 5.0.

Metode

Studi ini menggunakan pendekatan **Narrative Review** dengan tujuan mengintegrasikan berbagai temuan ilmiah lintas disiplin, khususnya biologi, teknologi pangan, dan sistem teknologi cerdas. Penelusuran pustaka dilakukan melalui database ilmiah bereputasi, meliputi Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, dan jurnal nasional terakreditasi.

Kriteria inklusi pustaka meliputi:

(1) artikel ilmiah yang membahas fermentasi pangan berbasis mikroorganisme,

- (2) studi terkait penerapan teknologi cerdas dalam proses pangan, serta
- (3) literatur yang mengaitkan teknologi dengan konsep Society 5.0 atau *human-centered innovation*.

Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai integrasi proses biologis dan teknologi cerdas dalam konteks fermentasi pangan lokal berbasis kearifan lokal.

Hasil dan Pembahasan

1. Dasar Biologis Fermentasi Pangan Lokal

Fermentasi pangan lokal berbasis biologi berlangsung melalui interaksi kompleks antara mikroorganisme, substrat, dan kondisi lingkungan yang membentuk suatu ekosistem mikroba dinamis. Kapang *Rhizopus sp.* pada fermentasi tempe berperan dalam mendegradasi protein dan karbohidrat kompleks melalui aktivitas enzim protease dan amilase, sehingga meningkatkan ketersediaan asam amino esensial dan senyawa bioaktif. Sementara itu, bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus sp.* menghasilkan asam laktat yang berfungsi menurunkan pH, menciptakan lingkungan selektif yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen.

Dari perspektif biologi molekuler, proses fermentasi juga memicu perubahan profil metabolit pangan, termasuk peningkatan senyawa antioksidan dan peptida bioaktif yang berpotensi mendukung kesehatan pencernaan dan sistem imun. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi pangan lokal bukan sekadar proses pengawetan, tetapi merupakan bentuk bioteknologi tradisional yang memiliki dasar ilmiah kuat.

2. Keamanan Pangan dan Stabilitas Ekosistem Mikroba

Fermentasi berkontribusi terhadap keamanan pangan melalui mekanisme biologis alami, seperti kompetisi nutrisi antar mikroorganisme dan produksi senyawa antimikroba. Penurunan pH dan produksi bakteriosin oleh bakteri asam laktat berperan dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen, termasuk *Salmonella* dan *Escherichia coli*.

Namun, stabilitas ekosistem mikroba dalam fermentasi tradisional sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang tidak selalu terkendali. Variasi suhu, kelembapan, dan kualitas bahan baku dapat menyebabkan dominasi mikroorganisme yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, pemahaman ekologi mikroba menjadi aspek penting dalam upaya peningkatan mutu dan keamanan produk fermentasi pangan lokal.

3. Keterbatasan Fermentasi Tradisional dalam Sistem Pangan Modern (Analisis Kritis)

Dalam sistem pangan modern yang menuntut konsistensi dan keamanan produk, fermentasi tradisional menghadapi tantangan serius. Ketergantungan pada kondisi alam menyebabkan variasi hasil fermentasi, baik dari segi rasa, tekstur, maupun kandungan gizi. Selain itu, minimnya dokumentasi proses fermentasi menghambat proses evaluasi dan perbaikan berkelanjutan.

Dari sudut pandang biologi terapan, kondisi ini mencerminkan kurangnya kontrol terhadap faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Tanpa intervensi yang tepat, potensi biologis fermentasi pangan lokal sulit dimaksimalkan dalam skala produksi yang lebih luas.

4. Peran Teknologi Cerdas dalam Optimalisasi Proses Biologis Fermentasi

Teknologi cerdas memberikan peluang untuk menjembatani kesenjangan antara praktik fermentasi tradisional dan kebutuhan sistem pangan modern. Sensor berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan suhu, pH, dan kelembapan secara real-time selama proses fermentasi. Data yang dihasilkan dapat dianalisis menggunakan kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi kondisi optimal pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan.

Dalam konteks biologi, teknologi ini berfungsi sebagai alat bantu untuk menjaga keseimbangan ekosistem mikroba. Dengan pengendalian yang lebih presisi, risiko kontaminasi dapat ditekan, sementara aktivitas mikroorganisme fungsional tetap dipertahankan. Hal ini membuktikan bahwa teknologi tidak menggantikan peran proses biologis, melainkan memperkuatnya.

Tabel 1. Perbandingan Kualitas Fermentasi Tradisional dan Terintegrasi Teknologi Cerdas

Parameter	Fermentasi Tradisional	Integrasi Teknologi Cerdas
Kontrol Suhu & pH	Bergantung pada lingkungan	Otomatis dan Real-time
Konsistensi Mutu	Sering bervariasi	Terstandarisasi
Risiko Kontaminasi	Cukup tinggi	Sangat rendah (Terdeteksi dini)
Dokumentasi Proses	Minim/Manual	Digital dan Terintegrasi Cloud

5. Integrasi Fermentasi Pangan Lokal dan Konsep Society 5.0

Integrasi teknologi cerdas dalam fermentasi pangan lokal mencerminkan prinsip Society 5.0, yaitu pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Pendekatan ini menempatkan produsen pangan lokal sebagai subjek utama inovasi, bukan sekadar objek teknologi. Melalui peningkatan kualitas dan keamanan produk, fermentasi pangan lokal dapat bersaing di pasar yang lebih luas tanpa kehilangan identitas biologis dan budaya.

Selain itu, integrasi ini mendukung transfer pengetahuan biologis dari generasi ke generasi melalui sistem digital yang terdokumentasi dengan baik, sehingga kearifan lokal tidak hanya dilestarikan, tetapi juga dikembangkan secara ilmiah.

6. Implikasi Integrasi terhadap Kualitas Hidup Masyarakat

Integrasi fermentasi pangan lokal dan teknologi cerdas berdampak langsung terhadap berbagai aspek kualitas hidup masyarakat, antara lain:

1. **Kesehatan**, melalui peningkatan konsumsi pangan fermentasi yang aman, bergizi, dan kaya senyawa bioaktif.
2. **Ekonomi**, melalui peningkatan nilai tambah produk lokal dan peluang usaha berbasis biologi terapan.
3. **Lingkungan**, melalui pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan dengan limbah minimal.
4. **Sosial dan budaya**, melalui pelestarian pengetahuan biologis tradisional yang diperkuat oleh pendekatan ilmiah.

Kesimpulan

Fermentasi pangan lokal berbasis biologi memiliki potensi besar sebagai solusi strategis dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat di era Society 5.0. Proses fermentasi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme tidak hanya berperan dalam peningkatan nilai gizi dan keamanan pangan, tetapi juga mendukung ketahanan pangan serta pemberdayaan ekonomi berbasis kearifan lokal. Integrasi teknologi cerdas, seperti sistem pemantauan dan pengendalian proses fermentasi, memungkinkan optimalisasi proses biologis secara lebih konsisten dan terkontrol tanpa menghilangkan nilai tradisional yang telah diwariskan secara turun-temurun. Pendekatan ini menegaskan bahwa inovasi berkelanjutan tidak selalu identik dengan

meninggalkan tradisi, melainkan dapat diwujudkan melalui penguatan praktik lokal dengan dukungan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berorientasi pada kesejahteraan manusia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan artikel ini, baik secara akademik maupun teknis. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan institusi pendidikan yang telah memberikan fasilitas serta lingkungan akademik yang mendukung pengembangan kajian ini. Semoga artikel ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu biologi, khususnya dalam pemanfaatan kearifan lokal berbasis fermentasi pangan di era Society 5.0.

Daftar Pustaka

- Fukuyama, M. (2018). *Society 5.0: Aiming for a new human-centered society*. Japan Spotlight, 27(5), 47–50.
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., ... Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94–102.
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010>
- Nout, M. J. R., & Kiers, J. L. (2005). Tempe fermentation, innovation and functionality: Update into the third millennium. *Journal of Applied Microbiology*, 98(4), 789–805. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02471.x>
- Steinkraus, K. H. (1997). Classification of fermented foods: Worldwide review of household fermentation techniques. *Food Control*, 8(5–6), 311–317.
[https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(97\)00050-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(97)00050-9)
- Tamang, J. P., Shin, D. H., Jung, S. J., & Chae, S. W. (2016). Functional properties of microorganisms in fermented foods. *Frontiers in Microbiology*, 7, 578.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00578>
- Widowati, S., & Misgiyarta. (2019). Potensi pangan fermentasi tradisional Indonesia sebagai pangan fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 38(2), 75–84.