

Penanganan Pascapanen Cabai Menjadi Gochujang melalui Fermentasi Terkontrol dan Smart Packaging sebagai Strategi Menjaga Stabilitas Mutu Produk

Postharvest Handling of Chili for Gochujang Production through Controlled Fermentation and Smart Packaging to Maintain Product Quality Stability

Fathya Rahmina¹, Anita Khairunnisa^{1*}, Sintya Herawati¹, Raisa Fathiya Rahma¹, Mutia Salsabilla¹, Regita Elfira Cahyani¹

¹Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Garut, Indonesia

*Korespondensi penulis: anita@uniga.ac.id

ABSTRAK

Gochujang merupakan produk saus fermentasi berbasis cabai yang mutu akhirnya sangat ditentukan oleh kualitas bahan baku dan pengelolaan rantai pasok dari hulu hingga hilir. Cabai segar bersifat mudah rusak (*perishable*) sehingga pengolahannya menjadi produk fermentasi seperti gochujang berpotensi memperpanjang umur simpan sekaligus meningkatkan nilai ekonomis cabai lokal Indonesia. Penelitian ini bertujuan mengkaji peran sortasi dan grading cabai, proses pengolahan dan fermentasi gochujang, serta penerapan *smart packaging* berbasis indikator pH dalam menjaga mutu produk selama penyimpanan. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan pendekatan kualitatif terhadap artikel terindeks Sinta dan Scopus terbitan 2023–2026. Hasil kajian menunjukkan sortasi dan grading berperan penting menjamin keseragaman mutu, warna, dan keamanan bahan baku sebelum diolah menjadi bubuk cabai (*gochugaru*), dengan bahan baku bermutu seragam terbukti menghasilkan *gochugaru* dan *gochujang* yang lebih konsisten dari segi warna, rasa, dan keamanan produk akhir. Proses pembuatan gochujang melibatkan tahap *saccharification*, pencampuran bahan, fermentasi terkontrol selama 21–45 hari, dan pematangan yang menghasilkan karakter rasa, aroma, dan tekstur khas melalui aktivitas mikroba seperti *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis*. Pada tahap hilir, *smart packaging* dengan indikator pH berbasis antosianin yang diimobilisasi pada matriks pektin kitosan berfungsi sebagai sistem pemantau mutu secara visual dan *real time*. Efektivitas kemasan ini sangat dipengaruhi suhu penyimpanan, dengan suhu rendah dan stabil (4–10 °C) terbukti mempertahankan kualitas produk sekaligus sensitivitas indikator lebih baik dibandingkan suhu tinggi. Integrasi penanganan pascapanen, fermentasi terkontrol, dan *smart packaging* dalam rantai pasok gochujang berperan penting menjaga konsistensi mutu, keamanan, dan keberlanjutan produk hingga konsumen akhir, dengan potensi umur simpan 6–36 bulan tergantung lama fermentasi dan kondisi penyimpanan.

Kata kunci: Cabai; Fermentasi; *Gochujang*; Pengawetan; *Smart packaging*

ABSTRACT

*Gochujang is a chili based fermented sauce whose final quality is strongly determined by raw material quality and supply chain management from upstream to downstream. Fresh chili is highly perishable, so processing it into a fermented product such as gochujang can extend shelf life while increasing the economic value of local Indonesian chili. This study examines the role of chili sorting and grading, gochujang processing and fermentation, and the application of pH indicator based smart packaging in maintaining product quality during storage. A qualitative literature review was conducted on articles indexed in Sinta and Scopus published between 2023 and 2026. Results show that sorting and grading ensure uniformity of quality, colour, and safety of raw material before it is processed into chili powder (gochugaru). Gochujang production involves saccharification, ingredient mixing, controlled fermentation for 21–45 days, and maturation, generating characteristic flavour, aroma, and texture through microbial activity of *Aspergillus oryzae* and *Bacillus subtilis*. Downstream, smart packaging using anthocyanin based pH indicators immobilised in a pectin chitosan matrix functions as a real time visual quality monitoring system. Its effectiveness is strongly influenced by storage temperature, with low and stable temperatures (4–10 °C) shown to better preserve product quality and indicator sensitivity than high temperatures. The integration of postharvest handling, controlled fermentation, and smart packaging within the gochujang supply chain plays a key role in maintaining quality consistency, safety, and sustainability up to the end consumer, with a potential shelf life of 6–36 months depending on fermentation duration and storage conditions.*

Keywords: Chili pepper; Fermentation; Gochujang; Preservation; Smart packaging

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura strategis di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi dan tingkat konsumsi tinggi, hampir selalu digunakan sebagai bahan utama maupun pendamping dalam berbagai masakan khas Indonesia sehingga permintaannya relatif stabil sepanjang tahun. Berdasarkan data kinerja perdagangan komoditas pertanian, produksi dan volume perdagangan cabai besar maupun cabai rawit di Indonesia terus berfluktuasi setiap tahun seiring dinamika musim dan pola konsumsi domestik (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2024). Namun demikian, cabai segar bersifat mudah rusak (*perishable*) sehingga sering mengalami penurunan mutu dan kehilangan hasil yang cukup besar pada tahap pascapanen akibat penanganan yang kurang optimal (Usmani *et al.*, 2023).

Secara botani, cabai merupakan buah dari tanaman genus *Capsicum* yang termasuk famili *Solanaceae*, dengan rasa pedas khas yang berasal dari senyawa *capsaicinoid*, terutama *capsaicin*, pada jaringan plasenta buah. *Capsaicin* diketahui memiliki beragam efek fisiologis yang menguntungkan, antara lain sebagai antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, serta berpotensi meningkatkan metabolisme, meskipun pemanfaatannya dalam industri pangan masih dihadapkan pada tantangan terkait dosis, persepsi rasa, dan kepatuhan regulasi (Jayan *et al.*, 2025). Selain *capsaicin*, cabai juga mengandung senyawa bioaktif lain seperti vitamin C, provitamin A (β -karoten), flavonoid, dan senyawa fenolik yang berperan sebagai antioksidan alami, namun

kandungan tersebut sangat rentan mengalami degradasi selama penyimpanan dan distribusi apabila cabai tidak ditangani secara tepat setelah panen (Poornima *et al.*, 2024).

Permasalahan utama pada cabai pascapanen adalah tingginya laju respirasi dan transpirasi yang menyebabkan cabai cepat layu, membusuk, dan kehilangan mutu fisik maupun nutrisi. Berbagai strategi preservasi pascapanen telah dikembangkan untuk mengatasi masalah ini, mulai dari perlakuan fisik seperti uap panas, *microwave*, dan *pulsed light* yang terbukti mampu memperpanjang umur simpan cabai merah hingga lebih dari 150 hari pada kondisi penyimpanan dingin dengan tetap mempertahankan lebih dari 80% senyawa bioaktifnya (Pravallika & Chakraborty, 2025), hingga pendekatan pengolahan lanjutan menjadi produk fermentasi seperti *gochujang*. Fermentasi tidak hanya memperpanjang umur simpan, tetapi juga berpotensi meningkatkan stabilitas nutrisi serta menghasilkan produk olahan bernilai tambah dengan karakteristik sensori dan fungsional yang baik (Kim *et al.*, 2017).

Gochujang adalah pasta fermentasi berbahan dasar cabai yang secara tradisional berasal dari Korea, namun memiliki peluang besar untuk dikembangkan di Indonesia dengan memanfaatkan cabai lokal sebagai bagian dari diversifikasi produk pangan fermentasi. Kajian terbaru menegaskan bahwa proses fermentasi *gochujang* mampu menghasilkan berbagai metabolit fungsional, termasuk peningkatan senyawa isoflavon nonglikosida dan modifikasi *capsaicin* yang berkontribusi terhadap efek antiobesitas, antidiabetes, serta perbaikan keseimbangan mikrobiota usus (Jung & Shin, 2024; Park *et al.*, 2025). Oleh karena itu, pengolahan cabai pascapanen menjadi *gochujang* menjadi pendekatan yang relevan untuk mengatasi permasalahan kerusakan cabai segar sekaligus mendukung hilirisasi produk pangan berbasis cabai di Indonesia. Artikel ini disusun untuk mengkaji secara komprehensif rangkaian proses tersebut, mulai dari sortasi dan grading bahan baku, tahapan pengolahan pascasortasi berupa pengeringan dan pembuatan bubuk cabai (*gochugaru*), pencampuran bahan dan fermentasi terkontrol *gochujang*, hingga penerapan smart packaging berbasis indikator pH dan pengelolaannya dalam rantai pasok.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) dengan pendekatan kualitatif deskriptif yang disusun mengikuti empat tahapan sistematis, yaitu: (1) penentuan topik artikel *review*, (2) penelusuran literatur, (3) analisis data dan sintesis, serta (4) penarikan kesimpulan (Gambar 1).

1. Penentuan Topik Artikel *Review*

Topik ditentukan berdasarkan isu penanganan pascapanen cabai (*Capsicum annuum L.*) yang mudah rusak (*perishable*) dan potensinya untuk diolah menjadi produk fermentasi bernilai tambah, yaitu *gochujang*, disertai penerapan teknologi *smart packaging* berbasis indikator pH untuk menjaga stabilitas mutu selama penyimpanan dan distribusi.

2. Penelusuran *Literature*

Penelusuran literatur dilakukan melalui dua jalur basis data, yaitu *Google Search/Google Scholar* untuk menjangkau artikel internasional terindeks Scopus, dan *ScienceDirect* serta portal jurnal nasional (Sinta) untuk menjangkau artikel terkait konteks cabai dan agribisnis di Indonesia.

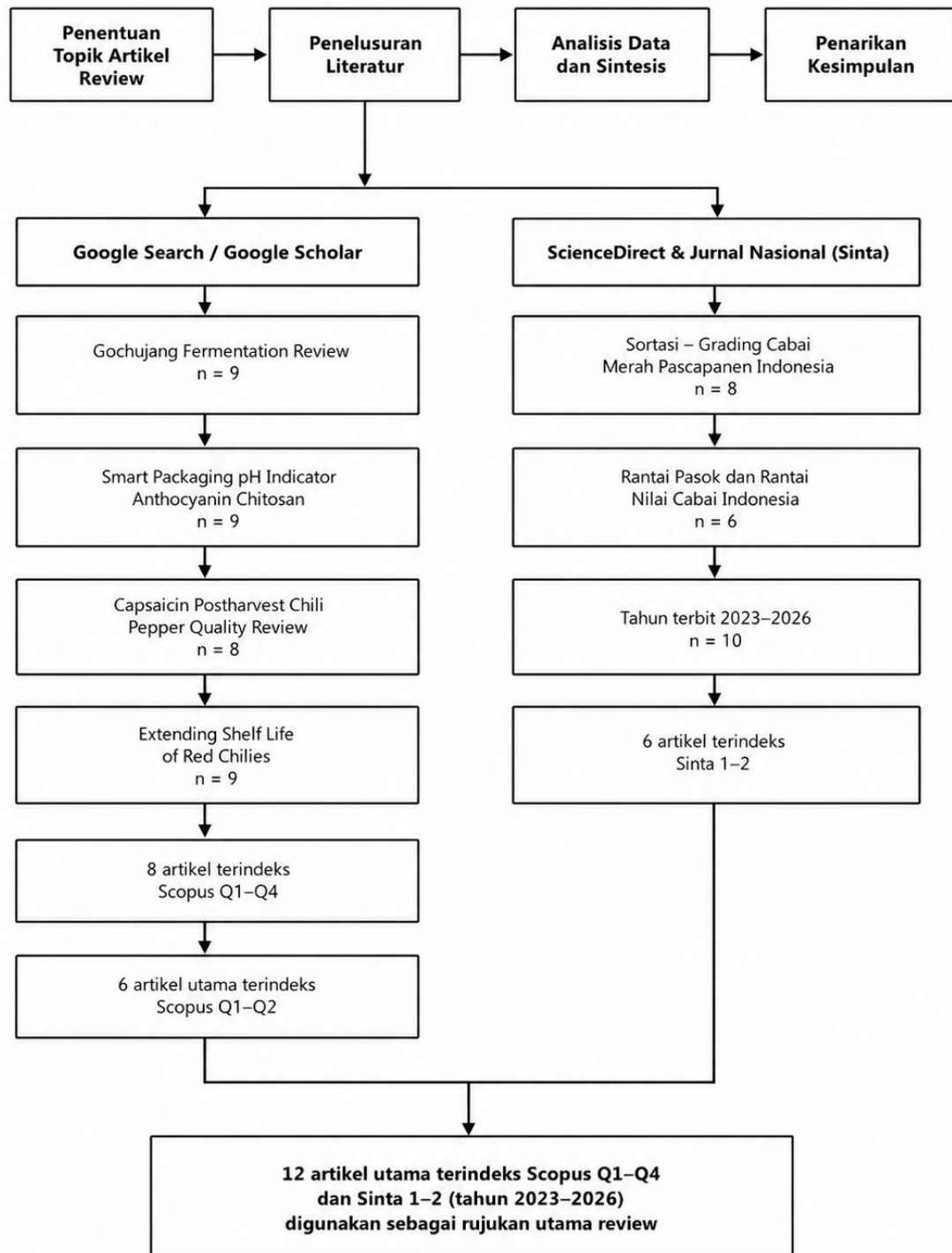
Pada jalur pertama digunakan kata kunci "*gochujang fermentation review*", "*smart packaging pH indicator anthocyanin chitosan*", "*capsaicin postharvest chili pepper quality review*", dan "*extending shelf life of red chilies*", yang masing-masing menghasilkan artikel awal dan selanjutnya disaring berdasarkan tahun terbit (2023–2026), jenis artikel (jurnal *peer-reviewed/review*), dan indeksasi Scopus, sehingga diperoleh 8 artikel terindeks Scopus Q1–Q4 dan 6 artikel utama terindeks Scopus Q1–Q2. Pada jalur kedua digunakan kata kunci "sortasi dan grading cabai merah pascapanen Indonesia" serta "rantai pasok dan rantai nilai cabai Indonesia", yang setelah disaring berdasarkan tahun terbit 2023–2026 dan indeksasi Sinta menghasilkan 6 artikel terindeks Sinta 1–2. Secara keseluruhan, proses penelusuran ini menghasilkan 12 artikel utama terindeks Scopus Q1–Q4 dan Sinta 1–2 terbitan tahun 2023–2026 yang digunakan sebagai rujukan utama, dilengkapi dengan sejumlah artikel *foundational* bereputasi yang relevan secara metodologis meskipun terbit sebelum 2023.

3. Analisis Data Sintesis

Artikel terpilih dianalisis secara tematik berdasarkan empat kelompok pembahasan, yaitu sortasi dan grading cabai, proses pengolahan dan fermentasi gochujang, teknologi *smart packaging* berbasis indikator pH, serta manajemen rantai pasok. Data dari masing-masing artikel diekstraksi, dibandingkan, dan disintesis untuk membangun narasi yang runtut dan saling terhubung mengenai integrasi penanganan pascapanen, pengolahan fermentasi, dan *smart packaging* dalam rantai pasok *gochujang* berbahan baku cabai.

4. Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan disusun berdasarkan sintesis temuan dari seluruh artikel yang telah dianalisis, dengan menitikberatkan pada keterkaitan antara mutu bahan baku, kondisi proses fermentasi, serta efektivitas *smart packaging* terhadap perpanjangan umur simpan dan stabilitas mutu gochujang.



Gambar 1. Skema tahapan review artikel

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sortasi dan *Grading* Cabai

Sortasi cabai merupakan langkah awal terstruktur dalam penanganan pascapanen sebelum diolah menjadi gochujang. Cabai hasil panen dikumpulkan di area penyortiran yang bersih dan teduh, kemudian dipilah berdasarkan kondisi fisik untuk memisahkan cabai utuh berkualitas baik dari cabai yang cacat, bertekstur lembek, berbau busuk, atau terserang hama guna mencegah kontaminasi silang dan menjaga kualitas produk akhir. Ciri cabai yang baik sesuai kriteria mutu dasar meliputi warna cerah merata, tekstur keras dan kencang, tangkai utuh berwarna hijau, kulit mulus, ukuran seragam (panjang 11–15 cm), serta aroma khas pedas yang kuat (Lestari *et al.*, 2024). Perkembangan teknologi memungkinkan proses ini dilakukan secara lebih objektif melalui sistem pengolahan citra digital yang mampu mengklasifikasikan mutu cabai berdasarkan fitur warna dan tekstur, sehingga mengurangi subjektivitas dibandingkan sortasi manual konvensional (Lestari *et al.*, 2024; Bahar & Ichniarsyah, 2022).

Grading cabai merupakan klasifikasi lebih rinci berdasarkan mutu dan ukuran setelah sortasi, yang secara signifikan memengaruhi kualitas produk akhir. Mengacu pada standar SNI dan kriteria pasar, cabai dibedakan menjadi Mutu I (cabai utuh, merah cerah, seragam $\pm 98\%$, panjang 11–15 cm, ideal untuk saus cabai), Mutu II (keseragaman $\pm 90\%$, panjang 9–11 cm, kerusakan rendah), Mutu III (kurang seragam, ukuran < 9 cm, variasi warna akibat kematangan tidak merata), dan kelas reject untuk cabai busuk atau rusak parah yang dialihkan ke produk bermutu rendah (Mahdiyah *et al.*, 2023). Sistem klasifikasi ini dapat pula dipertajam menggunakan algoritma pembelajaran mesin, seperti gradient boosting maupun *support vector machine*, yang mampu mengklasifikasikan kelayakan konsumsi cabai berdasarkan ekstraksi fitur histogram warna dan tekstur GLCM secara lebih presisi (Mahdiyah *et al.*, 2023; Lestari *et al.*, 2024).

Setelah sortasi dan *grading*, cabai memasuki tahap pembersihan dan pencucian menggunakan air bersih mengalir atau bak pencucian yang rutin diganti untuk mencegah rekontaminasi, sekaligus menghilangkan kotoran, debu, residu tanah, dan sisa pestisida. Tahapan ini berperan penting menurunkan beban mikroba awal sehingga produk akhir yang diproses secara panas menjadi lebih aman dan bermutu tinggi (Pertiwi, 2023). Pada level petani dan kelompok tani, penerapan sortasi diikuti perendaman dengan larutan natrium bisulfat sebelum pengeringan telah terbukti membantu mempertahankan warna dan memperlambat kerusakan mikrobiologis pada cabai merah keriting sebagai bahan baku produk olahan (Andrie, dkk 2024). Secara keseluruhan, sortasi dan *grading* yang konsisten berpengaruh langsung terhadap mutu produk akhir gochujang, karena bahan baku dengan warna cerah, tekstur baik, dan bebas cemaran menghasilkan gochugaru dan pasta gochujang dengan warna merah, tekstur, dan tingkat keamanan pangan yang lebih seragam, sekaligus menekan variabilitas mutu antarbatch produksi.

2. Pengeringan dan Pembuatan Bubuk Cabai (*Gochugaru*)

Tahap pengeringan dilakukan menggunakan sinar matahari, oven, maupun *tray dryer* hingga kadar air cabai mencapai sekitar 7–10%, menghasilkan cabai kering yang stabil selama penyimpanan sebelum digiling dan diayak menjadi bubuk cabai (*gochugaru*) dengan ukuran partikel seragam. Metode dan suhu pengeringan berpengaruh signifikan terhadap mutu cabai bubuk, terutama warna, kadar air, rendemen, dan kandungan vitamin C, pengeringan terkontrol

pada suhu sedang (berkisar 50–60 °C selama 6–8 jam) mampu mempertahankan kualitas fisik dan kimia produk lebih baik dibandingkan pengeringan suhu tinggi (di atas 60 °C) atau berdurasi lama (Cahyani & Suhastyo, 2023). Temuan ini konsisten dengan kajian retensi senyawa bioaktif pada berbagai genotipe cabai selama penyimpanan, yang menunjukkan bahwa kandungan *capsaicin* dan *capsantin* dapat dipertahankan secara optimal apabila suhu pengolahan dan penyimpanan dikendalikan dengan baik, sementara paparan suhu tinggi yang berkepanjangan mempercepat degradasi pigmen dan penurunan aktivitas antioksidan (Poornima *et al.*, 2024). Perbandingan berbagai metode pengawetan lanjutan seperti perlakuan uap, *microwave*, dan *pulsed light* juga menegaskan bahwa metode berbasis panas konvensional (uap) cenderung menurunkan kandungan fenolik, flavonoid, dan vitamin C secara lebih besar dibandingkan metode nontermal, sehingga pemilihan metode pengeringan/pengawetan awal turut menentukan mutu *gochugaru* yang dihasilkan (Pravallika & Chakraborty, 2025).

3. Proses Pembuatan Gochujang

Bahan utama pembuatan *gochujang* meliputi bubuk cabai merah (*gochugaru*), tepung beras ketan atau sumber pati lain, meju (hasil fermentasi kedelai), malt atau enzim *saccharification*, garam, dan air. Bubuk cabai merah berfungsi untuk memberikan rasa pedas dan warna merah khas, meju menyediakan starter mikroba dan sumber protein, sedangkan tepung beras ketan dan malt menjadi sumber karbohidrat untuk *saccharification*, yaitu konversi pati menjadi gula sederhana yang memberi rasa manis dan menjadi substrat bagi mikroba fermentasi. Garam berfungsi sebagai pengawet alami sekaligus pengatur mikroba, menekan pertumbuhan mikroba patogen dan mendukung mikroba toleran garam seperti *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus spp.* Secara proporsi, formulasi industri umumnya menggunakan sekitar 25% bubuk cabai, 22% tepung beras ketan, 5–5,5% meju, 8–12% garam, serta malt dan air secukupnya untuk mencapai tekstur pasta yang tepat (Jung & Shin, 2024).

Sebelum pencampuran, beras ketan direndam (umumnya 24 jam) untuk melunakkan pati, digiling, dan dicampur dengan air rendaman malt. Campuran ini dipanaskan pada suhu 55–60 °C selama 1–1,5 jam untuk mengaktifkan enzim amilase dari malt yang memecah pati menjadi gula sederhana. Proses *saccharification* yang menjadi sumber energi bagi mikroba fermentasi sekaligus pembentuk rasa manis alami dan aroma kompleks pada *gochujang*. Setelah proses ini selesai, campuran didinginkan sebagai dasar pasta sebelum penambahan bahan lain (Jung & Shin, 2024).

Tahap berikutnya adalah pencampuran seluruh bahan secara homogen agar distribusi mikroba starter dan nutrisi merata, yang menentukan keberhasilan fermentasi selanjutnya. Pada skala industri modern, starter mikroba spesifik seperti *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis* ditambahkan dalam jumlah terkontrol untuk mempercepat fermentasi dan menjamin konsistensi mutu, berbeda dengan proses tradisional yang mengandalkan mikroba spontan. Starter ini memecah protein kedelai dari meju menjadi asam amino dan peptida yang memberi rasa umami serta membentuk aroma fermentasi khas (Jung & Shin, 2024). Adonan kemudian dialirkan ke wadah fermentasi besar yang bersih dan terkontrol suhu serta pH-nya (suhu fermentasi umumnya dijaga pada kisaran 25–30 °C, dengan pH awal adonan sekitar 5,5–6 yang secara bertahap menurun hingga di bawah 4,5 seiring terbentuknya asam organik selama fermentasi), tempat mikroba bekerja pada substrat karbohidrat dan protein menghasilkan asam organik, alkohol, asam amino

bebas, ester, dan senyawa volatil lain yang membentuk profil rasa, aroma, dan tekstur khas gochujang (Ramalingam et al., 2022).

Fermentasi industri modern umumnya berlangsung lebih singkat dibanding fermentasi tradisional yang dapat memakan waktu hingga beberapa bulan, karena penggunaan starter terpilih dan kontrol suhu ketat, biasanya berlangsung 21–45 hari tergantung profil rasa yang diinginkan (Ryu et al., 2021). Selama fermentasi, pH menurun akibat pembentukan asam organik, sementara kadar gula menurun seiring dikonsumsi oleh mikroba. Populasi *Bacillus*, khamir *Zygosaccharomyces*, dan mikroba lain tumbuh dan memberikan sidik rasa (*fingerprint*) yang unik pada produk akhir. Protein dari meju dipecah menjadi asam amino yang meningkatkan rasa umami; pati diubah menjadi gula sederhana lalu menjadi asam organik; sementara senyawa pedas dari cabai tetap memberikan intensitas pedas yang relatif stabil secara kimia sepanjang proses (Ryu et al., 2021; Jayan et al., 2025). Setelah fermentasi mencapai tingkat yang diinginkan, yang ditentukan berdasarkan parameter pH, rasa, aroma, dan karakteristik fisikokimia lainnya, produk kemudian diproses lebih lanjut melalui pemeriksaan mutu, penyaringan, dan pengemasan. *Gochujang* yang difermentasi selama 21–45 hari umumnya dapat bertahan 6–12 bulan, sedangkan fermentasi tradisional tanpa starter tambahan yang berlangsung sekitar 6 bulan dapat bertahan hingga beberapa tahun (Ryu et al., 2021).

4. *Smart Packaging* Berbasis Indikator pH

Penerapan *smart packaging* pada *gochujang* menggunakan label indikator pH berbasis pektin dan kitosan berfungsi sebagai sistem pemantau kualitas produk secara visual dan *real time*. Label ini memanfaatkan pigmen antosianin yang sensitif terhadap perubahan pH, sehingga perubahan warna indikator mencerminkan perubahan kondisi kimia saus akibat aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan. Matriks pektin dari dinding sel tanaman (misalnya kulit jeruk dan ampas apel) serta kitosan hasil deasetilasi kitin cangkang krustasea memberikan stabilitas mekanik dan kimia pada film indikator, sehingga tetap responsif dan aman digunakan pada kemasan pangan fermentasi seperti gochujang (Zeng et al., 2023). Kajian tinjauan terbaru mengenai film komposit berbasis antosianin menegaskan bahwa performa indikator pH sangat dipengaruhi oleh sumber antosianin, jenis polimer pembawa (pektin, kitosan, pati, atau selulosa), serta metode ekstraksi dan imobilisasinya, di mana kombinasi pektin kitosan memberikan keseimbangan yang baik antara sensitivitas warna, kekuatan mekanik, dan biodegradabilitas dibandingkan matriks tunggal (Ge et al., 2026).

Efektivitas *smart packaging* ini sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan produk. Lee et al. (2015) melaporkan bahwa gochujang yang disimpan pada suhu tinggi (35–45 °C) mengalami perubahan pH lebih cepat dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang atau lebih rendah, menandakan reaksi kimia dan fermentasi lanjutan yang mempercepat penurunan mutu, baik dari segi rasa, aroma, maupun kestabilan produk. Dalam konteks penggunaan label indikator pH berbasis antosianin, penyimpanan pada suhu rendah atau suhu ruang yang stabil menjadi kondisi paling sesuai, karena suhu rendah memperlambat reaksi degradasi kimia dan aktivitas mikroba sehingga perubahan warna indikator terjadi secara bertahap dan lebih akurat mencerminkan kondisi nyata produk. Penyimpanan dingin pada suhu lemari es (± 4 –10 °C) tidak hanya

mempertahankan kualitas saus gochujang lebih lama, tetapi juga menjaga sensitivitas dan stabilitas warna indikator pH selama masa simpan (Zeng *et al.*, 2023; Qin *et al.*, 2024; Ge *et al.*, 2026).

5. Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*) Gochujang

Rantai pasok gochujang dimulai dari sektor hulu pertanian, khususnya produksi cabai merah sebagai bahan baku utama. Petani berperan sebagai produsen yang melakukan budidaya, pemeliharaan, dan pemanenan cabai sesuai tingkat kematangan optimal. Cabai yang telah dipanen menjalani penanganan pascapanen awal berupa pengumpulan, sortasi, dan grading untuk memisahkan cabai bermutu baik dari cabai cacat atau tidak seragam, karena kualitas cabai berpengaruh langsung terhadap warna, rasa, dan kestabilan produk olahan (Kuswatim & Renaldi, 2024). Cabai yang memenuhi standar mutu selanjutnya disalurkan melalui pengepul atau pedagang besar yang menghubungkan petani dengan industri pengolahan (Putri *et al.*, 2024).

Dalam rantai pasok cabai terdapat tiga aliran utama: aliran produk yang bergerak dari petani ke pengepul dan industri pengolahan; aliran informasi yang mencakup komunikasi permintaan, harga, dan spesifikasi mutu; serta aliran keuangan dari industri atau konsumen akhir kembali ke petani sebagai pembayaran hasil produksi, yang berpengaruh terhadap keberlanjutan usaha tani dan stabilitas pasokan (Nurjanah & Harli, 2023). Kajian rantai nilai agribisnis cabai merah besar menunjukkan bahwa panjang saluran distribusi dan jumlah aktor yang terlibat berdampak signifikan terhadap efisiensi distribusi serta pembentukan harga di tingkat produsen, dengan margin pemasaran yang cenderung lebih tinggi pada saluran distribusi yang lebih panjang (Kuswatim & Renaldi, 2024).

Pada tahap hilir awal, rantai pasok cabai terintegrasi dengan industri pengolahan pangan fermentasi, khususnya produksi gochujang. Cabai bermutu yang diterima industri terlebih dahulu diolah melalui pengeringan dan penggilingan menjadi gochugaru sebagai komponen utama formulasi gochujang, yang kemudian dipadukan dengan bahan baku lain seperti tepung beras ketan, meju, garam, dan air yang masing-masing memiliki rantai pasok tersendiri dan harus tersedia secara berkelanjutan agar proses produksi tidak terganggu (Putri *et al.*, 2024). Setelah proses fermentasi dan pematangan, gochujang memasuki tahap pengemasan dan distribusi menuju distributor, pengecer, hingga konsumen akhir. Efisiensi distribusi sangat dipengaruhi oleh manajemen logistik, koordinasi informasi permintaan, serta sistem pergudangan yang baik, sehingga ketidakefisienan pada tahap ini dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman, peningkatan biaya distribusi, serta potensi penurunan mutu produk selama penyimpanan (Hidayat & Saptana, 2021; Sari *et al.*, 2022). Dengan demikian, rantai pasok gochujang dari hulu hingga hilir merupakan sistem terintegrasi yang menghubungkan produksi bahan baku pertanian, proses pengolahan fermentasi, dan distribusi produk, sehingga koordinasi antaraktor menjadi faktor kunci dalam menjaga kontinuitas pasokan, konsistensi mutu, dan efisiensi rantai pasok secara keseluruhan (Nurjanah & Harli, 2023).

KESIMPULAN

Penanganan pascapanen cabai untuk memperpanjang umur simpan dan meningkatkan nilai ekonomisnya dapat dilakukan melalui pengolahan menjadi *gochujang*, dimulai dari sortasi dan grading bahan baku yang objektif dan terukur, pengeringan terkontrol menjadi *gochugaru*,

pengolahan dan fermentasi selama 21–45 hari pada skala industri modern, serta *smart packaging* berbasis indikator pH dan penyimpanan pada suhu rendah sekitar 4–10 °C. Integrasi tahapan tersebut, yang didukung oleh manajemen rantai pasok yang efisien dari petani hingga konsumen akhir, mampu menjaga konsistensi mutu, keamanan pangan, serta memperpanjang umur simpan gochujang hingga 6–36 bulan tergantung pada lama fermentasi dan kondisi penyimpanannya. Penelitian lanjutan berbasis eksperimen langsung menggunakan cabai lokal Indonesia diperlukan untuk memvalidasi optimasi formulasi, parameter fermentasi, serta performa indikator smart packaging secara spesifik pada kondisi iklim tropis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrie, B. M., Abidin, Z., & Aziz, S. (2024). Diversifikasi produk olahan cabai merah keriting melalui proses penanganan pascapanen pada kelompok tani Sindang Mulya di Desa Sindanglaya, Kecamatan Sukamantri, Kabupaten Ciamis. *Abdimas Galuh: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(1), 210–215. <https://doi.org/10.25157/ag.v6i1.12614>
- Bahar, Y. H., & Ichniarsyah, A. N. (2022). Pengaruh trimming dan pengempaan terhadap kualitas dan daya simpan cabai rawit merah (*Capsicum frutescens* L.) dalam bentuk cabai kering dan cabai bubuk. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 45–56.
- Cahyani, W. I., & Suhastyo, A. A. (2023). Kajian pengeringan cabai merah (*Capsicum annuum* L.) dan karakteristik cabai bubuk. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 16(2), 85–94.
- Ge, Y., et al. (2026). A review of anthocyanin-based pH-sensitive composite films for food freshness monitoring. *Packaging Technology and Science*. <https://doi.org/10.1002/pts.70062>
- Hidayat, R., & Saptana. (2021). Manajemen rantai pasok produk agroindustri pangan olahan. *Jurnal Agro Ekonomi*, 39(2), 123–135.
- Jayan, L. S., Rajan, S. S., Mujahid, S. M., Sharma, S., & Wani, K. M. (2025). Capsaicin: an in-depth review of its chemical properties, health benefits, and challenges in food applications. *Food Production, Processing and Nutrition*, 7(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s43014-025-00321-4>
- Jung, S.-J., & Shin, D.-H. (2024). Gochujang, a Korean traditional fermented soybean product: History, preparation and functionality. *Journal of Ethnic Foods*, 11(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s42779-024-00258-y>
- Kim, M. R., Go, J. E., Kim, H. Y., & Chung, S. J. (2017). Understanding the sensory characteristics and drivers of liking for gochujang (Korean fermented chili pepper paste). *Food Science and Biotechnology*, 26(2), 409–418. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0056-8>
- Kuswatim, S., & Renaldi, E. (2024). Analisis rantai nilai agribisnis cabai merah besar (Studi kasus di Desa Sindulang, Kecamatan Cimanggung, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat). *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10(2).

- Lee, S. Y., Kim, Y. S., & Shin, D. H. (2015). Quality characteristics of retort-pouched gochujang during storage at different temperatures. *Food Science and Biotechnology*, 24, 203–210.
- Lestari, H. A., Kurniawan, A., & Wahab, L. (2024). Automated conveyor system of sorting and grading for red chili pepper (*Capsicum annuum* L.) using image processing and artificial neural network. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 13(4), 1320–1333.
- Mahdiyah, U., Wahyuniar, L. S., & Rochana, S. (2023). Klasifikasi kualitas citra cabai dengan menggunakan algoritma gradien boosting. *JAMI: Jurnal Ahli Muda Indonesia*, 4(1), 58–66.
- Nurjanah, T. N., & Harli, A. P. (2023). Efisiensi strategi rantai pasok komoditas cabai merah. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(1), 45–55.
- Park, Y. K., et al. (2025). The health benefits and functional properties of gochujang: A comprehensive review of fermentation and bioactive compounds. *Fermentation*, 11(2), 67. <https://doi.org/10.3390/fermentation11020067>
- Pertiwi, S. F. (2023). Pengawasan cemaran residu pestisida pada pangan segar asal tumbuhan (PSAT) di Kabupaten Minahasa. *Journal of Integrated Agricultural Socio-Economics and Entrepreneurial Research (JIASEE)*, 1(2), 47–56.
- Poornima, H., Srivastava, A., Sharma, V. K., et al. (2024). Assessing the retention of capsaicin and capsanthin compounds in chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes during storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 127, 105948. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105948>
- Pravallika, K., & Chakraborty, S. (2025). Extending the shelf life of red chilies (*Capsicum annuum*): exploring steam, microwave, and pulsed light treatments under different storage conditions. *Sustainable Food Technology*, 3(3), 776–798. <https://doi.org/10.1039/D4FB00380B>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2024). *Analisis kinerja perdagangan komoditas cabai merah*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Putri, S., Lestari, S., Widhiono, I. M. Z., & Dharmawan, B. (2024). Systematic literature review: Rantai pasok dan rantai nilai cabai. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 8(4), 1023–1036.
- Qin, Y., Liu, D., Song, Y., & Chen, X. (2024). Anthocyanin-based pH-sensitive films for intelligent food packaging applications. *Polymers*, 16(20), 2886. <https://doi.org/10.3390/polym16202886>
- Ramalingam, S., Bahuguna, A., Lim, S., Joe, A.-R., Lee, J.-S., Kim, S.-Y., & Kim, M. (2022). Physicochemical, microbial, and volatile compound characteristics of gochujang,

- fermented red pepper paste, produced by traditional cottage industries. *Foods*, 11(3), 375. <https://doi.org/10.3390/foods11030375>
- Ryu, J.-A., Kim, E., Kim, M.-J., Lee, S., Yoon, S.-R., Ryu, J.-G., & Kim, H.-Y. (2021). Physicochemical characteristics and microbial communities in gochujang, a traditional Korean fermented hot pepper paste. *Frontiers in Microbiology*, 11, 620478. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.620478>
- Sari, D. P., Setyadjit, & Widaningrum. (2022). Sistem distribusi dan pengemasan produk pangan olahan berbasis agroindustri. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 19(1), 45–54.
- Usmani, D. U. N., Efendi, D., Matra, D. D., & Sukma, D. (2023). Pelilinan untuk penyimpanan suhu rendah pada kualitas cabai rawit varietas lokal Garut dan Ori 212. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 14(1), 40–48.
- Zeng, F., Ye, Y., Liu, J., & Fei, P. (2023). Intelligent pH indicator composite film based on pectin/chitosan incorporated with black rice anthocyanins for meat freshness monitoring. *Food Chemistry: X*, 17, 100531. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100531>