



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM) UNIVERSITAS BOJONEGORO

Sekretariat Panitia : Kantor Pusat UNIGORO, Jl. Lettu Suyitno No. 2 Telp (0353) 881984 – 885444 BOJONEGORO

SURAT PERJANJIAN KONTRAK PENELITIAN NOMOR : 070 / LPPM-LIT / UB / XI / 2025

Pada Hari Ini Senin Tanggal Tiga Bulan November Tahun Dua Ribu Dua Puluh Lima, yang bertanda tangan dibawah ini :

1. **Dr. LAILY AGUSTINA RAHMAWATI, S.Si., M.Sc.** selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bojonegoro, selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. **Ir. ARDANA PUTRI FARAHDANSARI, S.T., M.T.** selaku Dosen Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro selaku Peneliti, selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Kedua belah pihak menyatakan bersepakat untuk membuat perjanjian kontrak penelitian sebagai berikut :

Pasal 1 **Judul Penelitian**

PIHAK PERTAMA dalam jabatannya tersebut di atas, memberikan tugas kepada PIHAK KEDUA untuk melaksanakan penelitian yang berjudul:

"EVALUASI KINERJA PENGERINGAN HYBRID UNTUK PENINGKATAN KUALITAS KOMODITAS PERISHABLE BERDASARKAN PARAMETER TEKNIS DAN EKONOMIS"

Pasal 2 **Waktu dan Biaya Penelitian**

- (1) Waktu penelitian adalah 4 bulan, dari **3 November 2025 sampai dengan 27 Februari 2026**.
- (2) Biaya pelaksanaan penelitian ini dibebankan pada Anggaran Universitas Bojonegoro Tahun 2025/2026 dengan **nilai kontrak sebesar Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)**

Pasal 3 **Cara Pembayaran**

Pembayaran biaya penelitian diberikan sesuai dengan aturan dan tata cara yang telah ditetapkan dalam Pedoman Penelitian Universitas Bojonegoro, yaitu:

- (1) Tahap I sebesar 60% dari nilai kontrak yang diterima paling cepat dua minggu setelah surat perjanjian kontrak penelitian ini ditandatangani oleh kedua pihak melalui Bendahara Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bojonegoro dengan bukti pencairan Tahap I berupa Proposal yang telah disetujui oleh LPPM dan Surat Keputusan Penerima Hibah Internal.
- (2) Tahap II sebesar 40% dari nilai kontrak yang diterima setelah PIHAK KEDUA menyelesaikan seluruh kewajiban pekerjaan penelitian yang dibuktikan dengan dokumen laporan penelitian dan bukti submit jurnal minimal **terakreditasi Sinta**.

Pasal 4

Keaslian Penelitian dan bebas dari ikatan dengan Pihak Lain

- (1) PIHAK KEDUA bertanggungjawab atas keaslian judul penelitian sebagaimana disebutkan dalam pasal 1 Surat Perjanjian Kontrak Penelitian ini (bukan duplikat/jiplakan/plagiat) dari penelitian orang lain.
- (2) PIHAK KEDUA menjamin bahwa judul penelitian tersebut bebas dari ikatan dengan pihak lain atau tidak sedang didanai oleh pihak lain.
- (3) Apabila di kemudian hari diketahui ketidakbenaran pernyataan ini, maka kontrak penelitian dinyatakan batal, dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana yang telah diterima.

Pasal 5

Monitoring Penelitian

- (1) PIHAK PERTAMA berhak untuk:
 - a. Melakukan pengawasan administrasi, monitoring, dan evaluasi terhadap pelaksanaan penelitian
 - b. Memberikan sanksi jika dalam pelaksanaan penelitian terjadi pelanggaran terhadap isi perjanjian oleh peneliti
 - c. Bentuk sanksi disesuaikan dengan tingkat pelanggaran yang dilakukan
- (2) Pemantauan kemajuan penelitian dilakukan oleh PIHAK PERTAMA.

Pasal 6

Laporan Kemajuan dan Laporan Akhir Penelitian

- (1) PIHAK KEDUA wajib menyerahkan Laporan Kemajuan kepada PIHAK PERTAMA **paling lambat tanggal 2 Januari 2026 atau tiga bulan setelah tanggal penandatanganan kontrak**.

- (2) Setelah Laporan Kemajuan disetujui oleh LPPM, PIHAK KEDUA wajib menyerahkan **Laporan Akhir dan bukti submit Jurnal minimal terakreditasi sinta paling lambat tanggal 27 Februari 2026.**
- (3) Berkas-berkas Laporan Akhir meliputi:
- Laporan lengkap penelitian sebanyak 3 (tiga) eksemplar dengan cover merah muda.
 - Salinan tautan jurnal, atau tangkapan gambar layar proses submit jurnal dan diletakkan di halaman paling belakang laporan.
- (4) Format laporan hasil penelitian sesuai dengan aturan-aturan yang telah ditetapkan pada surat Nomor: 007/LPPM/UB/III/2023 yang beralamatkan <https://www.unigoro.ac.id/lppm-lit-pkm/>.

Pasal 7 Sanksi


Segala kelalaian baik disengaja maupun tidak, sehingga menyebabkan keterlambatan menyerahkan laporan hasil akhir penelitian dengan batas waktu dalam pasal 2 yang telah ditentukan akan mendapatkan sanksi sebagai berikut.

- Apabila PIHAK KEDUA menyerahkan Laporan Kemajuan tetapi tidak menyerahkan Laporan Akhir dan bukti submit jurnal maka PIHAK KEDUA wajib mengembalikan 60% dana penelitian yang telah diterima.
- Apabila PIHAK KEDUA tidak menyerahkan Laporan Kemajuan dan tidak menyerahkan Laporan Akhir serta bukti submit jurnal maka PIHAK KEDUA akan diberikan sanksi denda sebesar nilai kontrak sebagaimana tercantum pada Pasal 2 Ayat 2.

Pasal 8 Penutup

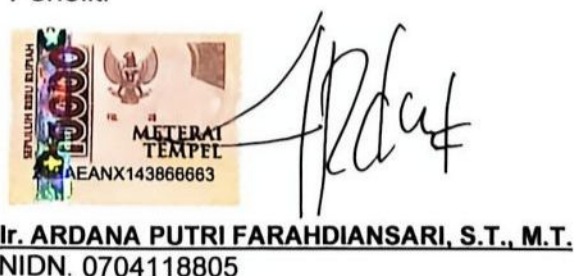
Perjanjian ini berlaku sejak ditandatangani dan disetujui oleh PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA.

PIHAK PERTAMA
Ketua LPPM Unigoro



Dr. LAILY AGUSTINA R. S.Si., M.Sc.
NIDN. 07 210886 01

PIHAK KEDUA
Peneliti



Ir. ARDANA PUTRI FARAHDIANSARI, S.T., M.T.
NIDN. 0704118805

LAPORAN
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Progam Studi Teknik Industri
Fakultas Sains dan Teknik



EVALUASI KINERJA PENGERINGAN HYBRID UNTUK
PENINGKATAN KUALITAS KOMODITAS *PERISHABLE*
BERDASARKAN PARAMETER TEKNIS DAN EKONOMIS

Tim Peneliti:

Ir. Ardana Putri Farahdiansari, S.T., M.T.
Amalia Ma'rifatul Maghfiroh, S.Si., M.T.

Dibiayai oleh:

Universitas Bojonegoro

Periode 1 Tahun Anggaran 2025/2026

UNIVERSITAS BOJONEGORO

2026

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI

- 1. Judul Penelitian** : EVALUASI KINERJA PENERINGAN HYBRID
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS KOMODITAS
PERISHABLE BERDASARKAN PARAMETER TEKNIS
DAN EKONOMIS
- 2. Tema** : Sistem Manufacture dan Jasa
- 3. Ketua Peneliti**
- a. Nama Peneliti : Ir.Ardana Putri Farahdiansari, S.T., M.T.
 - b. NIDN : 0704118805
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail : putri.farahdian@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Supply Chain Management
- 4. Anggota Peneliti 1**
- a. Nama (Dosen) : Amalia Ma'rifatul Maghfiroh, S.Si., M.T.
 - b. NIDN : 0716119201
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail : amalia.m.m@unigoro.ac.id
 - e. Bidang Keilmuan : Rekayasa Material
- 5. Anggota Peneliti 2**
- a. Nama (Mahasiswa) : Reygitha Angelina Putri
 - b. NIM : 24262011071
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail : reygita@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Teknik Industri
- 6. Jangka Waktu Penelitian** : 6 Bulan
- 7. Lokasi Penelitian** : Lab Perancangan Sistem Kerja – Teknik Industri
Unigoro
- 8. Dana Diusulkan** : 5.000.000,-

Bojonegoro, 22 Januari 2026

Mengetahui,
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro



Dr. Laily Agustina Bahmawati, S.Si., M.Sc.
NIDN 07 2108 8601

Pengusul,



Ir. Ardana Putri Farahdiansari, S.T., M.T.
NIDN. 07 0411 8805

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur peneliti sampaikan kepada Allah SWT, atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya, proposal penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Proposal penelitian ini yang merupakan rencana kegiatan penelitian untuk dilaksanakan pada tahun 2024 dengan tujuan untuk menghitung efisiensi pada produksi pangan olahan.

Terima kasih kami ucapkan kepada Dr. Arief Januarso, S.Sos., M.Si. (ketua Yayasan Suyitno Bojonegoro), Dr. Tri Astuti Handayani, S.H., M.M., M.Hum. (Rektor Universitas Bojonegoro) serta khususnya LPPM Universitas Bojonegoro yang telah mendanai kegiatan penelitian ini.

Selama penyusunan dan penulisan proposal ini kami banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak-pihak yang membantu menyelesaikan proposal ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan proposal ini masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kami memohon maaf atas ketidaksempurnaan ini karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT, serta kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan proposal ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	iv
RINGKASAN.....	v
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Komoditas <i>Perishable</i> di Indonesia.....	5
2.1.2 Teknologi Tepat Guna Pengeringan Hybrid.....	7
2.1.3 Kualitas Produk Pertanian Kering (Studi Kasus: Cabai).....	8
2.1.4 Perhitungan Unit Cost dari Aspek Ekonomis dan Teknis.....	9
2.2 Penelitian Terdahulu.....	11
2.3 Kerangka Konsep Penelitian.....	13
BAB III.....	16
METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Metode Penelitian	16
3.2 Prosedur Penelitian	18
3.3 Analisis Data	20
BAB IV.....	21
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Perhitungan Aspek Teknis	21
4.2 Perhitungan Aspek Ekonomis	23
4.2 Pembahasan Hasil.....	26
4.2.1 Pembahasan Hasil Analisa Teknis.....	26
4.2.2 Pembahasan Hasil Analisa Ekonomis.....	27
BAB V.....	29
PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbandingan Massa Setelah Pengeringan.....	21
Tabel 2 Biaya Tetap Produksi Cabai Kering	24
Tabel 3 Biaya Variabel Produksi Cabai Kering.....	24
Tabel 4 Perbandingan Pendapatan Penjualan Cabai Kering dan Cabai Segar (Posisi Harga Turun).....	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Komoditas Tanaman Sayur dan Holtikultura di Indonesia	5
Gambar 2 Aneka Ragam Hasil Pertanian Holtikultura	6
Gambar 3 Bangunan Penjemur Hybrid DrySter Eco House.....	7
Gambar 4 Spesifikasi Penjemur Hybrid DrySter Eco House.....	8
Gambar 5 Cabai Kering	9
Gambar 6 Metode Penelitian.....	16
Gambar 7 Penurunan Kadar Air pada Sampel	21
Gambar 8 Perbandingan Laju Pengeringan.....	22

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja pengeringan hybrid berbasis energi surya dalam meningkatkan kualitas dan nilai ekonomi komoditas hortikultura perishable dengan studi kasus cabai rawit. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pengeringan konvensional dan pengeringan hybrid pada suhu 60°C selama 8 jam. Evaluasi kinerja dilakukan berdasarkan parameter teknis, meliputi laju pengeringan, kadar air, dan kualitas fisik produk, serta parameter ekonomis berupa efisiensi energi, unit cost, dan simulasi keuntungan usaha.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan hybrid memiliki laju pengeringan lebih tinggi dibandingkan metode konvensional, serta menghasilkan proses pengeringan yang lebih terkendali. Dari sisi energi, penggunaan panel surya menghasilkan nilai Specific Energy Consumption (SEC) sebesar 14,08 kWh/kg tanpa biaya energi operasional harian. Secara ekonomi, pengolahan cabai segar menjadi cabai kering memberikan nilai tambah yang signifikan dengan biaya produksi sekitar Rp 37.300 per kg dan potensi keuntungan pada harga jual Rp 45.000 per kg. Dibandingkan penjualan cabai segar saat harga anjlok, pengolahan menjadi cabai kering mampu menurunkan risiko kerugian akibat penyusutan busuk dan memperpanjang umur simpan produk.

Secara keseluruhan, teknologi pengeringan hybrid berbasis energi surya terbukti layak secara teknis dan ekonomis serta berpotensi menjadi solusi penanganan pascapanen yang berkelanjutan bagi petani dan UMKM dalam menghadapi fluktuasi harga komoditas cabai.

Kata kunci: hortikultura, perishable, pengeringan, teknis, ekonomis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hasil pertanian hortikultura di Indonesia seperti cabai merupakan komoditas *perishable* yang memiliki tingkat kerusakan pascapanen tinggi akibat kandungan air yang besar, tekstur yang sensitif, serta daya simpan yang relatif pendek. Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki produksi cabai yang sangat besar dan tersebar di berbagai daerah sentra hortikultura. Cabai merupakan salah satu dari tiga komoditas sayuran utama dengan volume produksi yang tinggi dan permintaan yang stabil sepanjang tahun. Namun, tingginya produksi tersebut tidak diikuti oleh daya simpan yang memadai, karena cabai termasuk produk hortikultura yang sangat *perishable* dengan kandungan air mencapai 70–80 persen. Kondisi ini menyebabkan cabai mudah layu, membusuk, dan mengalami kehilangan mutu dalam waktu singkat setelah panen.

Ketika produksi melimpah, terutama pada musim panen raya, ketidakmampuan menahan penurunan mutu ini sering menimbulkan kelebihan pasokan, penurunan harga drastis, dan kerugian bagi petani. Kondisi ini menyebabkan kerugian pada petani dan pelaku usaha, terutama pada periode panen raya ketika pasokan melimpah dan harga cenderung turun drastis. Untuk itu, diperlukan upaya penanganan pascapanen yang mampu memperpanjang umur simpan sekaligus mempertahankan kualitas produk.

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan yang paling efektif untuk mengatasi sifat mudah rusak dari komoditas cabai. Proses pengeringan mampu mengurangi kadar air hingga mencapai tingkat aman sehingga pertumbuhan mikroba dapat ditekan dan stabilitas kualitas dapat dipertahankan lebih lama. Namun, metode pengeringan tradisional secara manual atau penjemuran matahari sering menghadapi berbagai kendala, seperti ketergantungan pada cuaca, waktu pengeringan yang lama, kontaminasi debu, ketidakseragaman warna, serta rendahnya efisiensi proses. Kondisi ini tidak hanya memengaruhi kualitas fisik cabai kering, tetapi juga menimbulkan ketidakefisienan dalam penggunaan waktu dan tenaga kerja.

Sebagai alternatif, teknologi pengeringan hybrid yang memadukan sumber energi surya dengan pemanas listrik atau gas, muncul sebagai solusi yang lebih stabil dan efisien. Sistem ini memungkinkan proses pengeringan berlangsung dengan suhu terkendali, waktu pengeringan lebih singkat, dan kualitas produk lebih seragam dibandingkan metode manual. Selain itu, penggunaan energi surya turut menurunkan konsumsi energi fosil, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi ekonomi petani atau usaha mikro dalam pengolahan cabai.

Meskipun demikian, implementasi pengeringan hybrid pada skala usaha mikro masih memerlukan evaluasi menyeluruh. Tidak hanya dari segi parameter teknis seperti suhu, laju pengeringan, dan efisiensi energi, tetapi juga dari aspek ekonomis seperti biaya proses per kilogram (*unit cost*), konsumsi energi total, serta nilai tambah produk yang dihasilkan. Evaluasi ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa teknologi hybrid benar-benar memberikan peningkatan kualitas cabai kering sekaligus efisiensi biaya dibandingkan dengan metode manual.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja pengeringan hybrid dalam meningkatkan kualitas komoditas *perishable* berdasarkan parameter teknis dan ekonomis. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi petani dan usaha mikro di bidang hortikultura dalam memilih teknologi pengeringan yang tepat, efisien, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

- a) Bagaimana kinerja proses pengeringan hybrid dalam mengurangi kadar air dan meningkatkan kualitas cabai sebagai komoditas *perishable* dibandingkan metode pengeringan manual?
- b) Parameter teknis apa saja (suhu, laju pengeringan, efisiensi energi) yang membedakan performa pengeringan hybrid dengan pengeringan manual pada produk cabai?
- c) Berapa nilai biaya proses per kilogram (*unit cost*) yang diperlukan dalam pengeringan cabai menggunakan sistem hybrid dibandingkan metode manual?

- d) Apakah penggunaan teknologi pengeringan hybrid memberikan efisiensi ekonomis yang lebih baik dibandingkan metode manual dalam pengolahan cabai kering di tingkat usaha mikro?

1.3 Tujuan Penelitian

- a) Menganalisis kinerja proses pengeringan hybrid dalam menurunkan kadar air dan meningkatkan kualitas cabai sebagai komoditas *perishable*, serta membandingkannya dengan metode pengeringan manual.
- b) Mengidentifikasi dan mengevaluasi parameter teknis; seperti suhu, laju pengeringan, efisiensi energi yang memengaruhi performa pengeringan cabai pada sistem hybrid dan metode manual.
- c) Menghitung dan membandingkan biaya proses per kilogram (*unit cost*) antara pengeringan cabai menggunakan sistem hybrid dengan pengeringan manual.
- d) Menilai tingkat efisiensi ekonomis pengeringan hybrid dibandingkan metode manual dalam pengolahan cabai kering pada skala UMKM.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian memuat manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian adalah:

Manfaat Teoritis

- a) Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu di bidang teknik pascapanen dan teknik industri, khususnya terkait evaluasi kinerja teknologi pengeringan hybrid pada komoditas hortikultura yang bersifat *perishable*.
- b) Memperkaya literatur akademik mengenai analisis efisiensi energi, laju pengeringan, dan kualitas produk kering, sehingga dapat menjadi acuan bagi penelitian lanjutan yang berkaitan dengan teknologi pengeringan tepat guna.
- c) Menghasilkan model atau parameter evaluasi yang dapat digunakan untuk menilai performa pengeringan komoditas serupa, seperti bawang merah, tomat, atau jahe, sehingga membuka peluang kajian lanjutan.

Manfaat Praktis

- a) Memberikan informasi teknis yang aplikatif bagi usaha masyarakat seperti pengolahan cabai terkait pemilihan metode pengeringan yang paling efisien, baik dari segi energi maupun biaya produksi.
- b) Menyediakan data perbandingan kualitas produk antara pengeringan hybrid dan manual, sehingga pelaku usaha dapat meningkatkan mutu cabai kering yang lebih beragam, higienis, dan bernilai jual tinggi.
- c) Mendorong penggunaan teknologi energi terbarukan (surya) dalam proses produksi, sehingga mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan menurunkan biaya operasional jangka panjang.
- d) Menjadi dasar pengembangan alat pengering hybrid skala kecil yang sesuai untuk kebutuhan petani atau kelompok tani, terutama pada musim panen raya ketika produksi cabai melimpah.

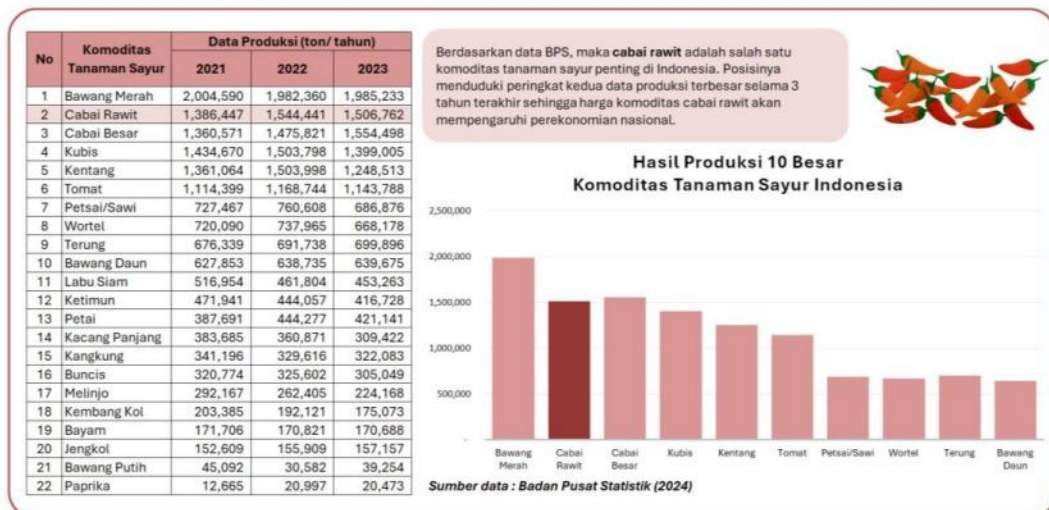
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Komoditas *Perishable* di Indonesia

Indonesia merupakan salah satu negara agraris dengan produksi hortikultura yang sangat beragam dan melimpah, terutama pada komoditas buah dan sayuran. Hal ini didukung oleh kondisi geografis Indonesia yang berada di daerah tropis dengan intensitas cahaya matahari tinggi, curah hujan yang melimpah, serta keragaman agroklimat yang memungkinkan berbagai jenis tanaman hortikultura tumbuh sepanjang tahun. Keanekaragaman wilayah tanam mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi menjadikan Indonesia mampu menghasilkan berbagai komoditas unggulan, seperti cabai, tomat, bawang merah, aneka sayuran daun, serta beragam buah tropis. Selain memiliki potensi produksi yang besar, subsektor hortikultura juga berperan penting dalam penyediaan pangan bergizi, sumber pendapatan petani kecil, dan penopang stabilitas ekonomi daerah.



Gambar 1 Komoditas Tanaman Sayur dan Holtikultura di Indonesia

Komoditas hortikultura seperti cabai, bawang merah, tomat, cabai rawit, dan berbagai jenis sayuran daun termasuk dalam kategori *perishable commodities* karena memiliki kandungan air tinggi, aktivitas respirasi yang cepat, serta sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan suhu dan kelembapan. Sifat tersebut menyebabkan

komoditas hortikultura mudah mengalami pelayuan, kerusakan mekanis, perubahan warna, serta pembusukan hanya dalam waktu singkat setelah panen. Tanpa penanganan pascapanen yang tepat, produk-produk ini dapat kehilangan mutu dalam hitungan jam hingga beberapa hari, terutama pada kondisi lingkungan yang tidak terkontrol. Tingginya tingkat susut pascapanen yang dapat mencapai 20 – 40% menjadi tantangan serius bagi petani dan pelaku usaha, terlebih pada saat musim panen raya ketika pasokan meningkat drastis.



Gambar 2 Aneka Ragam Hasil Pertanian Holtikultura

Tantangan tersebut semakin kompleks ketika produksi hortikultura di Indonesia menunjukkan fluktuasi musiman yang cukup besar, terutama pada komoditas seperti cabai dan tomat. Pada musim panen raya, kelebihan pasokan yang tidak diimbangi oleh kapasitas penyimpanan dan pengolahan yang memadai dapat menyebabkan harga turun drastis dan meningkatkan risiko kerugian petani. Sebaliknya, pada musim paceklik, kelangkaan pasokan menyebabkan lonjakan harga dan volatilitas pasar yang tinggi.

Selain itu, karakteristik sifat fisik hasil pertanian yang merupakan ciri khas produk pertanian diantaranya yaitu *perishable* yaitu mudah busuk dan rusak, *bulky*, mengambil banyak tempat sehingga sulit untuk dipindahkan karena berat dan sifat fisiknya agak kaku, dan *voluminous* yaitu hasil pertanian yang tidak berat membutuhkan ruang atau tempat yang cukup besar. Oleh karena itu, sifat *perishable* pada komoditas hortikultura menjadi isu strategis dalam sistem pangan nasional, sehingga diperlukan teknologi pascapanen (seperti pengeringan) untuk memperpanjang umur simpan, menekan susut pascapanen, dan meningkatkan nilai tambah produk.

2.1.2 Teknologi Tepat Guna Pengeringan Hybrid

Teknologi tepat guna pengeringan hybrid merupakan inovasi pengolahan pascapanen yang memadukan sumber energi surya dengan energi tambahan seperti listrik atau gas untuk menghasilkan proses pengeringan yang lebih stabil, efisien, dan dapat diandalkan pada berbagai kondisi cuaca. Melalui penggunaan solar collector atau ruang pengering berbasis radiasi matahari, teknologi ini mampu memanfaatkan energi terbarukan untuk menurunkan kadar air bahan secara bertahap. Ketika intensitas cahaya matahari tidak mencukupi, sistem hybrid secara otomatis atau manual dapat dialihkan ke sumber energi alternatif sehingga suhu dan kelembapan ruang pengering tetap terjaga dalam kisaran optimal. Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya mampu mempercepat waktu pengeringan dibandingkan metode penjemuran manual, tetapi juga meningkatkan kualitas produk akhir melalui pengendalian suhu yang lebih konsisten, higienitas yang lebih baik, serta penurunan risiko kontaminasi.



Gambar 3 Bangunan Penjemur Hybrid DrySter Eco House

DrySter Eco House merupakan rumah pengeringan berbasis tenaga surya yang ditujukan untuk pengolahan aneka bahan pangan yang merupakan pengembangan penelitian sebelumnya dan sudah terdaftar pada Hak Cipta EC002024210547. Kelebihan jenis pengering berbasis tenaga surya adalah hemat tenaga namun optimal dalam hasil produksi.

Bangunan *DrySter Eco House* dilengkapi panel surya sebagai sumber energi. Desain tersebut memungkinkan proses pengeringan berjalan optimal sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi konvensional. Untuk memastikan efektivitas proses pengeringan, *DrySter Eco House* dirancang dengan spesifikasi teknis yang mendukung efisiensi energi sekaligus menjaga kualitas produk. Spesifikasi ini

mencakup dimensi, bahan, sistem ventilasi, hingga perangkat pendukung berbasis energi surya.

Gambar 4 Spesifikasi Penjemur Hybrid DrySter Eco House

Dimensi	1,5 x 1,5 x 1,5 meter
Bahan Penutup	Kaca aklirik 0,5 mm
Rangka	Besi hollow dan alumunium
Rak Penjemuran	5 susun rangka baja ringan dengan <i>wiremesh stainless steel</i>
Saluran Udara	1 <i>exhaust fan</i> , kipas input dan output (220V 20 W)
Kolektor Panas	Alumunium hitam
Pengukur suhu dan kelembapan	Elitech (RC-4 dan RC4HC)
Panel Surya	10 W panel 10 Wp
Baterai	Aki <i>deep cycle</i> 12V 10 Ah, SCC 10 A

2.1.3 Kualitas Produk Pertanian Kering (Studi Kasus: Cabai)

Kualitas cabai kering ditentukan oleh beberapa parameter penting yang mencerminkan mutu fisik, kimia, dan sensori dari produk akhir. Secara umum, cabai kering yang berkualitas baik memiliki:

- **Kadar air:** merupakan indikator utama karena menentukan stabilitas penyimpanan dan risiko pertumbuhan mikroba; standar mutu umumnya mensyaratkan kadar air cabai kering berada pada kisaran 8–12% agar aman disimpan dalam jangka panjang.
- **Warna cabai kering:** terutama parameter kecerahan (L^*), kemerahan (a^*), dan kekuningan (b^*), juga menjadi aspek penting karena warna yang gelap atau kecokelatan sering menandakan kerusakan akibat suhu pengeringan yang terlalu tinggi atau oksidasi pigmen.
- **Aroma khas yang tetap terjaga,**
- **Kondisi fisik yang utuh dan bebas dari kontaminasi:** tekstur dan kekerasan cabai kering menunjukkan tingkat pengeringan yang seragam, sementara aroma merupakan indikator volatilitas senyawa khas cabai seperti capsaicin dan komponen aromatik lainnya yang sangat dipengaruhi oleh kondisi proses pengeringan.

Metode pengeringan sangat berperan dalam menentukan kualitas akhir cabai kering. Pengeringan manual dengan sinar matahari cenderung menghasilkan warna yang

kurang seragam, waktu pengeringan yang lebih lama, serta risiko kontaminasi fisik maupun biologis yang lebih tinggi. Sebaliknya, pengeringan mekanis atau hybrid yang menggabungkan energi surya dan listrik/gas memungkinkan pengaturan suhu dan aliran udara yang lebih stabil, sehingga dapat mempertahankan warna cerah, mengurangi degradasi senyawa aktif, serta menghasilkan produk yang lebih higienis



Gambar 5 Cabai Kering.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengeringan dengan suhu terkendali mampu mempertahankan kandungan capsaicin dan antioksidan cabai lebih baik dibandingkan dengan penjemuran tradisional. Dengan demikian, pemilihan metode pengeringan yang tepat merupakan faktor kunci dalam menjaga kualitas cabai kering sekaligus meningkatkan nilai tambah komoditas ini pada pasar agroindustri.

2.1.4 Perhitungan Unit Cost dari Aspek Ekonomis dan Teknis

Metode penentuan biaya satuan produksi yang mempertimbangkan seluruh komponen biaya yang dikeluarkan selama proses pengolahan, serta parameter teknis yang mempengaruhi efisiensi proses. Dalam pengeringan produk pertanian seperti cabai, *unit cost* dihitung berdasarkan total biaya tetap, biaya variabel, dan konsumsi sumber daya teknis sehingga menghasilkan nilai biaya produksi per kilogram produk kering.

Dari aspek ekonomis, *unit cost* mencakup perhitungan biaya bahan baku, tenaga kerja langsung, energi, pemeliharaan, penyusutan alat, serta *overhead*. Semua biaya tersebut dijumlahkan untuk memperoleh total biaya produksi yang kemudian dibagi dengan jumlah output cabai kering yang dihasilkan. Pendekatan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kelayakan finansial, efisiensi biaya, serta potensi keuntungan dari sistem pengeringan yang digunakan, baik hybrid maupun manual.

Dari aspek teknis, perhitungan *unit cost* memperhitungkan parameter teknis proses pengeringan seperti laju pengeringan, kapasitas alat, waktu proses, rendemen (persentase hasil kering), dan konsumsi energi. Parameter teknis ini mempengaruhi jumlah produk kering yang dihasilkan serta energi yang dibutuhkan, sehingga secara langsung menentukan biaya per kilogram.

Dengan menggabungkan kedua aspek tersebut, perhitungan unit cost mampu memberikan evaluasi yang komprehensif mengenai kinerja sistem pengeringan, sekaligus menjadi dasar pembandingan antara dua atau lebih metode pengeringan.

1) Komponen Biaya

- a. **Biaya Tetap (*Fixed Costs*):** merupakan biaya produksi yang besarnya tidak berubah meskipun jumlah output atau volume produksi mengalami perubahan dalam jangka waktu tertentu. Biaya ini harus tetap dikeluarkan oleh pelaku usaha baik proses pengeringan berjalan dengan kapasitas penuh, setengah kapasitas, maupun tidak berproduksi. Besarnya biaya tetap tidak dipengaruhi oleh seberapa banyak hasil kebun atau pertanian yang dikeringkan, sehingga sifatnya relatif konstan dalam suatu periode. Dibebankan tiap periode (per bulan). Yang termasuk biaya ini antara lain:
 - Penyusutan peralatan pengeringan
 - Pemeliharaan (*maintenance*)
 - Sewa tempat atau lahan (jika ada)
 - Asuransi, administrasi atau overhead tetap

- b. **Biaya Variabel (*Variable Costs*):** merupakan biaya produksi yang besarnya berubah secara proporsional dengan volume output atau jumlah bahan yang diproses. Semakin besar jumlah produk yang dikeringkan, semakin tinggi biaya variabel yang dikeluarkan, dan sebaliknya. Biaya ini hanya muncul ketika kegiatan produksi berlangsung dan akan berkurang atau bahkan tidak ada jika proses pengeringan tidak dilakukan.
 - Bahan baku (cabai segar)
 - Energi (listrik, LPG, kontribusi energi surya)
 - Tenaga kerja langsung

- Pengemasan, material habis pakai, transportasi lokal
- Biaya lain yang terkait proses

Karena sifatnya yang mengikuti jumlah produksi, biaya variabel sangat berpengaruh dalam menghitung total biaya, unit cost, dan efisiensi biaya per kilogram produk kering, serta menjadi parameter penting ketika membandingkan kinerja ekonomi antara pengeringan hybrid dan pengeringan manual.

- c. **Biaya Tidak Langsung (*Overhead*):** biaya produksi tidak langsung yang diperlukan untuk mendukung proses pengolahan, tetapi tidak berkaitan langsung dengan volume produksi maupun tidak dapat ditelusuri secara langsung pada satu unit produk. Biaya ini mencakup berbagai pengeluaran pendukung yang memastikan kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar, meskipun tidak terlibat secara langsung dalam proses teknis pengeringan.

- Listrik dasar dan utilitas umum
- Biaya administrasi dan perkantoran
- Gaji staf administrasi atau pengawas tidak langsung
- Biaya kebersihan, keamanan, dan perawatan area kerja
- Peralatan pendukung nonproduksi
- Biaya umum lainnya yang tidak berubah secara langsung dengan volume pengeringan

Biaya overhead biasanya dialokasikan ke unit produk menggunakan metode tertentu, seperti alokasi per jam kerja, per *batch*, atau per kilogram output.

2.2 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa Teknik pengeringan cabai rawit yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Pengering menggunakan tenaga surya memiliki dua jenis sistem aliran udara yaitu (Ari Parfiyanti et al., 2016):

1. Konveksi alami yang menggunakan prinsip alami bahwa udara panas naik,
2. Konveksi paksa yang memaksa udara melalui ruang pengering dengan kipas.

Efek konveksi alami dapat ditingkatkan dengan penambahan cerobong di mana udara keluar lebih panas. Pengering konveksi alami memerlukan penggunaan yang hati-hati;

Penumpukan produk terlalu tinggi atau kurangnya sinar matahari dapat menyebabkan udara tertahan di pengering dan menghentikan proses pengeringan.

Penggunaan konveksi paksa dapat mengurangi waktu pengeringan hingga tiga kali lipat dan mengurangi area kolektor yang dibutuhkan hingga 50%. Akibatnya, pengering yang menggunakan kipas dapat mencapai hasil yang sama dengan pengering konveksi tidak melorot dan menampung air. alami dengan kolektor enam kali lebih besar. Kipas dapat ditenagai dengan listrik utilitas jika tersedia, atau dengan sel surya fotovoltaik. Memproduksi produk kering yang aman dan berkualitas tinggi membutuhkan prosedur yang cermat di seluruh proses pengawetan. Makanan hanya mengalami sedikit pengurangan nutrisi dan estetika jika dikeringkan dengan benar; namun, pengeringan yang salah dapat menurunkan kualitas makanan secara drastis dan membawa risiko keracunan makanan. Proses yang mirip dengan tujuh langkah berikut biasanya digunakan saat mengeringkan buah dan sayuran dan ikan, dengan beberapa modifikasi:

- Seleksi (produk segar, tidak rusak)
- Pembersihan (cuci dan desinfeksi)
- Persiapan (mengupas, mengiris)
- Pra-perawatan (misalnya *blanching*, *salting*)
- Pengeringan
- Kemasan
- Penyimpanan atau ekspor untuk *sulfurizing*,

Hanya makanan segar dan tidak rusak yang harus dipilih dikeringkan untuk mengurangi kemungkinan pembusukan dan membantu memastikan kualitas produk. Setelah pemilihan, penting untuk membersihkan produk. Hal ini karena pengeringan tidak selalu menghancurkan mikroorganisme, tetapi hanya menghambat pertumbuhannya.

Penelitian kualitatif di tahun 2023 menunjukkan perkembangan dalam penggunaan teknologi pengeringan berbasis rumah kaca untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pengeringan bahan pangan (Salsabilah et al., 2023). Beberapa studi menggunakan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan, seperti panel surya dan unit penyimpanan energi, untuk memaksimalkan kontrol suhu

serta aliran udara, yang membantu mempercepat proses pengeringan dan menjaga kualitas produk akhir. Salah satu contohnya, penggunaan pengering pintar berbasis IoT yang mengontrol kondisi lingkungan di dalam rumah kaca, berhasil mengurangi kadar air bahan pangan dari 88% menjadi 10% dalam waktu beberapa menit.

Pendekatan ini juga mengurangi risiko kontaminasi dari polusi dan kondisi cuaca ekstrem, serta mendukung keberlanjutan lingkungan dengan memanfaatkan energi terbarukan. Selain itu, metode dengan mesin pengering terbukti lebih cepat karena rata-rata hanya membutuhkan waktu beberapa jam (1-2 jam) saja dibandingkan pengeringan udara panas 80°C (13,5 jam), rumah kaca (64 jam), sinar matahari (64 jam) dan penjemuran tempat teduh (240 jam) (Putu et al., 2023). Pengeringan dengan kombinasi mesin pengering (bisa dengan menggunakan tenaga surya dan kipas angin (aliran udara) adalah kombinasi tercepat dan terbaik.

2.3 Kerangka Konsep Penelitian

Penelitian ini dibangun berdasarkan pemahaman teoretis mengenai sifat komoditas perishable, teknologi pengeringan, parameter kualitas produk kering, serta analisis biaya dan efisiensi energi. Secara konseptual, hubungan antarvariabel digambarkan sebagai berikut:

1. **Komoditas hortikultura perishable** (misalnya cabai) memiliki karakteristik kandungan air tinggi, laju respirasi cepat, serta umur simpan pendek yang menyebabkan kerusakan cepat setelah panen. Kondisi ini menuntut adanya teknologi penanganan pascapanen yang mampu menurunkan kadar air dan memperpanjang masa simpan.
2. **Teknologi pengeringan** merupakan salah satu metode utama penanganan pascapanen yang bertujuan mengurangi kadar air hingga berada pada tingkat aman penyimpanan. Dua metode yang dibandingkan dalam penelitian ini adalah:
 - **Pengeringan manual (penjemuran matahari)**. Memiliki kelebihan rendah dalam hal biaya operasional, tetapi tidak stabil karena tergantung cuaca. Namun kelemahannya Adalah higienitas rendah, waktu lama, dan kualitas sering tidak konsisten.

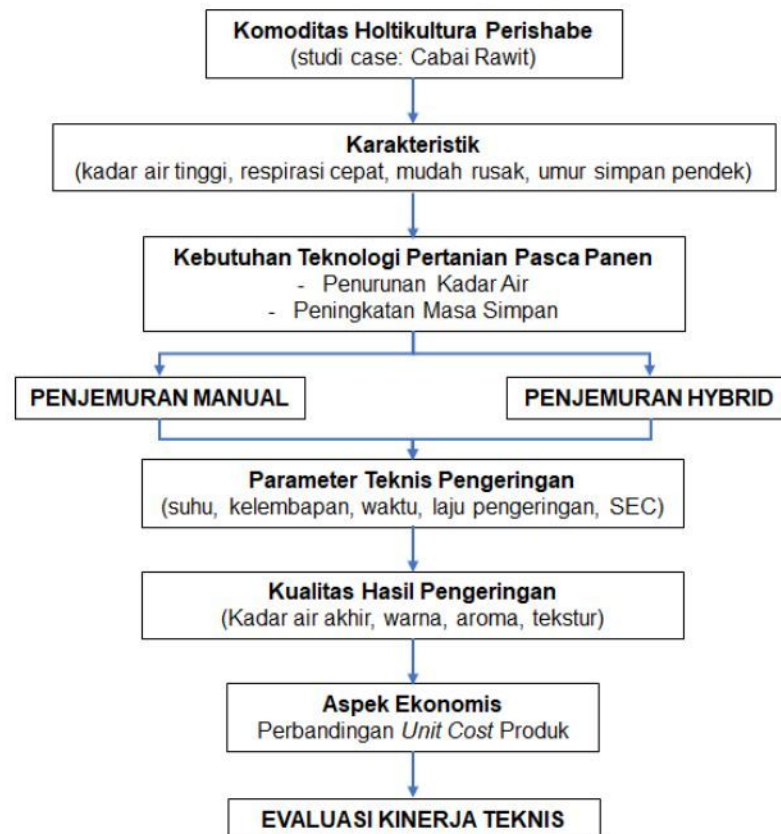
- **Pengeringan hybrid:** Memiliki kelebihan menggabungkan energi surya dan energi tambahan (listrik/gas), namun dapat menghasilkan proses yang lebih stabil, higienis, dan efisien.
3. **Parameter teknis proses pengeringan** menjadi variabel yang memengaruhi kualitas dan efisiensi. Parameter tersebut mencakup:
- Suhu dan kelembapan ruang pengering
 - Laju pengeringan
 - Waktu proses
 - *Specific Energy Consumption* (SEC)
 - Rendemen cabai kering
 - Stabilitas suhu dan aliran udara
- Variabel teknis ini menentukan jumlah energi yang digunakan dan kualitas akhir produk kering.
4. **Kualitas cabai kering** merupakan *outcome* teknis yang dinilai berdasarkan indikator fisik, kimia, dan sensori, meliputi:
- Kadar air akhir
 - Warna (L^* , a^* , b^*)
 - Tekstur
 - Aroma
 - Rendemen produk
- Parameter kualitas ini dipengaruhi oleh jenis metode pengeringan dan kondisi teknis selama proses.
5. **Aspek ekonomis** menghitung efisiensi biaya melalui analisis unit cost yang mencakup:
- Biaya tetap
 - Biaya variabel
 - Biaya energi
 - Overhead
 - Biaya produksi per kilogram cabai kering

Hubungan antara parameter teknis dan biaya energi menentukan nilai unit cost, sehingga metode pengeringan yang lebih efisien (misalnya hybrid) diharapkan menghasilkan biaya produksi lebih rendah atau lebih stabil dibandingkan metode manual.

6. Berdasarkan hubungan tersebut, kinerja pengeringan hybrid dievaluasi secara komprehensif melalui:
 - **Aspek teknis:** laju pengeringan, konsumsi energi, stabilitas suhu, rendemen, dan kualitas produk.
 - **Aspek ekonomis:** unit cost per kg, penggunaan energi, dan efisiensi biaya.
7. **Perbandingan dua metode pengeringan** (hybrid dan manual) memungkinkan penilaian komprehensif apakah teknologi hybrid memberikan:
 - Peningkatan kualitas cabai kering
 - Pengurangan konsumsi energi
 - Efisiensi biaya produksi

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian



Gambar 6 Metode Penelitian

Berikut dijabarkan uraian metodologi penelitian.

a) Pemilihan Objek Penelitian: Produk Hortikultura *Perishable*

Penelitian ini diawali dengan penetapan objek kajian, yaitu komoditas hortikultura perishable dengan cabai rawit sebagai studi kasus utama. Pemilihan cabai rawit didasarkan pada karakteristiknya yang memiliki kadar air tinggi, laju respirasi cepat, mudah rusak, dan umur simpan pendek. Pada tahap awal metodologi, dilakukan identifikasi sifat fisik dan biologis cabai yang relevan terhadap proses pengeringan, termasuk kadar air awal, bentuk fisik, dan

sensitivitas terhadap suhu. Informasi karakteristik awal ini diperlukan sebagai dasar dalam menentukan kondisi pengeringan yang akan diuji.

b) Analisa Kebutuhan Teknologi Tepat Guna Pasca Panen

Tahap berikutnya adalah menganalisis kebutuhan teknologi pascapanen, terutama terkait proses penurunan kadar air dan peningkatan masa simpan. Pada bagian ini, penelitian menetapkan dua metode pengeringan yang akan dibandingkan: penjemuran manual dan pengeringan hybrid. Pemilihan kedua metode ini dilakukan untuk melihat sejauh mana perbedaan teknologi memengaruhi kinerja teknis dan ekonomis pada proses pengeringan cabai rawit. Pada tahap metodologi ini, dilakukan persiapan alat, penentuan kapasitas batch, serta penetapan kondisi awal pengeringan untuk masing-masing metode.

c) Analisa Parameter Pengeringan Hasil Produk Holitkultura *Perishable*

Proses pengeringan kemudian diobservasi dan dianalisis berdasarkan parameter teknis pengeringan, yang meliputi suhu ruang pengering, kelembapan relatif, lama pengeringan, laju penurunan kadar air, serta *Specific Energy Consumption* (SEC). Pengukuran dilakukan secara berkala menggunakan alat ukur standar seperti termohigrometer, timbangan digital, dan wattmeter atau flow meter energi. Semua data teknis dikumpulkan secara sistematis untuk menghasilkan profil pengeringan yang dapat dibandingkan antara metode manual dan hybrid.

d) Pengujian Kualitas Hasil Pengeringan

Tahap berikutnya adalah pengujian kualitas hasil pengeringan, yang dinilai berdasarkan parameter seperti kadar air akhir, warna, aroma, dan tekstur. Pengujian kadar air dilakukan menggunakan moisture analyzer atau metode oven. Warna dinilai secara visual atau menggunakan colorimeter jika tersedia. Aroma dan tekstur dievaluasi secara deskriptif menggunakan panelis terlatih atau berdasarkan pedoman penilaian mutu sederhana. Data ini berfungsi untuk mengetahui sejauh mana masing-masing metode pengeringan berpengaruh terhadap mutu cabai kering yang dihasilkan.

e) Analisa Aspek Ekonomis

Setelah diperoleh data teknis dan kualitas produk, penelitian berlanjut pada analisis aspek ekonomis, khususnya perhitungan unit cost produksi dari masing-

masing metode pengeringan. Pada tahap ini dihitung komponen biaya tetap, biaya variabel, biaya energi, overhead, serta biaya produksi per kilogram produk kering. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus biaya satuan yang telah ditetapkan pada bagian metodologi ekonomi. Data ini memberikan gambaran mengenai efisiensi biaya dan kelayakan ekonomi penerapan metode pengeringan hybrid

f) Evaluasi Kinerja Teknis

Seluruh data (teknis maupun ekonomiskemudian dibandingkan untuk memperoleh evaluasi kinerja teknis antara penjemuran manual dan pengeringan hybrid. Analisis perbandingan dilakukan melalui tabulasi data, grafik, dan perhitungan efisiensi. Hasil evaluasi ini menjadi dasar dalam menentukan metode pengeringan mana yang lebih unggul dalam hal kualitas produk, konsumsi energi, waktu proses, dan biaya produksi.

3.2 Prosedur Penelitian

Berikut dijabarkan uraian prosedur pada penelitian ini.

a) Persiapan Bahan dan Peralatan

- Menyiapkan bahan berupa cabai rawit segar dengan kualitas seragam (warna, ukuran, tanpa kerusakan fisik).
- Menimbang berat awal cabai segar menggunakan timbangan digital.
- Menyiapkan alat pengering hybrid *DrySter Eco House*
- Menyiapkan lokasi penjemuran manual pada area terbuka yang terkena sinar matahari langsung.
- Menyiapkan alat ukur lain: stopwatch, dan kamera dokumentasi.

b) Proses Pengeringan dengan Metode Manual

- Menyebarkan cabai rawit segar secara merata di atas tampah atau rak penjemuran.
- Menempatkan rak di lokasi penjemuran tanpa halangan sinar matahari.
- Mencatat kondisi lingkungan awal: suhu udara, kelembapan.
- Melakukan penjemuran setiap hari

- Mencatat suhu dan kelembapan setiap interval waktu 1 (satu) hari
- Melanjutkan proses hingga cabai mencapai kadar air akhir 12%
- Mencatat total waktu pengeringan (jam/hari).

c) Proses Pengeringan dengan Metode Hybrid

- Menyalakan sistem pengering hybrid
- Menyetel suhu awal sesuai standar pengeringan cabai (40–60°C).
- Menyebarkan cabai secara merata di dalam ruang pengering.
- Mengaktifkan sumber energi listrik jika intensitas matahari menurun.
- Mencatat suhu, kelembapan, dan konsumsi energi (kWh)
- Menimbang sampel cabai secara berkala untuk menghitung laju pengeringan.
- Melanjutkan hingga cabai mencapai kadar air 12%
- Mencatat total waktu, energi yang digunakan

d) Pengukuran Parameter Teknis

- Menghitung kadar air awal dan akhir
- Menghitung laju pengeringan berdasarkan perubahan massa terhadap waktu.
- Menghitung *Specific Energy Consumption* (SEC), yang dihitung dari total energi yang digunakan per kg produk kering.

e) Pengujian Kualitas Hasil Pengeringan

- Analisa warna: dapat dinilai menggunakan metode visual standar.
- Analisa aroma secara deskriptif oleh panelis terlatih.
- Analisa tekstur dicatat berdasarkan tingkat kekerasan/kenyahan.
- Analisa kadar air akhir
- Mendokumentasikan perubahan fisik cabai sebelum dan sesudah pengeringan.

f) Pengumpulan dan Perhitungan Aspek Ekonomis

- Menghitung biaya tetap: penyusutan alat, *maintenance*, *overhead*.
- Menghitung biaya variabel: bahan baku, energi, tenaga kerja, pengemasan.
- Menghitung total biaya produksi (TC) untuk setiap metode.

- Menghitung *unit cost* per kilogram cabai kering dengan rumus:

$$\text{Unit Cost} = \frac{\text{TC}}{\text{Output Produk Kering (kg)}}$$

- Menghitung biaya energi per kg dan biaya proses (tanpa bahan baku).
- Membuat perbandingan biaya pengeringan hybrid dengan pengeringan manual.

g) Proses Analisis Data

- Membandingkan nilai parameter teknis (suhu, waktu, laju pengeringan, SEC) antara kedua metode.
- Membandingkan kualitas cabai kering dari kedua metode.
- Membandingkan unit cost untuk melihat efisiensi biaya.
- Menyusun tabel, grafik, dan analisis statistik yang diperlukan

h) Penarikan Kesimpulan

Menentukan metode yang memberikan hasil teknis dan ekonomis lebih efisien.

3.3 Analisis Data

Analisa data yang dilakukan pada penelitian dititikberatkan pada perbandingan aspek teknis dan ekonomis dalam perbandingan hasil metode penjemuran. Untuk urutan langkah yang dipergunakan adalah:

- a) Perhitungan biaya per periode, yaitu menghitung biaya tetap dan variabel yang diperlukan selama proses pengeringan hasil panen komoditas *perishable*

$$TC \text{ (Total Cost)} = \text{Total Biaya Tetap (FC)} + \text{Total Biaya Variable (TVC)}$$

- b) Menghitung *Unit Cost* per produk setelah pengeringan (produk kering)

$$UC = \frac{TC}{Q}$$

Dimana Q = jumlah produk hasil pengeringan per periode (produk kering)

- c) Menghitung biaya energi yang digunakan

$$EC = \frac{\text{Total Biaya Energi}}{Q}$$

- d) Menghitung SEC (*Specific Energy Consumption*)

$$SEC = \frac{E \text{ (kWh)}}{Q}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Aspek Teknis

Berikut adalah pengumpulan dan pengolahan data untuk aspek teknis:

4.1.1 Perhitungan Selisih Kadar Air Awal dan Akhir

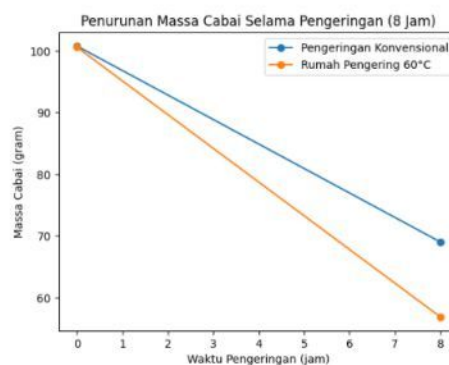
Untuk menghitung kadar air awal dan akhir maka diperlukan data massa dalam basis basah (wet basis).

$$\text{Kadar Air (\% bb)} = \frac{W_{\text{basah}} - W_{\text{kering}}}{W_{\text{basah}}} \times 100\%$$

Data yang didapatkan dari pengujian selama 8 jam adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Perbandingan Massa Setelah Pengerinan

Perlakuan	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Kadar Air Akhir	Karakteristik Fisik
Pengerinan konvensional	100,78	69,01	31%	Merah cerah, mulai keriput
Pengerinan dengan suhu 60°C	100,60	56,85	44%	Merah agak gelap, agak keriput



Gambar 7 Penurunan Kadar Air pada Sampel

a. Selisih Kadar Air Pengerinan Konvensional

$$KA = \frac{100,78 - 69,008}{100,78} \times 100\% = \frac{31,772}{100,78} \times 100\% = 31,52\%$$

b. Selisih Kadar Air dengan Pengerinan Hybrid

$$KA = \frac{100,60 - 56,852}{100,60} \times 100\% = \frac{43,748}{100,60} \times 100\% = 43,48\%$$

4.1.2 Perhitungan Laju Pengerinan

Laju pengeringan dihitung berdasarkan perubahan massa terhadap waktu. Laju pengeringan menunjukkan kecepatan pengurangan massa air per satuan waktu. Satuan dinyatakan dalam kg air/jam.

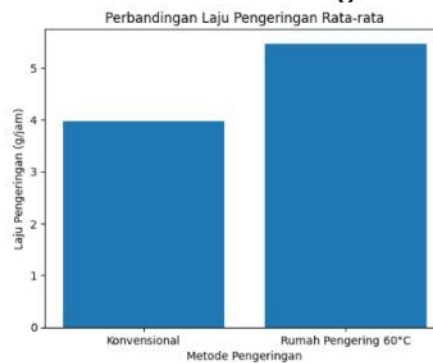
$$\text{Laju Pengerinan} = \frac{W_t - W_{t+\Delta t}}{\Delta t}$$

a. Laju Pengerinan Konvensional

$$\text{Laju Pengerinan Konvensional} = \frac{31,772}{8} = 3,97 \text{ g/jam}$$

b. Laju Pengerinan Hybrid 60°C

$$\text{Laju Pengerinan Hybrid} = \frac{43,748}{8} = 5,47 \text{ g/jam}$$



Gambar 8 Perbandingan Laju Pengerinan

4.1.3 Perhitungan *Specific Energy Consumption* (SEC)

Specific Energy Consumption (SEC) adalah indikator efisiensi energi yang menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg produk kering. Semakin kecil nilai SEC menunjukkan proses pengeringan semakin efisien secara energi. Sebelum menghitung SEC dihitung terlebih dahulu energi listrik dari pengering surya pada alat terpasang:

Spesifikasi Sistem Pengeringan

- Sumber energi: Panel surya
- Kapasitas panel: 100 Watt (Wp)
- Waktu pengeringan: 8 jam
- Massa cabai kering: 56,852 gram = 0,05685 kg

Perhitungan Energi Listrik dari Panel Surya

Rumus energi listrik:

$$E = P \times t$$

P = daya panel (kW)

t = waktu (jam)

$$P = 100 \text{ W} = 0,1 \text{ kW}$$

$$E = 0,1 \times 8 = 0,8 \text{ kWh}$$

Perhitungan Specific Energy Consumption (SEC)

Rumus SEC:

$$SEC = \frac{E_{total}}{Q_{kering}}$$

E_{total} = total energi (kWh atau MJ)

Q_{kering} = berat produk kering (kg)

$$SEC = \frac{0,8}{0,05685} = 14,08 \text{ kWh/kg}$$

Nilai SEC sebesar 14,08 kWh/kg menunjukkan bahwa sistem pengeringan berbasis energi surya murni cukup efisien untuk skala UMKM. Tidak adanya konsumsi bahan bakar fosil membuat sistem ini ramah lingkungan dan biaya operasional energi sangat rendah. Sistem ini cocok diterapkan untuk UMKM pengolahan cabai, terutama di daerah dengan intensitas radiasi matahari yang baik.

4.2 Perhitungan Aspek Ekonomis

Analisis aspek ekonomi dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan dan efisiensi biaya dari proses pengeringan cabai menggunakan sistem pengering berbasis energi surya. Aspek ekonomi menjadi penting karena penerapan teknologi pascapanen tidak hanya dituntut mampu meningkatkan kualitas produk, tetapi juga harus memberikan keuntungan secara finansial, khususnya bagi pelaku usaha skala kecil dan menengah.

Data Penggunaan Tenaga dan Kapasitas

- Kapasitas bahan baku = 20 kg cabai segar/hari
- Waktu pengeringan = 8 jam/hari
- Sistem pengering = Panel surya 100 W

- Tenaga kerja = 1 orang
- Upah tenaga kerja = Rp 100.000/hari
- Produk kering (rendemen) = 56,5% sehingga rata-rata hasil adalah 11,3 kg/hari

Data Biaya pada Peralatan Pengering

- Total investasi alat = Rp 20.000.000
- Umur ekonomis = 5 tahun
- Hari operasi = 300 hari/tahun
- Biaya Penyusutan per hari = $\frac{20.000.000}{5 \times 300} = \frac{20.000.000}{1.500} = Rp13.333/hari$

Perhitungan Biaya Produksi Harian

- Produksi per hari = 20 kg cabai segar (harga terendah adalah Rp 15.000/kg)
- Biaya bahan baku = $20 \text{ kg} \times Rp15.000/kg = Rp300.000/hari$
Biaya *overhead* = Rp 50.000/ bulan (data rata-rata)
- Biaya pengemasan = Rp 2.000 per 5 kg produk kering

Rekapitulasi Biaya Tetap

Tabel 2 Biaya Tetap Produksi Cabai Kering

Komponen	Biaya Tetap/ hari (Rupiah)
Penyusutan alat	$\frac{20.000.000}{5 \times 300} = Rp13.333/hari$
Overhead	$\frac{50.000}{30} = Rp1.667/hari$
Total biaya tetap	Rp 15.000

Rekapitulasi Biaya Variabel (menggunakan kapasitas 20kg per hari)

Tabel 3 Biaya Variabel Produksi Cabai Kering

Komponen	Biaya Variabel/ hari (Rupiah)
Bahan baku cabai	$20 \times 15.000 = Rp300.000/ hari$
Tenaga kerja	Rp 100.000
Pengemasan	Rp 6.000
Energi	Rp 0 (menggunakan tenaga surya)
Total biaya variabel	Rp 406.000

Total Biaya Produksi Harian

$$Rp 15.000 + Rp 406.000 = Rp 421.000/hari$$

Biaya Produksi per kg Cabai Kering (Unit Cost)

$$\text{Unit Cost} = \frac{421.000}{11,3} = \frac{Rp37.257}{kg} \approx Rp \frac{37.300}{kg}$$

Dengan biaya tersebut, maka petani masih dapat menjual produk cabai kering dengan harga Rp 45.000 sampai Rp 55.000 per kg saat terjadi kelangkaan pasokan cabai di pasaran yang biasanya menimbulkan harga cabai segar mencapai Rp 80.000 sampai 120.000 per kg. Simulasi keuntungan terendah adalah sebagai berikut:

Data Dasar Simulasi Penjualan Cabai Kering

- Produksi cabai kering= 11,3 kg/hari
- Harga jual cabai kering = Rp 45.000/kg
- *Unit cost* per kg = Rp 37.300/kg
- Pendapatan = $11,3 \text{ kg} \times \text{Rp } 45.000 = \text{Rp } 508.500/\text{hari}$

Keuntungan ini dapat dibandingkan dengan menjual paksa cabai saat harga turun di angka Rp 15.000/kg cabai segar. Karena menjual cabai segar juga memerlukan biaya distribusi dan resiko penyusutan akibat cabai busuk.

Asumsi Penjualan saat Musim Panen Raya (Harga Turun)

Penyusutan busuk cabai segar = 5% dari volume (dari cabai segar 20 kg, kemungkinan tertinggi 19 kg layak jual)

- Biaya pengiriman harian = Rp 15.000
- Biaya Produksi Cabai Segar (saat Harga Turun)
- Biaya bahan baku = $20 \times \text{Rp } 15.000 = \text{Rp } 300.000$
- Biaya pengiriman = Rp 15.000
- Total biaya = $\text{Rp } 300.000 + 15.000 = \text{Rp } 315.000/\text{hari}$

Biaya Produksi per kg Cabai Segar (*Unit Cost*)

$$\text{Unit Cost} = \frac{315.000}{19} = \frac{\text{Rp } 16.578}{\text{kg}} \approx \frac{\text{Rp } 16.600}{\text{kg}}$$

Data Dasar Simulasi Penjualan Cabai Segar (Harga Turun)

- Produksi cabai segar = 20 kg/hari
- Harga jual cabai segar = Rp 20.000/kg
- *Unit cost* per kg = Rp 16.600/kg
- Pendapatan = $19 \text{ kg} \times \text{Rp } 20.000 = \text{Rp } 380.000/\text{hari}$

Tabel 4 Perbandingan Pendapatan Penjualan Cabai Kering dan Cabai Segar (Posisi Harga Turun)

Parameter	Cabai Segar (Harga Anjlok)	Cabai Kering (Pengeringan Surya)
Bahan baku awal	20 kg cabai segar	20 kg cabai segar
Penyusutan busuk	5% (1 kg)	0
Volume layak jual	19 kg	11,3 kg
Harga jual	Rp 20.000/kg	Rp 45.000/kg
Pendapatan kotor	Rp 380.000	Rp 508.500
Biaya bahan baku	Rp 300.000	Rp 300.000
Biaya tenaga kerja	–	Rp 100.000
Biaya penyusutan alat	–	Rp 13.333
Biaya pengemasan	–	Rp 6.000
Biaya overhead	–	Rp 1.667
Biaya energi	–	Rp 0
Biaya pengiriman	Rp 15.000	-
Pendapatan Kotor	Rp 508.500	Rp 380.000
Risiko kerugian	Sangat tinggi	Rendah
Umur simpan	2–3 hari	Bulanan
Nilai tambah	Tidak ada	Tinggi

4.2 Pembahasan Hasil

4.2.1 Pembahasan Hasil Analisa Teknis

Pengeringan cabai dilakukan selama 8 jam menggunakan dua metode, yaitu pengeringan konvensional dan rumah pengering bersuhu 60°C. Berdasarkan hasil perhitungan, pengeringan konvensional dengan massa awal 100,78 gram menghasilkan massa akhir sebesar 69,008 gram, sehingga kadar air akhir yang diperoleh sebesar 31,52%. Sementara itu, pengeringan menggunakan rumah pengering pada suhu 60°C dengan massa awal 100,60 gram menghasilkan massa akhir sebesar 56,852 gram dan kadar air akhir sebesar 43,48%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengeringan pada suhu 60°C mampu menguapkan air lebih banyak dibandingkan pengeringan konvensional dalam waktu pengeringan yang sama, yaitu 8 jam. Hal ini dibuktikan dengan nilai laju pengeringan rata-rata sebesar 5,47 g/jam pada rumah pengering 60°C, lebih tinggi dibandingkan pengeringan konvensional sebesar 3,97 g/jam. Perbedaan laju pengeringan ini

disebabkan oleh kondisi suhu yang lebih terkendali pada rumah pengering, sehingga mempercepat proses perpindahan panas dan penguapan air dari jaringan cabai.

Laju pengeringan rata-rata pada pengeringan konvensional tercatat sebesar 3,97 g/jam, sedangkan pada rumah pengering bersuhu 60°C mencapai 5,47 g/jam. Nilai ini menunjukkan bahwa laju pengeringan pada rumah pengering 60°C sekitar 38% lebih tinggi dibandingkan pengeringan konvensional.

Peningkatan laju pengeringan ini disebabkan oleh kondisi suhu yang lebih terkendali dan merata di dalam rumah pengering, sehingga mempercepat proses penguapan air tanpa ketergantungan penuh pada kondisi lingkungan. Hasil ini menegaskan bahwa penggunaan rumah pengering pada suhu 60°C lebih efisien secara teknis dalam mempercepat proses pengeringan cabai dibandingkan metode konvensional, khususnya dalam durasi pengeringan yang sama.

Meskipun demikian, kadar air akhir cabai hasil pengeringan pada suhu 60°C masih relatif tinggi, yang menunjukkan bahwa diperlukan penambahan waktu pengeringan atau pengaturan ulang kondisi proses untuk mencapai kadar air aman penyimpanan. Dari sisi kualitas fisik, cabai yang dikeringkan pada suhu 60°C menunjukkan warna merah agak gelap dengan tekstur agak keriput, namun masih dalam batas mutu yang dapat diterima.

4.2.2 Pembahasan Hasil Analisa Ekonomis

Berdasarkan hasil perhitungan dan rekapitulasi biaya pada Tabel X, terdapat perbedaan yang signifikan antara penjualan cabai dalam bentuk segar saat harga anjlok dan pengolahan cabai menjadi produk kering menggunakan sistem pengeringan berbasis energi surya. Pada kondisi cabai segar, meskipun pendapatan kotor terlihat mencapai Rp 380.000 per hari, adanya penyusutan busuk sebesar 5% serta biaya pengiriman sebesar Rp 15.000 per hari menyebabkan pendapatan bersih yang diterima menjadi lebih rendah, yaitu Rp 508.500 per hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa penjualan cabai segar sangat rentan terhadap kerugian, terutama karena sifatnya yang mudah rusak dan memiliki umur simpan yang sangat pendek, yaitu hanya sekitar 2–3 hari.

Sebaliknya, pengolahan cabai menjadi cabai kering menghasilkan volume produk sebesar 11,3 kg per hari dengan harga jual yang lebih tinggi, yaitu Rp 45.000 per kg, sehingga pendapatan kotor yang diperoleh mencapai Rp 508.500 per hari. Meskipun terdapat tambahan biaya produksi seperti biaya tenaga kerja, penyusutan alat, pengemasan, dan overhead, total biaya tersebut masih dapat ditutupi oleh nilai jual produk kering. Penggunaan energi surya sebagai sumber energi pengeringan juga berkontribusi dalam menekan biaya operasional, karena tidak menimbulkan biaya energi harian.

Dari sisi risiko usaha, penjualan cabai segar memiliki tingkat risiko yang sangat tinggi akibat penyusutan busuk, fluktuasi harga pasar, dan keterbatasan umur simpan. Sebaliknya, cabai kering memiliki risiko kerugian yang lebih rendah karena produk dapat disimpan dalam jangka waktu bulanan tanpa penurunan mutu yang signifikan. Hal ini memberikan fleksibilitas bagi pelaku usaha dalam menentukan waktu penjualan dan strategi pemasaran.

Selain itu, pengolahan cabai segar menjadi cabai kering memberikan nilai tambah yang nyata. Cabai segar yang dijual langsung tidak mengalami peningkatan nilai ekonomi, sedangkan cabai kering memiliki nilai jual yang lebih tinggi dan stabil. Oleh karena itu, penerapan teknologi pengeringan surya tidak hanya berfungsi sebagai metode pengawetan, tetapi juga sebagai strategi peningkatan nilai tambah dan mitigasi risiko ekonomi pada komoditas hortikultura perishable seperti cabai.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai evaluasi kinerja pengeringan hybrid pada komoditas *perishable* dengan studi kasus cabai rawit, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari aspek teknis, pengeringan menggunakan sistem hybrid pada suhu 60°C menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan metode pengeringan konvensional. Hal ini ditunjukkan oleh laju pengeringan yang lebih tinggi, yaitu sebesar 5,47 g/jam, dibandingkan dengan pengeringan konvensional sebesar 3,97 g/jam pada waktu pengeringan yang sama selama 8 jam. Kondisi suhu yang lebih terkendali pada sistem hybrid mempercepat proses penguapan air dan meningkatkan efisiensi proses pengeringan.
2. Kualitas fisik cabai kering yang dihasilkan dari pengeringan hybrid secara umum lebih seragam dibandingkan pengeringan konvensional. Cabai hasil pengeringan hybrid memiliki warna merah agak gelap dengan tekstur agak keriput yang masih dapat diterima, serta berpotensi ditingkatkan mutunya dengan optimasi waktu dan suhu pengeringan untuk mencapai kadar air aman penyimpanan.
3. Dari aspek efisiensi energi, penggunaan panel surya sebagai sumber energi utama menghasilkan nilai *Specific Energy Consumption* (SEC) sebesar 14,08 kWh/kg. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem pengeringan hybrid berbasis energi surya relatif efisien dan ramah lingkungan, serta tidak menimbulkan biaya energi operasional harian, sehingga cocok diterapkan pada skala usaha mikro dan kecil.
4. Dari aspek ekonomis, pengolahan cabai segar menjadi cabai kering memberikan nilai tambah yang signifikan. Unit cost produksi cabai kering menggunakan sistem pengeringan hybrid sebesar Rp 37.300 per kg, sementara harga jual cabai kering dapat mencapai Rp 45.000 per kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pengeringan hybrid masih memberikan peluang keuntungan meskipun menggunakan asumsi harga bahan baku cabai segar terendah.

5. Perbandingan dengan penjualan cabai segar saat harga anjlok menunjukkan bahwa cabai segar memiliki risiko kerugian yang tinggi akibat penyusutan busuk dan biaya distribusi, dengan unit cost mencapai Rp 16.600 per kg, yang mendekati bahkan melebihi harga jual pasar. Sebaliknya, cabai kering memiliki umur simpan yang lebih panjang, risiko kerugian lebih rendah, serta fleksibilitas waktu pemasaran yang lebih baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Optimalisasi proses pengeringan perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya, terutama terkait pengaturan suhu dan waktu pengeringan, agar kadar air akhir cabai kering dapat mencapai standar mutu yang lebih optimal tanpa menurunkan kualitas warna dan aroma.
2. Pengembangan skala produksi pada penelitian berikutnya perlu dilakukan untuk mengetahui kinerja teknis dan ekonomis pengeringan hybrid pada kapasitas yang lebih besar, sehingga dapat diaplikasikan secara langsung pada skala kelompok tani atau UMKM.
3. Analisis sensitivitas ekonomi terhadap fluktuasi harga bahan baku, biaya tenaga kerja, dan kapasitas produksi disarankan untuk memperkuat kajian kelayakan usaha dan memperluas penerapan teknologi pengeringan hybrid.

DAFTAR PUSTAKA

- Salendu S. The productivity of the agricultural sector and industrial sector as a driving force of economic growth and community welfare in Indonesia. *Benchmarking: An International Journal*. 2021 Aug 2;28(7):2216–31.
- Sapriyadi et al. Strategi Pengembangan dan Peningkatan Produksi Sektor Basis pada Tanaman Hortikultura di Kabupaten Sidenreng Rappang. *Jurnal Agrikultura*. 2025;
- Badan Pusat Statistik 2024.
- Hasiloglu-Ciftciler M, Kaya O. Dynamic inventory sharing, ordering, and pricing strategies for perishable foods to maximize profit and minimize waste. *Comput Ind Eng*. 2025 Jul;205:111158.
- Marina I, Sukmawati D, Juliana E, Safa ZN. Dinamika Pasar Komoditas Pangan Strategis: Analisis Fluktuasi Harga Dan Produksi. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*. 2024 Apr 2;12(1):160.
- Madhankumar S, Viswanathan K, Taipabu MI, Wu W. A review on the latest developments in solar dryer technologies for food drying process. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2023 Aug;58:103298.
- Rehman HU, Naseer F, Ali HM. An experimental case study of solar food dryer with thermal storage using phase change material. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2023 Nov;51:103611.
- Kokate YD, Baviskar PR, Suryawanshi SD. Performance investigation of newly developed novel hemispherical solar dryer for sustainable food preservation: Comparative analysis with traditional methods. *Solar Energy*. 2024 Nov;283:113036.
- Himel MdHH, Akter M, Faisal AKM, Ahmed MM, Masud MH. Low-cost innovative food dryers for developing countries: current status and future prospect. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2025 Aug;104:104109.
- Mohana Y, Mohanapriya R, Anukiruthika T, Yoha KS, Moses JA, Anandharamakrishnan C. Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances. *Solar Energy*. 2020 Sep;208:321–44.
- Ran P, Ou Y, Zhang C, Chen Y. Energy, exergy, economic, and life cycle environmental analysis of a novel biogas-fueled solid oxide fuel cell hybrid power generation system assisted with solar thermal energy storage unit. *Appl Energy*. 2024 Mar;358:122618.
- Kalita N, Muthukumar P, Dalal A. Performance investigation of a hybrid solar dryer with electric and biogas backup air heaters for chilli drying. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2024 Jul;52:102646.

- Gohain RJB, Dutta PP. Solar biomass hybrid drying and quality evaluation of *Eryngium foetidum* in an innovative newly developed solar dryer. *Solar Energy*. 2024 Mar;270:112416.
- John Y, Kichonge B, Machunda R, Selemani J, Kivevele T. Enhancing agricultural drying efficiency with a novel hybrid solar-biogas dryer: Mathematical modeling and experimental validation. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2025 Sep;65:103866.
- Hadibi T, Mennouche D, Boubekri A, Chouicha S, Arıcı M, Yunfeng W, et al. Drying characteristic, sustainability, and 4E (energy, exergy, and enviro-economic) analysis of dried date fruits using indirect solar-electric dryer: An experimental investigation. *Renew Energy*. 2023 Dec;218:119291.
- Mishra L, Sinha A, Gupta R. Energy, exergy, economic and environmental (4E) analysis of greenhouse dryer in no-load condition. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2021 Jun;45:101186.
- Farahdiansari AP, Surya Effendi MR, Stighfarrinata R, Maghfiroh AM. Analisa Terapan Teknologi Pengeringan Higienis pada Cabai Rawit Kering untuk Stabilitas Pasokan di Luar Panen Raya. *Jurnal SENOPATI: Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering*. 2025 Jul 6;7(1):20–7.