

LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG

**KAJIAN TEKNIK PENGOLAHAN PADA PRODUKSI MINUMAN
FUNGSIONAL DI BADAN PERAKITAN DAN MODERNISASI
PERTANIAN TANAMAN REMPAH, OBAT, DAN AROMATIK,
BOGOR, JAWA BARAT**

Oleh
Layalia Zumrotunnisa
235100600111005



**DEPARTEMEN TEKNIK BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN

Kajian Teknik Pengolahan pada Produksi Minuman Fungsional di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik, Bogor, Jawa Barat

Nama : Layalia Zumrotunnisa
NIM : 235100600111005
Departemen : Teknik Biosistem
Fakultas : Teknologi Agroindustri dan Biosistem

Telah disetujui oleh

Mengetahui,
Ketua Departemen,



Dr. Eos Akhmad, Ad Sulianto, STP.,
MT., M.Eng
NIP. 197905012005011001

Dosen Pembimbing,

Ir. Ingit Kresna Maharsih, S.T., M.Sc
NIP. 199305012020122017

Tanggal Persetujuan: 20/5 2018

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Kajian Teknik Pengolahan pada Produksi Minuman Fungsional di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik, Bogor, Jawa Barat

Nama : Layalia Zumrotunnisa
NIM : 235100600111005
Departemen : Teknik Biosistem
Fakultas : Teknologi Agroindustri dan Biosistem

Telah disetujui oleh :

Mengetahui,
Pembimbing Lapangan,



Ediningsih, S.Si., M.T.
NIP. 198501122014032001

Dosen Pembimbing,

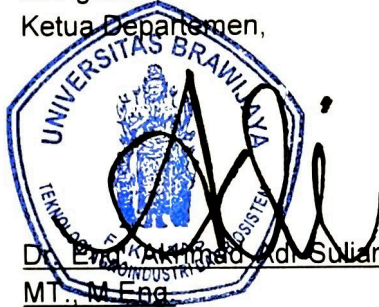
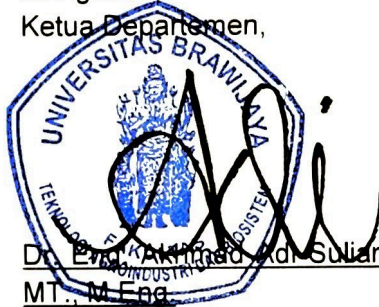


Ir. Inggit Kresna Maharsih, S.T., M.Sc.
NIP. 199305012020122017

Tanggal Persetujuan:

Tanggal Persetujuan:

Mengetahui:
Ketua Departemen,



Dr. Evi Kurniadi Adh Sulianto, STP., MT., M.Eng
NIP. 197905012005011001

Dosen Penguji,



Prof. Dr. Teti Estiasih, STP., MP.
NIP. 197012262002122001

Tanggal Persetujuan: 25/5-2026

Tanggal Persetujuan:

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Praktik Kerja Lapangan (PKL) yang berjudul "Kajian Teknik Pengolahan pada Produksi Minuman Fungsional di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik, Bogor, Jawa Barat" dengan baik. Penulis menyadari bahwa selesainya laporan ini tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penulisan laporan ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas nikmat dan karunia yang telah diberikan.
2. Keluarga yang telah memberikan dukungan secara moral maupun material.
3. Ibu Ediningsih, S.Si., M.T selaku pembimbing lapang PKL di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik, Bogor, Jawa Barat.
4. Ibu Ir. Inggit Kresna Maharsih, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing PKL.
5. Ibu Prof. Dr. Teti Estiasih, STP., MP. selaku dosen penguji PKL.
6. Bapak Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP., MT., M.Eng. selaku ketua Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Agroindustri dan Biosistem, Universitas Brawijaya.
7. Teman-teman yang turut membantu dan memberi motivasi penulisan laporan.
8. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Malang, 18 Maret 2026
Penulis

Layalia Zumrotunnisa
NIM. 235100600111005

ABSTRAK

Kajian Teknik Pengolahan pada Produksi Minuman Fungsional di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik, Bogor, Jawa Barat

oleh :

Layalia Zumrotunnisa

235100600111005

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) merupakan tanaman kacang-kacangan yang kaya akan nutrisi, terutama asam lemak omega-3, omega-6, dan protein. Pengolahan kacang inka menjadi susu bubuk dengan penambahan bubuk kelor (*Moringa oleifera* L.) bertujuan untuk meningkatkan nilai fungsional produk melalui metode *freeze drying*. PKL ini bertujuan untuk mempelajari tahapan proses dan mekanisme kerja alat *freeze drying*, menghitung efisiensi proses pengeringan melalui pendekatan neraca massa, serta menganalisis karakteristik pengeringan produk melalui pengujian kadar air. Kegiatan ini dilaksanakan pada 5 Januari – 6 Februari 2026 yang bertempat di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik (BRMP TROA), Bogor, Jawa Barat. Hasil menunjukkan bahwa penerapan neraca massa selama 53 jam pengeringan terbukti akurat dalam memantau distribusi bahan, dengan total air tersublimasi sebesar 377,36 g dan efisiensi 0,014%. Produk akhir memiliki kualitas unggul dengan kadar air 6,79% pada basis basah dan 7,29% pada basis kering yang telah memenuhi standar mutu minuman serbuk nabati berdasarkan SNI 7612:2011 (maksimal 8,0%). Durasi pengujian kadar air memerlukan waktu kumulatif selama 32 jam untuk mencapai berat konstan, yang dipengaruhi oleh kompleksitas matriks bahan dan efisiensi penghilangan air. Nilai efisiensi energi pada proses pengeringan beku tercatat sebesar 0,98%, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar energi digunakan untuk proses sublimasi dan pemeliharaan kondisi vakum. Secara keseluruhan, teknologi pengeringan beku efektif dalam menghasilkan susu bubuk kacang inka berkualitas tinggi dengan struktur porus yang memudahkan rehidrasi.

Kata kunci: bubuk kelor, efisiensi energi, kadar air, pengeringan beku, kacang inka.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Kegiatan.....	2
1.2.1 Tujuan Umum	2
1.2.2 Tujuan Khusus.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Kacang inka (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	3
2.2 Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.).....	4
2.3 Kencur Hitam	6
2.4 Serai.....	6
2.5 Lemon	7
2.6 Temulawak.....	8
2.7 Kayu Secang.....	9
2.8 Jahe	11
2.9 Minuman Fungsional	12
2.10 Susu Bubuk Nabati.....	12
2.11 Proses Pembuatan Minuman Fungsional	13
2.12 Pengeringan Beku (<i>Freeze Drying</i>).....	14
2.12.1 Prinsip Dasar Pengeringan Beku	14
2.12.2 Mekanisme Kerja Alat.....	15
2.13 Neraca Massa dan Rendemen.....	16
2.14 Efisiensi Pengeringan	17
2.15 Pengujian Kadar Air.....	19

BAB III METODE PELAKSANAAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	20
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	20
3.2.1 Data Primer.....	20
3.2.2 Data Sekunder.....	20
3.3 Jadwal Kegiatan	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Profil Umum Instansi.....	23
4.1.1 Sejarah Singkat	23
4.1.2 Visi dan Misi Instansi	24
4.1.3 Logo Instansi.....	24
4.1.4 Tugas dan Fungsi Instansi	25
4.2 Struktur Organisasi.....	26
4.3 Sumber Daya Manusia	27
4.4 Implementasi Produksi Minuman Fungsional	28
4.5.1 Produksi Minuman Herbal Kencur Hitam.....	28
4.5.2 Produksi Minuman Herbal Lemon Serai	29
4.5.3 Produksi Minuman Herbal Limun Temulawak	31
4.5.4 Produksi Minuman Herbal Secang Jahe.....	33
4.5.5 Produksi Minuman Berkarbonasi <i>Ginger Ale</i>	35
4.5.6 Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka	37
4.5.7 Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka dengan Penambahan Bubuk Kelor.....	39
4.6 Tinjauan Kesesuaian Produk terhadap SNI.....	41
BAB V TUGAS KHUSUS	43
5.1 Tahapan Proses dan Mekanisme Kerja Alat Pengeringan Beku	43
5.2 Metode Pengumpulan Data dan Pengukuran Parameter.....	45
5.3 Evaluasi Efisiensi Hasil dan Penerapan Neraca Massa.....	46
5.3.1 Pengamatan Keseimbangan Massa Operasional	46
5.3.2 Hasil Rendemen Produk.....	47
5.3.3 Efisiensi Pengeringan.....	48
5.4 Pengujian Kadar Air.....	49
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	52
6.1 Kesimpulan	52

6.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan.....	21
Tabel 4.1 Data Kepegawaian BRMP TROA per Juli 2025.....	27
Tabel 4.2 Syarat Mutu Produk dan Hasil Pengamatan.....	41
Tabel 5.1 Data Pengamatan Massa Produksi.....	47
Tabel 5.2 Data Efisiensi Pengeringan	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biji Kacang inka	3
Gambar 2.2 Tanaman Kacang inka (<i>Plukentia volubilis</i> L.).....	3
Gambar 2.3 Benang Sari dan Putik Kacang inka (ditunjukkan dengan panah)....	4
Gambar 2.4 Perbungaan dengan Buah yang Sedang Berkembang.....	4
Gambar 2.5 Kapsul Buah yang Telah Mengering.....	4
Gambar 2.6 (a) Tanaman Kelor (b) Daun Kelor.....	5
Gambar 2.7 Bubuk Daun Kelor	5
Gambar 2.8 Rimpang Kencur Hitam (<i>Kaempferia parviflora</i>).....	6
Gambar 2.9 Tanaman Serai (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	7
Gambar 2.10 Buah Lemon (<i>Citrus limon</i>).....	8
Gambar 2.11 Rimpang Temulawak (<i>Curcuma xanthorrhiza</i>)	9
Gambar 2.12 Pohon Secang (<i>Caesalpinia sappan</i> L.)	10
Gambar 2.13 Bagian Batang Tanaman Secang	10
Gambar 2.14 Rimpang Jahe (<i>Zingiber officinale</i>)	11
Gambar 2.15 Perubahan Fase Beku (Air) menjadi Fase Gas Melalui Proses Pengerinan Beku	15
Gambar 2.16 Freeze Dryer Yamato DC401.....	16
Gambar 3.1 Lokasi Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik.....	20
Gambar 4.1 Logo BRMP TROA	25
Gambar 4.2 Struktur Organisasi BRMP TROA.....	26
Gambar 4.3 Proses Pemerasan Ekstrak Kencur Hitam.....	28
Gambar 4.4 Proses Evaporasi Ekstrak Kencur Hitam dengan Rotary Evaporator	29
Gambar 4.5 Diagram Alir Proses Produksi Minuman Herbal Kencur Hitam	29
Gambar 4.6 Proses Pememaran Serai	30
Gambar 4.7 Produk Lemon Serai BRMP TROA.....	30
Gambar 4.8 Diagram Alir Proses Produksi Minuman Herbal Lemon Serai.....	31
Gambar 4.9 Proses Pengupasan dan Pengirisan Temulawak.....	32
Gambar 4.10 Proses Perebusan dan Penambahan Pemanis Alami pada Minuman Limun Temulawak	32
Gambar 4.11 Diagram Alir Proses Pembuatan Minuman Herbal Limun Temulawak	33
Gambar 4.12 Proses Perebusan Minuman Secang Jahe	34
Gambar 4.13 Mekanisme Dehidrasi 8-Gingerol menjadi 8-Shogaol Akibat Panas	34
Gambar 4.14 Struktur Brazilin dan Brazilein	35
Gambar 4.15 Diagram Alir Proses Minuman Herbal Secang Jahe	35
Gambar 4.16 Proses Pembuatan Ginger Ale.....	36
Gambar 4.17 Proses Fermentasi Ginger Ale Hari Pertama	36
Gambar 4.18 Diagram Alir Proses Produksi Minuman Berkarbonasi Ginger Ale.....	37
Gambar 4.19 Proses Penyaringan Sari Kacang Inka	38
Gambar 4.20 Proses Perebusan Susu Kacang inka	38

Gambar 4.21 Diagram Alir Proses Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka	39
Gambar 4.22 Penambahan Bubuk Kelor ke dalam Susu Kacang Inka.....	40
Gambar 4.23 Penyaringan Residu Bubuk Kelor	40
Gambar 4.24 Diagram Alir Proses Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka dengan Penambahan Bubuk Kelor	41
Gambar 5.1 Diagram Alir Proses Pengeringan Beku	44
Gambar 5.2 (a) Penempatan Susu Kacang Inka pada Ice Cube Tray (b) Proses Pre-freezing Susu Kacang Inka Kelor di Kulkas dengan Suhu -80°C (c) Penimbangan Susu Kelor yang Sudah Beku (d) Proses Pengeringan Beku Susu Kacang Inka Kelor (e) Hasil Pengeringan Beku Susu Kacang Inka Kelor (f) Pengecilan Ukuran Partikel Susu Bubuk Kacang Inka Kelor	45
Gambar 5.3 (a) Diagram Alir Pengambilan Data Proses Pengeringan Beku (b) Diagram Alir Pengambilan Data Pengujian Kadar Air	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Syarat Mutu SNI 01-4320-1996.....	61
Lampiran 2. Tabel Syarat Mutu SNI 8374:2018	61
Lampiran 3. Tabel Syarat Mutu SNI 3830:2023	62
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan.....	62
Lampiran 5. <i>Logsheet</i> Harian.....	65
Lampiran 6. Surat Keterangan Selesai PKL.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian saat ini dituntut untuk terus berinovasi dalam pengolahan komoditas fungsional yang bernilai gizi tinggi. Sektor pertanian saat ini dituntut untuk terus berinovasi dalam pengolahan komoditas fungsional yang bernilai gizi tinggi. Upaya ini dilakukan melalui berbagai teknik pengolahan untuk menghasilkan produk yang praktis namun tetap mempertahankan senyawa bioaktifnya. Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik (BRMP TROA) di Bogor, sebagai instansi yang berfokus pada perakitan serta modernisasi produk tanaman, menerapkan berbagai teknik pengolahan mulai dari ekstraksi panas untuk produk minuman cair hingga teknologi pengeringan untuk produk bubuk.

Dalam operasionalnya, BRMP TROA memproduksi berbagai jenis minuman fungsional seperti kencur hitam dan lemon serai yang menggunakan metode pengolahan konvensional. Namun, untuk komoditas tertentu yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap panas, diperlukan teknologi yang lebih mutakhir. Salah satu tanaman yang memiliki potensi besar namun belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat adalah kacang inka (*Plukenetia volubilis* L.). Seluruh bagian dari tanaman ini, terutama biji dan daunnya, sangat kaya akan nutrisi penting seperti protein, serat, dan lemak (Lestari et al., 2018). Lebih spesifik, biji kacang inka dikenal sebagai sumber asam lemak esensial karena mengandung omega-3, omega-6, dan omega-9 yang berperan penting bagi kesehatan jantung, fungsi otak, hingga kesehatan kulit (Jamaludin, 2025).

Selain kacang inka, daun kelor (*Moringa oleifera* L.) juga merupakan bahan fungsional yang sangat potensial untuk fortifikasi pangan. Daun kelor merupakan sumber bahan kaya pro vitamin A, vitamin C, kalsium, zat besi, dan protein (Nasution et al., 2025). Selain kandungan mikronutrientnya, kelor juga mengandung senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, alkaloid, dan tanin yang memberikan efek perlindungan terhadap berbagai penyakit kronis (Ariani dkk., 2023). Integrasi kedua bahan ini dalam bentuk susu bubuk merupakan upaya diversifikasi pangan fungsional yang mampu meningkatkan nilai tambah produk pertanian lokal.

Dalam proses pengolahan susu bubuk, pemilihan metode pengeringan menentukan karakteristik mutu produk akhir. Pengeringan beku (*freeze drying*) dipilih karena mampu menghasilkan bubuk dengan stabilitas termal yang baik. Metode ini juga mampu menjaga kandungan gizi sensitif seperti protein dan lemak agar tidak rusak (Erfandi et al., 2018). Teknologi ini mampu menghasilkan produk dengan tingkat kelarutan, dispersibilitas (daya sebar), serta sifat rehidrasi yang lebih unggul dibandingkan metode pengeringan lainnya (Özdemir dkk., 2022).

Namun demikian, proses pengeringan merupakan sektor dengan konsumsi energi yang tinggi di industri. Metode pengeringan beku yang bekerja pada tekanan uap rendah memerlukan waktu pengeringan yang relatif lebih lama. Kondisi ini menyebabkan jumlah molekul udara di dalam alat menjadi lebih sedikit, sehingga proses penghantaran panas menuju produk menjadi terhambat.

Akibatnya, energi panas yang dibutuhkan untuk mengubah es menjadi gas atau proses sublimasi berjalan lebih lambat dan memakan waktu lebih lama (Kovaci et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan analisis teknis untuk mengukur efisiensi sistem pengeringan. Efisiensi pengeringan merupakan parameter utama untuk mengevaluasi kemampuan alat dalam mengeluarkan kadar air dari bahan dengan menggunakan energi yang tersedia (Junaid, 2024). Analisis ini juga memerlukan pemahaman mengenai karakteristik pengeringan bahan, yang dapat digambarkan melalui grafik penurunan kadar air terhadap waktu, guna memastikan proses berjalan optimal tanpa merusak komponen gizi bahan (Prasetya dan Yastanto, 2023).

BRMP TROA sebagai instansi yang berfokus pada perakitan serta modernisasi produk tanaman, menjadi lokasi yang tepat untuk melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) ini. Melalui kegiatan PKL ini, dilakukan kajian mendalam mengenai tahapan proses dan mekanisme kerja alat pengeringan beku dalam pembuatan susu bubuk berbasis biji kacang inka dengan penambahan bubuk kelor. Selain itu, dilakukan analisis efisiensi pengeringan melalui penyusunan neraca massa guna mengevaluasi performa alat secara teknis. PKL ini juga mencakup analisis karakteristik pengeringan produk melalui pengujian kadar air untuk memastikan proses produksi berjalan optimal dengan kualitas produk yang memenuhi standar.

1.2 Tujuan Kegiatan

1.2.1 Tujuan Umum

Membandingkan teori perkuliahan dengan praktik di lingkungan kerja, membangun profesionalisme, serta mengasah keterampilan teknis dan interpersonal di BRMP TROA, Kota Bogor.

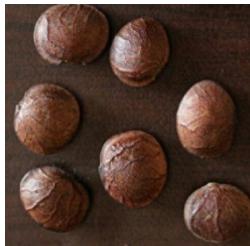
1.2.2 Tujuan Khusus

1. Mempelajari tahapan proses dan mekanisme kerja alat pengeringan beku pada pembuatan susu bubuk berbasis biji kacang inka dengan penambahan bubuk kelor.
2. Menghitung efisiensi proses pengeringan menggunakan alat pengeringan beku melalui pendekatan neraca massa.
3. Menganalisis karakteristik pengeringan produk melalui pengujian kadar air.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kacang inka (*Plukenetia volubilis* L.)

Kacang inka (*Plukenetia volubilis* L.) merupakan tanaman yang berasal dari hutan hujan Amazon dan termasuk dalam famili Euphorbiaceae. Secara historis, kacang inka telah dimanfaatkan sejak zaman suku Inka. Kini, kacang inka dikategorikan sebagai tanaman biji minyak yang belum dimanfaatkan secara optimal (*underutilized crop*) (Kodahl dan Sørensen, 2021). Secara morfologi, buah *Kacang inka* umumnya berbentuk kapsul bintang yang terdiri dari 4 hingga 7 lobus, di mana setiap lobusnya berisi biji besar berdiameter sekitar 1 cm yang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Biji Kacang inka
Sumber: Kodahl dan Sørensen, 2021

Selain bentuknya yang unik, kacang inka dikenal sebagai sumber pangan karena nilai gizinya yang tinggi. Bagian biji kacang inka mengandung lipid sebesar 35% hingga 60% dan protein sebesar 25% hingga 33%. Komponen lemak dalam biji kacang inka didominasi oleh asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acids*/PUFA) seperti omega-3 dan omega-6 yang bermanfaat bagi kesehatan manusia, terutama dalam pencegahan penyakit kardiovaskular dan peradangan kronis (Cárdenas *dkk.*, 2021). Kandungan ini membuat kacang inka berpotensi dikembangkan menjadi komoditas global bagi pemenuhan gizi masa depan.

Karakteristik morfologi tanaman kacang inka yang meliputi bentuk daun dan struktur bunga dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dan **Gambar 2.3**. Tanaman kacang inka, yang juga dikenal sebagai kacang inka, memiliki karakteristik fisik buah yang unik berbentuk bintang. Sebagaimana disajikan pada **Gambar 2.4**, buah kacang inka berwarna hijau saat muda dan perlahan akan berubah menjadi cokelat kehitaman. Setelah melalui proses pematangan atau pengeringan di pohon kacang inka akan berbentuk seperti pada **Gambar 2.5**. Meskipun ada kesamaan iklim antara negara asal tumbuhnya, yaitu wilayah Amerika Selatan seperti Peru dan Kolombia dengan Indonesia, namun budidaya tanaman ini di Indonesia masih belum luas (Arkha dan Halimah, 2023).



Gambar 2.2 Tanaman Kacang inka (*Plukentia volubilis* L.)

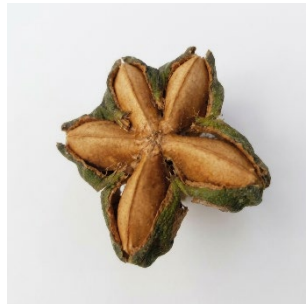
Sumber: Kodahl dan Sørensen, 2021



Gambar 2.3 Benang Sari dan Putik Kacang inka (ditunjukkan dengan panah)
Sumber: Kodahl dan Sørensen, 2021



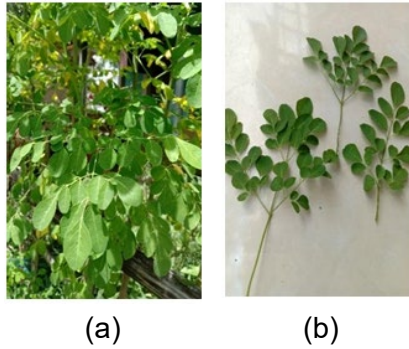
Gambar 2.4 Perbungaan dengan Buah yang Sedang Berkembang
Sumber: Kodahl dan Sørensen, 2021



Gambar 2. 5 Kapsul Buah yang Telah Meringing
Sumber: Kodahl dan Sørensen, 2021

2.2 Kelor (*Moringa oleifera* L.)

Kelor (*Moringa oleifera* L.) merupakan tanaman yang tumbuh subur di daerah tropis dan sering dijuluki sebagai "pohon ajaib" karena hampir seluruh bagian tanamannya dapat dimanfaatkan. Di Indonesia, daun kelor sudah sejak lama dijadikan sebagai bahan pangan maupun obat tradisional untuk menjaga kesehatan. Daun kelor sangat populer karena kandungan gizinya yang sangat lengkap, mulai dari protein, kalsium, zat besi, hingga vitamin A dan vitamin C. Pemanfaatan kelor ini menjadi solusi yang praktis dan murah bagi masyarakat untuk memenuhi kebutuhan nutrisi harian dan meningkatkan daya tahan tubuh (Musyaropah dan Cahyanto, 2025). Karakteristik morfologi tanaman kelor dan daun kelor dapat dilihat pada **Gambar 2.6 (a) dan (b)**.



Gambar 2.6 (a) Tanaman Kelor (b) Daun Kelor
Sumber: Musyaropah dan Cahyanto, 2025

Dalam upaya untuk memaksimalkan manfaatnya, daun kelor biasanya diproses menjadi bentuk bubuk untuk meningkatkan konsentrasinya serta memperpanjang masa simpan, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 2.7**. Menariknya, pengolahan menjadi bubuk justru membuat kandungan nutrisi utama daun kelor menjadi lebih pekat dibandingkan saat masih segar, meskipun kualitas akhirnya sangat bergantung pada pengaturan suhu dan lama pengeringan. Kualitas bubuk yang dihasilkan sangat bergantung pada pengaturan suhu dan lama waktu pengeringan yang dilakukan selama proses produksi (Zainuddin dan Hajriani, 2021). Pembuatan bubuk kelor merupakan salah satu upaya agar tanaman ini bisa disimpan lebih lama dan digunakan sebagai tambahan pangan fungsional yang kaya nutrisi. Bubuk kelor ini kemudian dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan atau substitusi pada berbagai produk olahan pangan fungsional untuk meningkatkan profil protein dan mineralnya. Penggunaan bubuk kelor dalam makanan kesehatan bertujuan untuk memperbaiki kualitas gizi sehingga memberikan manfaat yang lebih optimal bagi tubuh (Hubner et al., 2020).



Gambar 2.7 Bubuk Daun Kelor
Sumber: Musyaropah dan Cahyanto, 2025

Selain meningkatkan nilai gizi dasar, menurut Ariani dkk. (2023) bubuk kelor juga dipilih karena kandungan senyawa alaminya seperti polifenol dan flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan. Antioksidan ini penting untuk menangkal radikal bebas di dalam tubuh dan membantu menjaga kualitas produk minuman agar tidak mudah rusak. Di sisi lain, penggunaan kelor juga berperan penting dalam menghambat proses oksidasi lemak yang sering menjadi penyebab kerusakan nutrisi. Dengan demikian, penambahan bubuk kelor tidak hanya

memperkaya manfaat fungsional produk, tetapi juga membantu memperpanjang masa simpan secara alami.

2.3 Kencur Hitam (*Kaempferia parviflora*)

Kaempferia parviflora atau kencur hitam merupakan tanaman rimpang yang memiliki potensi besar sebagai bahan minuman kesehatan atau pangan fungsional. Secara fisik, rimpang ini sangat unik karena bagian dalamnya berwarna ungu pekat hingga kehitaman. Detail bentuk rimpang kencur hitam ini dapat dilihat pada **Gambar 2.8**. Di Asia Tenggara, kencur hitam sudah lama digunakan masyarakat sebagai minuman herbal yang direbus untuk meningkatkan stamina dan kebugaran tubuh (Saokaew *dkk.*, 2017).



Gambar 2.8 Rimpang Kencur Hitam (*Kaempferia parviflora*)
Sumber: Jeong et al., 2016

Manfaat kencur hitam sebagai bahan minuman kesehatan didukung oleh kandungan alami di dalamnya. Kandungan yang paling utama adalah senyawa *methoxyflavones* (MFs), yang menjadi ciri khas atau penanda kualitas dari kencur hitam ini. Berdasarkan penelitian langsung pada manusia atau uji klinis, mengonsumsi ekstrak kencur hitam terbukti secara nyata dapat meningkatkan energi, kebugaran, dan memperbaiki kondisi kesehatan tubuh secara umum. Selain terbukti manjur, kencur hitam juga dinyatakan aman dikonsumsi karena tidak menimbulkan efek samping yang membahayakan (Saokaew *dkk.*, 2017).

Selain untuk stamina, kencur hitam juga memiliki manfaat lain bagi kesehatan saraf dan perlindungan dari bakteri. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa senyawa dalam kencur hitam dapat melindungi sel saraf dan membantu mencegah penyakit penurunan fungsi otak, seperti Alzheimer. Selain itu, ekstrak rimpang ini juga mampu melawan bakteri berbahaya seperti *Staphylococcus aureus* yang sering menyebabkan infeksi (Leswara dan Larasati, 2024; Takomthong et al., 2025).

Melihat banyaknya manfaat tersebut, kencur hitam cocok diolah menjadi produk minuman modern. Namun, proses pembuatan minuman fungsional berbahan kencur hitam ini harus diperhatikan dengan teliti, terutama pada suhu dan lama waktu memasaknya. Hal ini penting agar kandungan bermanfaat seperti *methoxyflavones* di dalamnya tidak terdegradasi karena panas, sehingga khasiat minuman tetap terjaga dan maksimal.

2.4 Serai (*Cymbopogon citratus*)

Serai (*Cymbopogon citratus*) merupakan tanaman herbal dari famili Poaceae yang memiliki nilai ekonomi tinggi karena pemanfaatannya yang luas, mulai dari

industri kuliner, pengobatan tradisional, hingga industri aromatik (Setiadi *dkk.*, 2024). Secara morfologi, tanaman ini dicirikan oleh daunnya yang memanjang menyerupai pita dan tumbuh secara berumpun. Karakteristik fisik serta produktivitas tanaman serai sangat dipengaruhi oleh faktor genetik (genotipe) dan kondisi lingkungan tempat budidayanya. Bagian tanaman yang paling banyak dioptimalkan sebagai bahan baku industri adalah pangkal batang dan daunnya, sebagaimana ditampilkan pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Tanaman Serai (*Cymbopogon citratus*)
Sumber: (Setiadi *dkk.*, 2024)

Potensi utama serai sebagai bahan baku unggulan produk kesehatan terletak pada kandungan minyak atsirinya. Ekstrak serai kaya akan senyawa fitokimia dengan komponen utama berupa *citral* yang memberikan aroma khas jeruk nipis (*citrus*) yang menyegarkan (Do dan Vu, 2024; Adiwiguna et al., 2025). Selain memberikan aroma, senyawa aktif dalam serai telah terbukti secara ilmiah memiliki berbagai manfaat kesehatan, di antaranya sebagai agen antioksidan untuk menangkal radikal bebas, serta memiliki aktivitas antikanker, antimikroba, dan antijamur.

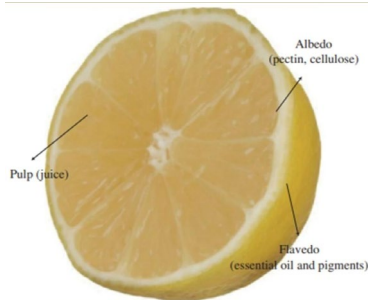
Pemanfaatan serai dalam produksi minuman fungsional memberikan nilai tambah ganda, yaitu sebagai pemberi rasa dan aroma alami sekaligus memberikan efek perlindungan bagi tubuh (Adiwiguna et al., 2025). Salah satu manfaat medis yang menonjol adalah aktivitas antihiperurisemia, yaitu kemampuan ekstrak serai dalam membantu menurunkan kadar asam urat dalam darah secara signifikan (Fadhila dan Nainggolan, 2024). Profil nutrisi dan kandungan senyawa aktif yang tinggi ini menjadikan serai ideal untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi produk minuman fungsional modern yang praktis dan menyehatkan (Do dan Vu, 2024).

2.5 Lemon (*Citrus limon*)

Lemon (*Citrus limon*) merupakan salah satu komoditas hortikultura dari famili Rutaceae yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan dibudidayakan secara luas di berbagai belahan dunia. Pemanfaatan tanaman ini sangat masif, mencakup sektor industri makanan, minuman, farmasi, hingga industri kosmetik modern (Klimek-Szczykutowicz *dkk.*, 2020). Keunggulan lemon terletak pada kandungan nutrisi serta minyak atsirinya yang tersebar pada bagian daging buah (*pulp*) maupun

kulitnya (*peel*). Hal ini menjadikan lemon sebagai bahan baku strategis dalam formulasi berbagai produk pangan fungsional di industri saat ini.

Secara morfologi, buah lemon memiliki bentuk fisik oval memanjang dengan karakteristik ujung yang sedikit meruncing. Struktur kulit lemon terdiri dari dua lapisan utama, yaitu flavedo pada bagian luar yang kaya akan kelenjar minyak esensial dan pigmen, serta albedo yang berupa jaringan spons putih di bagian dalam (Klimek-Szczykutowicz *dkk.*, 2020). Penampilan fisik dan struktur bagian dalam buah lemon secara lebih jelas dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. Pemahaman mengenai struktur anatomi buah ini sangat penting karena setiap lapisan memiliki konsentrasi senyawa bioaktif yang berbeda-beda.



Gambar 2.10 Buah Lemon (*Citrus limon*)
Sumber: Liu et al., 2022

Potensi utama lemon sebagai bahan baku unggulan berkaitan erat dengan komposisi senyawa metabolit sekundernya yang melimpah. Minyak atsiri yang diekstrak dari kulit lemon didominasi oleh senyawa monoterpena seperti D-limonene, pinene, dan terpinene yang memiliki aktivitas farmakologis yang kuat (Bhattacharyya *dkk.*, 2024). Selain itu, buah ini merupakan sumber asam askorbat (vitamin C) dan senyawa fenolik yang sangat baik bagi pertahanan kesehatan tubuh. Kehadiran berbagai jenis flavonoid di dalamnya juga berkontribusi langsung sebagai agen antioksidan, antimikroba, hingga anti-inflamasi alami (Akarca dan Sevik, 2021).

Dalam industri minuman fungsional, irisan lemon (*lemon slices*) sering dikeringkan untuk memperpanjang masa simpan serta meningkatkan kepraktisan bagi konsumen. Menurut Wang et al. (2025), pemilihan metode pengeringan menentukan tingkat retensi senyawa bioaktif serta profil nutrisi pada produk akhir lemon. Teknik pengeringan beku dinilai sebagai salah satu metode paling optimal untuk menjaga kualitas fisik dan kandungan kimia irisan lemon. Penggunaan teknologi ini terbukti mampu mempertahankan tampilan warna, kadar asam askorbat, serta total senyawa fenolik secara maksimal bahkan setelah melalui proses penyeduhan.

2.6 Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*)

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) merupakan tanaman rimpang asli Indonesia yang secara empiris maupun klinis telah banyak dimanfaatkan berkat aktivitas biologisnya yang sangat beragam. Secara morfologi, daging rimpang temulawak memiliki ciri khas warna kekuningan hingga jingga tua yang sangat mencolok. Karakteristik warna tersebut merupakan representasi fisik dari tingginya akumulasi senyawa kurkumin, xanthorrhizol, serta kandungan minyak atsiri di

dalamnya. Penampakan visual rimpang temulawak yang segar dan berkualitas dapat dilihat pada **Gambar 2.11**. Penggunaan instrumen analitik modern seperti spektroskopi menunjukkan bahwa kadar kurkumin menjadi parameter utama dalam menentukan standar mutu bahan baku temulawak bagi industri farmasi dan pangan fungsional (Kusumadewi *dkk.*, 2023).



Gambar 2.11 Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*)
Sumber: Anggita, 2025

Dalam kaitannya dengan pengolahan produk, profil kandungan senyawa aktif pada temulawak terbukti sangat dipengaruhi oleh faktor varietas dan lokasi geografis tempat tanaman tumbuh. Selain faktor alam, metode ekstraksi dan jenis pelarut yang digunakan juga memegang peranan krusial dalam menentukan kualitas ekstrak yang dihasilkan. Hasil *profiling* menggunakan instrumen analitik menunjukkan bahwa variasi pelarut sangat menentukan tingginya perolehan total senyawa fenolik dan flavonoid dalam ekstrak. Perbedaan konsentrasi senyawa ini nantinya akan berdampak langsung terhadap besarnya kapasitas antioksidan serta kemampuan antibakteri pada produk akhir (Rahman et al., 2024; Yodi et al., 2023). Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam memilih teknik pengolahan yang paling efisien untuk skala industri.

Kandungan senyawa bioaktif pada rimpang temulawak memiliki spektrum manfaat kesehatan yang sangat luas, mulai dari pencegahan hingga pengobatan. Secara klinis, ekstrak temulawak terbukti memiliki efek hepatoprotektor yang mampu melindungi fungsi hati dari kerusakan zat toksik. Selain itu, temulawak berperan aktif dalam meredam stres oksidatif serta memiliki sifat farmakologis sebagai agen anti-inflamasi yang kuat untuk meredakan peradangan di dalam tubuh (Rahmayunita *dkk.*, 2018). Mengingat tingginya sensitivitas senyawa metabolit sekunder terhadap suhu, kajian mengenai teknik pengekstraksian yang tepat menjadi faktor penentu keberhasilan produksi minuman fungsional. Dengan pengolahan yang presisi, khasiat temulawak dapat tersalurkan dengan efektif tanpa mengurangi kadar bioaktif yang dibutuhkan oleh tubuh.

2.7 Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.)

Kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) merupakan salah satu komoditas tanaman obat dari famili Fabaceae yang bagian inti kayunya (*heartwood*) telah dimanfaatkan secara luas dalam pengobatan tradisional dan industri minuman herbal di Asia. Tanaman ini memiliki karakteristik pohon yang khas dengan batang yang sering kali berduri, seperti yang ditunjukkan pada profil pohon secara utuh dalam **Gambar 2.12**. Inti kayu secang dikenal secara empiris sebagai bahan baku utama dalam pembuatan minuman fungsional tradisional, seperti wedang uwuh.

Penggunaan kayu ini sangat populer karena mampu memberikan warna merah alami yang khas serta memberikan sensasi menyegarkan saat diseduh (Wirawati *dkk.*, 2025).



Gambar 2.12 Pohon Secang (*Caesalpinia sappan* L.)
Sumber: Prasetiari, 2020

Warna merah pekat yang dihasilkan dari proses ekstraksi kayu secang berasal dari senyawa fenolik spesifik yang disebut brazilin. Senyawa brazilin ini terakumulasi secara optimal pada bagian dalam batang tanaman yang sudah menua, sebagaimana diilustrasikan pada struktur batang dalam **Gambar 2.13**. Brazilin tidak hanya berfungsi sebagai agen pewarna alami yang menarik secara visual, tetapi juga merupakan senyawa metabolit sekunder utama yang menyimpan berbagai bioaktivitas farmakologis. Kehadiran senyawa ini menjadikan kayu secang tidak hanya unggul sebagai pewarna, tetapi juga sebagai komponen aktif yang memberikan nilai tambah bagi kesehatan produk akhir (Wirawati *dkk.*, 2025).



Gambar 2.13 Bagian Batang Tanaman Secang
Sumber: Prasetiari, 2020

Sebagai bahan baku fungsional, ekstrak kayu secang terbukti secara ilmiah memiliki spektrum aktivitas biologis yang sangat luas bagi tubuh manusia. Berdasarkan berbagai tinjauan fitokimia mutakhir, ekstrak kayu secang dilaporkan memiliki sifat antioksidan yang sangat kuat, agen antikanker, serta aktivitas anti-inflamasi yang signifikan (Asevedo *dkk.*, 2025). Selain itu, hasil penelitian secara *in vivo* membuktikan bahwa ekstrak etanolik kayu secang efektif dalam mempercepat proses penyembuhan luka pada jaringan tubuh. Hal ini mengonfirmasi bahwa senyawa aktif di dalamnya mampu bekerja hingga pada tingkat interaksi seluler untuk mendukung proses pemulihan fisik secara optimal (Sucita *dkk.*, 2024).

Kapasitas antioksidan yang tinggi pada kayu secang menjadikannya berpotensi untuk diformulasikan ke dalam berbagai produk pangan fungsional

modern yang praktis. Kombinasi antara ekstrak kayu secang dengan tanaman herbal lainnya telah terbukti tidak mengurangi efikasi antioksidannya, sehingga bahan ini dinilai sangat stabil secara kimiawi (Tarung *dkk.*, 2023). Dalam konteks produksi minuman fungsional, penerapan teknik pengolahan seperti maserasi, perebusan, maupun pengeringan harus dikendalikan secara presisi. Kontrol suhu yang tepat sangat krusial untuk meminimalkan kerusakan termal pada senyawa brazilin, sehingga kualitas visual minuman serta khasiat kesehatannya dapat dipertahankan secara maksimal hingga dikonsumsi (Tarung *dkk.*, 2023).

2.8 Jahe (*Zingiber officinale*)

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah satu komoditas rempah unggulan dari famili Zingiberaceae yang memiliki nilai fungsional sangat tinggi dalam industri kesehatan. Secara etnomedis, rimpang jahe telah berabad-abad diracik oleh masyarakat, termasuk di Indonesia, sebagai sarana pengobatan tradisional untuk meringankan berbagai keluhan kesehatan, khususnya gangguan pernapasan (Wahyuningrum *dkk.*, 2022). Karakteristik rimpang jahe yang memiliki aroma khas serta struktur fisik yang kokoh dapat dilihat secara mendalam pada **Gambar 2.14**. Pemanfaatan bagian rimpangnya yang kaya akan minyak atsiri dan oleoresin seperti *gingerol* menjadikannya bahan baku utama yang sangat strategis dalam industri pangan, farmasi, serta produksi minuman fungsional.



Gambar 2.14 Rimpang Jahe (*Zingiber officinale*)
Sumber: Situmorang, 2019

Potensi jahe sebagai bahan fungsional bersumber dari kelimpahan senyawa fitokimia dan metabolit sekunder yang terkandung di dalamnya. Analisis menggunakan instrumen modern mengonfirmasi bahwa profil kimia jahe sangat kompleks, mencakup puluhan senyawa bioaktif penting yang didominasi oleh Sinergi antara berbagai senyawa aktif di dalam ekstrak jahe terbukti memberikan efektivitas antibakteri yang luas terhadap berbagai jenis mikroba patogen. Oleh karena itu, jahe saat ini secara kritis diproyeksikan sebagai solusi alami yang potensial dalam mengatasi tantangan resistensi antimikroba atau *Antimicrobial Resistance* (AMR) terhadap berbagai galur bakteri berbahaya (Sari et al., 2023; Sulieman et al., 2024).

Dalam konteks produksi minuman fungsional, penambahan ekstrak jahe memberikan profil sensori unik berupa rasa pedas yang memberikan efek hangat bagi tubuh konsumen. Selain faktor rasa, jahe diakui memiliki profil aktivitas biologis yang sangat baik sebagai agen antioksidan serta anti-inflamasi alami. Lebih jauh lagi, senyawa dalam jahe juga mampu bekerja sebagai agen imunomodulator yang berperan penting dalam mengatur dan memperkuat respons

sistem kekebalan tubuh (Ayustaningwarno *dkk.*, 2024). Agar manfaat tersebut tetap maksimal, teknik pengolahan seperti pengeringan dan ekstraksi harus dikontrol secara presisi guna melindungi integritas senyawa bioaktif sehingga khasiatnya tetap konsisten hingga ke tangan konsumen.

2.9 Minuman Fungsional

Minuman fungsional didefinisikan sebagai produk minuman yang selain memenuhi fungsi hidrasi dasar, juga mengandung komponen bioaktif yang memberikan manfaat kesehatan tambahan bagi tubuh. Menurut Zuhroh et al. (2025), pemanfaatan bahan lokal seperti jamu memiliki potensi strategis untuk dikembangkan menjadi minuman fungsional guna mendukung kebugaran dan stamina. Komoditas herbal ini sering kali diintegrasikan dengan teknologi pengolahan modern untuk meningkatkan stabilitas senyawa aktif serta nilai tambahnya bagi konsumen. Secara umum, pengembangan produk minuman fungsional bertujuan untuk memberikan efek fisiologis positif dan berperan dalam upaya preventif terhadap risiko penyakit kronis (Agrawal *dkk.*, 2023).

Efektivitas kesehatan dari suatu minuman fungsional sangat ditentukan oleh konsentrasi dan jenis senyawa fitokimia yang terkandung di dalam bahan bakunya. Fitokimia merupakan senyawa metabolit sekunder yang secara alami diproduksi oleh tanaman untuk fungsi proteksi, namun memberikan dampak terapeutik yang signifikan saat dikonsumsi oleh manusia (Agrawal *dkk.*, 2023). Di dalam metabolisme tubuh, senyawa-senyawa ini bekerja melalui berbagai mekanisme, seperti aktivitas antioksidan untuk menetralkan radikal bebas serta agen anti-inflamasi untuk meredakan peradangan. Oleh karena itu, tahapan karakterisasi senyawa bioaktif menjadi faktor kunci dalam menjamin mutu serta efikasi klinis dari setiap produk minuman fungsional yang dihasilkan.

Peningkatan kesadaran kesehatan global saat ini telah mendorong pergeseran preferensi konsumen menuju produk berbasis tanaman yang dianggap lebih aman dengan risiko efek samping minimal. Agrawal et al. (2023) menyoroti bahwa senyawa aktif dalam bahan pangan fungsional berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi solusi kesehatan dengan biaya yang lebih terjangkau namun memiliki nilai terapeutik tinggi. Selain aspek fungsionalitas medis, parameter sensori seperti rasa, aroma, dan warna tetap menjadi faktor penentu utama dalam tingkat penerimaan pasar terhadap produk tersebut. Hal ini mengharuskan adanya kajian mendalam mengenai formulasi yang mampu menyeimbangkan antara manfaat kesehatan dan karakteristik organoleptik agar produk dapat diterima secara luas oleh masyarakat.

2.10 Susu Bubuk Nabati

Susu nabati merupakan ekstrak dari berbagai jenis bagian tanaman seperti biji-bijian, kacang-kacangan, atau sereal yang digunakan sebagai alternatif pengganti susu hewani. Pemanfaatan susu nabati saat ini semakin meningkat, terutama bagi konsumen yang memiliki preferensi diet khusus atau mengalami kondisi intoleransi laktosa dan alergi protein susu sapi. Sebagai produk pangan, susu nabati memiliki karakteristik organoleptik yang khas sesuai dengan bahan baku yang digunakan. Di samping aspek sensori tersebut, susu nabati juga

berfungsi sebagai sumber nutrisi fungsional, seperti pada penggunaan biji kacang inka yang secara spesifik meningkatkan kandungan asam lemak tak jenuh dalam produk (Maris dan Radiansyah, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Dippong dkk. (2025) menjelaskan bahwa susu bubuk nabati memiliki profil komposisi kimia yang kompleks, mencakup kandungan lemak, protein, dan mineral yang tinggi namun dengan kadar air yang sangat rendah. Susu dalam bentuk bubuk menunjukkan stabilitas termal yang baik, yang sangat penting untuk menjaga integritas komponen gizi selama masa penyimpanan. Selain itu, perbandingan karakteristik antara susu bubuk nabati dan hewani menunjukkan bahwa produk berbasis tanaman menawarkan keunggulan spesifik dalam hal profil asam lemak yang lebih sehat dan kandungan mineral yang dapat disesuaikan melalui pemilihan bahan baku yang tepat.

Menurut Orlova dkk. (2021), pengolahan susu nabati ke dalam bentuk bubuk dilakukan untuk meningkatkan fungsionalitas dan kepraktisan produk di pasar. Teknologi pembuatan susu bubuk ini sering kali melibatkan penambahan komponen tertentu untuk memperluas variasi produk dan memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Dalam proses produksinya, tahapan kunci meliputi persiapan bahan baku, pencampuran, pengeringan, hingga pengemasan produk akhir. Pengembangan produk susu bubuk dengan penambahan bubuk tanaman lain, dinilai sejalan dengan tren industri pangan yang berupaya menghasilkan produk bebas laktosa namun tetap kaya akan vitamin dan mineral.

Maris dan Radiansyah (2021) menjelaskan bahwa susu nabati merupakan ekstrak dari berbagai sumber tanaman seperti kacang kedelai, kacang hijau, gandum, almond, dan kacang mete yang digunakan sebagai alternatif pengganti susu hewani. Produk ini dinilai lebih sehat karena mengandung lemak baik (asam lemak tak jenuh), bebas kolesterol, serta memiliki aroma dan rasa unik yang menjadi ciri khas dari setiap bahan bakunya. Dalam industri pangan, berbagai jenis bahan ini sering dikombinasikan untuk menciptakan produk yang padat gizi namun tetap bebas laktosa bagi konsumen dengan diet khusus. Strategi pencampuran tersebut bertujuan agar profil nutrisi dari satu bahan dapat melengkapi kekurangan pada bahan lainnya, sebagaimana penelitian Orlova dkk. (2021) yang mengembangkan teknologi susu kedelai bubuk dengan penambahan bubuk kelapa untuk menghasilkan produk susu bubuk yang lebih seimbang secara gizi dan lebih disukai secara rasa.

2.11 Proses Pembuatan Minuman Fungsional

Proses pembuatan minuman fungsional berbasis rempah dan tanaman obat umumnya mengandalkan teknik ekstraksi termal atau perebusan sebagai tahapan utama. Berdasarkan kajian Mardhiyyah et al. (2019), efektivitas kesehatan dari minuman tradisional sangat dipengaruhi oleh efisiensi ekstraksi komponen fitokimia dari bahan baku ke dalam pelarut air. Selain efektif untuk menarik komponen penting, penggunaan teknologi termal ini juga berperan sebagai proses sterilisasi sederhana untuk mematikan mikroba patogen sehingga produk lebih aman dikonsumsi (Putri et al., 2019). Pemilihan metode ini sangat populer di industri minuman karena prosedurnya yang relatif mudah serta mampu

menghasilkan rendemen ekstrak yang optimal untuk bahan seperti jahe dan kayu secang.

Kualitas minuman fungsional yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara suhu dan lama waktu penyeduhan atau perebusan. Fauzan et al. (2022) menyatakan bahwa peningkatan suhu dan durasi waktu ekstraksi dapat meningkatkan konsentrasi senyawa fenol dan aktivitas antioksidan yang terlarut, namun hanya sampai pada batas tertentu. Mardhiyyah et al. (2019) menambahkan bahwa waktu ekstraksi yang optimal, misalnya sekitar 30 menit untuk bahan tertentu, diperlukan untuk mencapai kadar total fenol dan aktivitas antioksidan tertinggi. Jika panas yang diberikan terlalu berlebih atau melewati titik optimal, senyawa bioaktif yang bersifat termolabil justru akan mengalami degradasi yang menurunkan kualitas fungsional produk (Fauzan et al., 2022).

Selain parameter panas, rasio perbandingan antara bahan baku dan air juga menentukan kepekatan senyawa bioaktif serta profil organoleptik minuman. Menurut Andarini et al. (2018), perbedaan konsentrasi bahan berpengaruh nyata terhadap rendemen ekstrak, intensitas warna, serta aktivitas penangkal radikal bebas pada produk akhir. Mardhiyyah et al. (2019) dalam penelitiannya menemukan bahwa rasio bahan dan air yang optimal, seperti 1:25 dapat memprediksi total fenol dan aktivitas antioksidan secara akurat melalui pemodelan matematika. Keseimbangan rasio ini perlu diperhatikan agar minuman tidak hanya kaya akan manfaat kesehatan, tetapi juga memiliki profil rasa dan aroma yang seimbang serta dapat diterima oleh konsumen.

Tahap akhir dalam proses pembuatan ini melibatkan penyaringan dan pengemasan untuk menjamin stabilitas produk selama penyimpanan. Proses penyaringan sangat penting untuk menghasilkan cairan yang jernih dan bebas dari ampas sisa ekstraksi yang dapat mempercepat kerusakan produk secara mikrobiologis. Selanjutnya, penerapan teknologi termal pada saat pengemasan, seperti metode *hot filling*, sangat disarankan untuk mencegah kontaminasi ulang setelah proses perebusan selesai (Putri et al., 2019). Dengan mengontrol setiap tahapan mulai dari optimasi rasio bahan hingga teknik pengemasan, minuman fungsional yang dihasilkan dapat memiliki standar mutu yang konsisten serta efikasi kesehatan yang terjamin.

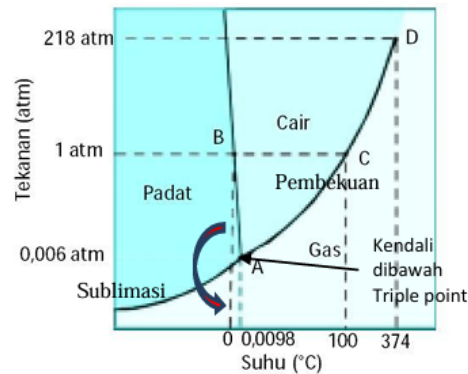
2.12 Pengeringan Beku (*Freeze Drying*)

2.12.1 Prinsip Dasar Pengeringan Beku

Prinsip utama dari pengeringan beku (*freeze drying*) adalah proses sublimasi, yaitu perpindahan fase air dari wujud padat (es) langsung menjadi gas (uap air) tanpa melewati fase cair. Menurut Habibi dkk. (2019), prinsip ini dilakukan dengan cara membekukan bahan terlebih dahulu. Setelah dibekukan, tekanan lingkungan di dalam pengering diturunkan hingga mencapai kondisi vakum. Perubahan fase ini dapat dijelaskan melalui diagram fase air sebagaimana terlihat pada **Gambar 2.15**.

Keberhasilan proses sublimasi sangat bergantung pada pengaturan suhu dan tekanan yang harus dijaga agar berada di bawah titik tripel (*triple point*) air. Titik tripel merupakan kondisi termodinamika dimana fase padat, cair, dan gas air berada dalam keseimbangan yang stabil, yakni pada suhu 0,01°C dan tekanan

rendah sebesar 0,61 kPa (4,58 mmHg). Saat beroperasi di area sublimasi, air di dalam bahan akan langsung berubah menjadi uap tanpa mencair. Hal ini mencegah kerusakan fisik seperti pengerutan (*shrinkage*) serta menjaga kualitas gizi produk akhir engan beroperasi di area (Habibi *dkk.*, 2019).



Gambar 2.15 Perubahan Fase Beku (Air) menjadi Fase Gas Melalui Proses Pengerinan Beku
Sumber: Habibi et al., 2019

Pengeringan dengan cara sublimasi ini efektif untuk mempertahankan stabilitas struktur produk dan meminimalkan kerusakan senyawa sensitif panas karena proses penguapan air terjadi pada suhu rendah. Keunggulan metode ini dalam mempertahankan kualitas produk pangan juga ditegaskan melalui penelitian Erfandi et al. (2018) yang menunjukkan bahwa penggunaan pengeringan beku pada susu nabati menghasilkan karakteristik fisik yang lebih baik daripada pengeringan vakum, terutama pada nilai kelarutan yang tinggi dan rendemen yang stabil. Selain menjaga profil gizi dan sifat sensoris seperti warna dan aroma, proses ini efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri meskipun tidak membunuh spora, sehingga produk akhir memiliki stabilitas mikrobiologis yang lebih baik selama disimpan dalam kondisi kadar air rendah (Habibi et al., 2019).

2.12.2 Mekanisme Kerja Alat

Mekanisme kerja pengeringan beku dimulai dengan tahap persiapan bahan yang diikuti oleh proses pembekuan untuk mengubah fase air pada bahan menjadi kristal es padat (Habibi *dkk.*, 2019). Tahap pembekuan ini sangat krusial karena kecepatan pendinginan menentukan ukuran kristal es yang akan membentuk kerangka pori pada struktur bahan. Menurut Zudana et al. (2025) setelah pembekuan sempurna, proses berlanjut ke tahap pengeringan primer dimana tekanan di dalam *chamber* diturunkan secara signifikan di bawah tekanan atmosfer untuk memfasilitasi proses sublimasi. Pada fase ini, energi panas diberikan secara terkontrol untuk memicu perubahan fase es langsung menjadi uap tanpa melalui fase cair. Selanjutnya, proses diakhiri dengan pengeringan sekunder melalui mekanisme desorpsi untuk menghilangkan molekul air yang terikat secara kimiawi di dalam matriks bahan, guna memastikan kadar air akhir berada pada tingkat yang sangat rendah dan stabil. Adapun perangkat *freeze dryer* yang digunakan untuk merealisasikan proses pembekuan hingga pengeringan sekunder pada pengamatan ini dapat dilihat pada **Gambar 2.16**.



Gambar 2.16 Freeze Dryer Yamato DC401

Sumber: https://www.yamato-scientific.com/product/show/dc401_2/ Tanggal akses: 11 April 2026

Dalam implementasi skala laboratorium, efektivitas pengeringan dipengaruhi oleh pengaturan waktu dan karakteristik bahan. Berdasarkan evaluasi pada alat *freeze dryer* tipe Labconco, total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan siklus pengeringan hingga mencapai kadar air yang stabil berkisar antara 30 hingga 48 jam. Evaluasi terhadap waktu pengeringan ini penting karena setiap bahan memiliki kadar air awal yang berbeda (Prasetya dan Yastanto, 2023).

Menurut Prasetya dan Yastanto (2023), penggunaan alat pengeringan beku dengan kontrol presisi terhadap suhu kondensator dan tingkat kevakuman memungkinkan proses penghilangan massa air berlangsung secara optimal. Melalui pengendalian suhu dan tekanan yang presisi, alat ini mampu menghasilkan produk akhir berupa bubuk atau ekstrak kering. Produk akhir ini akan memiliki daya simpan lama serta kualitas sensorik dan gizi yang setara dengan bahan segarnya. Selain itu, pengaturan tersebut membantu menekan konsumsi energi agar tetap efisien.

2.13 Neraca Massa dan Rendemen

Neraca massa merupakan instrumen penting dalam industri untuk menjamin kesetimbangan jumlah bahan yang masuk, terakumulasi, dan keluar dari sistem sesuai dengan hukum kekekalan massa (Sahuburua *dkk.*, 2025). Prinsip ini menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan dalam suatu proses fisik maupun kimia. Oleh karena itu, evaluasi kinerja suatu unit produksi dapat dilakukan melalui perhitungan neraca massa guna mengukur tingkat efisiensi operasional di lapangan. Dalam skala industri, penerapan neraca massa digunakan secara luas untuk memantau efisiensi penggunaan bahan baku terhadap jumlah produk akhir yang dihasilkan (Falah *dkk.*, 2025).

Menurut Yusuf dan Hermanuadi (2025), perhitungan neraca massa bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari setiap tahapan proses serta meminimalkan potensi kerugian bahan (*loss*) selama operasional berlangsung. Secara fundamental, prinsip ini mengacu pada hukum kekekalan massa

sebagaimana dijelaskan oleh Geankoplis et al. (2018), yang mencakup komponen akumulasi, massa masuk, massa keluar, serta massa yang tergenerasi atau terkonsumsi dalam sistem sebagaimana tercantum pada Persamaan (1). Mengingat proses pengolahan ini berlangsung pada kondisi tunak (*steady state*) dan hanya melibatkan perubahan fisik tanpa adanya reaksi kimia, maka variabel akumulasi, generasi, dan konsumsi dapat dianggap nol. Berdasarkan asumsi tersebut, prinsip neraca massa diterapkan untuk menentukan jumlah air yang berhasil dipisahkan dari campuran bahan awal hingga mencapai kadar air yang diinginkan, dengan rumusan sederhana yang tertera pada Persamaan (2). Pemahaman mengenai distribusi massa ini sangat membantu dalam melakukan standarisasi produk agar kualitasnya konsisten di setiap siklus produksi.

$$Accumulation = In - Out + Generation - Consumption \quad (1)$$

$$M_{masuk} = M_{produk} + M_{air\ yang\ hilang} \quad (2)$$

Keterangan:

M_{masuk} : Massa total campuran bahan sebelum proses (gram).

M_{produk} : Massa produk akhir setelah proses (gram).

$M_{air\ yang\ hilang}$: Massa air yang keluar dari sistem melalui proses penguapan atau pemisahan lainnya (gram).

Selain neraca massa, efisiensi suatu proses pengolahan juga diukur melalui perhitungan rendemen. Menurut Nugroho dan Hariono (2022), rendemen merupakan persentase perbandingan antara berat kering produk yang dihasilkan dengan berat bahan baku awal sebelum proses pengeringan. Perhitungan rendemen penting dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan bahan serta melihat seberapa besar potensi kehilangan bahan selama tahapan produksi berlangsung (Yusuf dan Hariono, 2025). Nilai rendemen yang tinggi mengindikasikan bahwa proses pengolahan berjalan optimal dengan kehilangan padatan yang minimal. Secara matematis, rendemen dapat dihitung menggunakan Persamaan (3) (Nugroho dan Hariono, 2022).

$$Rendemen (\%) = \left(\frac{Berat\ akhir}{Berat\ awal} \right) \times 100\% \quad (3)$$

2.14 Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan merupakan parameter penting untuk mengetahui sejauh mana panas yang diberikan mampu menguapkan kandungan air dalam bahan. Menurut Junaid (2024) nilai efisiensi pengeringan (η) dapat dihitung dengan membandingkan energi panas yang digunakan untuk penguapan air (Q_{out}) terhadap total panas yang disuplai ke ruang pengering (Q_{in}), sebagaimana yang tertera pada Persamaan (4). Dalam konteks pengeringan vakum, Setyadi et al. (2021) menekankan bahwa efisiensi sistem sangat dipengaruhi oleh variabel suhu operasional dan tingkat kevakuman ruang, dimana manipulasi tekanan udara bertujuan untuk mengoptimalkan laju pengeringan melalui penurunan titik didih air.

$$\eta = \left(\frac{Q_{out}}{Q_{in}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Mekanisme utama yang mendasari proses pengeringan beku adalah transisi fase yang dipaparkan dalam Urone dan Hinrichs (2016). Berbeda dengan metode dehidrasi termal konvensional, pengeringan beku mengaplikasikan prinsip sublimasi, dimana molekul air dalam fase padat (es) bertransisi langsung menjadi fase uap. Energi bermanfaat (Q_{out}) dalam proses ini adalah energi yang dialokasikan untuk memutus ikatan kohesif molekul es, yang dirumuskan secara matematis sebagaimana yang tertulis pada Persamaan (5).

Besarnya energi pemutusan ikatan tersebut dinyatakan sebagai kalor laten sublimasi (L_s), yang secara teoretis merupakan hasil penjumlahan dari kalor laten peleburan (L_f) dan kalor laten penguapan (L_v). Berdasarkan literatur Çengel dkk. (2017) pada Tabel Appendix A-2 *Physical Properties of Boiling and Freezing Points*, air memiliki nilai (L_f) sebesar 333,7 kJ/kg pada suhu 0°C dan (L_v) sebesar 2257 kJ/kg pada suhu 100°C, sehingga diperoleh nilai estimasi L_s standar sebesar 2590,7 kJ/kg. Meskipun proses pengeringan beku aktual berlangsung pada kondisi tekanan vakum dan suhu di bawah titik tripel air yang secara teknis memengaruhi sifat termodinamika air, nilai (L_s) dalam perhitungan efisiensi ini diasumsikan konstan di angka 2590,7 kJ/kg karena persentase perubahan nilainya relatif sangat kecil sehingga dampaknya dapat diabaikan (Douglas College Physics Department and OpenStax, 2016).

$$Q = mL_s \quad (5)$$

Keterangan:

- Q : Energi panas untuk memutus ikatan kohesif molekul es
 m : Massa air yang disublimasi
 L_s : Kalor laten sublimasi (2590,7 kJ/kg)

Dalam perhitungan efisiensi pengeringan ini, nilai kalor laten sublimasi es (L_s) ditetapkan sebesar 2834 kJ/kg. Nilai tersebut diasumsikan konstan terlepas dari fluktuasi suhu dan tekanan vakum operasional di dalam ruang alat pengering beku. Asumsi ini digunakan karena perubahan suhu dan tekanan di bawah titik tripel air hanya memberikan persentase perubahan nilai kalor laten yang sangat kecil (kurang dari 1%), sehingga dampaknya diabaikan dalam perhitungan kesetimbangan energi keseluruhan (Habibi dkk., 2019).

Dengan mengintegrasikan kerangka efisiensi dari Suhelmi et al. (2022) dan hukum termodinamika fase dari Urone dan Hinrichs (2016), maka efisiensi pengeringan (η) pada alat *freeze dryer* diformulasikan sebagaimana yang terlihat pada Persamaan (6). Melalui pendekatan integratif ini, efisiensi pengeringan dipahami sebagai kapabilitas sistem dalam mengonversi energi input menjadi kerja sublimasi produktif di bawah kondisi tekanan dan suhu yang terkendali.

$$\eta = \left(\frac{m \cdot L_s}{Q_{in}} \right) \times 100\% \quad (6)$$

Dalam formulasi tersebut, Q_{in} adalah total energi input yang disalurkan ke ruang pengering untuk memicu terjadinya proses sublimasi.

2.15 Pengujian Kadar Air

Kadar air didefinisikan sebagai persentase jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan yang dapat diukur berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*) (Gunawan et al., 2024). Pengujian kadar air adalah salah satu metode uji laboratorium kimia yang penting, terutama dalam industri pangan, karena berfungsi untuk menentukan kualitas serta ketahanan pangan terhadap risiko kerusakan. Menurut Hariyadi (2018), proses pengurangan kadar air melalui pengeringan bertujuan untuk menurunkan tingkat air hingga batas yang aman untuk penyimpanan, sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme serta aktivitas enzim yang memperpanjang masa simpan bahan. Selain untuk memperlama periode penyimpanan, pengeringan juga untuk meminimalkan kebutuhan pengemasan serta menurunkan berat bahan saat proses pengiriman.

Pengujian kadar air secara umum dapat dilakukan melalui dua metode utama, yaitu metode menggunakan instrumen dan metode konvensional. Metode instrumen dilakukan dengan alat *moisture analyzer* yang bekerja berdasarkan prinsip termogravimetri atau *Loss on Drying* (LOD). Berbeda dengan teknik manual, instrumen ini memanfaatkan pemanasan halogen untuk menguapkan kandungan air secara otomatis dan lebih efisien, dimana nilai kadar air akan langsung ditampilkan pada panel digital hanya dalam waktu 2 hingga 10 menit. Penggunaan alat ini sering dipilih dalam skala industri karena proses analisisnya yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode oven (Rodhiyah dkk., 2024).

Di sisi lain, metode konvensional menggunakan oven tetap menjadi standar dalam menentukan kuantitas suatu zat melalui pengukuran berat komponen murni. Cara kerja metode ini melibatkan penggunaan berbagai alat laboratorium seperti oven, timbangan digital untuk mengukur berat sampel secara presisi, serta desikator untuk mendinginkan sampel. Awalnya, cawan kosong dipanaskan di dalam oven selama 30 menit dengan suhu 105°C, kemudian didinginkan di desikator selama 15 menit. Setelah itu, cawan kosong tersebut ditimbang untuk mengetahui bobot awalnya. Lalu, sebanyak dua gram sampel dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui bobotnya, kemudian berat cawan yang berisi sampel awal ditimbang. Sampel tersebut lalu dikeringkan di dalam oven selama 3 jam pada suhu 105°C dan didinginkan pada desikator selama 15-30 menit. Selanjutnya, cawan dan isinya ditimbang dan dikeringkan kembali selama 1 jam, lalu didinginkan pada desikator. Proses penimbangan dan pemanasan ini dilakukan secara berulang hingga mencapai berat konstan (Hatigoran dkk., 2024).

Menurut Gunawan et al. (2024) persamaan untuk menghitung kadar air berat basah (MC_{wb}) adalah Persamaan (7). Sementara itu, untuk menghitung kadar air basis kering (MC_{db}), persamaannya adalah Persamaan (8). Kadar air berdasarkan berat basah memiliki batas maksimum teoritis sebesar 100%, sedangkan nilai kadar air berdasarkan berat kering dimungkinkan untuk melebihi angka 100%.

$$MC_{wb} = \frac{M_w - M_d}{M_w} \times 100\% \quad (7)$$

$$MC_{db} = \frac{M_w - M_d}{M_d} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

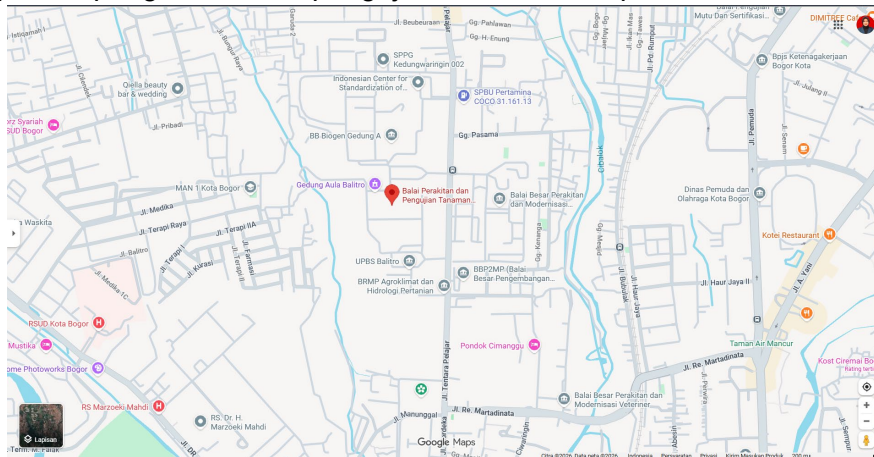
M_w : berat basah sampel (g)

M_d : berat kering sampel (g)

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Praktik Kerja Lapangan (PKL) dilaksanakan di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik (BRMP TROA) yang berlokasi di Jl. Tentara Pelajar No.3, RT.04/RW.15, Menteng, Kec. Bogor Barat, Kota Bogor, Jawa Barat 16111, sebagaimana yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**. Kegiatan PKL berlangsung pada tanggal 5 Januari 2026 hingga 6 Februari 2026, dan seluruh aktivitas dilaksanakan pada laboratorium serta fasilitas yang digunakan untuk proses pengolahan dan pengujian tanaman rempah dan obat.



Gambar 3.1 Lokasi BRMP TROA
Sumber: Google Maps, 2026

3.2 Metode Pengumpulan Data

3.2.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui keterlibatan langsung dalam aktivitas praktik kerja yang difokuskan pada tiga aspek utama. Pertama, dilakukan pengamatan dan pemelajaran tahapan proses serta mekanisme kerja alat pengeringan beku pada pembuatan susu bubuk berbasis biji kacang inka dengan penambahan bubuk kelor. Kedua, pengumpulan data dilakukan dengan mencatat massa bahan pada setiap tahapan proses sebagai dasar penghitungan efisiensi pengeringan melalui analisis neraca massa. Ketiga, dilakukan pengujian kadar air produk secara periodik di laboratorium untuk menganalisis karakteristik pengeringan serta menyusun grafik pengeringan produk. Selain itu, informasi pendukung diperoleh melalui wawancara dan diskusi dengan penanggungjawab laboratorium terkait prosedur operasional standar (SOP) yang diterapkan di badan.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber tertulis untuk mendukung dan memperkuat validitas hasil pengamatan di lapangan. Pengumpulan data ini mencakup penelaahan dokumen internal mengenai profil, sejarah, serta struktur organisasi BRMP TROA. Selain itu, literatur tambahan berupa jurnal ilmiah dan buku teks digunakan sebagai referensi utama dalam menganalisis teori

pengeringan serta karakteristik bahan kacang inka. Informasi sekunder tersebut berfungsi sebagai standar pembandingan teknis untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian proses dan hasil analisis telah sesuai dengan prinsip ilmiah yang berlaku.

3.3 Jadwal Kegiatan

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan

No	Tanggal	Kegiatan
1.	Selasa, 06 Januari 2026	Pembuatan minuman herbal dari kencur hitam
2.	Rabu, 07 Januari 2026	Pembuatan susu kacang inka
3.	Kamis, 08 Januari 2026	Formulasi susu kacang inka degan penambahan bubuk kelor dan matcha serta preparasi bahan sebelum produksi susu kacang inka dan kencur hitam
4.	Jumat, 09 Januari 2026	Pembuatan susu kacang inka rasa matcha dan kelor serta minuman kencur hitam
5.	Senin, 12 Januari 2026	Proses pengeringan beku untuk susu kelor, susu matcha dan minuman herbal kencur hitam serta memasukkan sampel ke dalam <i>freezer ultra low temperature</i> pada suhu -80°C
6.	Selasa, 13 Januari 2026	Pengecekan proses pengeringan beku untuk susu kelor dan susu matcha pada hari ke-1 serta pembuatan minuman lemon sereh hari ke-1
7.	Rabu, 14 Januari 2026	Pengecekan proses pengeringan beku untuk susu kelor dan susu matcha pada hari ke-2 serta pembuatan minuman lemon sereh hari ke-2
8.	Kamis, 15 Januari 2026	Pengecekan proses pengeringan beku untuk susu kelor dan matcha pada hari terakhir serta pembuatan minuman lemon sereh hari ke-3
9.	Senin, 19 Januari 2026	<i>Deep cleaning</i> mesin pengeringan beku dan proses pembuatan <i>ginger ale</i>
10.	Selasa, 20 Januari 2026	Penghalusan, penyaringan dan penimbangan hasil pengeringan beku susu kacang inka, pembuatan minuman limun temulawak dan <i>feeding ginger ale</i> pada h+1
11.	Rabu, 21 Januari 2026	Pembuatan minuman jahe secang dan penyaringan hasil akhir <i>ginger ale</i>
12.	Kamis, 22 Januari 2026	Pengujian kadar air susu kelor hari ke-1 dan pembuatan minuman secang jahe

13. Jumat, 23 Januari 2026 Pengujian kadar air susu kelor hari ke-2 dan penyusunan laporan akhir
 14. Senin, 26 Januari 2026 Pengujian kadar air susu kelor hari ke-3 dan produksi aromaterapi *eucalyptus*, *peppermint*, dan *tea tree*
 15. Selasa, 27 Januari 2026 Pengujian kadar air susu kelor hari ke-4, kunjungan lapang, serta penyusunan laporan akhir
 16. Rabu, 28 Januari 2026 Penyusunan laporan hasil
 17. Kamis, 29 Januari 2026 Penyusunan laporan hasil
 18. Jumat, 30 Januari 2026 Penyusunan laporan hasil
 19. Senin, 02 Februari 2026 Penyusunan laporan hasil dan powerpoint untuk presentasi hasil
 20. Selasa, 03 Februari 2026 Penyusunan laporan hasil dan powerpoint untuk presentasi hasil serta pembuatan sabun *bar* vanilla
 21. Rabu, 04 Februari 2026 Penyusunan laporan hasil dan presentasi hasil kegiatan
 22. Kamis, 05 Februari 2026 Penyusunan laporan hasil
 23. Jumat, 06 Februari 2026 Penyusunan laporan hasil dan pengurusan berkas PKL
-

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Umum Instansi

4.1.1 Sejarah Singkat

Badan Perakitan dan Pengujian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik (BRMP TROA) memiliki sejarah panjang yang telah dimulai sejak era kolonial. Cikal bakal instansi ini berawal pada tahun 1817 dengan nama Land Platentuin Buitenzorg. Seiring dengan perkembangan kebijakan pemerintah dan kebutuhan riset pertanian, instansi ini mengalami beberapa kali transformasi nama dan fungsi, di antaranya menjadi Cultuurtuin (1876), Saibai Gizutsu-Bu (1945), hingga menjadi Badan Penyelidikan Tanaman Pertanian (BPTP) pada tahun 1946. Memasuki era 1960-an hingga 1980-an, fokus instansi semakin spesifik pada tanaman industri dan rempah. Pada tahun 1984, BRMP TROA dikenal dengan nama Balitro (Badan Penelitian Tanaman Rempah dan Obat), nama yang cukup ikonik dan bertahan lama meski sempat berada di bawah naungan Departemen Kehutanan dan Perkebunan maupun Departemen Pertanian. Pada tahun 2023, seiring dengan adanya restrukturisasi di lingkungan Kementerian Pertanian, nama instansi berubah menjadi Badan Pengujian Standardisasi Instrumen Tanaman Rempah Obat dan Aromatik. Transformasi terbaru terjadi melalui Peraturan Menteri Pertanian RI Nomor 10 Tahun 2025, dimana nama instansi resmi menjadi Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik.

Saat ini, badan ini merupakan salah satu unit kerja di bawah Pusat Perakitan dan Modernisasi Pertanian Perkebunan, Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian, Kementerian Pertanian. Melalui mandat terbaru tersebut, instansi ini mengemban tugas utama untuk melaksanakan perekayasaan, perakitan, dan pengujian, serta modernisasi pertanian pada komoditas tanaman rempah, obat, dan aromatik di Indonesia. Keberadaan badan ini tidak terlepas dari kebutuhan akan lembaga yang mendukung pengembangan agribisnis dan agroindustri berbasis tanaman rempah, obat, dan aromatik. Saat ini, peran badan lebih difokuskan pada kegiatan perakitan, penerapan, dan modernisasi teknologi pertanian. Kegiatan tersebut bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan hasil riset yang telah ada agar dapat diaplikasikan secara langsung. Dengan demikian, badan berfungsi sebagai penghubung antara teknologi yang tersedia dengan kebutuhan di lapangan.

Fokus pada perakitan dan modernisasi teknologi menjadi penting dalam mendukung peningkatan efisiensi dan mutu produk berbasis tanaman rempah dan obat. Teknologi yang diterapkan disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan pengguna, baik skala penelitian terapan maupun pengembangan produk. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan teknologi secara lebih efektif tanpa melalui tahapan penelitian dasar. Hal tersebut menjadikan BRMP TROA berperan sebagai pusat penerapan teknologi yang adaptif dan aplikatif.

Peran BRMP TROA sejalan dengan potensi Indonesia sebagai negara dengan tingkat biodiversitas yang tinggi, khususnya pada tanaman rempah, obat, dan aromatik. Kekayaan hayati tersebut memerlukan dukungan teknologi yang tepat agar dapat dimanfaatkan secara optimal. Melalui kegiatan perakitan

teknologi tepat guna dan modernisasi sistem pengolahan, potensi sumber daya lokal dapat diolah menjadi produk turunan yang memiliki nilai tambah tinggi.

4.1.2 Visi dan Misi Instansi

Dalam menjalankan tugas dan fungsinya sebagai unit kerja di bawah Kementerian Pertanian, BRMP TROA memiliki visi dan misi yang menjadi landasan utama dalam memberikan pelayanan publik. BRMP TROA memiliki visi menjadi lembaga layanan publik yang profesional dalam bidang Layanan Jasa Perekayasaan dan Perakitan Teknologi Pertanian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik, Layanan Jasa Pengujian dan Penilaian Kesesuaian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik, Layanan Barang Benih Sumber Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik, Layanan Jasa Pendayagunaan Hasil Perakitan dan Pengujian Pertanian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik dan Layanan Jasa Pendukung, seperti Praktik Kerja Lapang dan Pemanfaatan Sapras serta Kunjungan Agroedukasi). Untuk mewujudkan visi tersebut, BRMP TROA menetapkan misi sebagai berikut:

1. Menyelenggarakan layanan yang cepat, tepat, terjangkau, dan transparan dengan memanfaatkan kemajuan teknologi informasi.
2. Meningkatkan profesionalitas dan integritas sumber daya manusia untuk pelayanan publik yang berkualitas.
3. Menyebarkan pendayagunaan hasil tanaman rempah, obat dan aromatik, mendukung peningkatan nilai tambah dan daya saing produk pertanian.

4.1.3 Logo Instansi

Logo yang digunakan oleh BRMP TROA merupakan logo resmi Kementerian Pertanian Republik Indonesia, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.1**. Penggunaan identitas visual ini sejalan dengan kedudukan instansi sebagai unit pelaksana teknis yang strukturnya diatur dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 10 Tahun 2025. penggunaan logo ini menegaskan bahwa Badan merupakan bagian integral dari kementerian yang mengemban amanah dalam perekayasaan dan modernisasi tanaman rempah, obat, dan aromatik sesuai mandat regulasi yang berlaku.

Secara filosofis, logo ini memiliki makna yang mendalam dari segi bentuk maupun warna. Komponen utama berupa simbol tunas berwarna hijau muda melambangkan pengertian biologis dari seluruh kegiatan pertanian terhadap kehidupan makhluk hidup, yang berdiri di atas unsur air berwarna biru muda sebagai lambang keagungan. Seluruh elemen tersebut dilingkari oleh garis berwarna merah yang melambangkan kesatuan dalam pelaksanaan tugas. Selain itu, terdapat bingkai berbentuk lingkaran bersudut lima berwarna cokelat yang merepresentasikan lima unsur pelaksana utama atau tugas-tugas pokok dalam lingkup Kementerian Pertanian. Penggunaan warna kuning emas sebagai latar belakang dasar melambangkan kemegahan dan profesionalisme.



Gambar 4.1 Logo BRMP TROA

Sumber: <https://www.pertanian.go.id/?show=page&act=view&id=8> Tanggal akses: 12 April 2026

4.1.4 Tugas dan Fungsi Instansi

BRMP TROA mengemban tugas dan fungsi sebagaimana tertuang dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 10 Tahun 2025 tentang Struktur Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis Lingkup Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian. Badan Perakitan dan Pengujian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik mempunyai tugas melaksanakan perekayasaan, perakitan, dan pengujian, serta modernisasi pertanian tanaman rempah, obat dan aromatik.

Dalam melaksanakan tugasnya, BRMP TROA menyelenggarakan fungsi sebagai berikut:

1. Pelaksanaan penyusunan rencana kegiatan dan anggaran di bidang perekayasaan, perakitan, dan modernisasi tanaman rempah, obat dan aromatik;
2. Pelaksanaan perekayasaan dan perakitan teknologi tanaman rempah, obat dan aromatik;
3. Pelaksanaan produksi benih sumber dan hasil perakitan tanaman rempah, obat dan aromatik;
4. Pelaksanaan pendayagunaan hasil perakitan dan modernisasi tanaman rempah, obat dan aromatik;
5. Pelaksanaan penyusunan konsep Standar Nasional Indonesia tanaman rempah, obat dan aromatik;
6. Pelaksanaan pemantauan, evaluasi dan pelaporan di bidang perekayasaan, perakitan, dan modernisasi tanaman rempah, obat dan aromatik;
7. Pelaksanaan urusan tata usaha dan rumah tangga Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik.

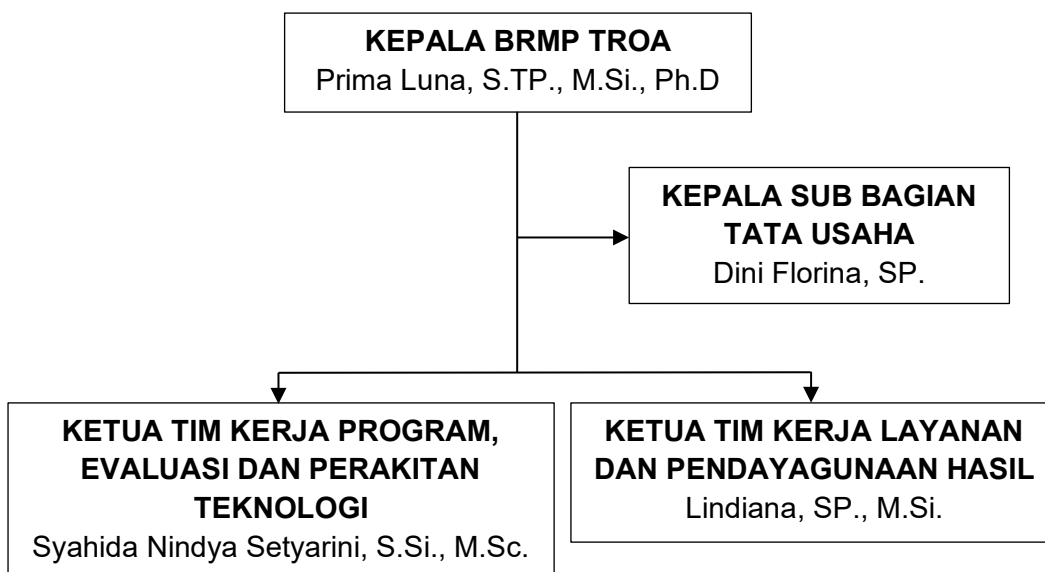
BRMP TROA berfungsi sebagai unit perakit teknologi dan pusat modernisasi pertanian yang berperan dalam menjembatani hasil riset dengan kebutuhan pasar. Melalui jabatan fungsional yang ada, instansi melakukan hilirisasi inovasi dalam bentuk produk fungsional sebagai media edukasi dan diseminasi. Produk yang dikembangkan tidak hanya ditujukan untuk komersialisasi terbatas pada kunjungan publik, namun diposisikan sebagai prototipe teknologi yang siap diadopsi oleh pelaku usaha atau UMKM guna meningkatkan nilai tambah komoditas rempah, obat, dan aromatik di tingkat nasional.

4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi pada BRMP TROA disusun secara sistematis untuk menciptakan tata kelola kerja yang terintegrasi, ramping, dan efisien. Pembagian wewenang serta alur koordinasi antar unit kerja tersebut secara visual dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Dalam pelaksanaannya, struktur ini telah mengimplementasikan kebijakan Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (Permen PANRB) Nomor 25 Tahun 2021 tentang Penyederhanaan Struktur Organisasi guna mendukung percepatan birokrasi. Hal ini menyebabkan bagan organisasi kini tampak lebih ringkas karena fokus pada unit-unit strategis yang bersifat fungsional dan koordinatif.

Kepala badan memegang tanggung jawab sebagai pimpinan tertinggi dengan didukung oleh Sub Bagian Tata Usaha yang mengelola seluruh urusan administrasi serta operasional internal instansi. Selain itu, terdapat dua tim kerja teknis utama yang bersinergi dalam melakukan perakitan teknologi sekaligus memastikan pendayagunaan hasil pertanian dapat tersampaikan kepada masyarakat. Tim Kerja Program, Evaluasi, dan Perakitan Teknologi memiliki tanggung jawab utama dalam aspek manajerial dan teknis, yang meliputi penyusunan perencanaan program kerja, pelaksanaan evaluasi berkala terhadap capaian kegiatan, serta melakukan perakitan dan adaptasi teknologi pertanian yang akan digunakan.

Di sisi lain, Tim Kerja Layanan dan Pendayagunaan Hasil berperan dalam optimalisasi pemanfaatan hasil inovasi kepada publik. Tim ini bertanggung jawab menyelenggarakan layanan informasi dan penyuluhan teknis, terutama dalam mengelola kegiatan kunjungan instansi serta mendampingi mahasiswa PKL agar pemahaman mengenai pendayagunaan teknologi pertanian dapat tersampaikan secara efektif. Meskipun secara bagan struktur organisasi ini terlihat minimalis, setiap unit kerja mewadahi berbagai kelompok jabatan fungsional yang memastikan seluruh tugas dan fungsi instansi tetap berjalan secara komprehensif.



Gambar 4.2 Struktur Organisasi BRMP TROA

Sumber: <https://rempahobat.brmp.pertanian.go.id/organisasi/struktur-organisasi>

Tanggal akses: 12 April 2026

4.3 Sumber Daya Manusia

Operasional BRMP TROA didukung oleh sumber daya manusia yang kompeten guna memastikan kelancaran seluruh tugas dan fungsi instansi. Berdasarkan data per Juli 2025, instansi ini memiliki total karyawan 108 yang terdiri dari berbagai status kepegawaian dengan latar belakang pendidikan yang bervariasi mulai dari tingkat dasar hingga pascasarjana. Distribusi pegawai tersebut mencakup tenaga fungsional dan administratif yang tersebar dalam berbagai rentang usia, dimana mayoritas pegawai berada pada kelompok usia produktif demi mendukung keberlanjutan program modernisasi pertanian. Seluruh komposisi tenaga kerja ini secara detail dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Meskipun bagan struktur organisasi pada **Gambar 4.2** tampak ringkas, seluruh 108 pegawai tersebut terakomodasi secara efektif melalui pembagian peran yang berbasis pada keahlian. Sesuai dengan implementasi Permen PANRB No. 25 Tahun 2021, mayoritas pegawai kini menempati Jabatan Fungsional yang mengutamakan profesionalisme dan kompetensi spesifik. Penataan ini merupakan bagian dari transformasi birokrasi, di mana pegawai tidak lagi dikotak-kotakkan dalam jabatan struktural yang kaku, melainkan bekerja secara fleksibel dalam tim-tim kerja.

Penyebaran pegawai mencakup berbagai kelompok jabatan fungsional yang tersebar dalam berbagai rentang usia, di mana mayoritas berada pada kelompok usia produktif demi mendukung keberlanjutan program modernisasi pertanian. Sistem kerja baru ini memungkinkan kolaborasi lintas fungsi antar staf untuk merespons kebutuhan teknologi pertanian secara lebih cepat. Dengan demikian, meskipun birokrasi telah disederhanakan menjadi struktur yang lebih ramping, kapasitas intelektual dan operasional dari 108 staf tetap terdayagunakan secara maksimal dalam setiap program kerja instansi.

Tabel 4.1 Data Klasifikasi Pegawai BRMP TROA per Juli 2025

Kategori Sumber Daya	Jenis Klasifikasi	Jumlah/Persentase
Status Kepegawaian	Pegawai Negeri Sipil (PNS)	88 orang
	Pegawai Pemerintah dengan Perjanjian Kerja (PPPK)	12 orang
	Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS)	8 orang
	PPPK Paruh Waktu	60 orang
Tingkat Pendidikan	SD	1%
	SMP	7%
	SMA/Sederajat	51%
	Diploma III (D3)	7%
	Sarjana (S1)	26%
	Magister (S2)	7%

	Doktoral (S3)	1%
Rentang Usia	21-30 Tahun	6%
	31-40 Tahun	18%
	41-50 Tahun	28%
	51-60 Tahun	48%

4.4 Implementasi Produksi Minuman Fungsional

4.5.1 Produksi Minuman Herbal Kencur Hitam

Implementasi produksi minuman kencur hitam di BRMP TROA didasarkan pada pemanfaatan potensi fungsional tanaman *Kaempferia parviflora* yang kaya akan senyawa metabolit sekunder. Pemilihan bahan baku ini merujuk pada kandungan flavonoid yang tinggi, khususnya kelompok *methoxyflavone*, yang secara klinis terbukti memiliki aktivitas anti-inflamasi, potensi antioksidan yang signifikan, serta efek anti-obesitas. Secara fungsional, komoditas ini berperan dalam regulasi metabolisme seluler dan peningkatan energi, sehingga integrasi teknologi pengolahan yang tepat menjadi krusial untuk mempertahankan bioaktivitas senyawa-senyawa termolabil tersebut selama proses produksi (Chen *dkk.*, 2018).

Alur operasional produksi dimulai dengan tahap preparasi bahan melalui penimbangan simplisia kencur hitam dan pelarut air dengan rasio stoikiometri 1:10. Ekstraksi dilakukan melalui teknik pengecilan ukuran menggunakan *blender* untuk memperluas luas permukaan kontak bahan (*surface area*), sehingga meningkatkan efisiensi perpindahan massa (*mass transfer*) senyawa aktif ke dalam pelarut. Filtrat yang dihasilkan kemudian melalui tahap filtrasi bertingkat, dimana penggunaan saringan 400 mesh pada tahap kedua bertujuan untuk mengeliminasi partikel mikro secara optimal, seperti pada **Gambar 4.3**. Selanjutnya, dilakukan proses sedimentasi paksa menggunakan alat sentrifugasi untuk memisahkan fraksi pati, guna menjamin stabilitas fisik dan transparansi (kejernihan) produk akhir selama masa penyimpanan.



Gambar 4.3 Proses Pemerasan Ekstrak Kencur Hitam
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Tahapan berikutnya adalah pemekatan ekstrak dengan mekanisme evaporasi vakum menggunakan alat *rotary evaporator*, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.4**. Penerapan sistem vakum bertujuan untuk menurunkan tekanan parsial sehingga titik didih pelarut menurun yang memungkinkan proses penguapan air terjadi pada suhu rendah guna meminimalisir degradasi termal pada senyawa fenolik dan mencegah reaksi enzimatik atau non-enzimatik

(Soeswanto *dkk.*, 2023). Formulasi akhir dilakukan dengan penambahan madu dan jahe sebagai agen penambah cita rasa dan nutrisi, yang dilanjutkan dengan proses homogenisasi dan pengentalan kembali menggunakan *rotary evaporator*. Peningkatan viskositas produk menandakan tercapainya konsentrasi ekstrak yang diinginkan sebelum akhirnya dikemas secara aseptik dan disimpan pada suhu refrigerasi untuk menjaga integritas mutunya. Semua tahap produksi dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.4 Proses Evaporasi Ekstrak Kencur Hitam dengan *Rotary Evaporator*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



Gambar 4.5 Diagram Alir Proses Produksi Minuman Herbal Kencur Hitam
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.5.2 Produksi Minuman Herbal Lemon Serai

Produksi minuman lemon serai dilakukan melalui integrasi teknik ekstraksi termal dan filtrasi mikro untuk menghasilkan minuman fungsional dengan karakteristik sensori yang optimal. Menurut Anita et al. (2024), secara fungsional

penggunaan serai (*Cymbopogon citratus*) bertujuan untuk mengekstraksi senyawa aktif yang memiliki berbagai manfaat kesehatan, termasuk sebagai agen anti-inflamasi dan pereda nyeri alami. Sementara itu, lemon (*Citrus limon*) diaplikasikan sebagai sumber utama asam askorbat (Vitamin C) yang berperan sebagai antioksidan alami sekaligus pengatur keasaman (*acidulant*) untuk menjaga stabilitas pH produk.

Alur produksi dimulai dengan preparasi batang serai melalui pencucian dan pememaran guna memecah dinding sel agar pelepasan komponen fungsional menjadi maksimal saat proses perebusan (Anita et al., 2024). Proses pememaran secara mekanis ini dapat dilihat secara visual pada **Gambar 4.6**. Ekstraksi dilakukan dalam air mendidih dengan penambahan gula sebagai pemanis, kemudian larutan tersebut dibiarkan hingga mencapai suhu ruang sebelum dicampurkan dengan sari lemon. Penundaan suhu ini sangat krusial karena paparan panas pada suhu 60-70°C terbukti secara signifikan dapat menurunkan kadar vitamin C dan aktivitas antioksidan pada sari lemon (Saragih *dkk.*, 2025). Guna menjamin kejernihan produk, sari lemon melalui filtrasi bertingkat dengan saringan 400 mesh sebelum dikemas dalam botol 250 ml, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.7**.



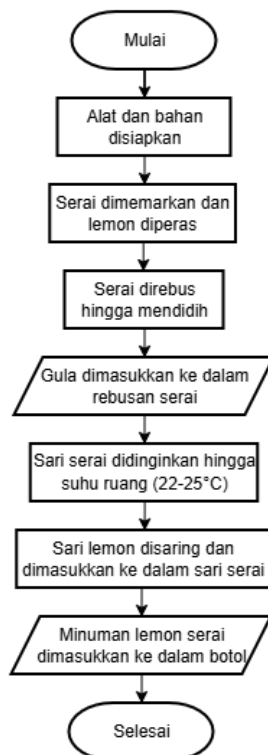
Gambar 4.6 Proses Pememaran Serai
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



Gambar 4.7 Produk Lemon Serai BRMP TROA
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Produk yang telah di produksi disimpan dalam *freezer* untuk menjaga stabilitas fitokimianya. Strategi penyimpanan pada suhu beku ini bertujuan untuk memperpanjang masa simpan dengan menekan laju reaksi oksidasi dan degradasi nutrisi yang mungkin terjadi pasca-produksi. Berdasarkan Anita et al. (2024), stabilitas vitamin C sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, sehingga kombinasi antara pengaturan pH dari lemon dan suhu penyimpanan yang rendah menjadi faktor penentu dalam mempertahankan kualitas mutu minuman. Dengan

demikian, integrasi antara prosedur teknis yang presisi dan pemahaman terhadap karakteristik termolabil bahan baku memastikan produk lemon serai yang dihasilkan memenuhi standar minuman fungsional yang berkualitas. Semua tahap produksi dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Diagram Alir Proses Produksi Minuman Herbal Lemon Serai
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.5.3 Produksi Minuman Herbal Limun Temulawak

Produksi minuman temulawak limun merupakan pemanfaatan senyawa fungsional rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) melalui metode ekstraksi termal konvensional untuk mendapatkan kandungan kurkumin yang optimal. Secara fitokimia, kurkumin merupakan senyawa fenolik yang memberikan pigmen kuning khas pada rimpang dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan karena bioaktivitasnya sebagai antioksidan (Indriati et al., 2022). Dalam formulasi ini, penggunaan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) berperan sebagai sumber antioksidan tambahan seperti vitamin C dan flavonoid, sekaligus berfungsi sebagai pengatur keasaman untuk menjaga stabilitas produk (Silvanus et al., 2020).

Alur operasional dimulai dengan preparasi rimpang temulawak yang meliputi tahap pengupasan dan pengirisan tipis untuk mempersiapkan bahan baku, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.9**. Proses pengirisan ini dilakukan secara spesifik guna memperluas luas permukaan kontak bahan sebelum memasuki tahap perebusan (dekokta) agar ekstraksi senyawa aktif berlangsung lebih optimal, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.10**. Ekstraksi dilakukan dalam air mendidih hingga tercapai intensitas warna oranye yang konstan, yang

menandakan pelepasan senyawa kurkuminoid ke dalam pelarut telah berlangsung secara efektif (Indriati et al., 2022). Pada tahap ini, dilakukan penambahan gula batu sebagai agen pemanis primer. Pemilihan jenis gula ini didasarkan pada karakteristik mutu sensori, dimana penggunaan gula batu dalam minuman rempah diketahui memberikan profil rasa yang lebih bersih (*clean taste*) dibandingkan jenis pemanis lainnya (Silvia Dwi Suryani, t.t.).

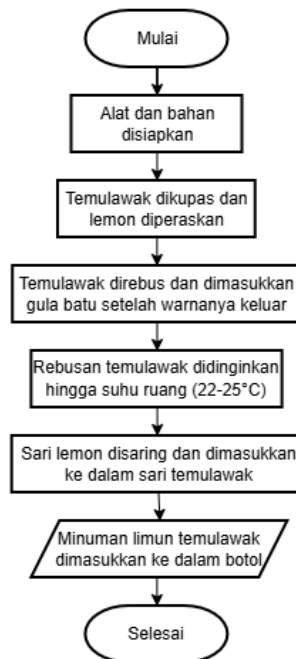


Gambar 4.9 Proses Pengupasan dan Pengirisan Temulawak
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



Gambar 4.10 Proses Perebusan dan Penambahan Pemanis Alami pada Minuman Limun Temulawak
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Setelah proses ekstraksi dan pemanisan selesai, larutan dibiarkan hingga mencapai suhu ruang sebelum ditambahkan perasan jeruk nipis. Langkah pendinginan ini sangat krusial karena senyawa-senyawa aktif dalam jeruk nipis, terutama vitamin C, bersifat termolabil atau sangat sensitif terhadap paparan panas yang berlebihan (Silvanus et al., 2020). Selanjutnya, filtrat disaring secara konvensional untuk memisahkan residu irisan rimpang guna menghasilkan minuman yang homogen. Produk akhir kemudian dikemas secara aseptik dan disimpan dalam kondisi suhu rendah untuk mempertahankan integritas fitokimia serta stabilitas organoleptik selama masa simpan. Semua tahap produksi dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4.11 Diagram Alir Proses Pembuatan Minuman Herbal Limun Temulawak

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.5.4 Produksi Minuman Herbal Secang Jahe

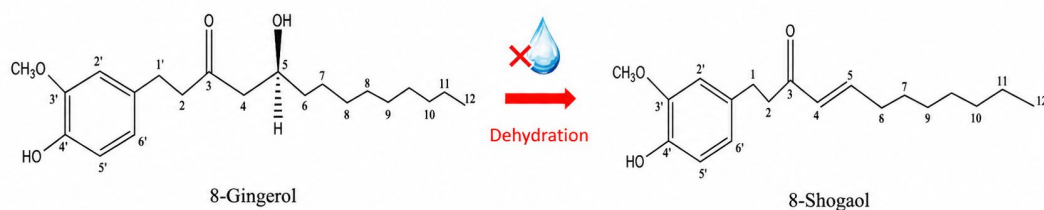
Produksi minuman secang jahe bertujuan untuk menghasilkan minuman fungsional dengan keunggulan pada aspek visual dan aktivitas antioksidan yang tinggi. Komponen utama dalam formulasi ini adalah kayu secang (*Caesalpinia sappan*) yang dipilih berdasarkan intensitas warna merahnya untuk memaksimalkan kandungan pigmen brazilin yang diketahui memiliki berbagai aktivitas seperti antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi (Puspitadewi dan Sriwidodo, 2023). Secara fitokimia, ekstrak kayu secang memiliki potensi besar sebagai pewarna alami sekaligus sumber senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Irawan *dkk.*, 2022). Selain secang, penggunaan jahe (*Zingiber officinale*) memberikan kontribusi signifikan terhadap profil fungsional minuman melalui kandungan senyawa fenol dan karakteristik aromatikanya yang khas. Sinergi antara kayu secang, jahe, dan rempah pendukung lainnya dalam minuman ini secara signifikan meningkatkan kandungan total fenol dan kapasitas antioksidannya. Optimasi kombinasi bahan-bahan tersebut bertujuan untuk memaksimalkan perlindungan tubuh terhadap radikal bebas melalui aktivitas antioksidan alami yang dihasilkan (Arum et al., 2025).

Alur produksi dimulai dengan preparasi bahan baku, seperti pengupasan dan pememaran jahe, untuk mempermudah pelepasan senyawa aromatik. Proses ekstraksi dilakukan dengan metode perebusan bersama antara kayu secang, jahe, kapulaga, pandan, dan serai guna mengekstraksi minyak atsiri serta senyawa volatil secara simultan, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.12**. Menurut **Maghraby et al. (2023)**, penggunaan air panas dalam ekstraksi termal ini memicu

transformasi kimia pada senyawa bioaktif utama jahe, yaitu [6]-gingerol. Paparan suhu tinggi selama perebusan menyebabkan [6]-gingerol mengalami dehidrasi dengan pelepasan molekul air, sehingga berubah menjadi senyawa turunan [6]-shogaol. Perubahan struktur kimia tersebut secara visual dapat dilihat pada **Gambar 4.13**, yang memperlihatkan hilangnya gugus hidroksil ($-OH$) dan pembentukan ikatan rangkap dua baru pada rantai samping shogaol akibat energi panas.

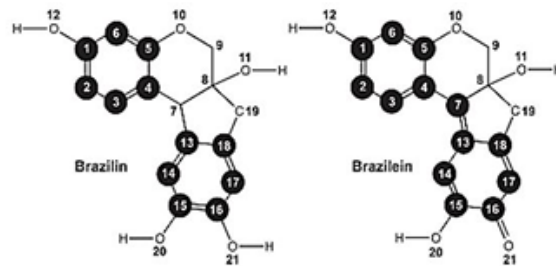


Gambar 4.12 Proses Perebusan Minuman Secang Jahe
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

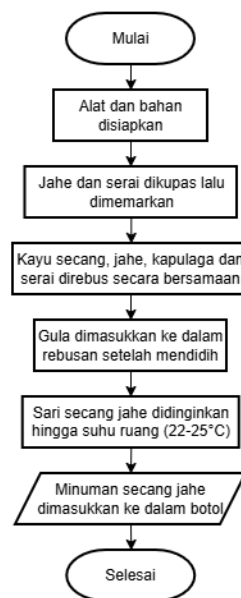


Gambar 4.13 Mekanisme Dehidrasi 8-Gingerol menjadi 8-Shogaol Akibat Panas
Sumber: Maghraby *et al.*, 2023

Transformasi ini tidak hanya meningkatkan intensitas rasa pedas khas pada minuman, tetapi juga memperkuat aktivitas antioksidan dan anti-inflamasinya dibandingkan dalam bentuk segar. Durasi perebusan secang yang optimal menghasilkan filtrat dengan intensitas warna merah pekat yang berasal dari degradasi termal ringan pada struktur brazilin menjadi brazilein, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.14** (Irawan *dkk.*, 2022). Kombinasi suhu dan waktu ekstraksi yang tepat memengaruhi proses karena menurut Jia *dkk.* (2025), teknik ekstraksi mempengaruhi pertahanan senyawa volatil dalam memberikan aroma. Pada tahap akhir, dilakukan penambahan gula pasir sebagai pemanis sebelum larutan didiamkan hingga suhu ruang. Produk akhir kemudian dikemas dalam botol 250 ml dan disimpan dalam *freezer* guna mencegah oksidasi pigmen serta menjaga stabilitas senyawa volatil dan antioksidan selama masa simpan. Semua tahap produksi dapat dilihat pada **Gambar 4.15**.



Gambar 4.14 Struktur Brazilin dan Brazilein
Sumber: Hadi et al., 2023



Gambar 4.15 Diagram Alir Proses Minuman Herbal Secang Jahe
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.5.5 Produksi Minuman Berkarbonasi *Ginger Ale*

Produksi *Ginger Ale* di BRMP TROA dilakukan melalui teknik fermentasi anaerob untuk menghasilkan karbonasi alami secara mandiri. Proses diawali dengan preparasi jahe yang hanya melalui tahap pencucian bersih tanpa pengupasan kulit, kemudian dicincang halus. Secara mikrobiologis, keberadaan kulit jahe sangat penting karena berfungsi sebagai inokulan alami bagi mikroba epifit, terutama ragi liar dan bakteri fungsional yang menempel pada permukaan rimpang (Tolentino et al., 2025). Mikroba epifit ini bertindak sebagai agen fermentasi yang memetabolisme gula menjadi karbon dioksida (CO₂) dan memperkaya profil senyawa volatil jahe (Jia et al., 2025).

Tahap kritis dalam produksi ini adalah proses karbonasi alami, dimana campuran ekstrak jahe dan gula dimasukkan ke dalam botol kedap udara (hermetis), sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.16**. Di dalam wadah tertutup tersebut, akumulasi gas CO₂ hasil fermentasi menciptakan tekanan internal yang tinggi, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.17**. Berdasarkan Hukum Henry, peningkatan tekanan gas di dalam ruang tertutup akan secara

linear meningkatkan kelarutan CO₂ ke dalam fase cair, sehingga menciptakan sensasi desis (*effervescence*) yang stabil dalam minuman (Mulana *dkk.*, 2022). Karakteristik mutu sensori yang dihasilkan meliputi sensasi *sparkling* atau *mouthfeel* yang tajam di lidah, serta keseimbangan profil rasa antara rasa manis dari gula dan rasa hangat khas jahe yang diperkuat oleh tingkat karbonasi selama masa inkubasi (Silvia Dwi Suryani, t.t.).

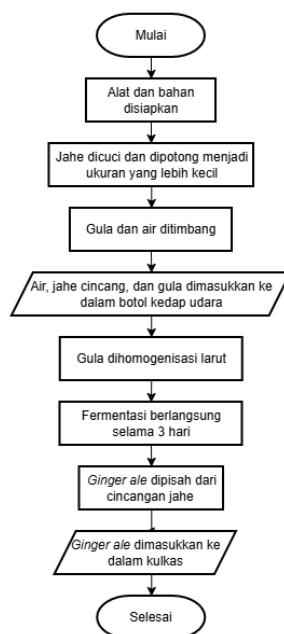


Gambar 4.16 Proses Pembuatan Ginger Ale
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



Gambar 4.17 Proses Fermentasi *Ginger Ale* Hari Pertama
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Aspek keamanan dan stabilitas produk akhir sangat bergantung pada kontrol suhu pasca-fermentasi. Mengacu pada studi oleh Kucharczyk dan Tuszyński (2018), pengaturan suhu yang rendah sangat krusial untuk mengontrol viabilitas ragi dan menstabilkan komposisi senyawa volatil agar tidak terjadi fermentasi berlebih yang dapat merusak kualitas produk. Di BRPM TROA, kendali suhu ini dilakukan dengan memindahkan produk ke dalam lemari pendingin pada suhu sekitar 4°C hingga 10°C segera setelah proses karbonasi mencapai titik optimal. Langkah ini bertujuan untuk menghentikan aktivitas mikroba secara perlahan sekaligus menjaga agar tekanan di dalam botol tetap berada dalam batas aman. Oleh karena itu, setelah mencapai tingkat karbonasi yang diinginkan, produk segera disimpan pada suhu dingin guna menghentikan aktivitas mikroba secara perlahan, sekaligus menjaga agar tekanan di dalam botol tetap berada dalam batas aman. Hasil akhirnya adalah minuman berwarna kuning keruh dengan aroma jahe yang kuat dan sensasi soda alami yang menyegarkan. Semua tahap produksi dapat dilihat pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4.18 Diagram Alir Proses Produksi Minuman Berkarbonasi *Ginger Ale*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.5.6 Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka

Produksi susu nabati berbasis kacang inka (*Plukenetia volubilis*) di BRMP TROA dilakukan melalui serangkaian tahapan teknis terkontrol guna memaksimalkan ekstraksi nutrisi serta menghasilkan karakteristik organoleptik yang unggul. Tahap awal produksi dimulai dengan hidrasi atau perendaman simplisia kacang inka di dalam air bersih selama 6 jam. Berdasarkan studi Daryani dkk. (2024), proses perendaman merupakan langkah krusial dalam pembuatan *plant-based milk analogues* karena berfungsi untuk melunakkan struktur lignoselulosa pada biji. Hidrasi yang optimal ini secara efektif mempermudah pelepasan komponen nutrisi penting, seperti protein fungsional dan asam lemak esensial (Omega-3, 6, dan 9), ke dalam fase cair saat memasuki tahap penghancuran secara mekanis.

Biji kacang inka yang telah terhidrasi kemudian dicampur dengan air hangat untuk diproses menggunakan *blender* hingga mencapai tingkat kehalusan yang diinginkan. Penggunaan air hangat pada tahap ini berperan strategis dalam menurunkan viskositas minyak alami kacang inka sehingga partikel lemak menjadi lebih mudah terdispersi dan teremulsi secara merata. Untuk menjamin tekstur susu yang lembut dan bebas dari sensasi berpasir (*grittiness*), dilakukan proses penyaringan bertingkat sebanyak 4 kali pengulangan, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.19**. Menurut Daryani dkk. (2024), efektivitas filtrasi sangat menentukan kualitas fisik produk akhir karena ukuran partikel yang minimal secara signifikan meningkatkan stabilitas koloid serta memperbaiki penerimaan konsumen terhadap profil langu susu nabati.



Gambar 4.19 Proses Penyaringan Sari Kacang Inka
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

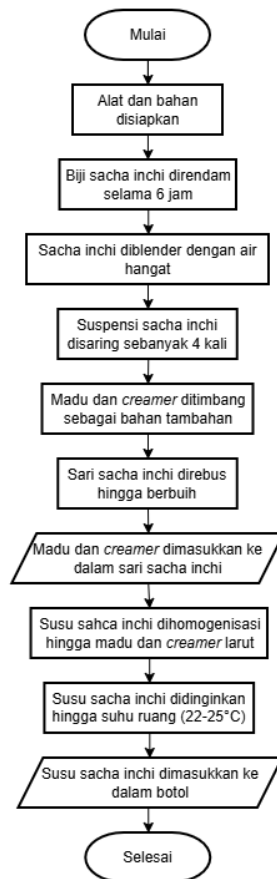
Proses dilanjutkan dengan tahap formulasi yang melibatkan penambahan bubuk madu sebagai pemanis alami dan *creamer* untuk meningkatkan densitas rasa. Penambahan bahan penunjang ini sangat diperlukan untuk memodifikasi profil sensori produk yang meliputi peningkatan rasa manis, pembentukan tekstur yang lebih halus (*creamy*), serta perbaikan aroma melalui penutupan (*masking*) aroma asli kacang atau langu (*beany flavor*) yang cenderung kurang diinginkan. Campuran tersebut kemudian direbus di atas api sedang hingga mencapai titik berbuih pada suhu sekitar 80°C hingga 85°C. Secara teknis, suhu tersebut menandakan bahwa larutan telah mencapai suhu pasteurisasi yang cukup sekaligus berfungsi untuk menginaktivasi enzim lipoksigenase penyebab bau langu serta menonaktifkan senyawa antinutrisi agar produk lebih aman dikonsumsi. Pemanasan ini berperan dalam memicu denaturasi protein agar dapat mengikat molekul lemak dengan lebih stabil, sehingga mencegah terjadinya pemisahan fase selama masa simpan, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.20**. Daryani dkk. (2024) menjelaskan bahwa perlakuan panas (*thermal treatment*) hingga suhu tinggi berfungsi untuk menginaktivasi enzim lipoksigenase penyebab bau langu serta menonaktifkan senyawa antinutrisi agar produk lebih aman dikonsumsi.



Gambar 4.20 Proses Perebusan Susu Kacang Inka
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Setelah proses perebusan selesai, susu kacang inka didiamkan sejenak hingga suhu menurun ke 25°C hingga 22°C sebelum dilakukan pengemasan secara aseptik ke dalam botol steril. Produk akhir kemudian segera dipindahkan ke dalam ruang pendingin guna menjaga integritas nutrisi dan mencegah terjadinya oksidasi lipid pada kandungan asam lemak esensialnya. Seluruh rangkaian proses ini memastikan bahwa susu kacang inka yang dihasilkan memiliki standar mutu yang baik, baik dari aspek keamanan pangan maupun

karakteristik sensori yang premium. Semua tahap produksi dapat dilihat pada **Gambar 4.21**.



Gambar 4.21 Diagram Alir Proses Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.5.7 Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka dengan Penambahan Bubuk Kelor

Proses produksi susu kacang inka dengan penambahan bubuk kelor dilakukan dengan mengadopsi basis teknologi pengolahan susu original yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Tahapan ekstraksi mekanis, mulai dari perendaman biji hingga penyaringan bertingkat, dilakukan dengan prosedur yang sama untuk menghasilkan filtrat kacang inka yang jernih dan stabil. Perbedaan mendasar pada varian ini terletak pada teknik fortifikasi bahan tambahan yang dilakukan setelah fase pemanasan selesai.

Setelah susu sach inchi original selesai direbus dan mencapai suhu ruang sekitar 22°C hingga 25°C, dilakukan tahap formulasi akhir dengan menambahkan bubuk kelor (*Moringa oleifera*), sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.22**. Penambahan bubuk kelor pada suhu ruang bertujuan untuk mempertahankan kandungan antioksidan, vitamin, dan pigmen klorofil alami yang bersifat termolabil. Hal ini sesuai dengan penelitian Fitriani (2016) yang menyatakan bahwa penggunaan suhu pengeringan atau pemanasan yang terlalu tinggi dapat menurunkan aktivitas antioksidan dan merusak pigmen alami pada daun kelor.

Campuran tersebut kemudian diaduk secara intensif menggunakan teknik homogenisasi sederhana guna memastikan seluruh bahan terdispersi secara merata.

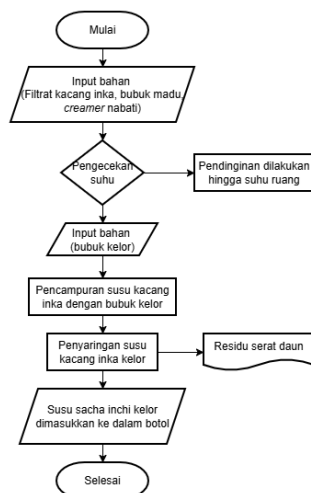


Gambar 4.22 Penambahan Bubuk Kelor ke dalam Susu Kacang Inka
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Untuk menjamin kualitas visual dan tekstur yang halus, dilakukan proses penyaringan akhir guna memisahkan residu atau partikel bubuk yang tidak terlarut sempurna di permukaan susu, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.23**. Tahap filtrasi ini krusial untuk menghasilkan produk yang bersih dari endapan kasar sehingga meningkatkan penerimaan konsumen terhadap profil langu pada susu. Produk yang telah disaring selanjutnya segera dikemas secara aseptik ke dalam botol steril dan disimpan dalam kondisi dingin guna menjaga stabilitas emulsi serta mencegah oksidasi pada kandungan asam lemak esensialnya. Diagram alir tahap produksi dapat dilihat pada **Gambar 4.24**.



Gambar 4.23 Penyaringan Residu Bubuk Kelor
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



Gambar 4.24 Diagram Alir Proses Produksi Susu Nabati Berbasis Kacang Inka dengan Penambahan Bubuk Kelor
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.6 Tinjauan Kesesuaian Produk terhadap SNI

Kualitas fisik seluruh produk minuman fungsional divalidasi melalui peninjauan mutu secara sistematis. Evaluasi objektif dilakukan dengan membandingkan parameter hasil pengamatan terhadap tiga instrumen Standar Nasional Indonesia (SNI) yang relevan. Proses verifikasi ini dilakukan melalui uji coba formulasi dan skrining sensoris secara mandiri oleh praktikan (penulis) sebagai panelis tunggal yang mengacu pada standar teknis di laboratorium. Peninjauan ini bertujuan untuk memverifikasi apakah perubahan komposisi bahan tambahan telah menghasilkan karakteristik fisik yang diinginkan sebelum masuk ke tahap produksi yang lebih luas. Produk kategori minuman herbal tradisional menggunakan landasan mutu SNI 01-4320-1996, formulasi *Ginger Ale* mengacu pada SNI 8374:2018, sementara Susu Kacang inka mengikuti SNI 3830:2023. Rincian komparasi antara syarat mutu teoritis dengan data empiris hasil pengamatan disajikan secara komprehensif pada **Tabel 4.2** berikut:

Tabel 4.2 Syarat Mutu Produk dan Hasil Pengamatan

No	Jenis Produk	Acuan SNI	Parameter Mutu	Syarat Mutu	Hasil Pengamatan	Keterangan
1.	Minuman herbal (kencur hitam, lemon serai, limun temulawak, secang jahe)	SNI-01-4320-1996	Keadaan (warna, bau, dan rasa)	Normal	Khas rempah, segar, warna cerah	Sesuai
			Bahan tambahan makanan (pemanis buatan dan	Tidak ada	Tidak ada	Sesuai

2.	<i>Ginger ale</i>	SNI 8374:2 018	pewarna tambahan) Keadaan (warna, bau, dan rasa)	Normal	Asam fermentasi, pedas jahe, dan segar berkarbonasi	Sesuai
3.	Susu kacang inka	SNI 3830:2 023	Keadaan (warna, bau, dan rasa)	Normal	Putih kental, dan gurih (<i>creamy</i>)	Sesuai

Berdasarkan data yang tersaji pada **Tabel 4.2** mengenai Syarat Mutu Produk dan Hasil Pengamatan, dapat dianalisis bahwa seluruh komoditas sampel telah memenuhi kriteria standarisasi yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Proses ini bertujuan untuk memverifikasi apakah perubahan komposisi bahan tambahan sudah menghasilkan karakteristik fisik (warna, rasa, dan aroma) yang diinginkan sebelum masuk ke tahap produksi yang lebih luas. Berdasarkan data yang tersaji pada **Tabel 4.2**, hasil skrining menunjukkan bahwa ketiga produk telah memenuhi kriteria parameter fisik yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Status 'Sesuai' pada variabel yang diamati mengindikasikan bahwa rasio formulasi yang diuji coba telah berhasil mencapai ambang batas syarat mutu yang berlaku, sehingga proses produksi dapat dilanjutkan dengan kontrol kualitas yang konsisten.

Pada kategori minuman herbal, pengujian yang mengacu pada SNI-01-4320-1996 menunjukkan profil sensorik yang optimal, ditandai dengan munculnya aroma khas rempah, aspek kesegaran yang dominan, serta visualisasi warna yang cerah. Selain itu, integritas produk ini diperkuat dengan nihilnya penggunaan bahan tambahan makanan (BTP), khususnya pemanis buatan dan pewarna sintetik, yang membuktikan kemurnian bahan baku yang digunakan. Keberhasilan ini juga terlihat pada produk *ginger ale* (SNI 8374:2018) yang mampu mempertahankan karakteristik fermentasi, sensasi pedas jahe, dan derajat karbonasi yang sesuai dengan identitas produk minuman berkarbonasi fungsional.

Selanjutnya, pada produk susu kacang inka yang dievaluasi berdasarkan standar terbaru SNI 3830:2023, parameter mutu fisik dan rasa menunjukkan konsistensi yang tinggi dengan deskripsi putih kental serta tekstur gurih (*creamy*). Hasil observasi ini mengonfirmasi bahwa karakteristik bio-fisik produk telah memenuhi ekspektasi parameter normal yang dipersyaratkan. Secara saintifik, kesesuaian seluruh parameter pada tabel tersebut memberikan validasi bahwa produk-produk tersebut layak secara mutu dan memiliki profil organoleptik yang representatif terhadap standar nasional yang dirujuk, sehingga menjamin konsistensi kualitas bagi konsumen.

BAB V TUGAS KHUSUS

Penerapan Teknologi Pengeringan Beku dan Pengamatan Karakteristik Pengeringan pada Produksi Susu Bubuk Kacang inka (*Plukenetia volubilis* L.) dengan Penambahan Bubuk Kelor (*Moringa oleifera* L.) di Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik, Bogor, Jawa Barat

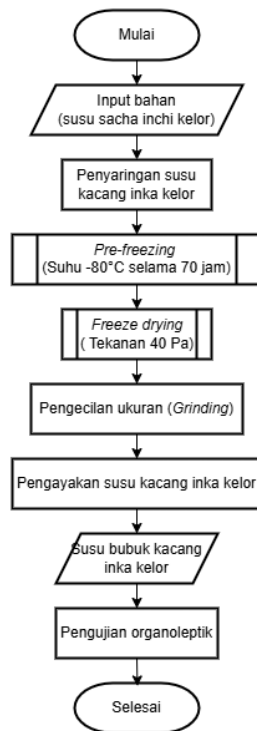
5.1 Tahapan Proses dan Mekanisme Kerja Alat Pengeringan Beku

Mekanisme kerja alat pengeringan beku dalam proses ini beroperasi berdasarkan prinsip dehidrasi non-termal melalui proses sublimasi. Secara teknis, sampel terlebih dahulu melewati tahap pembekuan awal (*pre-freezing*) pada suhu -80°C selama kurang lebih 70 jam guna mengonversi seluruh kandungan air menjadi kristal es yang stabil yang ditempatkan pada *ice cube tray*, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 5.2 (a) dan (b)**. Selanjutnya, dilakukan penimbangan massa awal, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 5.2 (c)**. Pada tahap pengeringan utama, tekanan di dalam ruang vakum diturunkan hingga mencapai 40 Pa selama kurang lebih 53 jam, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 5.2 (d)**. Berdasarkan teori yang dipaparkan oleh Habibi dkk. (2019), proses pengeringan beku dilakukan dengan mengontrol tekanan dan suhu sedemikian rupa sehingga air dalam fase es langsung berubah menjadi fase gas (sublimasi) dengan melewati kondisi di bawah titik tripel air. Tekanan rendah sebesar 40 Pa memastikan uap air ditarik menuju kondensor tanpa merusak struktur nutrisi sensitif. Penggunaan mekanisme ini sangat efektif untuk mempertahankan kandungan vitamin, mineral, serta senyawa aktif, seperti asam lemak esensial pada kacang inka dibandingkan dengan metode pengeringan termal konvensional, sehingga dihasilkan produk susu bubuk dengan porositas tinggi dan kualitas nutrisi yang maksimal.

Setelah proses pengeringan beku selesai, produk yang dihasilkan masih berupa padatan kering berpori yang memerlukan perlakuan mekanis lebih lanjut untuk mencapai bentuk sediaan bubuk yang seragam, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 5.2 (e)**. Tahapan berikutnya adalah pengecilan ukuran menggunakan *grinder* dan dilanjutkan dengan proses pengayakan. Penggilangan bertujuan untuk memecah struktur padatan menjadi partikel yang lebih halus, sementara pengayakan berfungsi untuk memastikan homogenitas ukuran partikel serta memisahkan residu atau gumpalan yang tidak diinginkan, sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 5.2 (f)**. Partikel yang seragam sangat penting untuk meningkatkan solubilitas produk saat diseduh kembali.

Sebagai tahap akhir evaluasi, dilakukan pengujian organoleptik atau sensorik terhadap produk susu bubuk yang dihasilkan. Pengujian ini mencakup parameter rasa, warna, aroma, dan tekstur. Evaluasi sensorik ini krusial untuk menentukan tingkat penerimaan konsumen, mengingat penambahan bubuk kelor memberikan pengaruh signifikan terhadap warna hijau alami dan aroma khas daun (*langu*), sementara penggunaan madu dan *creamer* berperan dalam menyeimbangkan profil rasa serta memperbaiki tekstur atau *mouthfeel* susu saat dikonsumsi. Dengan demikian, integrasi seluruh tahapan ini memastikan bahwa produk tidak

hanya unggul secara nutrisi, tetapi juga memiliki karakteristik fisik dan sensori yang memenuhi standar kualitas pangan fungsional. Diagram alir seluruh tahapan dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.



Gambar 5.1 Diagram Alir Proses Pengeringan Beku
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026



(a)



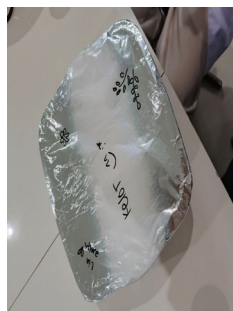
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 5.2 (a) Penempatan Susu Kacang Inka pada *Ice Cube Tray* (b) Proses *Pre-freezing* Susu Kacang Inka Kelor di Kulkas dengan Suhu -80°C (c) Penimbangan Susu Kelor yang Sudah Beku (d) Proses Pengeringan Beku Susu Kacang Inka Kelor (e) Hasil Pengeringan Beku Susu Kacang Inka Kelor (f) Pengecilan Ukuran Partikel Susu Bubuk Kacang Inka Kelor
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

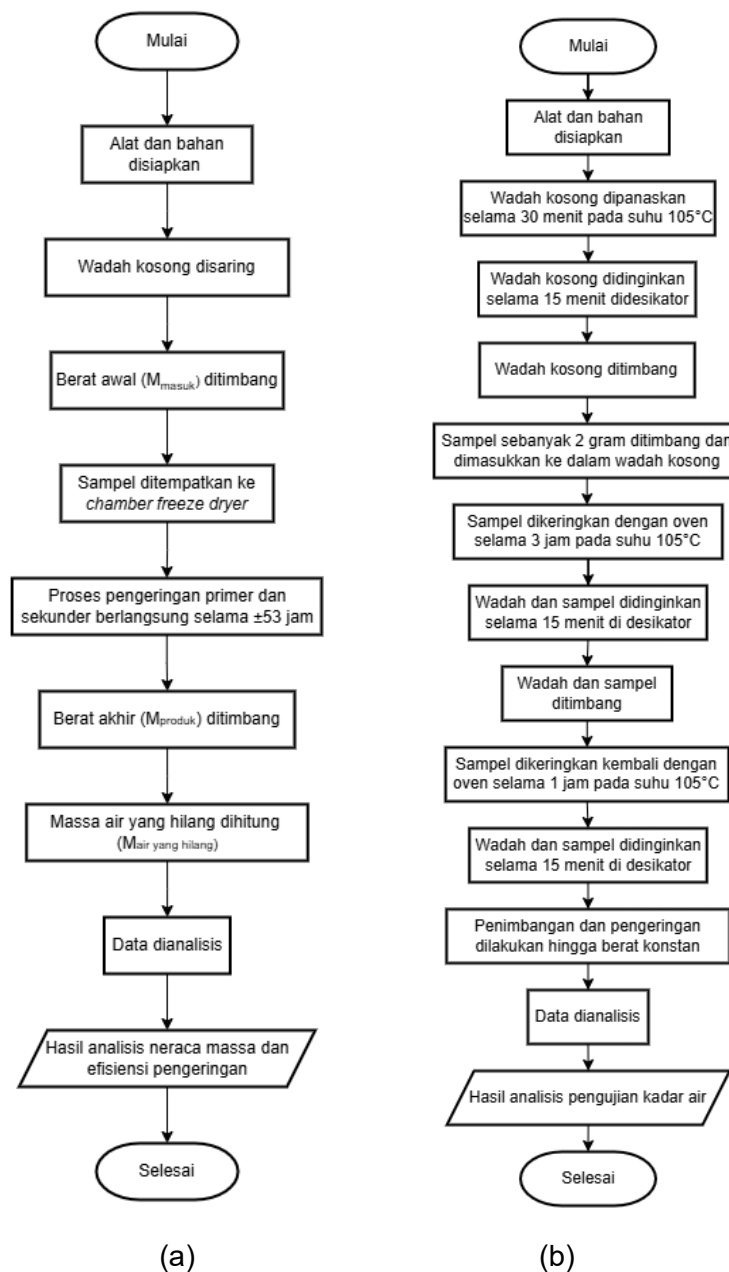
5.2 Metode Pengumpulan Data dan Pengukuran Parameter

Prosedur pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh parameter yang akurat dalam penyusunan neraca massa dan evaluasi efisiensi proses pengeringan. Pengambilan data dilakukan secara *real-time* selama proses produksi susu bubuk kacang inka yang berlangsung selama ± 53 jam menggunakan mesin *Freeze Dryer* Yamato DC401 dengan kapasitas 4 L. Data primer yang dikumpulkan berfokus pada pengukuran massa secara gravimetri pada titik *input* dan *output* proses.

Pengukuran massa dilakukan menggunakan timbangan analitik dalam satuan gram (g). Massa awal diukur dengan menimbang berat susu kacang inka dikondisikan dalam bentuk es ke dalam wadah (*vacuum glass*) yang akan digunakan untuk proses pembekuan dan pengeringan. Selanjutnya, massa akhir diukur pada wadah yang sama setelah proses sublimasi selesai untuk mendapatkan bobot produk kering. Selisih antara massa awal dan massa akhir dihitung sebagai massa air yang teruapkan ($M_{\text{air yang hilang}}$) selama proses berlangsung. Penggunaan wadah yang sama pada kedua titik penimbangan bertujuan untuk meminimalisir galat (*error*) pengukuran akibat adanya residu bahan yang tertinggal.

Data yang telah ditabulasi kemudian diolah secara kuantitatif untuk menentukan rendemen produk dan efisiensi energi. Nilai rendemen dihitung berdasarkan perbandingan berat akhir produk terhadap berat awal bahan baku sesuai dengan Persamaan (3). Sementara itu, untuk mengevaluasi kinerja termal alat selama fase sublimasi, digunakan perhitungan efisiensi pengeringan (η) pada Persamaan (6). Parameter ini diukur berdasarkan rasio energi yang digunakan untuk menguapkan massa air terhadap total energi panas yang masuk ke dalam sistem, sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan (2). Metode pengambilan data pada proses pengeringan beku dapat dilihat pada **Gambar 5.2 (a)**.

Pengujian kadar air dilakukan setelah seluruh proses pengeringan beku selesai untuk mengevaluasi kualitas produk. Prosedur ini menggunakan metode oven pada suhu 105°C terhadap sampel bubuk hingga mencapai berat konstan. Perhitungan kadar air mengacu pada Persamaan (7) untuk basis basah dan Persamaan (8) untuk basis kering. Metode pengambilan data untuk pengujian kadar air dapat dilihat pada **Gambar 5.2 (b)**.



Gambar 5.3 (a) Diagram Alir Pengambilan Data Proses Pengeringan Beku
 (b) Diagram Alir Pengambilan Data Pengujian Kadar Air
 Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

5.3 Evaluasi Efisiensi Hasil dan Penerapan Neraca Massa

5.3.1 Pengamatan Keseimbangan Massa Operasional

Penerapan neraca massa dalam operasional *freeze dryer* dilakukan untuk memantau kesetimbangan antara jumlah bahan yang masuk (*input*) dan produk yang keluar (*output*). Berdasarkan hukum kekekalan massa, total massa bahan sebelum proses harus setara dengan massa produk akhir ditambah dengan massa air yang hilang selama proses dehidrasi berlangsung (Sahuburua *dkk.*, 2025). Pengamatan ini sangat krusial karena dalam industri pangan, setiap perubahan massa harus dapat dipertanggungjawabkan untuk memastikan efisiensi proses

operasional. Komponen *input* yang diamati terdiri dari campuran filtrat susu kacang inka, bubuk kelor, madu, dan *creamer* yang telah melewati tahap pembekuan awal (*pre-freezing*). Perhitungan neraca massa ini menjadi instrumen penting bagi praktisi di lapangan untuk memverifikasi akurasi pemisahan air dan memastikan bahwa tidak ada padatan gizi yang terbuang secara tidak sengaja selama siklus pengolahan (Yusuf dan Hermanuadi, 2025).

Adapun proses perhitungan neraca massa total untuk menentukan jumlah massa air yang berhasil dipisahkan dari sistem dengan mensubstitusi ke Persamaan (2) sebagai berikut.

$$M_{\text{air yang hilang}} = 457,89 - 80,53$$

$$M_{\text{air yang hilang}} = 377,36 \text{ gram}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka data keseimbangan massa dapat dirangkum dalam Tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Data Pengamatan Massa Produksi

Komponen pengamatan	Massa (gram)
Massa masuk (setelah <i>pre-freezing</i>)	457,89
Massa produk (produk bubuk akhir)	80,53
Massa air yang hilang (sublimasi)	377,36

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa selama 53 jam proses pengeringan beku, sebanyak 377,36 gram air berpindah melalui mekanisme sublimasi, yang mengindikasikan efektivitas kinerja pompa vakum dan kondensor. Durasi ini lebih lama dibandingkan penelitian Huang et al. (2025) yang menggunakan waktu 32 jam untuk mengeringkan susu oat pada suhu kondensor -56°C dan tekanan di bawah 100 Pa. Perbedaan waktu ini dipengaruhi oleh karakteristik bahan kacang inka dan spesifikasi alat yang digunakan, dimana alat pada pengamatan ini beroperasi dengan suhu *trap cooling* -45°C yang tetap efektif memfasilitasi sublimasi. Menurut Huang et al. (2025), pengeringan beku meskipun memakan waktu lama, terbukti unggul karena menghasilkan struktur produk yang sangat porus sehingga memiliki kapasitas ikat air yang tinggi. Keberhasilan penguapan massa air yang besar dalam penelitian ini memastikan produk akhir memiliki karakteristik fisik yang optimal sesuai standar produk susu bubuk nabati.

5.3.2 Hasil Rendemen Produk

Evaluasi selanjutnya dilakukan melalui perhitungan rendemen untuk mengukur efisiensi transformasi bahan dari bentuk cair menjadi produk bubuk kering. Menurut Nugroho dan Hariono (2022), rendemen merupakan parameter kunci untuk mengetahui efisiensi proses karena mencerminkan persentase perbandingan antara berat kering produk yang dihasilkan dengan berat bahan baku awal sebelum pengeringan. Nilai rendemen ini sangat dipengaruhi oleh total padatan yang terkandung dalam formulasi awal serta kemampuan teknologi pengolahan dalam mempertahankan massa padatan tersebut selama proses berlangsung. Pemanfaatan bahan tambahan seperti madu dan *creamer* berperan

strategis dalam meningkatkan total padatan sehingga rendemen yang dihasilkan menjadi lebih optimal (Anugrah *et al.*, 2025).

Berdasarkan data massa pada **Tabel 5.1**, maka perhitungan persentase rendemen produk dengan mensubstitusi ke Persamaan (3) sebagai berikut.

$$\text{Rendemen (\%)} = \left(\frac{80,53}{457,89} \right) \times 100\%$$

$$\text{Rendemen (\%)} = 17,59\%$$

Pencapaian rendemen sebesar 17,59% pada produk susu kacang inka ini menunjukkan efisiensi yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan rendemen susu nabati murni pada penelitian Erfandi *et al.* (2018) yang hanya mencatat angka 1,55%. Tingginya nilai tersebut dipengaruhi oleh penambahan madu bubuk dalam formulasi, yang mana komponen maltodekstrin di dalamnya berfungsi meningkatkan total padatan sekaligus bertindak sebagai agen pengapsul. Menurut Matwijczuk *et al.* (2022), penggunaan maltodekstrin dalam bubuk madu sangat efektif untuk memulihkan padatan (*solids recovery*) dan mencegah kehilangan massa selama proses pengeringan bahan pangan kompleks. Hasil ini kemudian diperkuat oleh temuan Azizah *et al.* (2026) bahwa penggunaan konsentrasi maltodekstrin hingga 20% mampu meningkatkan nilai rendemen secara signifikan hingga mencapai angka 17,11%. Menurut Nugroho dan Hariono (2022), nilai rendemen yang stabil merupakan indikator utama bahwa proses produksi berjalan secara konsisten, di mana potensi kehilangan bahan (*loss*) akibat faktor teknis maupun degradasi selama proses pengeringan dapat ditekan seminimal mungkin.

5.3.3 Efisiensi Pengeringan

Perhitungan efisiensi pengeringan (η) dilakukan untuk mengukur kapabilitas sistem dalam mengonversi energi input menjadi energi sublimasi produktif. Sejalan dengan konsep yang dikemukakan oleh (Junaid, 2024) nilai efisiensi ini ditentukan dengan membandingkan energi bermanfaat yang digunakan untuk pemutusan ikatan kohesif molekul es terhadap total energi yang disuplai ke sistem. Dalam proses ini, efisiensi sangat dipengaruhi oleh variabel suhu operasional dan tingkat kevakuman ruang yang bertujuan untuk menurunkan titik didih air (Setyadi *et al.*, 2021). Namun, karena pengeringan beku merupakan metode dehidrasi yang sangat intensif energi, sebagian besar input energi digunakan untuk mendukung operasional unit pendingin dan pompa vakum secara kontinu (Zudana *et al.*, 2025) Selain itu, beban sampel yang jauh di bawah kapasitas alat juga menyebabkan terjadinya kehilangan panas (*heat loss*) yang dominan, sehingga menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan (Okunola *dkk.*, 2021).

Data parameter yang digunakan untuk menghitung efisiensi pengeringan sesuai dengan integratif Suhelmi *et al.* (2022) disajikan pada **Tabel 5.2** berikut:

Tabel 5.2 Data Efisiensi Pengeringan

Komponen Data	Besaran
Daya unit refrigerator (P)	400 Watt
Total waktu pengeringan (t)	53 jam = 190800 detik
Massa air yang hilang (disublimasikan) (m)	377,36 gr = 0,37736 kg

Kalor laten sublimasi (L_s)	2590,7 kJ/kg
---------------------------------	--------------

Total energi input (Q_{in}) yang disalurkan ke ruang pengering untuk memicu proses sublimasi selama 190.800 detik dihitung sebagai berikut:

$$Q_{in} = P \times t$$

$$Q_{in} = 400 \text{ Watt} \times 190800 \text{ detik}$$

$$Q_{in} = 76320000 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 76320 \text{ kJ}$$

Mengacu pada prinsip transisi fase dari Urone dan Hinrichs (2016), energi sublimasi (Q_{out}) diperoleh dari hasil kali massa air yang disublimasikan dengan kalor latennya. Maka, efisiensi pengeringan dihitung dengan mensubstitusikan ke Persamaan (6).

$$\eta = \left(\frac{0,37736 \text{ kg} \cdot 2590,7 \text{ kJ/kg}}{76320 \text{ kJ}} \right) \times 100\%$$

$$\eta = 1,28 \%$$

Hasil perhitungan menunjukkan nilai efisiensi sebesar 1,28%. Rendahnya angka ini mengonfirmasi teori Yue dkk. (2023) bahwa mekanisme sublimasi memerlukan energi tinggi untuk memutuskan ikatan molekul pada struktur padat es agar dapat langsung berubah menjadi fase gas tanpa melalui fase cair. Selain itu, energi tersebut juga habis digunakan untuk mempertahankan suhu kondensor pada titik ekstrem -45°C dan menjaga tekanan vakum di dalam ruang pengering selama proses berlangsung.

5.4 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air pada produksi susu bubuk kacang inka dianalisis untuk mengetahui efektivitas penghilangan massa air setelah proses pengeringan beku. Pengujian kadar air produk akhir dilakukan dengan metode gravimetri menggunakan oven hingga mencapai berat konstan dengan selisih penimbangan 0,0002 sesuai prosedur laboratorium (Aini dkk., 2025). Data hasil penimbangan yang meliputi berat cawan kosong, berat sampel awal, dan berat sampel setelah dikeringkan dicatat untuk keperluan perhitungan. Seluruh data pengamatan hasil pengujian kadar air tersebut disajikan pada **Tabel 5.3** di bawah ini.

Tabel 5.3 Data Pengamatan Kadar Air Metode Gravimetri

Komponen Pengamatan	Berat (gram)
Berat cawan kosong (M_0)	2,4680
Berat Cawan + sampel awal (M_w)	3,4680
Berat Cawan + sampel kering (M_d)	3,4001

Perhitungan Kadar Air:

1. Kadar Air Basis Basah (MC_{wb}):

$$MC_{wb} = \frac{M_w - M_d}{M_w} \times 100\%$$

$$MC_{wb} = \frac{(M_w - M_0) - (M_d - M_0)}{(M_w - M_0)} \times 100\%$$

$$MC_{wb} = \frac{(3,4680 - 2,4680) - (3,4001 - 2,4680)}{(3,4680 - 2,4680)} \times 100\%$$

$$MC_{wb} = \frac{1,0000 - 0,9321}{1,000} \times 100\%$$

$$MC_{wb} = 6,79\%$$

2. Kadar Air Basis Kering (MC_{db}):

$$MC_{db} = \frac{M_w - M_d}{M_d} \times 100\%$$

$$MC_{db} = \frac{(M_w - M_0) - (M_d - M_0)}{(M_d - M_0)} \times 100\%$$

$$MC_{db} = \frac{(3,4680 - 2,4680) - (3,4001 - 2,4680)}{(3,4001 - 2,4680)} \times 100\%$$

$$MC_{db} = \frac{1,0000 - 0,9321}{0,9321} \times 100\%$$

$$MC_{db} = 7,28\%$$

Hasil perhitungan kadar air basis basah (MC_{wb}) sebesar 6,79% menunjukkan bahwa produk telah memenuhi standar mutu SNI 7612:2011 tentang minuman serbuk nabati yang menetapkan batas maksimal sebesar 8,0%. Sementara itu, nilai kadar air basis kering (MC_{db}) sebesar 7,28% merepresentasikan rasio air yang tersisa terhadap berat padatan kering setelah melalui proses sublimasi. Rendahnya nilai (MC_{db}) ini mengindikasikan bahwa sebagian besar air dalam matriks telah berhasil dikeluarkan sehingga produk memiliki daya simpan yang lebih stabil. Pencapaian kadar air yang rendah ini sangat krusial untuk mencegah kerusakan komponen nutrisi akibat aktivitas mikroba maupun reaksi biokimia selama penyimpanan.

Durasi pengujian kadar air yang mencapai 4 hari (total 32 jam kumulatif) sejalan dengan pernyataan Zambrano et al. (2019) bahwa waktu pengeringan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu pengujian gravimetri dapat bervariasi mulai dari hitungan jam hingga beberapa hari. Hal ini dipengaruhi oleh efisiensi penghilangan kadar air yang ditentukan oleh kondisi pengeringan seperti jenis oven, suhu, tekanan, serta persiapan sampel. Dalam kasus susu bubuk kacang inka, interaksi antara karakteristik bahan yang kompleks dengan kondisi pengeringan bertahap (8 jam/hari) menyebabkan dibutuhkan waktu paparan panas yang lebih lama guna memastikan seluruh berat yang hilang merepresentasikan kadar air bahan secara akurat hingga mencapai berat konstan.

Kadar air yang rendah juga berfungsi menjaga stabilitas asam lemak tak jenuh yang sangat tinggi pada bahan baku utama. Menurut Arkha dan Halimah (2023), kacang inka mengandung omega-3 (45-55%) yang sangat tinggi sehingga sangat rentan mengalami oksidasi jika kadar air tidak dikontrol dengan baik. Proses pengeluaran air ini berlangsung secara optimal melalui mekanisme sublimasi yang menjaga integritas struktur bahan tanpa menyebabkan pengerutan. Sejalan dengan Habibi dkk. (2019), penggunaan suhu rendah pada pengeringan beku terbukti efektif mempertahankan kualitas gizi dan menghasilkan struktur porus yang memudahkan rehidrasi susu bubuk saat disajikan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data selama pelaksanaan PKL yang mencakup aspek manajemen produksi minuman fungsional, tahapan proses dan mekanisme kerja alat pengeringan beku pada proses susu kacang inka kelor, serta perhitungan efisiensi dan karakteristik pengeringan produk susu kacang inka kelor di BRMP TROA, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan prinsip neraca massa pada proses pengeringan menunjukkan hasil yang akurat dalam memantau distribusi bahan, dimana total massa air yang berhasil dihilangkan dari sistem melalui proses sublimasi adalah sebesar 377,36 gram.
2. Analisis neraca massa pada proses pengeringan selama kurang lebih 53 jam menghasilkan nilai efisiensi sebesar 1,28%.
3. Karakteristik pengeringan produk akhir menunjukkan kualitas yang sangat baik dengan kadar air sebesar 6,79% pada basis basah dan 7,28% pada basis kering.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian maupun operasional laboratorium selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Laboratorium disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan alat analisis cepat seperti *Moisture Analyzer* berbasis infrared atau halogen guna meningkatkan efisiensi waktu dan energi dibandingkan metode gravimetri.
2. Perlu dilakukan penambahan analisis grafik kinetika pengeringan untuk memetakan perilaku penguapan air dari waktu ke waktu secara lebih mendalam, sehingga titik kritis laju pengeringan dapat ditentukan secara matematis untuk mencapai durasi pemanasan yang lebih optimal.
3. Perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan mempertimbangkan analisis ekonomi serta efisiensi konsumsi energi pada metode *freeze drying*, guna memastikan bahwa keunggulan kualitas nutrisi yang dihasilkan sebanding dengan biaya operasional yang dikeluarkan untuk produksi skala industri.
4. Disarankan menggunakan oven vakum dalam pengujian selanjutnya untuk menurunkan titik didih air, sehingga proses penghilangan air dapat berlangsung lebih cepat dengan risiko kerusakan termal yang lebih rendah.
5. Perlu dilakukan studi lanjutan mengenai evaluasi jenis kemasan dan stabilitas daya simpan produk untuk memantau potensi peningkatan kadar air serta laju oksidasi lemak selama distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiguna NZD, Sibero HT, Prabowo AY, Berawi KN. 2025. Kandungan bahan aktif tumbuhan serai (*Cymbopogon citratus*) dan pemanfaatannya dalam bidang kesehatan. *Journal of Medical Practice and Research* 1(2): 29–39. DOI: 10.65310/bfkpbq14.
- Agrawal RS, Ranveer RC, Rathod NB, Nirmal NP. 2023. Phytochemicals as bioactive ingredients for functional foods. Dalam Agrawal RS, Ranveer RC, Rathod NB, Nirmal NP (ed), *Recent Frontiers of Phytochemicals: Applications in Food, Pharmacy, Cosmetics, and Biotechnology*. Elsevier, hlm. 95–108. DOI: 10.1016/B978-0-443-19143-5.00028-1.
- Aini N, Lidia L, Ledyanna A. 2025. Identifikasi kandungan kadar air nuget bayam (*Amaranthus spp.*) dengan metode gravimetri. *Journal of Food Security and Agroindustry* 3(2): 46–52. DOI: 10.58184/jfsa.v3i2.666.
- Akarca G, Sevik R. 2021. Biological activities of *Citrus limon* L. and *Citrus sinensis* L. peel essential oils. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 24(6): 1415–1427. DOI: 10.1080/0972060X.2021.2022000.
- Andarini F, Yasni S, Syamsir E. 2018. Pengembangan minuman fungsional dari ekstrak kulit mundar. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 29(1): 49–57. DOI: 10.6066/jtip.2018.29.1.49.
- Anggita SR. 2025. Formulasi dan evaluasi sediaan balsem menggunakan rimpang temulawak. Skripsi. Politeknik Kesehatan Medan.
- Anita A, Tamba RL, Panggabean SS, Sitohang ES, Ramdazani R, Nurhidayah N, Panjaitan FJ, Saputra ST, Gultom H, Putra RS, Senjaya A, Rasmelia R, Ayarai L, Putri P, Gacici I. 2024. Pemanfaatan rebusan serai dalam pengobatan tradisional untuk nyeri kaki di posyandu desa Manen Kaleka tahun 2024. *Calory Journal: Medical Laboratory Journal* 2(3): 95–103. DOI: 10.57213/caloryjournal.v2i3.366.
- Ariani LN, Estiasih T, Sunarharum WB, Khatib A. 2023. Potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder for functional food ingredients: a review. *Czech Journal of Food Sciences* 41(1): 8–20. DOI: 10.17221/221/2022-CJFS.
- Arkha J, Halimah E. 2023. Review artikel: aktivitas farmakologi tanaman sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Farmaka* 21(1): 100–108.
- Arum MS, Bumi C, Mualimin L, Mujayanah ARPA. 2025. Optimasi kombinasi kayu secang, jahe, dan stevia dalam meningkatkan kandungan total fenol. *Jurnal Biosense* 8(3): 344–360.
- Asevedo EA, Santiago LR, Kim HJ, Syahputra RA, Park MN, Ribeiro RIMA, Kim B. 2025. Unlocking the therapeutic mechanism of *Caesalpinia sappan*: a comprehensive review of its antioxidant and anti-cancer properties, ethnopharmacology, and phytochemistry. *Frontiers in Pharmacology* 15. DOI: 10.3389/fphar.2024.1514573.
- Ayustaningwarno F, Anjani G, Ayu AM, Fogliano V. 2024. A critical review of ginger's (*Zingiber officinale*) antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory activities. *Frontiers in Nutrition* 11. DOI: 10.3389/fnut.2024.1364836.

- Azizah N, Nasution AH, Juliyarsi I, Sukma A. 2026. Pengaruh perbedaan konsentrasi maltodekstrin pada starter kering susu fermentasi *Lactococcus lactis* D4 terhadap kadar air, protein dan rendemen dengan metode freeze drying. *Jurnal Peternakan Indonesia* 28(1): 36–43. DOI: 10.25077/jpi.28.1.36-43.2026.
- Bhattacharyya S, Sarma SD, Dutta P, Begum T, Lal M, Perveen K, Bukhari NA. 2024. Insights into *Citrus limon* (L.) Osbeck peel essential oil from NE India: a study of its pharmacological properties and chemical composition. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 27(5): 1362–1376. DOI: 10.1080/0972060X.2024.2411408.
- Cárdenas DM, Rave LJG, Soto JA. 2021. Biological activity of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* linneo) and potential uses in human health: a review. *Food Technology and Biotechnology* 59(3): 253–266. DOI: 10.17113/ftb.59.03.21.6683.
- Çengel YA, Cimbala JM, Turner RH. 2017. *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*. McGraw-Hill Education.
- Chen D, Li H, Li W, Feng S, Deng D. 2018. *Kaempferia parviflora* and its methoxyflavones: chemistry and biological activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2018. DOI: 10.1155/2018/4057456.
- Daryani D, Pegua K, Aryaa SS. 2024. Review of plant-based milk analogue: its preparation, nutritional, physicochemical, and organoleptic properties. *Food Science and Biotechnology* 33(5): 1059–1073. DOI: 10.1007/s10068-023-01482-z.
- Dippong T, Muresan LE, Senila L. 2025. Comparison of the thermal behavior and chemical composition of milk powders of animal and plant origin. *Foods* 14(3). DOI: 10.3390/foods14030389.
- Do TCV, Vu TC. 2024. Optimization of essential oil production from *Cymbopogon citratus* in Vietnam by hydro-distillation. *Indonesian Journal of Chemistry* 24(2): 459. DOI: 10.22146/ijc.88766.
- Douglas College Physics Department dan OpenStax. 2016. *Douglas College Physics 1207*. British Columbia.
- Erfandi W. 2018a. Karakteristik susu kedelai bubuk yang diproses dengan pengeringan beku dan pengeringan vakum. *Jurnal Agrisistem* 14(2): 113–124.
- Erfandi W. 2018b. Karakteristik susu kedelai bubuk yang diproses dengan pengeringan beku dan pengeringan vakum. *Jurnal Agrisistem* 14(2): 113–124.
- Fadhila R, Nainggolan H. 2024. Antihyperuricemia of lemongrass extract (*Cymbopogon citratus*) on male mice with potassium oxonate and chicken liver juice induced. *Applied Research in Science and Technology* 4(2): 90–101. DOI: 10.33292/areste.v4i2.91.
- Falah A, Ulya M, Mu'tamar MFF. 2025. Perhitungan neraca massa dan neraca energi pada produksi roti isi di bakery X Jawa Tengah. *Jurnal Agritechno* 18(1): 49–54.

- Fauzan M, Sulmartiwi L, Saputra E. 2022. Influence of brewing time and temperature on antioxidant activity of pedada (*Sonneratia caseolaris*) fruit peel extract as a potential functional drink. *Journal of Marine and Coastal Science* 11(3): 119–127. DOI: 10.20473/jmcs.v11i3.38260.
- Gunawan Y, Intara YI, Sidebang B, Anis U. 2024. Kajian pengeringan pada pengering tipe rak dengan konveksi panas dari pipa yang dialiri air panas geothermal. *Newton-Maxwell Journal of Physics* 5(1): 7–18.
- Habibi NA, Fathia S, Utami CT. 2019. Perubahan karakteristik bahan pangan pada keripik buah dengan metode freeze drying (review). *Jurnal Sains Terapan* 5(2): 67–76.
- Hadi K, Setiami C, Azizah W, Hidayah W, Fatisa Y. 2023. Kajian aktivitas antioksidan dari kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.). *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan* 13(2): 48–59. DOI: 10.37859/jp.v13i2.4552.
- Hariyadi T. 2018. Pengaruh suhu operasi terhadap penentuan karakteristik pengeringan busa sari buah tomat menggunakan tray dryer. *Jurnal Rekayasa Proses* 12(2): 46–55. DOI: 10.22146/jrekpros.39019.
- Hatigoran G, Birowo S, Fa LB. 2024. Perancangan materi pembelajaran uji kadar air dengan metode gravimetri berbasis android. *Jurnal Informatika dan Bisnis* 13(2): 151–160. DOI: 10.46806/jib.v13i2.1313.
- Huang K, Zeng S, Zhang M, Liang H, Zhang Y, Li S, Cao H, Zhao W, Guan X. 2025. Comparative analysis of different drying methods in the production of solid oat milk beverages: insights into physicochemical properties and quality attributes. *Journal of Cereal Science* 123. DOI: 10.1016/j.jcs.2025.104168.
- Hubner IB, Lindy A, Nurintan, Juliana D. 2020. Pemanfaatan bubuk daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai substitusi dari tepung terigu pada pembuatan lidah kucing. *Jurnal Hospitality dan Pariwisata* 6(2): 56–105. DOI: 10.30813/v6i2.2413.
- Irawan EW, Sipahelut SG, Mailoa M. 2022. Potensi ekstrak kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) sebagai pewarna alami pada selai pala (*Myristica fragrans* H.). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 15(1): 74–82. DOI: 10.20961/jthp.v15i1.58031.
- Jalung F, Umamy F. 2022. Penetapan kadar kurkumin dalam ekstrak rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) dengan teknik maserasi dan remaserasi. *Journal of Pharmaceutical and Sciences* 5(2): 505–510.
- Jamaludin J. 2025. The sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) research trends for health. *Jurnal Eduhealth* 16(1). DOI: 10.54209/eduhealth.v16i01.
- Jeong D, Kim DH, Chon JW, Kim H, Lee SK, Kim HS, Yim JH, Song KY, Kang IB, Kim YJ, Park JH, Jang HS, Kang SH, Kim SK, Seo KH. 2016. Antibacterial effect of crude extracts of *Kaempferia parviflora* (Krachaidam) against *Cronobacter spp.* and enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) in various dairy foods: a preliminary study. *Journal of Milk Science and Biotechnology* 34(1): 41–47.
- Jia Q, Li J, Yang S, Su D. 2025. Gas chromatography–ion mobility spectrometry-based fingerprint analysis of volatile flavor compounds in ginger

- cultivated under different conditions. *Current Research in Food Science* 10. DOI: 10.1016/j.crfs.2025.101041.
- Junaid MA. 2024. Rancang bangun alat pengering rumput laut dengan sistem vacuum freeze drying menggunakan refrigeran R-134a. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- Klimek-Szczykutowicz M, Szopa A, Ekiert H. 2020. *Citrus limon* (lemon) phenomenon—a review of the chemistry, pharmacological properties, applications in the modern pharmaceutical, food, and cosmetics industries, and biotechnological studies. *Plants* 9(1): 119. DOI: 10.3390/plants9010119.
- Kodahl N, Sørensen M. 2021. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) is an underutilized crop with a great potential. *Agronomy* 11(6). DOI: 10.3390/agronomy11061066.
- Kovaci T, Dikmen E, Şahin AS. 2021. Thermodynamics analysis of the experimental freeze drying system. *Teknik Bilimler Dergisi* 11(2): 28–31. DOI: 10.35354/tbed.946156.
- Kucharczyk K, Tuszyński T. 2018. The effect of temperature on fermentation and beer volatiles at an industrial scale. *Journal of the Institute of Brewing* 124(3): 230–235. DOI: 10.1002/jib.491.
- Kusumadewi AP, Mujahid R, Martien R, Purwanto P, Styawan AA, Irnawati I, Rohman A. 2023. Analysis of curcumin contents in *Curcuma xanthorrhiza* using FTIR spectroscopy and HPLC-UV in combination with multivariate calibration. *Majalah Obat Tradisional* 28(3). DOI: 10.22146/mot.82220.
- Lestari R, Mukti AS, Rohmah S. 2024. Narrative review: on the health benefits of the nutritional content of the sachu inchi plant (*Plukenetia volubilis* L.) potensan. 1st International Health Conference. Ciamis.
- Leswara DF, Larasati D. 2024. Antibacterial potential of *Kaempferia parviflora* rhizome extract against *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences* 2024: 235–240. DOI: 10.22146/jfps.17977.
- Liu S, Li S, Ho CT. 2022. Dietary bioactives and essential oils of lemon and lime fruits. *Food Science and Human Wellness* 11(4): 753–764. DOI: 10.1016/j.fshw.2022.03.001.
- Mardhiyyah YS, Nurtama B, Wijaya CH. 2022. Optimasi proses ekstraksi bahan-bahan minuman tradisional Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*.
- Maris I, Radiansyah MR. 2021. Review of plant-based milk utilization as a substitute for animal milk. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology* 1(2): 103–116. DOI: 10.33830/fsj.v1i2.2064.2021.
- Matwiczuk A, Budziak-Wieczorek I, Czernel G, Karcz D, Barańska A, Jedlińska A, Samborska K. 2022. Classification of honey powder composition by FTIR spectroscopy coupled with chemometric analysis. *Molecules* 27(12). DOI: 10.3390/molecules27123800.
- Mulana F, Munawar E, Heldiana H, Rahmi M. 2022. The effect of carbon dioxide gas pressure on solubility, density and pH of carbon dioxide – water

- mixtures. *Materials Today: Proceedings* 63(1): S46–S49. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.01.033.
- Musyaropah R, Cahyanto T. 2025. Studi pemanfaatan tanaman kelor (*Moringa oleifera*) sebagai pengobatan tradisional di kampung Cibeas desa Cintaraja kecamatan Singaparna kabupaten Tasikmalaya. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan* 2(1): 44–54. DOI: 10.62951/flora.v2i1.213.
- Nasution DK, Khairunnisa F, Siregar LF. 2025. Pemanfaatan daun kelor dalam fortifikasi pangan pada olahan moringa mini cookies dan moringa chips. *Ihsan: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 7(1). DOI: 10.30596/ihsan.v%vi%i.23893.
- Nugroho SA, Hariono B. 2022. Pengaruh suhu dan waktu proses pengeringan terhadap sifat fisik dan kimia tepung okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *JOFE: Journal of Food Engineering* 1(4): 171–183.
- Okunola A, Adekanye T, Idahosa E. 2021. Energy and exergy analyses of okra drying process in a forced convection cabinet dryer. *Research in Agricultural Engineering* 67(1): 8–16. DOI: 10.17221/48/2020-RAE.
- Orlova AY, Gribkova VA, Lebedeva NN, Slavyanskiy AA, Nikolaeva NV. 2021. Development of technology for powdered soy milk with the addition of coconut powder. *BIO Web of Conferences* 34. DOI: 10.1051/bioconf/20213406013.
- Özdemir EE, Görgüç A, Gençdağ E, Yılmaz FM. 2022. Physicochemical, functional and emulsifying properties of plant protein powder from industrial sesame processing waste as affected by spray and freeze drying. *LWT* 154. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112646.
- Prasetya W, Yastanto AJ. 2023. Evaluasi waktu pengeringan pada metode freeze drying terhadap karakteristik kacang tanah, bawang putih dan tomat menggunakan alat Labconco FreeZone 2.5 L. *Indonesia Journal Of Laboratory* 6(2): 100–105.
- Puspitadewi N, Sriwidodo. 2023. Review artikel: aktivitas dan pemanfaatan brazilin dari kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) dalam sediaan kosmetik. *Farmaka* 21(1): 34–42.
- Putri RMS, Apriandi A, Suhandana M. 2019. Sosialisasi pengolahan minuman fungsional dari teripang dengan menerapkan teknologi thermal di kampung Madung kelurahan kampung Bugis kota Tanjungpinang provinsi Kepulauan Riau. *Journal of Maritime Empowerment* 2(3): 88–95.
- Putri NMIP. 2020. Perbedaan daya hambat variasi konsentrasi ekstrak air rebusan kayu secang pada pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara in vitro. Skripsi. Jurusan Kesehatan Gigi, Politeknik Kesehatan Denpasar.
- Rahman CA, Rahmawati LM, Santosa D, Indrasetiawan P, Purwanto P. 2024. Essential oil profiling and antibacterial activity of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. originated from Yogyakarta by GC-MS. *Majalah Obat Tradisional* 29(2): 224. DOI: 10.22146/mot.93649.

- Rahmayunita G, Jacoeb TNA, Novianto E, Indriatmi W, Rihatmadja R, Pusponegoro EHD. 2018. A double-blind randomized controlled trial of topical *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. on mild psoriasis: clinical manifestations, histopathological features, and K6 expressions. *Medical Journal of Indonesia* 27(3): 178–184. DOI: 10.13181/mji.v27i3.2511.
- Rodhiyah R, Rahmatulloh A, Firdaus RC. 2024. Perbandingan analisis parameter moisture content flavour powder menggunakan moisture analyzer dan oven. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi* 10(1): 287–295. DOI: 10.33795/distilat.v10i1.4877.
- Sahuburua F, Putria IB, Rahman AA, Fadlil F. 2025. Evaluasi neraca massa total desain dan aktual di water treatment plant (WTP) PT. X. *Jurnal Agitasi* 5(1): 15–20.
- Saokaew S, Wilairat P, Raktanyakan P, Dilokthornsakul P, Dhippayom T, Kongkaew C, Sruamsiri R, Chuthaputti A, Chaiyakunapruk N. 2017. Clinical effects of krachaidum (*Kaempferia parviflora*): a systematic review. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* 22(3): 413–428. DOI: 10.1177/2156587216669628.
- Saragih DS, Cucikodana Y, Sulastriani, Kalista A, Verawati E. 2025. Pengaruh lama pemanasan terhadap pH, vitamin C, dan aktivitas antioksidan sari lemon (*Citrus limon* L.). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan* 10(1). DOI: 10.63071/y1sfwk24.
- Sari NKY, Permatasari AAP, Wahyuningsih SPA, Geraldi A, Wiradana PA, Widhiantara IG, Panjaitan NSD. 2023. An overview of the role of *Zingiber officinale* as an antimicrobial resistance (AMR) solution and a source of antioxidants. *Indonesian Journal of Pharmacy* 34(3). DOI: 10.22146/ijp.5307.
- Setiadi A, Syukur C, Holid I, Lindiana L. 2024. Morphological characterization, seed production, and oil content of several lemongrass (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf.) line. *Kultivasi* 23(2). DOI: 10.24198/kultivasi.v23i2.53517.
- Setyadi P, Rio DB, Setyawan CK, Tohir A, Faturohman A. 2021. Perhitungan efisiensi energi mesin pengering vakum pada berbagai temperatur (0,-5)°C dengan kevakuman 0,03 atm. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat* 6(1): 19–29.
- Silvanus LC, Krisnawan AH. 2020. Formulasi minuman fungsional kombinasi jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dan tomat (*Solanum lycopersicum*) dengan metode foam mat drying. *Calyptra* 9(1): 1-14.
- Situmorang RC. 2019. Karakterisasi 23 aksesis tanaman jahe. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Soeswanto B, Maulida RS, Simanjuntak YTB. 2023. Pembuatan gula cair dari nira aren (*Arenga pinnata*) pada kondisi vakum. *Chemica Isola* 3(2).
- Sucita R, Fikri F, Purnomo A, Maslamama S, Purnama M. 2024. The efficacy of topically applied sappan wood (*Caesalpinia sappan* L.) ethanol extract during incision wound healing in albino rats. *Open Veterinary Journal* 14(7): 1561. DOI: 10.5455/OVJ.2024.v14.i7.5.

- Suhelmi MF, Anjani RD, Fauji N. 2022. Perhitungan efisiensi pengeringan pada mesin pengering gabah tipe flat bed dryer di CV. XYZ. *Jurnal Rekayasa Mesin* 17(1): 15–20.
- Sulieaman AME, Ibrahim SM, Alshammari M, Abdulaziz F, Idriss H, Alanazi NAH, Abdallah EM, Siddiqui AJ, Shommo SAM, Jamal A, Badraoui R. 2024. *Zingiber officinale* uncovered: integrating experimental and computational approaches to antibacterial and phytochemical profiling. *Pharmaceuticals* 17(11): 1551. DOI: 10.3390/ph17111551.
- Suryani SD, Rosyanawati M, Lestari EY, Utami FCR. 2025. Perbedaan jenis gula terhadap karakteristik mutu sensori minuman karbonasi wedang uwuh. *Journal of Innovative Food Technology and Agriculture Product* 3(1): 13–20. DOI: 10.31316/jitap.v3i1.7916.
- Takomthong P, Waiwut P, Yenjai C, Wangboonskul J, Plekratoke K, Arsito PN, Ballatore C, Boonyarat C. 2025. *Kaempferia parviflora* extract and its methoxyflavones as potential anti-Alzheimer assessing in vitro, integrated computational approach, and in vivo impact on behaviour in scopolamine-induced amnesic mice. *PLOS ONE* 20(3): e0316888. DOI: 10.1371/journal.pone.0316888.
- Tarung AF, Cristin B, Maulidia Y, Kamil I, Syalsabila RR. 2023. Comparing antioxidant activity of extracts and gel preparations combination of buas-buas leaves (*Premna serratifolia* L.) and secang wood (*Caesalpinia sappan*). *Majalah Obat Tradisional* 28(3). DOI: 10.22146/mot.77740.
- Tolentino LCO, Sentanin MA, Guidini CZ. 2025. Production and characterization of a natural cultural drink - ginger ale. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 40. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2025.101188.
- Wahyuningrum R, Pangestu D, Budiman A. 2022. Ethnomedical study of plants as a traditional medicine on respiratory system disease in Cilongok, Banyumas, Indonesia. *Majalah Obat Tradisional* 27(1): 40–48. DOI: 10.22146/mot.72168.
- Wang Z, Fu Q, Hao G, Gu Y, Sun T, Gao L, Wang B, Wang S, Zheng X, Yang Z, Rao S. 2025. Physical aspects, phytochemical profiles, and nutritional properties of lemon (*Citrus limon*) slices under different drying technologies. *Foods* 14(15): 2586. DOI: 10.3390/foods14152586.
- Wirawati KT, Ompusunggu GB, Wardani L, Yanti KRD. 2025. The pharmacological potential of sappan wood (*Caesalpinia sappan* L.): a review of recent evidence. *Pharmacy Reports* 3(3): 86. DOI: 10.51511/pr.86.
- Yodi G, Artika IM, Nurcholis W. 2023. Effect of varieties of *Curcuma xanthorrhiza* and extraction solvent on total phenolic, total flavonoid content, and antioxidant capacity. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 24(12). DOI: 10.13057/biodiv/d241203.
- Yue Y, Liu J, Wang X. 2023. Thermal balance and water ice sublimation on the surface of hyperactive comet 103P/Hartley 2. *Journal of Geophysical Research: Planets* 128(1). DOI: 10.1029/2022JE007329.

- Yusuf YZ, Hermanuadi D. 2025. Perhitungan neraca massa dan energi proses pengolahan tepung pisang kepok. JOFE: Journal of Food Engineering 4(1): 18–27. DOI: 10.25047/jofe.v4i1.5033.
- Zainuddin NM, Hajriani S. 2021. Pembuatan bubuk daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai tambahan makanan fungsional berdasarkan suhu dan lama pengeringan yang berbeda. Jurnal Agritechno 14(2): 116–121. DOI: 10.20961/jthp.v15i1.58031.
- Zambrano MV, Dutta B, Mercer DG, MacLean HL, Touchie MF. 2019. Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: a review. Trends in Food Science and Technology 88: 484–496. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.04.006.
- Zudana KM, Wahyuni F, Herini SAP, Lestari YN. 2025. Energy consumption and efficiency optimization in freeze drying of fruits and vegetables: a review. Journal of Clean Technology 2(1): 57–68.
- Zuhroh N, Rizkyana AD, Rachmawati Y, Rakhmadina CA. 2025. Edukasi minuman fungsional dengan smart packaging sebagai inovasi digital di SMK Trunojoyo Jember. Tri Dharma Mandiri 5(1): 34–42. DOI: 10.21776/ub.jtridharma.2025.005.01.34.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Syarat Mutu SNI 01-4320-1996

Tabel syarat mutu

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan :		
1.1	Warna		normal
1.2	Bau		normal, khas rempah-rempah
1.3	Rasa		normal, khas rempah-rempah
2.	Air, b/b	%	maks. 3,0
3.	Abu, b/b	%	maks. 1,5
4.	Jumlah gula (dihitung sebagai sakarosa), b/b	%	maks. 85,0
5.	Bahan tambahan makanan		
5.1	Pemanis buatan	-	
	- Sakarin		Tidak boleh ada
	- Siklamat		Tidak boleh ada
5.2	Pewarna tambahan	-	Sesuai SNI 01-0222-1995
6.	Cemaran logam :		
6.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,2
6.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 2,0
6.3	Seng (Zn)	mg/kg	maks. 50
6.4	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0
7.	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks. 0,1
8.	Cemaran mikroba :		
8.1	Angka lempeng total	koloni/gr	3×10^3
8.2	Coliform	APM/gr	< 3

Lampiran 2. Tabel Syarat Mutu SNI 8374:2018

Tabel 1- Syarat mutu minuman berperisa berkarbonasi

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
1.1	Bau	-	normal
1.2	Rasa	-	normal
1.3	Warna	-	normal
2.	Gula total (sebagai gula pereduksi)	fraksi massa, %	2,5 – 15,0
3.	Karbon dioksida (CO ₂)	fraksi massa, %	0,300 – 0,900
4.	Cemaran logam		
4.1	Kadmium (Cd)	mg/kg	maks. 0,01
4.2	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,05
4.3	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40 maks. 250*)
4.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	maks. 0,01
5.	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks. 0,05
6.	Cemaran mikroba	Lihat Tabel 2	
CATATAN *) untuk yang dikemas dalam kaleng			

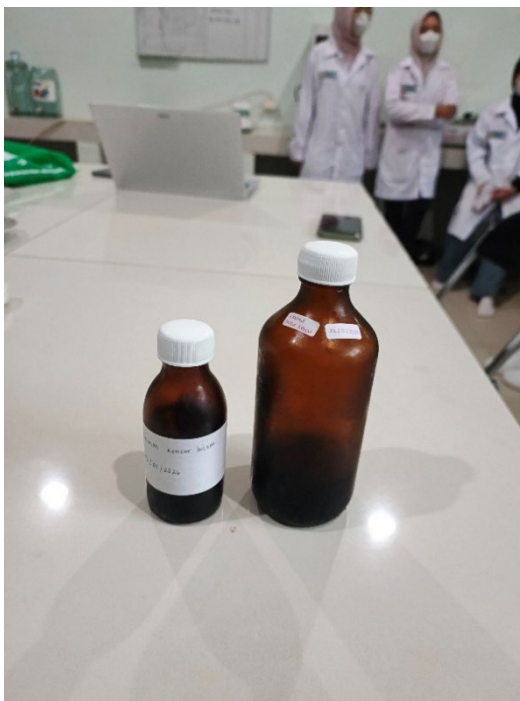
Lampiran 3. Tabel Syarat Mutu SNI 3830:2023

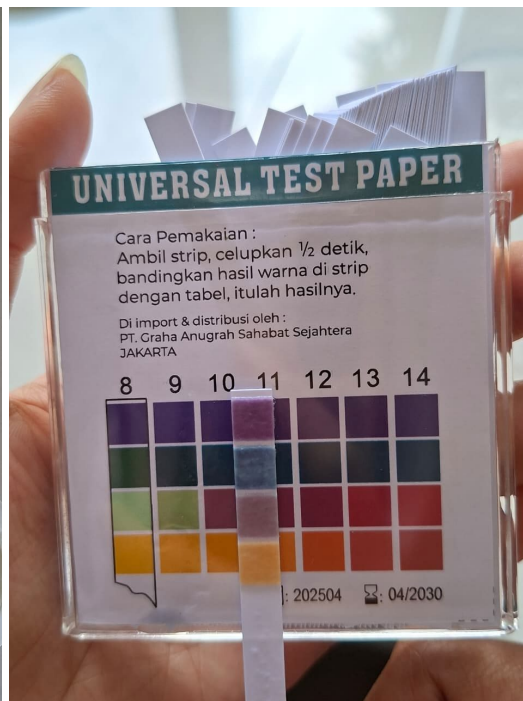
Tabel 1 — Syarat mutu minuman kedelai

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan		
			Sari kedelai <i>plain</i>	Sari kedelai berperisa	Minuman sari kedelai
1	Keadaan				
1.1	Warna	-	normal		
1.2	Bau	-	normal		
1.3	Rasa	-	normal		
2	Protein (N×5,71)	fraksi massa, %	min. 2,0		0,8 – 1,9
3	Padatan total	fraksi massa, %	min. 5,0		
4	Cemaran logam berat				
4.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,25		maks. 0,05
4.2	Kadmium (Cd)	mg/kg	maks. 0,05		
4.3	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40 maks. 100 ¹⁾		
4.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	maks. 0,03		maks. 0,01
4.5	Arsen (As) ²⁾	mg/kg	maks. 0,10		maks. 0,05
5	Cemaran mikroba ³⁾		lihat Tabel 2		lihat Tabel 3
6	Cemaran kimia				
6.1	Aflatoksin (B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂)	µg/kg	maks. 10		
CATATAN					
1) Untuk produk yang dikemas dalam kaleng					
2) Jika tidak dinyatakan lain, dihitung sebagai arsen total					
3) Untuk pangan steril komersial, harus memenuhi ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku					

Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan




















Lampiran 5. *Logsheet* Harian









KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN



KARTU KENDALI PEMBIMBING PKL

NAMA : LAYALIA ZUMROTUNNISA
NIM : 235100600111005
DEPARTEMEN : TEKNIK BIOSISTEM
PROGRAM STUDI : BADAN PERAKITAN DAN MODERNISASI PERTANIAN TANAMAN REMPAH,
OBAT, DAN AROMATIK, BOGOR, JAWA BARAT
JUDUL PKL : PENERAPAN TEKNOLOGI *FREEZE DRYING* DAN PENGAMATAN
KARAKTERISTIK PENGERINGAN PADA PRODUKSI SUSU NABATI
BERBASIS SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) DENGAN PENAMBAHAN
BUBUK KELOR (*Moringa oleifera*) DI BADAN PERAKITAN DAN MODERNISASI
PERTANIAN TANAMAN REMPAH, OBAT, DAN AROMATIK, BOGOR, JAWA
BARAT
DOSEN PEMBIMBING : Ir. INGGIT KRESNA MAHARSIH, S.T., M.Sc

NO	TANGGAL	KEGIATAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING LAPANG	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
1.	06/01/2026	Pembuatan minuman herbal dari kencur hitam		
2.	07/01/2026	Pembuatan susu sacha inchi		
3.	08/01/2026	Formulasi susu sacha inchi dengan penambahan bubuk kelor dan matcha serta preparasi bahan sebelum produksi susu sacha inchi dan kencur hitam		
4.	09/01/2026	Pembuatan susu sacha inchi rasa matcha dan kelor serta minuman kencur hitam		
5.	12/01/2026	Proses <i>freeze drying</i> untuk susu kelor, susu matcha dan minuman herbal kencur hitam serta memasukkan sampel ke dalam <i>freezer ultra low temperature</i> pada suhu - 80°C		


NO	TANGGAL	KEGIATAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING LAPANG	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
6.	13/01/2026	Pengecekan proses <i>freeze drying</i> untuk susu kelor dan susu matcha pada hari ke-1 serta pembuatan minuman lemon serih hari ke-1		
7.	14/01/2026	Pengecekan proses <i>freeze drying</i> untuk susu kelor dan susu matcha pada hari ke-2 serta pembuatan minuman lemon serih hari ke-2		
8.	15/01/2026	Pengecekan proses <i>freeze drying</i> untuk susu kelor dan matcha pada hari terakhir serta pembuatan minuman lemon serih hari ke-3		
9.	19/01/2026	<i>Deep cleaning</i> mesin <i>freeze drying</i> dan proses pembuatan <i>ginger ale</i>		
10.	20/01/2026	Penghalusan, penyaringan dan penimbangan hasil <i>freeze drying</i> susu sacha inchi, pembuatan minuman limun temulawak dan <i>feeding ginger ale</i> pada h+1		
11.	21/01/2026	Pembuatan minuman jahe secang dan penyaringan hasil akhir <i>ginger ale</i>		
12.	22/01/2026	Pengujian kadar air susu kelor hari ke-1 dan pembuatan minuman secang jahe		
13.	23/01/2026	Pengujian kadar air susu kelor hari ke-2 dan penyusunan laporan akhir		

NO	TANGGAL	KEGIATAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING LAPANG	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
14.	26/01/2026	Pengujian kadar air susu kelor hari ke-3 dan produksi aromaterapi <i>eucalyptus</i> , <i>peppermint</i> , dan <i>tea tree</i>		
15.	27/01/2026	Pengujian kadar air susu kelor hari ke-4, kunjungan lapang, serta penyusunan laporan akhir		
16.	28/01/2026	Penyusunan laporan hasil		
17.	29/01/2026	Penyusunan laporan hasil		
18.	30/01/2026	Penyusunan laporan hasil		
19.	02/02/2026	Penyusunan laporan hasil dan powerpoint untuk presentasi hasil		
20.	03/02/2026	Penyusunan laporan hasil dan powerpoint untuk presentasi hasil serta pembuatan sabun <i>bar</i> vanilla		
21.	04/02/2026	Penyusunan laporan hasil dan presentasi hasil kegiatan		

NO	TANGGAL	KEGIATAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING LAPANG	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
22.	05/02/2026	Penyusunan laporan hasil		
23	06/02/2026	Penyusunan laporan hasil dan pengurusan berkas PKL		

Panitia,
Fakultas Teknologi Pertanian



Mengetahui,
Pembimbing Lapang


Ediningsih, S.Si., M.T.
NIP. 198501122014032001

NIP/NIK.

NB: Harus ada stempel Perusahaan

Lampiran 6. Surat Keterangan Selesai PKL

	<p>KEMENTERIAN PERTANIAN BADAN PERAKITAN DAN MODERNISASI PERTANIAN BALAI PERAKITAN DAN PENGUJIAN TANAMAN REMPAH, OBAT DAN AROMATIK JALAN TENTARA PELAJAR NO 3 BOGOR 16111 TELEPON (0251) 8321879, FAXIMILI (0251) 8327010 WEBSITE: rempahobat.brmp.pertanian.go.id</p>	
SURAT KETERANGAN		
Nomor : B-114/HM.240/H.4.3/02/2026		
Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik, dengan ini menerangkan bahwa:		
Nama NIM Prodi	: Layalia Zumrotunnisa : 235100600111005 : Teknik Bioproses	
Adalah mahasiswa Program Studi Teknik Bioproses Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya yang telah selesai melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Rempah, Obat dan Aromatik dengan pembimbing Ediningsih, S.Si., M.T mulai dari tanggal 05 Januari sampai dengan 06 Februari 2026.		
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.		
	Plh. Kepala Balai	
	 Dini Florina, S.P. NIP. 198511082009122004	