

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit tidak menular (PTM) merupakan masalah kesehatan masyarakat yang terus meningkat di berbagai negara, termasuk Indonesia. PTM seperti hipertensi, diabetes melitus, penyakit jantung koroner, stroke, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), dan kanker kini menjadi penyebab utama mortalitas dan morbiditas secara global maupun nasional (Dulahu et al., 2021). Transisi epidemiologi akibat urbanisasi dan modernisasi juga mendorong pergeseran pola penyakit dari infeksi menuju penyakit degeneratif dan kronis (Wahidin et al., 2023).

Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023, PTM menyumbang sekitar 59,1% penyebab disabilitas pada penduduk usia ≥ 15 tahun, dan 53,5% di antaranya secara langsung disebabkan oleh PTM, dengan hipertensi, diabetes, penyakit jantung, kanker, dan PPOK sebagai kontributor terbesar. Beban PTM di Indonesia juga terus meningkat dalam satu dekade terakhir, ditandai dengan melonjaknya prevalensi hipertensi dari 25,8% pada 2013 menjadi 34,1% pada 2018, serta prevalensi diabetes berdasarkan pemeriksaan darah yang mencapai 11,7%. Meningkatnya proporsi PTM ini menunjukkan bahwa penyakit degeneratif telah menjadi tantangan kesehatan utama di Indonesia dan membutuhkan upaya pencegahan yang lebih komprehensif dan berkelanjutan (Isfandari et al., 2020).

Mengingat tingginya tingkat penyakit tidak menular dan dampaknya yang luas, diperlukan upaya pencegahan dan pengendalian yang sistematis, terencana, dan berkelanjutan. Pendekatan promotif dan preventif melalui perubahan gaya hidup sehat, skrining rutin, dan penatalaksanaan yang tepat menjadi kunci dalam menekan epidemi penyakit tidak menular (Asmin et al., 2021). Karena itu, pemahaman yang kuat tentang faktor risiko, pola distribusi di masyarakat, dan strategi intervensi yang efektif sangat penting untuk merancang program pencegahan dan pengendalian PTM yang komprehensif dan berkelanjutan.

Salah satu penyakit tidak menular yang paling banyak ditemukan dan menjadi perhatian utama adalah hipertensi, yaitu kondisi meningkatnya tekanan darah secara persisten di atas nilai normal ($\geq 140/90$ mmHg) (Wayan Sridani et al., 2024). Hipertensi sering disebut sebagai "silent killer" karena sebagian besar penderita tidak menyadari kondisinya dan tidak menunjukkan gejala pada tahap awal, namun dapat menimbulkan komplikasi serius dan fatal seperti penyakit jantung koroner, stroke, gagal jantung kongestif, gagal ginjal kronik, penyakit pembuluh darah perifer, retinopati hipertensif, dan bahkan kematian mendadak (Mahfudhoh et al., 2023).

Hipertensi menjadi perhatian global karena prevalensinya terus meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun, baik di tingkat global maupun nasional.

World Health Organization (WHO) memperkirakan 1,28 miliar orang dewasa usia 30–79 tahun di seluruh dunia hidup dengan hipertensi, dan sebagian besar berada di negara berpenghasilan rendah dan menengah. Selain itu, 46% penderita hipertensi tidak mengetahui kondisi mereka, dan hanya 42% yang telah didiagnosis serta menerima pengobatan. Bahkan, hanya sekitar 21% yang berhasil mengendalikan tekanan darahnya. Hipertensi juga menjadi penyebab utama kematian dini di dunia. Kondisi ini mendorong WHO menetapkan target global penurunan prevalensi hipertensi sebesar 33% pada tahun 2030 dibandingkan tahun 2010 (WHO, 2023).

Data Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan menunjukkan bahwa biaya pelayanan hipertensi terus meningkat, dari Rp. 2,8 triliun pada tahun 2016 menjadi Rp. 3 triliun pada tahun 2017 dan 2018. Riset kesehatan dasar (Riskesdas) 2018 mencatat lebih dari 63 juta penduduk Indonesia hidup dengan hipertensi. Prevalensinya pada penduduk usia ≥ 18 tahun mencapai 34,1%, dengan angka tertinggi di Kalimantan Selatan (44,1%) dan terendah di Papua (22,2%). Jumlah kasus hipertensi diperkirakan mencapai 63.309.620 orang, dengan 427.218 kematian terkait hipertensi. Prevalensi juga meningkat seiring usia, yaitu 31,6% pada kelompok usia 31–44 tahun, 45,3% pada usia 45–54 tahun, dan 55,2% pada usia 55–64 tahun. Dari total prevalensi 34,1%, hanya 8,8% penderita yang terdiagnosis. Sementara itu, 13,3% penderita yang sudah terdiagnosis tidak mengonsumsi obat dan 32,3% tidak minum obat secara rutin. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar penderita hipertensi tidak menyadari kondisi mereka sehingga tidak mendapatkan penanganan dan pengobatan yang tepat (Kemenkes RI, 2019).

Data Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2020 menunjukkan bahwa Kota Makassar memiliki prevalensi hipertensi tertinggi dengan 290.247 kasus, diikuti Kabupaten Bone sebanyak 158.516 kasus dan Kabupaten Gowa sebanyak 157.221 kasus. Adapun kasus terendah tercatat di Kabupaten Barru dengan 1.500 kasus (Susanti et al., 2022). Peningkatan ini tidak hanya terjadi pada kelompok usia lanjut yang berisiko tinggi, tetapi juga meningkat signifikan pada kelompok usia produktif, sehingga berdampak serius terhadap produktivitas dan kualitas sumber daya manusia Indonesia (Parellangi et al., 2025).

Dampak hipertensi bersifat kompleks karena memengaruhi aspek kesehatan, ekonomi, dan produktivitas. Secara kesehatan, hipertensi yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan organ target seperti jantung, otak, ginjal, dan pembuluh darah, yang meningkatkan risiko kejadian kardiovaskular fatal maupun non-fatal (Baydamirova et al., 2025). Secara ekonomi, biaya pengobatan jangka panjang dan penatalaksanaan komplikasi membebani keluarga dan sistem kesehatan. Dari aspek produktivitas, hipertensi dapat menurunkan kualitas hidup, meningkatkan absensi kerja, menurunkan performa, hingga menyebabkan kecacatan permanen atau kematian prematur yang berujung pada hilangnya potensi ekonomi (Juliana et al., 2024).

Pencegahan hipertensi tidak hanya bergantung pada terapi farmakologis, tetapi juga memerlukan upaya non-farmakologis melalui modifikasi gaya hidup. Pengaturan pola makan rendah garam dan tinggi kalium, peningkatan konsumsi buah dan sayur, penurunan berat badan pada individu obesitas, aktivitas fisik teratur, penghentian merokok, pembatasan alkohol, serta manajemen stres merupakan strategi dasar yang efektif dalam mencegah hipertensi (Putra et al., 2024). Selain itu, konsumsi pangan fungsional yang mengandung senyawa bioaktif berpotensi menjadi alternatif pencegahan yang alami, aman, mudah diakses, dan diterima masyarakat.

Indonesia memiliki sumber pangan lokal yang kaya dan berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional dalam pencegahan penyakit tidak menular. Salah satunya adalah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*), tanaman tropis yang tumbuh melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Belimbing wuluh mengandung berbagai fitokimia bermanfaat, seperti antioksidan, flavonoid, saponin, tanin, dan vitamin C. Senyawa bioaktif ini berperan dalam menurunkan tekanan darah melalui mekanisme pelebaran pembuluh darah, penurunan stres oksidatif, penghambatan enzim angiotensin-converting enzyme (ACE), dan peningkatan produksi nitrat oksida (NO) sebagai vasodilator alami (Solfaine et al., 2021).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ekstrak belimbing wuluh memiliki potensi signifikan dalam menurunkan tekanan darah sistolik dan diastolik pada penderita hipertensi. Kandungan flavonoid, fenolik, saponin, tanin, alkaloid, dan terpen bertindak sebagai antioksidan kuat yang mampu menurunkan stres oksidatif, salah satu mekanisme utama peningkatan tekanan darah. Senyawa flavonoid juga meningkatkan pelepasan NO, yang melembaskan dinding pembuluh darah sehingga tekanan darah menurun. Penelitian (Zulni et al., 2018) juga memberikan bukti klinis bahwa pemberian jus belimbing wuluh dapat menurunkan tekanan darah secara signifikan pada lansia hipertensi. Rata-rata tekanan darah sistolik turun dari 175 mmHg menjadi 135 mmHg, dan diastolik menurun dari 92 mmHg menjadi 79 mmHg setelah intervensi. Penurunan ini menunjukkan efektivitas kombinasi fitokimia dalam belimbing wuluh dalam menghambat radikal bebas, meningkatkan relaksasi otot polos pembuluh darah, dan memperbaiki fungsi endotel. Selain itu, efek diuretik alami dari zat organik dalam belimbing wuluh membantu mengurangi volume cairan tubuh yang turut memicu penurunan tekanan darah.

Selain belimbing wuluh, jahe (*Zingiber officinale*) merupakan rempah asli Indonesia yang memiliki khasiat luas untuk kesehatan, termasuk efek antihipertensi. Jahe mengandung senyawa bioaktif seperti gingerol, shogaol, dan zingerone yang memiliki aktivitas farmakologis penting. Gingerol dan shogaol dapat meningkatkan sirkulasi darah, menurunkan kekakuan pembuluh darah, menghambat agregasi platelet, serta memberikan efek antiinflamasi dan antioksidan. Mekanisme antihipertensi jahe terjadi melalui penghambatan kanal kalsium, peningkatan produksi prostaglandin, dan efek diuretik ringan yang

menurunkan volume darah. Kombinasi mekanisme ini menjadikan jahe agen antihipertensi alami yang potensial dan aman untuk konsumsi jangka panjang (Ahnafani et al., 2024).

Sejumlah penelitian mendukung efektivitas jahe sebagai intervensi nonfarmakologis bagi penderita hipertensi. Penelitian Nadia (2020) menunjukkan bahwa senyawa aktif jahe mampu menghambat aktivitas ACE sehingga menurunkan tekanan darah. Penelitian eksperimental Ramadhan et al., (2024) menemukan bahwa pemberian rebusan jahe 4 gram selama lima hari menurunkan tekanan darah sistolik dari 141,32 mmHg menjadi 132,59 mmHg dan diastolik dari 94,27 mmHg menjadi 81,55 mmHg. Temuan serupa dilaporkan oleh (Muhammad et al., 2023) bahwa kombinasi rebusan jahe dan madu menurunkan tekanan darah secara signifikan pada lansia hipertensi. Bukti ini menunjukkan bahwa jahe merupakan alternatif terapi nonfarmakologis yang aman, mudah diakses, dan efektif dalam membantu menurunkan tekanan darah, terutama pada kelompok lansia.

Pemanfaatan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dalam formulasi permen jelly masih sangat minim, padahal sinerginya dengan jahe (*Zingiber officinale*) berpotensi kuat untuk meningkatkan efektivitas farmakologis, khususnya dalam pengelolaan hipertensi yang hingga kini masih menjadi isu kesehatan masyarakat utama di Indonesia. Potensi antihipertensi kedua bahan tersebut membuat pengembangan produk pangan fungsional berbasis belimbing wuluh dan jahe menjadi inovasi yang strategis dan relevan. Salah satu bentuk olahan yang memiliki peluang besar adalah permen jelly, karena produk ini memiliki tekstur yang kenyal, rasa yang mudah dimodifikasi, serta daya terima yang tinggi di berbagai kelompok usia. Selain praktis dikonsumsi, mudah dibawa, dan memiliki daya simpan yang baik, permen jelly juga dapat menjadi media fortifikasi bahan alami tanpa mengurangi karakteristik organoleptik.

Pengembangan permen jelly berbasis belimbing wuluh dengan penambahan jahe diharapkan menghasilkan produk yang tidak hanya digemari secara sensoris, tetapi juga memberikan manfaat kesehatan nyata dalam membantu mengontrol tekanan darah secara alami. Produk ini dikategorikan sebagai pangan fungsional, yaitu pangan yang selain memenuhi kebutuhan gizi dasar juga mengandung komponen bioaktif yang memberikan manfaat fisiologis tertentu bagi kesehatan apabila dikonsumsi secara teratur. Inovasi berbasis pangan lokal ini sekaligus mendukung peningkatan nilai tambah hasil pertanian, pemberdayaan ekonomi masyarakat, serta penguatan ketahanan pangan nasional melalui optimalisasi sumber daya alam Indonesia yang melimpah (Banne et al., 2025).

Meskipun demikian, pengembangan produk pangan fungsional menuntut kajian ilmiah yang komprehensif. Formulasi yang tepat antara belimbing wuluh dengan penambahan jahe harus ditentukan agar menghasilkan komposisi optimal yang memberikan manfaat kesehatan maksimal tanpa mengorbankan mutu sensoris. Daya terima konsumen menjadi faktor penentu keberhasilan

produk di pasaran, sehingga evaluasi organoleptik meliputi warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan perlu dilakukan secara sistematis (Masahid et al., 2024). Produk pangan fungsional dengan manfaat kesehatan yang tinggi tetap berisiko ditolak apabila tidak sesuai preferensi sensoris konsumen

Faktor-faktor organoleptik yang perlu diperhatikan mencakup warna yang memengaruhi persepsi kesegaran dan kualitas, aroma jahe atau aroma fermentatif belimbing yang terlalu tajam, keseimbangan rasa asam dan pedas, serta tekstur yang harus kenyal, tidak keras, tidak lembek, dan tidak lengket. Uji organoleptik menggunakan metode hedonik, mutu hedonik, dan ranking test pada panelis terlatih maupun tidak terlatih sangat penting untuk menilai akseptabilitas dan menjadi dasar perbaikan formulasi (Permadi et al., 2019).

Selain daya terima, kajian masa simpan juga merupakan aspek kritis dalam pengembangan produk. Permen jelly dengan kandungan senyawa bioaktif dari belimbing wuluh dan jahe rentan mengalami degradasi akibat paparan suhu, cahaya, oksigen, dan kelembaban. Degradasi dapat menyebabkan perubahan warna menjadi kecoklatan, penurunan aroma dan rasa akibat volatilitas senyawa flavor, serta berkurangnya kadar senyawa bioaktif seperti asam askorbat, flavonoid, dan gingerol yang dapat menurunkan efektivitas fungsional produk (Mardhiyyah & Ningsih, 2021). Selain itu, perubahan fisik seperti sineresis, kristalisasi gula, perubahan tekstur, serta pertumbuhan kapang dan khamir dapat terjadi pada kondisi penyimpanan yang tidak tepat. Oleh sebab itu, uji masa simpan, termasuk uji akselerasi, diperlukan untuk memprediksi stabilitas mutu, menentukan tanggal kedaluwarsa, memilih jenis kemasan yang tepat, dan menetapkan standar penyimpanan.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian komprehensif untuk merumuskan formulasi optimal permen jelly berbahan belimbing wuluh dengan penambahan jahe, menilai daya terima konsumen terhadap berbagai variasi formulasi, serta mengevaluasi masa simpan produk sebagai dasar pengembangan pangan fungsional untuk pencegahan hipertensi secara alami, efektif, dan mudah diterima masyarakat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya pencegahan penyakit tidak menular, khususnya hipertensi, melalui pendekatan inovatif berbasis kearifan lokal, serta menyediakan landasan ilmiah yang kuat untuk komersialisasi produk yang aman, berkualitas, dan memiliki efektivitas teruji secara ilmiah.

1.2 Teori

1.2.1 Tinjauan Umum Tentang Hipertensi

1.2.1.1 Definisi Hipertensi

Tekanan darah adalah kekuatan dorong darah terhadap dinding pembuluh arteri yang dihasilkan oleh kerja pemompaan jantung. Hipertensi muncul ketika tekanan tersebut meningkat secara persisten melebihi batas normal. Menurut *World Health Organization* (WHO, 2019), hipertensi didefinisikan sebagai kondisi ketika tekanan

darah sistolik mencapai ≥ 140 mmHg dan/atau tekanan darah diastolik ≥ 90 mmHg. Kementerian Kesehatan RI (2014) menetapkan kriteria serupa, yaitu tekanan sistolik di atas 140 mmHg dan diastolik di atas 90 mmHg berdasarkan dua kali pengukuran dengan selang waktu lima menit dalam keadaan cukup istirahat. Kondisi ini sering kali tidak menimbulkan gejala pada tahap awal sehingga banyak penderita tidak menyadarinya, namun peningkatan tekanan darah yang terjadi dalam jangka panjang tanpa penanganan yang memadai dapat menyebabkan kerusakan organ target, termasuk gagal ginjal, penyakit jantung koroner, maupun stroke.

Hipertensi merupakan penyakit yang dapat menyerang semua kelompok umur, baik muda maupun tua, dan menjadi salah satu penyakit degeneratif yang prevalensinya terus meningkat. Sifatnya yang tidak bergejala membuat hipertensi dijuluki sebagai *silent killer* karena dapat menimbulkan komplikasi serius hingga menyebabkan kematian tanpa tanda-tanda awal yang jelas. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hipertensi, faktor risiko, serta upaya pencegahannya sangat penting untuk menekan angka kejadian dan dampak kesehatan yang ditimbulkannya (Maulidina et al., 2024).

Berdasarkan penyebabnya, hipertensi diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu hipertensi primer dan hipertensi sekunder. Hipertensi primer merupakan jenis hipertensi yang paling banyak dijumpai, yaitu sekitar 90% dari seluruh kasus, dan hingga saat ini penyebab pasti atau etiologi patofisiologinya belum dapat diidentifikasi secara jelas. Kondisi ini biasanya berkembang secara bertahap dan berkaitan dengan kombinasi faktor risiko seperti usia, gaya hidup, obesitas, serta predisposisi genetik (Telaumbanua, 2021). Salah satu penyebab paling umum dari hipertensi sekunder adalah gangguan fungsi ginjal, baik akibat penyakit ginjal kronis maupun renovaskular. Pada kondisi tersebut, hipertensi terjadi karena kerusakan pada pembuluh darah yang memasok ginjal atau disfungsi sel-sel ginjal itu sendiri, sehingga mekanisme pengaturan tekanan darah terganggu (Sariputra et al., 2024).

1.2.1.2 Klasifikasi Hipertensi

Berdasarkan bentuknya, hipertensi dibedakan menjadi hipertensi diastolik, hipertensi campuran dan hipertensi sistolik terisolasi. Hipertensi diastolik (*diastolic hypertension*) merupakan hipertensi yang menyebabkan tekanan darah diastolik seseorang meningkat dan melewati batas tekanan darah normal yang telah ditetapkan. Hipertensi campuran (*systole* dan *diastole* yang tinggi) merupakan hipertensi yang menyebabkan tekanan darah sistolik maupun diastolik seseorang meningkat secara bersama-sama

sampai melebihi batas tekanan darah normal yang telah ditetapkan (Lukitaningtyas, 2023).

Hipertensi sistolik terisolasi merupakan peningkatan tekanan darah sistolik seseorang sampai melebihi batas tekanan darah normal sementara tekanan diastoliknya berada di bawah 90 mmHg. Klasifikasi hipertensi berdasarkan tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik pada manusia dewasa dibagi menjadi empat klasifikasi, klasifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 1.1 Klasifikasi Hipertensi

Kategori	Tekanan Darah Sistolik	Tekanan Darah Diastolik
<i>Normal</i>	<120 mmHg	<80 mmHg
<i>Elevated (Pre-hypertension)</i>	120 – 129 mmHg	<80 mmHg
<i>Hypertension grade 1</i>	130 – 139 mmHg	80 – 89 mmHg
<i>Hypertension grade 2</i>	≥140 mmHg	≥90 mmHg
<i>Severe hypertension</i>	>180 / >120 mmHg	>120 mmHg

Sumber: American Heart Association (AHA), 2025

1.2.1.3 Patofisiologi Hipertensi

Mekanisme terjadinya hipertensi berkaitan erat dengan aktivitas *angiotensin converting enzyme* (ACE) dalam mengubah angiotensin I menjadi angiotensin II. ACE berperan penting dalam regulasi tekanan darah. Prosesnya dimulai ketika hati memproduksi angiotensinogen, kemudian oleh renin yang dihasilkan ginjal diubah menjadi angiotensin I. Selanjutnya, ACE yang banyak terdapat pada jaringan paru-paru mengonversi angiotensin I menjadi angiotensin II. Senyawa inilah yang berperan utama dalam meningkatkan tekanan darah melalui dua mekanisme fisiologis utama (Salam, 2023).

Pertama, angiotensin II meningkatkan sekresi *antidiuretic hormone* (ADH) dan rasa haus. ADH yang dihasilkan oleh hipotalamus dan disekresikan oleh kelenjar pituitari bekerja pada ginjal untuk mengatur osmolalitas dan volume urin (Martinova, 2023). Peningkatan ADH menyebabkan pengurangan produksi urin sehingga urin menjadi lebih pekat. Untuk menurunkan kembali osmolalitas, tubuh akan meningkatkan volume cairan ekstraseluler dengan menarik cairan dari ruang intraseluler. Kondisi ini menyebabkan peningkatan volume darah, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap kenaikan tekanan darah. Kedua, angiotensin II menstimulasi sekresi aldosteron dari korteks adrenal. Aldosteron berfungsi mengatur volume cairan ekstraseluler melalui peningkatan reabsorpsi natrium (Na^+) dan klorida pada tubulus ginjal. Penurunan ekskresi natrium menyebabkan retensi cairan, sehingga volume cairan ekstraseluler meningkat untuk menyeimbangkan kembali konsentrasi

elektrolit. Peningkatan volume cairan ini berujung pada bertambahnya volume darah dan akhirnya memicu peningkatan tekanan darah (Lukitaningtyas, 2023).

1.2.1.4 Faktor Penyebab Hipertensi

Faktor penyebab hipertensi dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu faktor yang tidak dapat diubah dan faktor yang dapat diubah. Pembagian ini memudahkan pemahaman mengenai aspek risiko yang bersifat bawaan maupun yang berhubungan dengan gaya hidup serta lingkungan (Maharani et al., 2023).

1. Faktor yang tidak dapat diubah

a) Genetik

Faktor keturunan berperan penting dalam perkembangan hipertensi. Seseorang yang memiliki orang tua atau keluarga dekat dengan riwayat hipertensi memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami kondisi serupa. Hal ini berkaitan dengan pola hereditas yang memengaruhi regulasi tekanan darah, seperti sensitivitas terhadap garam, fungsi ginjal, serta respons hormonal tubuh. Faktor genetik ini sulit dicegah karena telah tertanam dalam struktur biologis seseorang.

b) Jenis kelamin

Jenis kelamin juga memengaruhi risiko hipertensi. Laki-laki umumnya memiliki kecenderungan lebih tinggi mengalami hipertensi pada usia produktif dibandingkan perempuan. Hal ini dikaitkan dengan hormon testosteron yang memengaruhi metabolisme dan sistem kardiovaskular. Sementara itu, pada perempuan, risiko hipertensi meningkat setelah menopause akibat menurunnya hormon estrogen yang berfungsi melindungi pembuluh darah.

c) Usia

Semakin bertambahnya usia, elastisitas pembuluh darah menurun sehingga meningkatkan tekanan darah. Proses penuaan menyebabkan pembuluh darah menjadi lebih kaku, fungsi ginjal menurun, dan terjadi akumulasi kerusakan sel endotel. Oleh karena itu, lansia memiliki risiko yang jauh lebih tinggi mengalami hipertensi meskipun pola hidup relatif sehat.

2. Faktor yang dapat diubah

a) Obesitas

Obesitas dapat meningkatkan tekanan darah karena lemak berlebih, terutama di area perut, membuat jantung bekerja lebih keras untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Selain itu, obesitas berhubungan dengan resistensi insulin, peradangan kronis, dan peningkatan aktivitas sistem

saraf simpatis yang semuanya memicu hipertensi. Menurunkan berat badan terbukti dapat menurunkan tekanan darah secara signifikan.

b) Stres

Stres emosional maupun fisik dapat memicu pelepasan hormon seperti adrenalin dan kortisol yang menyebabkan peningkatan tekanan jantung dan penyempitan pembuluh darah. Jika stres terjadi terus-menerus tanpa manajemen yang baik, kondisi ini dapat berdampak pada hipertensi jangka panjang. Teknik relaksasi, olahraga, dan manajemen waktu dapat membantu menurunkan risiko.

c) Gaya hidup

Gaya hidup seperti konsumsi garam berlebih, kebiasaan merokok, kurang aktivitas fisik, dan pola makan tinggi lemak jenuh dapat meningkatkan tekanan darah. Kebiasaan merokok menyebabkan vasokonstriksi pembuluh darah, sedangkan konsumsi garam tinggi meningkatkan retensi cairan sehingga tekanan dalam pembuluh darah meningkat. Perubahan gaya hidup ke arah yang lebih sehat merupakan salah satu langkah paling efektif untuk mencegah dan mengontrol hipertensi.

1.2.1.5 Dampak Hipertensi

Hipertensi yang tidak dikendalikan dapat menimbulkan berbagai komplikasi serius karena tekanan darah tinggi yang berlangsung dalam jangka panjang merusak dinding pembuluh darah dan mempercepat proses aterosklerosis. Kondisi ini menyebabkan peningkatan risiko penyakit jantung koroner, serangan jantung, dan gagal jantung akibat beban kerja jantung yang semakin berat sehingga memicu hipertrofi ventrikel kiri. Selain itu, hipertensi juga merupakan faktor predisposisi utama terjadinya stroke, baik iskemik maupun hemoragik, akibat terganggunya aliran darah atau pecahnya pembuluh darah di otak. Kerusakan pembuluh darah pada retina pun dapat terjadi sehingga menyebabkan gangguan penglihatan hingga kebutaan apabila tekanan darah tidak terkontrol secara berkelanjutan (Mulyana et al., 2020)

Selain menyerang jantung dan otak, hipertensi juga berdampak pada organ lain seperti ginjal, di mana tingginya tekanan darah dapat merusak glomerulus dan pada akhirnya menimbulkan penyakit ginjal kronis bahkan gagal ginjal terminal. Pembentukan aneurisma aorta juga menjadi lebih mungkin terjadi akibat melemahnya dinding pembuluh darah, yang jika pecah dapat mengakibatkan kondisi fatal. Pada ibu hamil, hipertensi dapat berkembang menjadi preeklamsia atau eklamsia yang membahayakan keselamatan ibu dan janin

(Riskyna et al., 2022). Tidak hanya itu, hipertensi jangka panjang juga berkaitan dengan penurunan fungsi kognitif dan meningkatkan risiko demensia vaskular pada usia lanjut. Oleh karena itu, pengendalian tekanan darah melalui deteksi dini dan pengelolaan yang tepat menjadi sangat penting untuk mencegah komplikasi yang mengancam kehidupan.

1.2.1.6 Penatalaksanaan Hipertensi

Upaya pengobatan hipertensi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengobatan farmakologi dan non farmakologi. Pengobatan farmakologi dilakukan dengan pemberian obat yang bersifat diuretik, simpatetik, *betablocker*, dan vasodilator dengan memperhatikan tempat, mekanisme kerja dan tingkat kepatuhan. Pengobatan hipertensi dengan menggunakan obat-obatan sintetik dalam jangka panjang dapat menimbulkan efek yang kurang baik bagi kesehatan diantaranya seperti kelelahan, pusing, batuk, sering buang air kecil, retensi cairan, disfungsi seksual, detak jantung tidak normal, dan alergi (Fuad et al., 2022). Biaya pengobatan hipertensi juga terbilang mahal. Selain itu terapi farmakologis menggunakan obat sintetik memerlukan kepatuhan dalam mengkonsumsi obat agar obat tersebut dapat bekerja maksimal. Sedangkan pengobatan secara non farmakologi meliputi penurunan berat badan, olahraga teratur, diet, dan terapi komplementer. Terapi komplementer merupakan terapi yang mengacu pada pengobatan alamiah, salah satunya terapi herbal (Wina et al., 2025).

Berdasarkan data Riskesdas 2018, dari 8,8% penduduk yang menderita hipertensi berdasarkan diagnosis dokter atau riwayat minum obat, tercatat bahwa 54,4% rutin minum obat, 32,3% tidak rutin, dan 13,3% tidak minum obat sama sekali. Beberapa alasan ketidakpatuhan tersebut antara lain penggunaan obat tradisional, ketidakmampuan membeli obat secara rutin, ketidaktersediaan obat di fasilitas kesehatan, serta ketidakmampuan menoleransi efek samping obat (Riskesdas, 2018). Rendahnya ketersediaan obat dan tingkat kepercayaan masyarakat terhadap pengobatan farmakologis menunjukkan perlunya alternatif penanganan hipertensi. Dalam konteks ini, pengobatan komplementer berbasis tanaman lokal menjadi opsi yang sangat potensial. Penggunaan obat tradisional dipilih masyarakat karena dianggap lebih mudah, murah, manjur, serta sesuai dengan kerangka berpikir dan budaya rumah tangga. Hal ini diperkuat oleh fakta bahwa sekitar 80% tanaman obat di dunia tumbuh di Indonesia, sehingga bahan baku untuk pengobatan alami dapat diperoleh dengan mudah dan dimanfaatkan sebagai upaya mandiri dalam mengatasi hipertensi (Wardani et al., 2021).

1.2.2 Tinjauan Pustaka Belimbing Wuluh

1.2.2.1 Deskripsi Belimbing wuluh

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) merupakan tanaman tropis yang tumbuh melimpah di Indonesia dan dikenal luas sebagai salah satu sumber pangan lokal yang memiliki potensi kesehatan. Buah belimbing wuluh berbentuk lonjong atau silinder, berukuran kecil hingga sedang, dengan permukaan licin dan berwarna hijau ketika muda serta berubah menjadi kekuningan saat matang. Rasa buahnya sangat asam karena kandungan asam sitrat yang tinggi, sehingga sering digunakan sebagai bumbu masakan, penambah rasa asam pada makanan, atau dijadikan minuman segar (Rahayu et al., 2022).

Selain penggunaannya dalam kuliner, belimbing wuluh memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, tanin, dan vitamin C yang berperan penting dalam kesehatan, termasuk potensi efek antihipertensi dan antioksidan. Kekayaan bioaktif dan ketersediaan yang melimpah menjadikan belimbing wuluh sebagai salah satu kandidat utama untuk dikembangkan menjadi produk pangan fungsional yang dapat dimanfaatkan secara luas di masyarakat (Solfaine et al., 2021).



Gambar 2.1 Belimbing Wuluh

Sumber: *Data Sekunder*, 2025

1.2.2.2 Taksonomi dan Morfologi belimbing Wuluh

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) termasuk ke dalam famili *Oxalidaceae* dan merupakan tanaman tropis yang mudah beradaptasi dengan iklim panas dan lembap. Taksonomi tanaman ini dapat dijelaskan sebagai berikut, Kingdom Plantae, Divisi *Magnoliophyta*, Kelas *Magnoliopsida*, Ordo *Oxalidales*, Famili *Oxalidaceae*, Genus *Averrhoa*, dan Spesies *A. bilimbi* (Setyawan et al., 2021). Dari segi morfologi, belimbing wuluh merupakan tanaman perdu atau pohon kecil dengan tinggi rata-rata 3-5 meter. Daunnya majemuk dan berbentuk bulat telur dengan ujung meruncing, tersusun berselang-seling pada tangkai daun. Bunga belimbing wuluh berwarna merah muda hingga ungu muda, kecil, dan muncul dalam malai yang rimbun, sedangkan buahnya berbentuk silindris,

berukuran 4–8 cm, berwarna hijau saat muda dan kekuningan saat matang. Kulit buahnya tipis, halus, dan bersifat mengkilap, sementara daging buahnya asam dan mengandung banyak air. Karakteristik morfologi ini membuat belimbing wuluh mudah dikenali dan berpotensi untuk dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan pangan dan sumber senyawa bioaktif (Swandono et al., 2022).

1.2.2.3 Kandungan Gizi belimbing wuluh

Tabel 1. 2 Kandungan gizi belimbing wuluh 100 gram

Zat gizi	Nilai gizi	Satuan
Berat dapat dimakan	100	%
Energi	32	Kkal
Kadar air	93	%
Lemak	0	g
Serat	0.30	g
Protein	0.40	g
Karbohidrat	7	g
Kalsium	3.40	Mg
Besi	0.40	Mg
Fosfor	11.10	Mg
Kalium	4	Mg
Natrium	4	Mg
Vitamin C	25	Mg
Vitamin B1	0.01	Mg
Vitamin B2	0,02	mg

Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1996

Berdasarkan tabel 2.2 kandungan zat gizi per 100 gram, belimbing wuluh memiliki kadar air tinggi (93%) dan energi rendah yaitu 32 kkal. Kandungan makronutrientnya relatif kecil, terdiri dari protein 0,40 g, lemak 0 g, dan karbohidrat 7 g, yang menunjukkan kontribusi energi yang minimal. Kandungan serat sebesar 0,60 g berperan dalam kesehatan pencernaan. Dari sisi mineral, belimbing wuluh mengandung kalium dan kalsium yang berperan dalam menjaga keseimbangan cairan tubuh, fungsi otot, serta kesehatan tulang dan pembuluh darah. Kandungan natrium yang rendah menjadikannya aman untuk pola makan rendah garam. Selain itu, kandungan vitamin C yang cukup tinggi yaitu 25 mg per 100 g berfungsi sebagai antioksidan menjadikan belimbing wuluh berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional.

1.2.2.4 Manfaat belimbing wuluh

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) merupakan buah yang memiliki berbagai manfaat bagi kesehatan dan kehidupan sehari-hari. Buah ini kaya akan senyawa bioaktif, antara lain flavonoid, saponin, tanin, dan vitamin C, yang berperan sebagai antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi alami. Kandungan senyawa bioaktif tersebut menjadikan belimbing wuluh berpotensi dalam meningkatkan daya tahan tubuh, membantu melawan infeksi, serta mendukung proses penyembuhan luka. Selain itu, belimbing wuluh telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi gangguan pencernaan, seperti mual dan sembelit, serta membantu menurunkan kadar gula darah pada penderita diabetes (Syamsuddin & Puluhulawa, 2021). Selain manfaat umum tersebut, belimbing wuluh juga memiliki potensi signifikan dalam membantu menurunkan tekanan darah pada penderita hipertensi. Senyawa flavonoid yang terkandung di dalamnya berfungsi sebagai antioksidan kuat dan vasodilator alami yang mampu meningkatkan produksi NO, sehingga pembuluh darah menjadi lebih rileks dan aliran darah lebih lancar. Mekanisme ini berkontribusi terhadap penurunan tekanan darah sistolik dan diastolik. Senyawa bioaktif lainnya juga berperan dalam mengurangi stres oksidatif, menghambat aktivitas enzim *angiotensin converting enzyme* (ACE), serta menurunkan resistensi vaskular perifer, yang merupakan faktor penting dalam pengendalian hipertensi (Zulni et al., 2018).

Pemanfaatan belimbing wuluh tidak hanya terbatas pada aspek kesehatan, tetapi juga meluas ke bidang kuliner, seperti sebagai bumbu masakan dan bahan minuman segar, sehingga memungkinkan masyarakat memperoleh manfaat nilai gizinya secara praktis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi jus atau ekstrak belimbing wuluh secara rutin dapat menurunkan tekanan darah pada lansia penderita hipertensi, sehingga buah ini berpotensi dikembangkan sebagai alternatif terapi nonfarmakologis yang alami, aman, dan mudah diakses (Rahayu et al., 2022). Dengan berbagai khasiat tersebut, belimbing wuluh merupakan sumber pangan lokal yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai pangan fungsional dan suplemen kesehatan alami (Sihite & Hutasoit, 2023).

1.2.3 Tinjauan Pustaka Jahe

1.2.3.1 Deskripsi Jahe

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah satu rempah tropis asli Indonesia yang telah digunakan sejak lama sebagai bumbu dapur maupun obat tradisional. Tanaman ini dikenal luas karena memiliki aroma khas, rasa hangat, dan kandungan senyawa bioaktif yang beragam, sehingga bermanfaat untuk kesehatan (Sari et al., 2021).

Bagian yang paling banyak dimanfaatkan adalah rimpang jahe, yang mengandung senyawa aktif seperti gingerol, shogaol, dan zingerone. Senyawa tersebut berperan dalam efek antiinflamasi, antioksidan, serta berbagai aktivitas farmakologis lainnya, termasuk efek antihipertensi. Jahe tidak hanya digunakan dalam bentuk segar, tetapi juga dapat diolah menjadi bubuk, ekstrak, teh, atau sebagai bahan tambahan dalam produk pangan fungsional. Kombinasi khasiat kuliner dan kesehatan menjadikan jahe salah satu tanaman penting yang potensial dikembangkan untuk pencegahan dan pengendalian penyakit, termasuk hipertensi (Ahnafani et al., 2024).



Gambar 2.2 Jahe

Sumber :Data Sekunder, 2025

1.2.3.2 Taksonomi dan Morfologi Jahe

Jahe (*Zingiber officinale*) termasuk ke dalam famili *Zingiberaceae*, yang mencakup berbagai tanaman rempah tropis penting. Taksonomi jahe dapat dijelaskan sebagai berikut: Kingdom *Plantae*, Divisi *Magnoliophyta*, Kelas *Liliopsida*, Ordo *Zingiberales*, Famili *Zingiberaceae*, Genus *Zingiber*, dan Spesies *Z. officinale* (Castro et al., 2023). Dari segi morfologi, jahe merupakan tanaman herba tahunan yang tumbuh tegak dengan tinggi rata-rata 60–100 cm. Batangnya berupa rizom yang berkembang di bawah tanah, berwarna coklat kekuningan dan memiliki permukaan bersisik. Daun jahe berbentuk memanjang, berujung runcing, tersusun berseling, dan memiliki pelepah yang membungkus batang semu. Bunga jahe muncul dari batang semu atau rizom, berwarna putih hingga kuning dengan bibir bunga berwarna ungu atau merah muda, tumbuh dalam malai kecil di dekat permukaan tanah (Aryanti et al., 2022).

1.2.3.3 Kandungan Gizi Jahe

Tabel 1.3 Kandungan Gizi Jahe Per 100 Gr

Zat gizi	Nilai gizi	Satuan
Energi	51	Kkal
Lemak	1	g
Serat	12	g
Protein	1,5	g
Karbohidrat	10,1	g
Kalsium	21	Mg
Fosfor	39	Mg
Kalium	441,7	Mg
Natrium	12	Mg
Vitamin C	4	Mg

Sumber : Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI), 2019

Berdasarkan tabel 2.3 kandungan zat gizi per 100 gram jahe memiliki nilai energi sebesar 51 kkal yang menunjukkan kontribusi energi sedang sebagai bahan pangan maupun bahan tambahan produk. Kandungan karbohidrat sebesar 10,1 g dan protein 1,5 g berperan dalam mendukung kebutuhan energi dan fungsi metabolisme tubuh. Jahe juga mengandung lemak dalam jumlah rendah (1 g), sehingga relatif aman dikonsumsi dalam berbagai pola makan. Kandungan serat yang cukup tinggi yaitu 12 g menunjukkan potensi jahe dalam mendukung kesehatan saluran cerna dan membantu pengendalian metabolisme. Dari sisi mineral, jahe menonjol dengan kandungan kalium yang tinggi (441,7 mg) yang berperan penting dalam pengaturan tekanan darah dan keseimbangan cairan tubuh. Selain itu, kandungan kalsium (21 mg) dan fosfor turut mendukung kesehatan tulang dan fungsi fisiologis lainnya. Meskipun kandungan vitamin C relatif rendah (4 mg), secara keseluruhan jahe berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional, terutama untuk mendukung kesehatan kardiovaskular dan pencegahan hipertensi

1.2.3.4 Manfaat Jahe

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan tanaman herbal yang memiliki berbagai manfaat bagi kesehatan dan telah didukung oleh sejumlah penelitian ilmiah. Jahe mengandung senyawa bioaktif utama seperti gingerol, *shogaol*, dan *zingiberone* yang berperan sebagai antiinflamasi, antioksidan, dan antimikroba. Kandungan senyawa tersebut berkontribusi dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh, meredakan mual dan gangguan pencernaan, serta membantu mengurangi nyeri otot dan sendi akibat aktivitas fisik maupun peradangan kronis (Muhammad et al., 2023). Selain itu, jahe juga memiliki efek kardioprotektif, mampu meningkatkan sirkulasi

darah, menurunkan kadar kolesterol, serta mengurangi risiko penyakit kardiovaskular. Kemampuannya dalam menstimulasi sistem pencernaan, meningkatkan metabolisme, dan memberikan efek hangat pada tubuh menjadikan jahe tidak hanya sebagai rempah dapur, tetapi juga sebagai bahan pangan fungsional dan obat tradisional yang berpotensi meningkatkan kesehatan secara menyeluruh (Rahmi & Adam, 2025).

Selain manfaat umum tersebut, jahe juga memiliki potensi signifikan dalam membantu mengendalikan tekanan darah pada penderita hipertensi. Senyawa gingerol, shogaol, dan zingerone berperan dalam meningkatkan sirkulasi darah, menurunkan kekakuan pembuluh darah (*arterial stiffness*), serta menghambat agregasi platelet. Mekanisme antihipertensi jahe meliputi penghambatan kanal kalsium, peningkatan produksi prostaglandin, dan efek diuretik ringan yang membantu menurunkan volume darah, sehingga berkontribusi pada penurunan tekanan darah (Martina et al., 2024). Beberapa penelitian empiris mendukung efektivitas jahe sebagai intervensi nonfarmakologis dalam pengendalian hipertensi. Penelitian oleh Nadia (2020) menunjukkan bahwa senyawa aktif jahe mampu menghambat aktivitas enzim *angiotensin converting enzyme* (ACE), yang berperan penting dalam regulasi tekanan darah. Selain itu, penelitian eksperimental oleh Ramadhan et al., (2024) melaporkan bahwa pemberian rebusan jahe sebanyak 4 gram selama lima hari mampu menurunkan tekanan darah sistolik dari 141,32 mmHg menjadi 132,59 mmHg serta tekanan darah diastolik dari 94,27 mmHg menjadi 81,55 mmHg. Temuan ini menegaskan bahwa jahe berpotensi dikembangkan sebagai alternatif terapi nonfarmakologis yang alami, aman, dan mudah diakses oleh masyarakat dalam upaya pencegahan dan pengendalian hipertensi.

1.2.4 Tinjauan Pustaka Permen Jelly

1.2.4.1 Defenisi Permen Jelly

Permen jelly merupakan salah satu produk pangan olahan yang memiliki tekstur kenyal dan rasa manis yang disukai berbagai kelompok usia, mulai dari anak-anak hingga dewasa. Produk ini dibuat dengan menggunakan bahan dasar seperti gula, gelatin atau pektin, air, serta perasa alami atau buatan untuk menghasilkan tekstur dan cita rasa yang diinginkan. Selain rasanya yang menarik, permen jelly memiliki keunggulan dalam kemudahan konsumsi karena tidak memerlukan persiapan khusus dan dapat dibawa kemana saja (Luwatin et al., 2024).

Permen jelly juga memiliki daya simpan yang relatif baik jika dikemas dan disimpan dalam kondisi optimal, sehingga memungkinkan distribusi yang lebih luas. Dalam konteks pangan

fungsi, permen jelly berpotensi menjadi media yang efektif untuk memasukkan bahan bioaktif atau nilai gizi tambahan, seperti ekstrak belimbing wuluh dan jahe, tanpa mengurangi karakteristik sensoris produk. Hal ini membuat permen jelly menjadi pilihan ideal sebagai sarana inovatif untuk mendukung kesehatan masyarakat melalui pendekatan pencegahan penyakit, termasuk hipertensi (Hasimun et al., 2024).

1.2.4.2 Syarat Mutu Permen jelly

Mutu permen jelly ditentukan oleh beberapa aspek penting yang mencakup karakteristik fisik, kimia, mikrobiologi, dan organoleptik. Secara fisik, permen jelly harus memiliki tekstur kenyal namun tidak keras, mudah dikunyah, tidak lengket, dan stabil selama penyimpanan. Warna dan bentuk produk harus menarik serta konsisten dengan standar visual yang ditetapkan, karena persepsi warna dapat memengaruhi kesan kesegaran dan kualitas produk (Amaliah & Farida, 2019).

Dari aspek kimia, kadar gula, pH, serta kandungan bahan bioaktif seperti vitamin, flavonoid, atau senyawa fungsional lain harus sesuai dengan formulasi untuk memastikan efektivitas produk. Mutu mikrobiologi juga penting untuk menjamin keamanan konsumsi; permen jelly harus bebas dari kontaminasi bakteri patogen, kapang, atau khamir yang dapat merusak produk dan membahayakan kesehatan konsumen. Selain itu, evaluasi organoleptik melalui uji hedonik atau ranking test diperlukan untuk mengetahui penerimaan konsumen terhadap rasa, aroma, dan tekstur produk. Pemenuhan syarat mutu ini sangat penting agar permen jelly tidak hanya aman dan tahan simpan, tetapi juga dapat diterima dan dikonsumsi secara berkelanjutan.

Tabel 1.4 Syarat Mutu Permen Jelly

Kriteria Uji	Satuan	Spesifikasi
1. Keadaan		
Bau		Normal
Rasa		Normal
Warna		Normal
Tekstur		Normal
2. Kadar air	% fraksi massa	Max 20
3. Kadar abu	% fraksi massa	Max 3
4. Kadar gula reduksi (gula invert)	% fraksi massa	Max 25
5. Sakarosa	% fraksi massa	Min 27
6. Cemaran logam		
Timbal (Pb)	mg/kg	Max 2
Tembaga (Cu)	mg/kg	Max 2

Kriteria Uji	Satuan	Spesifikasi
Timah (Sn)	mg/kg	Max 4
Raksa (Hg)	mg/kg	Max 0,03
7. Cemarkan Arsen (As)	mg/kg	Max 1
8. Cemarkan mikroba		
Bakteri coliform	APM/g	Max 20
<i>E.coli</i>	APM/g	<3
<i>Salmonella</i>		Negatif/25
<i>Staphylococcus Aureus</i>		g
Kapang dan khamir	Koloni/g	Max 1x 102
	Koloni/g	Max 1x102

Sumber: *Badan Standarisasi Nasional (2008)*

1.2.4.3 Bahan Tambahan dalam Pembuatan Permen Jelly

1. Gelatin Halal

Gelatin halal terbuat dari kolagen protein yang terdapat pada tulang dan kulit hewan, gelatin dapat berfungsi sebagai pembentuk gel, pemantap emulsi, pengental, penjernih, pengikat air, pelapis dan pengemulsi. Gelatin kering dengan kadar air 8-12% mengandung protein sekitar 84-86%, lemak hampir tidak ada, dan 2-4% mineral. Dari 10 jenis asam amino esensial yang dibutuhkan oleh tubuh. Gelatin mempunyai banyak kegunaan dalam berbagai industri, berfungsi sebagai bahan pengisi, pengemulsi (*emulsifier*), pengikat, pengendap, pemer kaya gizi, pengatur elastisitas, dapat membentuk lapisan tipis yang elastis, membentuk film yang transparan dan kuat, kemudian sifat penting lainnya yaitu daya cernanya yang tinggi dan dapat diatur, sebagai pengawet, humektan, penstabil, gelatin dapat berubah secara reversibel (Wulan et al., 2024).

Untuk meningkatkan kekenyalan permen jelly, dilakukan penambahan gelatin karena sifat gelatin yang reversibel (bila dipanaskan akan terbentuk cairan dan sewaktu didinginkan akan terbentuk gel lagi) dibutuhkan dalam pembuatan permen lunak. Sifat lain dari gelatin adalah jika konsentrasi terlalu tinggi maka gel yang terbentuk akan kaku, sebaliknya jika konsentrasi terlalu rendah, gel menjadi lunak atau tidak terbentuk gel. Kekuatan dan stabilitas gel tergantung pada beberapa faktor antara lain konsentrasi gelatin, temperatur, bobot molekul gel, lama pendinginan, distribusi asam dan basa, struktur gelatin, pH dan reagen tambahan (Fatmawati et al., 2022).

2. High Fructose Syrup

High fructose syrup adalah gula yang dihasilkan melalui pencampuran glukosa, fruktosa dengan oligosakarida yang dipasarkan dalam bentuk cair. Umumnya komposisi HFS terdiri dari 42-55% fruktosa. HFS banyak digunakan untuk pengolahan produk minuman, jeli dan produk olahan susu karena tingkat kemanisan HFS yang hampir sama dengan gula sukrosa sehingga dapat menggantikan penggunaan gula sukrosa dengan gula cair HFS serta mengonsumsi gula HFS juga menurunkan resiko akan diabetes karena gula HFS terbuat dari substitusi sukrosa dengan golongan oligosakarida *High fructose Syrup* (HFS) merupakan gula cair yang dihasilkan dengan cara mengubah sebagian glukosa yang diperoleh dari hidrolisa pati melalui proses isomerisasi. Tahapan reaksi meliputi likuifikasi (pengolahan pati menjadi dekstrin), sakarifikasi (pemecahan dekstrin menjadi glukosa), dan isomerisasi (pengubahan glukosa menjadi fruktosa) (Ramadhan & Dwialoka, 2025).

HFS merupakan larutan pekat dengan derajat kemurnian yang amat tinggi, bebas dari ion-ion logam maupun ion-ion beracun lainnya, misalnya timah hitam, besi, tembaga, sulfat, sianida dan sebagainya *High Fructose Syrup* (HFS) dan gula invert memiliki kelarutan yang lebih cepat larut dari dekstrosa, serta sedikit lebih baik dibanding dengan sukrosa. Oleh karena itu, kemurnian dan sifat-sifat kimia/fisika yang dimilikinya, HFS sangat tepat digunakan sebagai bahan pemanis dan *doctoring agent* pada industri-industri pengalengan buah-buahan, minuman ringan, yogurt, limun, kue, permen dan lain-lain. Untuk menurunkan kekerasan peme dan membentuk tekstur yang liat maka dapat digunakan fruktosa dan sukrosa (Mardhotillah, 2025).

1.2.5 Tinjauan Umum Uji daya terima

1.2.5.1 Defenisi Uji Daya Terima

Uji daya terima merupakan metode penilaian sensoris yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesukaan konsumen terhadap suatu produk pangan. Uji ini bertujuan menilai seberapa baik produk diterima dari segi organoleptik, termasuk rasa, aroma, warna, tekstur, dan tampilan secara keseluruhan. Penilaian dapat dilakukan menggunakan panelis terlatih maupun tidak terlatih, tergantung tujuan penelitian dan jenis informasi yang ingin diperoleh.

Hasil uji daya terima memberikan gambaran tentang preferensi konsumen, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perbaikan formulasi produk agar lebih sesuai dengan selera target

pasar. Dalam konteks pengembangan pangan fungsional, uji daya terima menjadi sangat penting karena manfaat kesehatan produk saja tidak cukup jika produk tersebut tidak disukai atau sulit diterima oleh konsumen (Saputri et al., 2021).

1.2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Daya Terima

Daya terima suatu produk pangan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkaitan dengan karakteristik organoleptik, psikologis, dan sosial budaya konsumen. Faktor utama adalah karakteristik sensoris produk, meliputi rasa, aroma, warna, tekstur, dan penampilan visual. Rasa yang seimbang, aroma yang menarik, warna yang cerah, serta tekstur yang sesuai ekspektasi konsumen dapat meningkatkan penerimaan produk (Utami et al., 2022).

Selain itu, pengalaman dan kebiasaan konsumsi konsumen juga memengaruhi daya terima, konsumen cenderung menyukai produk yang sesuai dengan preferensi sebelumnya atau dengan rasa yang familiar. Faktor psikologis, seperti persepsi terhadap manfaat kesehatan, kualitas, dan kepercayaan terhadap merek atau bahan yang digunakan, turut menentukan tingkat kesukaan. Terakhir, kondisi penyajian dan konteks konsumsi, misalnya suhu, kemasan, dan lingkungan makan, juga dapat memengaruhi persepsi dan penilaian konsumen. Dalam pengembangan pangan fungsional, pemahaman faktor-faktor ini sangat penting untuk memastikan produk tidak hanya sehat tetapi juga diterima secara luas oleh target konsumen (Mumpuni & Khasanah, 2021).

1.2.5.3 Uji Organoleptik

Uji organoleptik merupakan metode evaluasi sensoris yang digunakan untuk menilai kualitas produk pangan berdasarkan persepsi panca indera manusia, yaitu penglihatan, penciuman, pengecap, perabaan, dan pendengaran. Metode ini bertujuan mengetahui karakteristik organoleptik produk, seperti warna, aroma, rasa, tekstur, dan tampilan keseluruhan, serta tingkat kesukaan konsumen terhadap produk tersebut. Uji organoleptik dapat dilakukan menggunakan panelis terlatih untuk penilaian objektif atau panelis tidak terlatih untuk menilai preferensi konsumen secara umum. Beberapa metode uji organoleptik yang umum digunakan meliputi uji hedonik, uji ranking, dan uji skala diferensial terlatih (Rohmaniyah et al., 2023).

Salah satu metode pengujian organoleptik adalah uji hedonik (metode *scoring* atau *ranking*). Metode ini digunakan untuk membandingkan kualitas dua atau lebih produk sejenis dengan pemberian nilai atau skor terhadap sifat-sifat tertentu, serta digunakan sebagai penentu tingkat kesukaan produk. Uji kesukaan bertujuan untuk mengukur tingkat kesukaan atau daya terima dari suatu produk. Metode ini melibatkan jumlah responden yang cukup

besar. Pengamatan dari metode ini dianggap lebih baik apabila jumlah panelis yang digunakan semakin banyak. Hal ini menyebabkan perbedaan antar panelis menjadi semakin kecil, serta pengamatan dan tanggapan dari populasi menjadi lebih luas (Sueno et al., 2020).

Prinsip uji ini adalah panelis memberikan tanggapan pribadi mereka terhadap suatu produk, lalu menyatakannya melalui skala tingkat kesukaan (skala hedonik) yang akan diubah menjadi skala numerik dengan angka yang meningkat sesuai dengan tingkat kesukaan. Data numerik akan dianalisis secara statistik. Tujuan dari uji hedonik ini adalah sebagai langkah dalam mengevaluasi dan memperbaiki produk sebelum dipasarkan dan mengetahui produk yang paling disenangi oleh konsumen. Dalam penilaian hedonik dibutuhkan panel. Panel adalah kelompok orang yang bertugas dalam menilai sifat atau mutu produk berdasarkan penilaian subjektif. Orang yang menjadi anggota dalam panel disebut panelis. Menurut Soekarto (1985), panel terdiri dari beberapa macam yakni (Sunaeni, Ismail & Brilliantia, 2021):

1.2.6 Tinjauan Umum Umur Simpan

1.2.6.1 Defenisi Umur Simpan

Umur simpan produk pangan didefinisikan sebagai rentang waktu sejak produk diproduksi hingga mengalami penurunan kualitas yang menyebabkan sifat penampakan, rasa, aroma, tekstur, atau nilai gizi tidak lagi dapat diterima oleh konsumen. Suatu produk dikatakan masih berada dalam masa umur simpannya apabila kualitasnya masih memenuhi standar penerimaan konsumen dan bahan pengemas masih mampu mempertahankan integritas serta melindungi isi kemasan secara optimal. Faktor-faktor yang memengaruhi umur simpan produk pangan mencakup karakteristik alamiah bahan pangan, termasuk sensitivitas terhadap air, oksigen, serta potensi terjadinya reaksi kimia dan fisik; ukuran dan volume kemasan; kondisi lingkungan selama penyimpanan seperti suhu dan kelembaban; serta ketahanan kemasan terhadap perpindahan uap air, gas, dan bau, termasuk kualitas segel dan penutupannya (Ruhaeni et al., 2025).

Penentuan umur simpan produk pangan dapat dilakukan menggunakan dua pendekatan utama, yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT). ESS merupakan metode konvensional yang dilakukan dengan menyimpan produk pada kondisi normal sehari-hari kemudian mengamati penurunan mutunya hingga mencapai batas kedaluwarsa. Metode ini memiliki tingkat akurasi tinggi, namun membutuhkan waktu lama dan banyak parameter analisis. Sebaliknya, ASLT menggunakan kondisi lingkungan yang dipercepat

seperti suhu atau kelembaban tinggi untuk mempercepat terjadinya reaksi penurunan mutu. Keunggulan metode ASLT adalah waktu pengujian yang jauh lebih singkat tetapi tetap memberikan ketepatan dan akurasi hasil yang tinggi sehingga banyak digunakan dalam penelitian pangan modern (Mardhiyyah & Ningsih, 2021).

1.2.6.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Umur Simpan

1. Faktor Intrinsik

Setiap produk pangan mengalami perubahan dan kemunduran mutu dengan kecepatan yang berbeda, dipengaruhi oleh karakter intrinsiknya. Faktor-faktor intrinsik yang berperan besar terhadap masa simpan meliputi aktivitas air (*aw*), pH, ketersediaan oksigen, komposisi gizi, jumlah dan jenis mikroba, sifat biokimia khas produk (misalnya enzim), serta keberadaan bahan pengawet alami maupun tambahan. Aktivitas air menentukan laju pertumbuhan mikroba dan reaksi kimia; semakin tinggi *aw*, semakin cepat kerusakan terjadi. Nilai pH turut menentukan stabilitas mikrobiologis, karena bakteri patogen umumnya tidak tumbuh pada pH rendah. Selain itu, ketersediaan oksigen dapat mempercepat reaksi oksidasi lemak maupun vitamin. Komposisi zat gizi seperti lemak, protein, dan karbohidrat juga berpengaruh karena masing-masing memiliki kerentanan degradasi yang berbeda. Kandungan mikroba awal, keberadaan enzim perusak, serta bahan pengawet seperti garam, gula, atau senyawa fenolik akan secara langsung menentukan stabilitas mutu produk selama penyimpanan (Luthfiyanti et al., 2020).

Seluruh karakter intrinsik tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor produksi, yang mencakup bahan baku, kondisi pengolahan, serta pengemasan. Bahan baku yang berkualitas baik dan disimpan dengan benar menjadi kunci masa simpan yang optimal, bahan baku yang rusak atau mendekati kedaluwarsa akan menghasilkan produk akhir dengan masa simpan lebih pendek. Kondisi pengolahan seperti sanitasi pabrik, kebersihan alat, higiene tenaga kerja, serta kontrol suhu, waktu, pH, dan tekanan menentukan keamanan dan kestabilan produk. Proses yang tidak higienis akan meningkatkan kontaminasi mikroba sehingga memperpendek masa simpan. Selanjutnya, pengemasan memiliki peran vital dalam melindungi produk dari oksigen, kelembapan, cahaya, dan kontaminan. Pemilihan bahan kemasan yang sesuai dan proses pengemasan yang baik akan membantu mempertahankan mutu sensorik, kimia, dan mikrobiologis produk hingga akhir masa simpannya (Yusuf, 2023).

2. Faktor Ekstrinsik

Faktor ekstrinsik merupakan faktor-faktor yang memengaruhi mutu produk pangan setelah produk tersebut keluar dari pabrik, yaitu selama proses penyimpanan, distribusi, hingga penyajian atau display di tingkat konsumen. Dengan kata lain, faktor ekstrinsik menggambarkan kondisi lingkungan tempat produk berada setelah tahap produksi selesai. Seluruh kondisi ini sangat menentukan masa simpan, karena produk pangan yang telah diproses tetap dapat mengalami kerusakan apabila tidak ditangani secara tepat. Penyimpanan yang dilakukan tanpa memperhatikan suhu, kelembapan, paparan cahaya, atau sanitasi lingkungan dapat mempercepat reaksi kimia dan pertumbuhan mikroba, sehingga memperpendek masa simpan dan menurunkan mutu produk (Zahroh et al., 2023).

Sejumlah faktor ekstrinsik penting yang sangat berpengaruh terhadap masa simpan. Suhu penyimpanan merupakan faktor utama yang memengaruhi laju reaksi kimia dan pertumbuhan mikroorganisme, semakin tinggi suhu, semakin cepat kerusakan terjadi. Kelembapan relatif (RH) berpengaruh pada penyerapan atau pelepasan air oleh produk, terutama produk kering, sehingga dapat mengubah tekstur dan mempercepat kerusakan. Paparan cahaya, baik ultraviolet maupun infra merah, dapat merusak pigmen, vitamin, dan mempercepat oksidasi lemak. Paparan mikroba dari lingkungan juga menjadi faktor yang menentukan, terutama jika proses distribusi dan penyimpanan dilakukan pada tempat dengan sanitasi buruk (Zaidiyah et al., 2019).

Selain itu, komposisi atmosfer dalam kemasan, seperti keberadaan oksigen, karbon dioksida, atau nitrogen, dapat memperlambat atau mempercepat reaksi degradasi mutu. Perlakuan panas lanjutan, misalnya pemanasan kembali sebelum konsumsi, dapat memengaruhi stabilitas mutu bila tidak sesuai dengan rekomendasi. Terakhir, penanganan produk oleh konsumen termasuk cara penyimpanan di rumah, kebiasaan membuka tutup kemasan, atau paparan suhu ruang juga sangat menentukan apakah masa simpan aktual dapat mencapai masa simpan yang ditetapkan oleh produsen.

1.2.6.3 Metode Penentuan Umur Simpan

Penentuan masa simpan dan batas kedaluwarsa merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi industri pangan, terutama karena memerlukan waktu pengamatan yang panjang untuk memperoleh hasil estimasi yang akurat. Oleh karena itu, diperlukan berbagai pendekatan yang dapat digunakan secara

komprehensif untuk menghasilkan estimasi masa simpan yang tepat dan reliabel. Secara umum, terdapat lima pendekatan pendugaan masa simpan yang dapat digunakan. Dalam praktiknya, kelima pendekatan tersebut sering diterapkan secara simultan, karena informasi dari satu pendekatan dapat saling melengkapi dan memperbaiki estimasi yang diperoleh dari pendekatan lainnya. Pendekatan-pendekatan ini digunakan secara terpadu untuk mempercepat proses estimasi, meningkatkan ketepatan hasil, serta menyesuaikan estimasi dengan karakteristik unik suatu produk pangan (Desva et al., 2023).

Pendekatan pertama adalah nilai pustaka (*literature value*), yaitu membandingkan produk yang dikembangkan dengan produk sejenis yang telah dipublikasikan atau telah diproduksi oleh industri lain. Pendekatan ini cocok digunakan ketika informasi ilmiah mengenai produk sejenis cukup tersedia. Pendekatan kedua adalah *distribution turn over*, yang menggunakan data masa simpan produk sejenis yang beredar di pasaran. Metode ini hanya dapat diterapkan apabila produk memiliki kesamaan formulasi, proses pengolahan, serta karakteristik mutu (Ramadani et al., 2023).

Pendekatan ketiga adalah *distribution abuse test*, yaitu pengujian masa simpan berdasarkan analisis kondisi penyimpanan dan distribusi nyata di lapangan atau dengan mempercepat kerusakan melalui kondisi ekstrim, misalnya penyimpanan pada suhu lebih tinggi atau kelembapan tidak normal. Pendekatan keempat yaitu berdasarkan komplain konsumen, dimana produsen menghitung estimasi masa simpan dari data keluhan terkait penurunan mutu produk yang telah didistribusikan. Pendekatan terakhir adalah *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT), yaitu metode percepatan kerusakan yang dilakukan di laboratorium. ASLT banyak digunakan untuk menghemat waktu karena menggunakan kondisi lingkungan yang dipercepat namun tetap mampu memberikan estimasi masa simpan yang akurat (Zaidiyah et al., 2019).

1.2.6.4 Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)

Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) merupakan salah satu metode laboratorium yang paling banyak digunakan dalam industri pangan untuk mempercepat penentuan masa simpan produk. Prinsip dasar metode ini adalah mengatur kondisi penyimpanan di luar kondisi normal sehingga laju kerusakan produk berlangsung lebih cepat. Dengan demikian, perubahan mutu yang sebenarnya terjadi dalam jangka waktu lama dapat diamati dalam waktu yang lebih singkat (Desva et al., 2023). Pemilihan kondisi akselerasi harus disesuaikan dengan jenis produk serta faktor dominan yang mempercepat kerusakannya. Misalnya, pada produk tinggi lemak, parameter mutu yang paling relevan adalah tingkat

ketengikan pada produk yang disimpan dingin atau beku, parameter utamanya adalah pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan pada produk bubuk atau kering, perubahan kadar air merupakan indikator yang paling sering digunakan.

Metode ASLT bekerja dengan cara mempelajari karakteristik mutu produk, faktor-faktor yang memengaruhi laju kerusakan, serta menentukan batas mutu di mana produk mulai ditolak konsumen atau dianggap mencapai kedaluwarsa. Berdasarkan informasi tersebut, dibuat rancangan percobaan yang mempercepat proses penurunan mutu hingga mencapai batas akhir, kemudian dihitung estimasi masa simpan pada kondisi normal. Karena karakter kerusakan diamati pada kondisi ekstrem namun masih relevan dengan kondisi riil, estimasi yang dihasilkan tetap memiliki tingkat ketepatan dan akurasi yang tinggi. Keunggulan utama metode ASLT adalah waktu pengujiannya yang relatif singkat, jauh lebih cepat dibandingkan metode konvensional yang dapat memakan waktu hingga bertahun-tahun, terutama untuk produk dengan masa simpan panjang (Zaidiyah et al., 2019).

Dalam penentuan masa simpan menggunakan metode akselerasi, terdapat dua pendekatan utama yang umum digunakan. Pendekatan pertama adalah pendekatan kadar air kritis berdasarkan teori difusi, yaitu dengan menggunakan perubahan kadar air dan aktivitas air sebagai kriteria kedaluwarsa. Pendekatan ini banyak digunakan pada produk kering, di mana kadar air sangat menentukan mutu dan stabilitas produk. Pendekatan kedua adalah pendekatan semiempiris menggunakan persamaan Arrhenius, yaitu pendekatan berbasis teori kinetika reaksi untuk memprediksi laju kerusakan pada berbagai suhu. Model ini umumnya menggunakan reaksi ordo nol atau ordo satu, tergantung karakteristik reaksi penurunan mutu produk pangan. Kedua pendekatan ini memungkinkan produsen memperoleh estimasi masa simpan yang lebih cepat namun tetap ilmiah dan dapat dipertanggung jawabkan (Ruhaeni et al., 2025).

Produk pangan yang umum dianalisis menggunakan model Arrhenius yaitu makanan kaleng steril komersial, susu UHT, susu bubuk atau formula, produk snack/keripik, jus buah, mi instan, frozen meat, serta pangan berlemak tinggi yang rentan mengalami oksidasi atau pangan yang mengandung gula pereduksi dan protein yang dapat mengalami reaksi pencoklatan. Suhu merupakan faktor utama yang mempengaruhi laju perubahan mutu pangan, dan persamaan Arrhenius mampu menggambarkan hubungan antara kenaikan suhu dengan percepatan laju kerusakan. Untuk memperoleh model prediksi yang akurat, diperlukan pengukuran mutu pada minimal 3 sampai 4 suhu penyimpanan berbeda dengan

minimal lima titik waktu pengamatan, yaitu satu titik awal, tiga titik selama penyimpanan, dan satu titik akhir saat produk menunjukkan tanda kerusakan. Pemilihan suhu pengujian akselerasi harus mengikuti acuan standar agar reaksi kerusakan tetap relevan dan tidak menimbulkan reaksi baru yang tidak terjadi pada kondisi normal (Zahroh et al., 2023).

Menurut Syarief & Halid (1990), suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perubahan mutu pangan. Penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi akan mempercepat laju penurunan mutu dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu rendah. Oleh karena itu, pendugaan umur simpan sebaiknya dilakukan pada kondisi suhu yang terkontrol. Laju penurunan mutu pada suhu tetap dapat dianalisis menggunakan persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = k_0 e^{-Ea/RT}$$

Keterangan:

k = konstanta kecepatan reaksi

k_0 = konstanta pra-eksponensial

Ea = energi aktivasi (kJ/mol)

R = konstanta gas (1,986 kal/mol)

T = suhu mutlak (K), yaitu suhu ($^{\circ}\text{C} + 273$)

Nilai energi aktivasi (Ea) menunjukkan besarnya pengaruh suhu terhadap laju reaksi penurunan mutu. Nilai Ea diperoleh dari grafik hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$. Semakin besar nilai energi aktivasi, maka semakin sensitif laju reaksi terhadap perubahan suhu (Amphah, 2001). Persamaan Arrhenius tersebut dapat diturunkan menjadi persamaan garis lurus sebagai berikut:

$$\ln k = -\frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \ln k_0$$

Persamaan tersebut sesuai dengan persamaan garis lurus:

$$y = mx + c$$

Dengan:

$y = \ln k$

$x = 1/T$

$m = -Ea/R$ (gradien)

$c = \ln k_0$ (intersep)

Nilai gradien (m) menunjukkan arah dan besarnya pengaruh suhu terhadap laju penurunan mutu. Gradien bernilai negatif menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, maka nilai konstanta laju reaksi (k) semakin besar, sehingga laju kerusakan produk berlangsung lebih cepat.

Penurunan mutu produk yang terjadi sering diidentifikasi dengan penggunaan suhu sebagai cara untuk mengetahui umur simpan produk. Salah satu model akselerasi untuk menentukan umur simpan produk adalah model Arrhenius (Herawati, 2008). Penggunaan suhu menjadi faktor yang berperan penting dalam penentuan perubahan produk. Laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin besar jika suhu penyimpanan yang digunakan juga semakin besar. Asumsi dalam model Arrhenius ini adalah perubahan faktor terjadinya perubahan mutu hanya ditentukan oleh satu macam reaksi saja, bukan karena faktor lain (Linatas, 2010). Pengaruh suhu dalam suatu reaksi dapat dideskripsikan dengan menggunakan persamaan Arrhenius, seperti di bawah ini:

$$k = k_0 \exp(-E_a/RT) \dots (\text{persamaan nomor 1})$$

$$\ln k = \ln k_0 - (E_a/RT) \dots (\text{persamaan nomor 2})$$

$$\ln k = \ln k_0 - \{ (E/R) \cdot (1/T) \} \dots (\text{persamaan nomor 3})$$

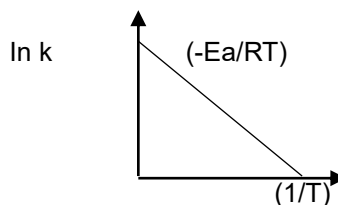
Keterangan :

k = Konstanta laju kadar air, k_0 = Konstanta pre eksponensial

E_a = Energi aktivasi (kal/mol), T = Suhu mutiik (K)

R = Konstanta gas (1,986 kal/mol K)(Salim, 2014)

Berdasarkan persamaan nomor 2, diperoleh kurva berupa garis linier pada plot $\ln k$ terhadap $(1/T)$ dengan slope $-E_a/R$ seperti



Gambar 1. Kurva Garis Linier

Kurva hubungan nilai $\ln k$ dengan slope $(-E_a/RT)$ pada persamaan Arrhenius. Lalu interpretasi E_a (energi aktivasi) mampu memberi gambaran terhadap besaran efek suhu dengan reaksi. Nilai E_a didapatkan dari slope grafik garis lurus hubungan $\ln k$ dengan $(1/T)$. E_a yang besar menunjukkan pula adanya perubahan nilai $\ln k$ dan slope yang besar dari beberapa derajat suhu (Hustiany, 2016).

Adapun tahapan Metode Arrhenius meliputi:

1) Regresi Linear Sederhana.

Analisis regresi linear sederhana dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu buah variabel bebas terhadap satu buah variabel terikat. Data dari analisis setiap parameter diplotkan terhadap waktu (hari) dan didapatkan persamaan regresi linearnya sehingga diperoleh tiga persamaan untuk tiga kondisi suhu penyimpanan produk (Salim, 2014):

$$y = bx + a.... \text{ (persamaan nomor 4)}$$

Dimana,

y = nilai karakteristik cookies

x = waktu penyimpanan (hari)

b = laju perubahan karakteristik
(slope = laju penurunan mutu = k)

a = nilai karakteristik awal produk

Pada metode Arrhenius ini regresi linear merupakan tahapan pertama untuk memperoleh persamaan Arrhenius maka variabel yang dapat diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

a) Variabel bebas : Hari penyimpanan (X)

Hari penyimpanan merupakan waktu yang digunakan penelitian pada interval tertentu untuk mengetahui tanda - tanda kerusakan produk sehingga dengan adanya hari penyimpanan akan memperoleh hasil analisis kemudian dihitung laju penurunan mutunya menggunakan metode Arrhenius.

b) Variabel terikat : Aw (Aktifitas Air) (Y)

Umur simpan erat hubungannya dengan kadar air kritis yaitu kadar air produk dimana secara organoleptik masih dapat diterima konsumen. Nilai dari a dan b pada persamaan regresi dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

Dimana :

Y = variabel dependent

X = Variabel Independent

α = Konstanta

b = Koefisien regresi

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

2) Menghitung Ln k

Mengambil koefisien variabel b dari persamaan regresi linear diatas maka dihitung Ln dari tiap-tiap variabel, kemudian dijadikan Ln K. Proses ini dilakukan per masing-masing suhu.

3) Menghitung 1/T+273

Perhitungan ini mengambil suhu inputan user kemudian menghitungnya dengan rumusan diatas, dimana T = suhu, dan nilai Kelvin 273°C. Misal: suhu = 30°C, maka : $1/30+273 = 273,03$. Pada proses ini dilakukan pada tiap - tiap suhu penyimpanan.

4) Regresi Linear (Proses regresi ke 2).

Dilakukan perhitungan regresi linear kembali antara $\ln K$ (dari point 2 diatas) dan $1/T$ (dari point 3 diatas) dimana $X = \ln K$ dan $Y = 1/T$ di proses dengan rumusan linear yang sama, kemudian diproyeksikan dengan grafik. Didapat persamaan $y = A + B 1/T$ ($A = \ln K$ dan $B = 1/T$).

5) Energi Aktivasi (E)

Proses selanjutnya yaitu mencari nilai E dengan cara $E/R=B$, dimana $R = 1,986 \text{ kal / mol}$ (persamaan konstanta gas) dan B dari variabel b (persamaan regresi diatas) sehingga $E = R.B$

Nilai energi aktivasi (E_a) pada suhu T (K) dapat ditentukan dengan persamaan Arrhenius: $k = K \exp(-E_a/RT)$

Menurut (Arpah, M. 2001), penggolongan jenis reaksi berdasarkan besaran energi aktivasinya dapat dapat digolongkan menjadi 3 yaitu:

- Energi aktivasi tergolong rendah memiliki nilai 2-15 kkal/mol, seperti reaksi perubahan senyawa karotenoid, perubahan pada pigmen klorofil, atau oksidasi asam lemak.
- Energi aktivasi tergolong sedang memiliki nilai 15-30 kkal/mol, seperti reaksi kerusakan vitamin, kerusakan pigmen yang larut air, atau reaksi mailard.
- Energi aktivasi tergolong tinggi memiliki nilai 30-150 kkal/mol, seperti denaturasi enzim, inaktivasi mikroba dan spora.

Suhu adalah salah satu faktor yang berperan dalam terjadinya perubahan mutu makanan sehingga harus diperhatikan selama penyimpanan. Jika suhu penyimpanan semakin besar maka semakin cepat terjadi laju reaksi senyawa kimia. Adapun persamaan Arrhenius digunakan untuk mengetahui hubungan suhu dengan kecepatan penurunan mutu (Pulungan et al., 2016).

Tabel 1.5. Penentuan suhu pengujian umur simpan produk

Jenis Produk	Suhu Pengujian ($^{\circ}\text{C}$)
Susu bubuk	<35
Pangan kering	25, 30, 35, 40, dan 45
Pangan dingin	0 hingga 5 dan maksimal 8
Pangan beku	-5, -10,dan -15

Sumber : Labuza dan Schmidl (1985).

6) Orde Reaksi

Orde reaksi ditentukan berdasarkan nilai R^2 yang paling mendekati 1 dan menentukan orde reaksi dengan melalui kurva. Kurva orde nol menunjukkan hubungan yang linear antara konsentrasi dengan waktu pada berbagai suhu penyimpanan. Reaksi orde satu menunjukkan hubungan yang linear antara $\ln$ konsentrasi terhadap waktu pada berbagai suhu penyimpanan, sedangkan untuk reaksi orde dua menunjukkan hubungan yang linear antara $1/\text{konsentrasi}$ terhadap waktu (Martono, Y., et al, 2014).

Orde reaksi menyatakan besarnya pengaruh konsentrasi pereaksi pada laju reaksi. Orde persamaan laju reaksi hanya dapat ditentukan secara eksperimen dan tidak dapat diturunkan dari koefisien persamaan reaksi. Penurunan mutu orde reaksi nol adalah penurunan mutu yang konstan. Reaksi yang termasuk pada orde reaksi nol laju reaksinya tidak tergantung pada konsentrasi pereaksinya, dengan kata lain reaksi berlangsung dengan laju yang tetap. Jenis reaksi orde reaksi nol tidak terlalu umum terjadi. Tipe kerusakan yang mengikuti kinetika reaksi orde reaksi nol meliputi reaksi kerusakan enzimatis, pencoklatan enzimatis, dan oksidasi (Martono, Y., et al, 2014). Adapun penurunan mutu yang mengikuti orde reaksi satu menunjukkan bahwa adanya reaksi ketengikan, pertumbuhan mikroba, off-flavor, kerusakan vitamin, dan penurunan mutu vitamin (Taoukis et al. 1997).

Menurut Pratiwi (2009), setiap parameter yang diuji mempunyai laju perubahan mutu yang berbeda-beda. Orde reaksi nol terjadi saat kerusakannya konstan (linier). Sedangkan orde reaksi satu terjadi saat kerusakannya tidak konstan secara logaritmik. Orde reaksi dipilih dengan melihat R^2 yang lebih besar, lalu dan dibuatkan regresi liniernya. Penentuan orde reaksi dihitung masing-masing sesuai parameter suhu yang diamati. Adapun umur simpan (t_s) produk ditentukan dengan persamaan $t_s = (Q_0 - Q_S)/k$ untuk laju reaksi orde nol dan $t_s = [\ln(Q/Q_S)]/k$ untuk reaksi orde satu, dimana Q_0 adalah nilai mutu awal dan Q_S adalah nilai mutu akhir.

1) Kadar air

Kadar air dan aktivitas air sangat berpengaruh dalam menentukan masa simpan dari makanan, karena faktor-faktor ini akan mempengaruhi sifat-sifat fisik (kekerasan dan kekeringan) dan sifat fisiko-kimia, perubahan-perubahan kimia, kerusakan mikrobiologis dan perubahan enzimatis terutama pada makanan yang tidak diolah (Pudjiastuti et al., 2013).

Menurut Labuza et al. (1979) hubungan antara aktivitas air dan mutu makanan yang dikemas adalah sebagai berikut:

- a) Mikroorganisme berbahaya dapat hidup pada aktivitas air di atas selang 0,7 - 0,75 sehingga merusak produk.
- b) Jamur hidup pada aktivitas air sekitar 0,6 - 0,7.
- c) Makanan dapat kehilangan tekstur renyah dengan aktivitas air sekitar 0,35 - 0,5.
- d) Aktivitas air 0,4 - 0,5 dapat menghasilkan produk pasta mudah hancur selama penyimpanan dan pemasakan.

2) Uji Total Mikroba

merupakan makhluk hidup yang mempunyai ukuran mikroskopis seperti bakteri, fungi dan virus. Ukuran mikroba biasanya dinyatakan dalam mikron (μ), 1 mikron adalah 0,001 mm dan umumnya bisa dilihat jika menggunakan mikroskop, meskipun ada juga mikroba yang ukurannya besar sehingga dapat dilihat dengan mata secara langsung (Mayasari, 2020).

Keberadaan mikroba meliputi bakteri, kapang/jamur serta virus dapat menyebabkan perubahan-perubahan yang tidak diinginkan seperti penampilan, tekstur, rasa dan bau dari makanan. Jumlah mikroba yang terlalu tinggi mengakibatkan perubahan zat gizi atau bahkan merusak zat gizi serta mengubah karakter organoleptik dari produk. Angka Lempeng Total (ALT) atau Total Plate Count (TPC) merupakan metode kuantitatif yang dipakai untuk mengetahui besaran mikroba yang ada pada suatu sampel (BPOM RI, 2008).

Total Plate Count (TPC) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah mikroba dalam bahan pangan. Metode hitungan cawan (TPC) merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam analisa, karena koloni dapat dilihat langsung dengan mata tanpa menggunakan mikroskop. Untuk menghitung total bakteri dengan metode cawan digunakan Nutrient Agar (NA) (BPOM RI, 2008). Menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (Nomor HK.00.061.52.4011) batas maksimum cemaran mikroba yang diperbolehkan untuk produk pangan olahan adalah untuk mikroba dengan pengujian ALT (30°C, 72 jam) 1×10^4 koloni/gr, APM Koliform $<3/g$, salmonella sp. negatif/25 gr atau negatif/25 ml, Staphylococcus aureus negatif/gr atau negatif/ml (BPOM RI, 2008).

Tabel 1.6 Hasil Sintesa Penelitian Terdahulu terkait Potensi Belimbing Wuluh dan Jahe dalam Menurunkan Tekanan Darah

No.	Judul (penulis,tahun)	Metode	Hasil Penelitian	Rekomendasi
1.	Pengaruh Pemberian Jus Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) terhadap Penurunan Kadar Kolesterol pada Penderita Kolesterol di Wilayah Kerja Puskesmas Kabawo Kabupaten Muna Tahun 2022 (Salwan, Hasrima, & Herman, 2022)	Penelitian pre-eksperimental dengan desain one group pretest–posttest. Sampel 10 responden penderita hiperkolesterolemia, diambil secara purposive sampling. Intervensi berupa pemberian jus belimbing wuluh 100 ml, 2 kali sehari selama 3 hari. Analisis data menggunakan uji Paired T-Test.	Terdapat penurunan kadar kolesterol yang signifikan setelah pemberian jus belimbing wuluh. Rata-rata kadar kolesterol sebelum intervensi sebesar 232,40 mg/dl, setelah intervensi menjadi 169,00 mg/dl dengan nilai $p = 0,000$ ($\alpha < 0,05$), yang menunjukkan adanya pengaruh pemberian jus belimbing wuluh terhadap penurunan kadar kolesterol.	Tenaga kesehatan diharapkan dapat menganjurkan terapi nonfarmakologis, khususnya konsumsi jus belimbing wuluh, sebagai alternatif atau pendamping pengobatan untuk menurunkan kadar kolesterol pada penderita hiperkolesterolemia.
2.	Pengaruh Pemberian Jus Buah Belimbing Wuluh Terhadap Penurunan Tekanan Darah Pada Penderita Hipertensi Di wilayah Kerja Puskesmas Telaga (Syamsuddin & Puluwulawa,2019)	Studi ini menggunakan desain Kuasi-Eksperimental dengan pendekatan One Group Pretest-Posttest.	Studi ini menyimpulkan bahwa ada efek signifikan dari pemberian jus belimbing wuluh pada penurunan tekanan darah pada individu dengan hipertensi. Kesimpulan ini didukung oleh analisis statistik, yang menghasilkan nilai $P 0,000$ ($\alpha < 0,05$)	Berdasarkan hasil positif ini, disarankan agar penderita hipertensi mengonsumsi jus belimbing wuluh sebagai obat alternatif untuk membantu menurunkan tekanan darah

3. Effect of Averrhoa bilimbi Fruit Extract on Blood Pressure and Mean Arterial Pressure of NaCl-Induced Hypertensive Rats (Rafida et al., 2021)	Pre-post test randomized control group design dengan 3 kelompok perlakuan: kontrol (aquades), furosemide, dan ekstrak belimbing wuluh 150 mg/200 gBB. Tikus diinduksi hipertensi menggunakan larutan NaCl 8% selama 14 hari. Pengukuran tekanan darah menggunakan metode tail cuff pada hari ke-20 dan 27.	Ekstrak belimbing wuluh menurunkan tekanan darah sistolik, diastolik, dan MAP secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol maupun furosemide. Mekanisme penurunan tekanan darah berkaitan dengan kandungan kalium (meningkatkan vasodilatasi & natriuresis), flavonoid (meningkatkan NO dan vasodilatasi), serta vitamin C (mengurangi stres oksidatif). Efek penurunan tekanan darah terbesar terjadi pada kelompok yang diberi ekstrak belimbing wuluh.	Perlu penelitian lanjutan untuk menganalisis parameter ginjal seperti GFR, volume urin, elektrolit urin, dan kadar PGE2. Perlunya pengujian durasi penggunaan lebih panjang. Dapat dikembangkan sebagai kandidat antihipertensi herbal.
4. Pengaruh Pemberian Kombinasi Jus Belimbing Wuluh dan Madu terhadap Penurunan Tekanan Darah Nurul Mouliza et al., 2025)	Penelitian quasi-eksperimental dengan desain one group pretest-posttest. Sampel sebanyak 12 responden wanita usia 45–59 tahun penderita hipertensi, dipilih menggunakan purposive sampling. Intervensi berupa konsumsi kombinasi jus belimbing wuluh (100 g belimbing + 200 ml air) dan madu (± 70 g), diberikan 1 kali sehari selama 7 hari. Analisis data menggunakan uji	Terdapat penurunan tekanan darah sistolik dan diastolik yang signifikan setelah intervensi. Nilai rata-rata tekanan darah sistolik menurun dari 145,00 mmHg menjadi 120,83 mmHg ($p = 0,002$), dan tekanan darah diastolik menurun dari 90,00	Kombinasi jus belimbing wuluh dan madu dapat direkomendasikan sebagai terapi nonfarmakologis pendamping bagi penderita hipertensi, khususnya pada wanita usia pralansia, serta dapat dimanfaatkan oleh tenaga kesehatan dalam kegiatan edukasi dan pengendalian hipertensi di pelayanan kesehatan.

Wilcoxon.

mmHg menjadi 73,33 mmHg ($p = 0,001$), yang menunjukkan bahwa kombinasi jus belimbing wuluh dan madu berpengaruh signifikan terhadap penurunan tekanan darah pada penderita hipertensi.

5. Pengaruh Air Rebusan Jahe dengan Madu Terhadap Penurunan Tekanan Darah pada Lansia dengan Hipertensi di Posbindu PTM Srikandi Muhammad et al., 2023	Penelitian quasi-eksperimental dengan desain one group pretest–posttest. Sampel merupakan lansia penderita hipertensi yang terdaftar di Posbindu PTM Srikandi. Intervensi berupa pemberian air rebusan jahe yang dikombinasikan dengan madu, diberikan secara rutin selama periode intervensi. Analisis data menggunakan uji statistik non-parametrik (Wilcoxon).	Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan tekanan darah sistolik dan diastolik secara signifikan setelah pemberian air rebusan jahe dan madu. Nilai p-value < 0,05, yang menandakan bahwa kombinasi jahe dan madu berpengaruh terhadap penurunan tekanan darah pada lansia dengan hipertensi. Kandungan aktif jahe seperti gingerol dan shogaol berperan dalam vasodilatasi dan peningkatan sirkulasi darah, sedangkan madu berfungsi sebagai antioksidan dan pendukung metabolisme.	Air rebusan jahe dengan madu dapat digunakan sebagai terapi nonfarmakologis alternatif atau pendamping dalam pengendalian hipertensi pada lansia. Disarankan tenaga kesehatan Posbindu untuk memberikan edukasi pemanfaatan jahe dan madu sebagai bagian dari pengelolaan hipertensi berbasis bahan alami.
---	---	--	--

6.	Efek Pemberian Jahe Terhadap Tekanan Darah Pada Pasien Hipertensi (Elisabet Alva Nadia, 2020)	Studi literatur dari berbagai jurnal nasional dan internasional	Senyawa jahe (gingerol, shogaol, flavonoid, saponin, kalium, minyak atsiri) memiliki mekanisme menurunkan tekanan darah melalui: inhibisi ACE, blokade saluran kalsium, peningkatan nitric oxide, penurunan radikal bebas, dan efek vasodilatasi	Penelitian lanjutan diperlukan terkait dosis, cara pemberian, dan efektivitas klinis jahe untuk terapi komplementer hipertensi
7.	Pengaruh Pemberian Rebusan Jahe terhadap Penurunan Tekanan Darah pada Lansia Hipertensi di Wijaya Kusuma, Jakarta Gaung Eka Ramadhan et al., 2024)	Quasi-experimental, pre–post test without control, sampel 22 lansia hipertensi (total sampling), intervensi rebusan jahe 4 gr/200 cc + madu, diberikan 1x/hari selama 5 hari	Rata-rata tekanan darah sistolik turun dari 141,32 menjadi 132,59 mmHg (selisih 8,73 mmHg). Diastolik turun dari 94,27 menjadi 81,55 mmHg (selisih 12,72 mmHg). Uji paired t-test menunjukkan $p=0,001 \rightarrow$ signifikan.	Rebusan jahe dapat digunakan sebagai terapi non-farmakologi yang aman dan efektif untuk menurunkan tekanan darah lansia secara berkelanjutan. Perlu penelitian dengan kontrol dan durasi lebih panjang.
8.	Pengaruh Penambahan Ekstrak Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi L.) Terhadap Karakteristik Fisik, Masa Simpan, Dan Organoleptik Permen Jelly Daun Kersen Veni Rori Setiawati & Puspita Sari (2020)	Rancangan Acak Lengkap (RAL)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak belimbing wuluh tidak memberikan pengaruh nyata terhadap mutu fisik (warna) permen jelly daun kersen. Namun, penambahan ekstrak tersebut berpengaruh nyata terhadap masa	Penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan kajian mengenai kestabilan senyawa aktif belimbing wuluh selama masa penyimpanan. Selain itu, uji panelis dengan jumlah peserta yang lebih luas diperlukan agar hasil organoleptik lebih representatif. Formulasi produk juga perlu diperbaiki untuk meminimalkan rasa pahit yang

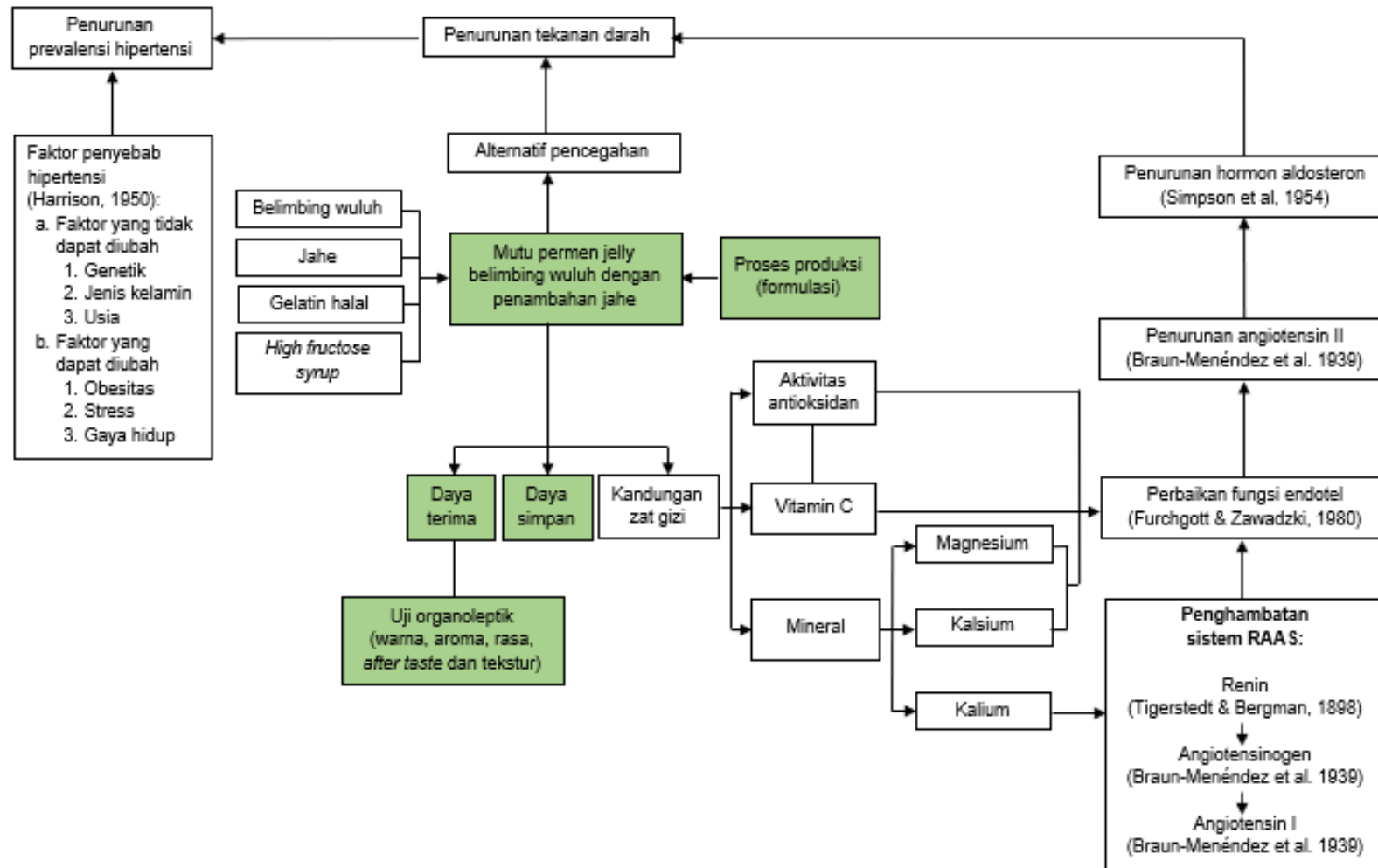
		simpan, di mana konsentrasi 15% dan 20% mampu memberikan masa simpan yang lebih baik. Selain itu, ekstrak belimbing wuluh juga berpengaruh signifikan terhadap sifat organoleptik seperti warna, aroma, dan rasa, tetapi tidak berpengaruh pada tekstur. Perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi 0% untuk parameter warna, serta 20% untuk parameter aroma dan rasa. Secara keseluruhan, konsentrasi ekstrak 15–20% memberikan hasil yang paling optimal terhadap masa simpan dan sebagian besar parameter organoleptik.	muncul pada penggunaan ekstrak dalam konsentrasi tinggi.
9.	Daya Terima Konsumen terhadap Jelly Drink Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) Saputri, Al-Bari & Pitaloka (2021)	Perlakuan terbaik: karagenan 1.5% + gula 15%, dengan nilai produk 2.39. Tingkat kesukaan panelis: rasa 6.23; warna 7.76; aroma 7.19; daya hisap 8.5; tekstur 7.54. Peningkatan konsentrasi karagenan dan gula berpengaruh terhadap warna, rasa, aroma, dan tekstur.	Perlakuan terbaik: karagenan 1.5% + gula 15%, dengan nilai produk 2.39. Tingkat kesukaan panelis: rasa 6.23; warna 7.76; aroma 7.19; daya hisap 8.5; tekstur 7.54. Peningkatan konsentrasi karagenan dan gula Menggunakan kombinasi karagenan 1.5% dan gula 15% sebagai formulasi terbaik. Produk dapat dikembangkan sebagai minuman fungsional berbasis belimbing wuluh. Disarankan pengembangan varian rasa dan uji mutu lanjutan seperti stabilitas penyimpanan.

			berpengaruh terhadap warna, rasa, aroma, dan tekstur.	
10.	Acceptability and Shelf Life of Bilimbi Leaves Tea as Alternative Antihypertension Desva et al., 2023	Eksperimen: 4 formula teh daun belimbing, uji hedonik, analisis water content & total mikroba, ASLT-Arrhenius	Formula 2 memiliki penerimaan terbaik; suhu penyimpanan memengaruhi shelf life; umur simpan terlama pada 25°C yaitu 112 hari	Formula 2 direkomendasikan sebagai produk teh herbal antihipertensi; penyimpanan disarankan pada suhu ruang untuk mempertahankan kualitas

Berdasarkan sintesa dari berbagai penelitian, belimbing wuluh dan jahe terbukti memiliki potensi signifikan sebagai bahan pangan fungsional dan terapi non-farmakologis untuk menurunkan tekanan darah. Penelitian pada produk pangan menunjukkan bahwa ekstrak belimbing wuluh mampu meningkatkan mutu organoleptik, masa simpan, serta diterima baik dalam berbagai formulasi, sementara intervensi jus dan ekstraknya konsisten menurunkan tekanan darah melalui mekanisme vasodilatasi, peningkatan nitric oxide, dan penurunan stres oksidatif. Demikian pula, jahe baik dalam bentuk rebusan maupun kombinasi dengan madu secara nyata menurunkan tekanan darah sistolik dan diastolik melalui aktivitas gingerol, shogaol, flavonoid, dan minyak atsirinya yang bekerja menghambat ACE serta merelaksasi pembuluh darah. Secara keseluruhan, kedua bahan ini menunjukkan efektivitas sebagai terapi komplementer hipertensi, meski penelitian lanjutan dengan desain lebih kuat dan sampel lebih besar masih diperlukan untuk menguatkan bukti ilmiah dan menentukan dosis yang optimal.

1.3 Kerangka Teori

Berdasarkan uraian pada bab tinjauan pustaka, ditetapkan modifikasi model kerangka teori penelitian yang mengacu pada beberapa penelitian Widiawanto & Aminuddin (2015), Harrison, T. R. (1950), Tigerstedt, R., & Bergman, P. G. (1898), Braun-Menéndez et al. (1939), Furchgott, R. F. & Zawadzki, J. V. (1980), dan Simpson et al. (1954).



Gambar 1. 3 Kerangka Teori

Pada gambar 2.3 secara keseluruhan, kerangka teori ini menguraikan bahwa pengembangan permen jelly berbasis belimbing wuluh dengan penambahan jahe dilakukan melalui proses formulasi yang melibatkan kombinasi bahan utama dan bahan pendukung untuk menghasilkan produk pangan yang stabil dan dapat diterima. Formulasi yang tepat memengaruhi karakteristik mutu sensori produk, sehingga perlu dilakukan uji daya terima melalui uji organoleptik untuk menilai tingkat kesukaan panelis terhadap atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur. Selain itu, formulasi juga berpengaruh terhadap kestabilan produk selama penyimpanan, sehingga dilakukan pengujian daya simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)* untuk memperkirakan umur simpan permen jelly. Dengan demikian, kerangka teori ini menegaskan bahwa variasi formulasi berperan penting dalam menentukan daya terima dan daya simpan permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe sebagai produk pangan olahan.

1.4 Rumusan Masalah

- 1.4.1 Bagaimana formulasi terbaik permen jelly berbahan belimbing wuluh dengan penambahan jahe
- 1.4.2 Bagaimana daya terima konsumen terhadap karakteristik organoleptik (warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan) permen jelly berbahan belimbing wuluh dengan penambahan jahe pada berbagai formulasi?
- 1.4.3 Bagaimana masa simpan produk permen jelly berbahan belimbing wuluh dengan penambahan jahe selama penyimpanan?

1.5 Tujuan Penelitian

- 1.5.1 Tujuan Umum
Tujuan umum dalam penelitian ini adalah untuk mengembangkan produk pangan fungsional berupa permen jelly berbahan belimbing wuluh dengan penambahan jahe untuk hipertensi secara alami yang memiliki daya terima baik dan masa simpan yang memadai.
- 1.5.2 Tujuan Khusus
 - 1.5.2.1 Untuk menentukan formulasi permen jelly berbahan belimbing wuluh dengan penambahan jahe.
 - 1.5.2.2 Untuk mengetahui daya terima permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe pada berbagai formulasi, meliputi aspek warna, aroma, rasa, tekstur, after taste dan penerimaan keseluruhan.
 - 1.5.2.3 Untuk mengetahui masa simpan permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe dari formulasi terpilih.

1.6 Manfaat Penelitian

- 1.6.1 Bagi Ilmiah
 - 1.6.1.1 Memberikan kontribusi keilmuan dalam bidang teknologi pangan, khususnya terkait pengembangan produk pangan fungsional berbasis bahan lokal untuk pencegahan penyakit tidak menular.
 - 1.6.1.2 Menyediakan data ilmiah mengenai formulasi optimal, karakteristik, daya terima konsumen, dan masa simpan permen jelly berbahan belimbing wuluh dengan penambahan jahe.
 - 1.6.1.3 Menjadi referensi dan dasar bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan produk pangan fungsional serupa atau aplikasi belimbing wuluh dan jahe dalam bentuk olahan pangan lainnya.
 - 1.6.1.4 Memberikan bukti ilmiah tentang potensi sinergisme kombinasi belimbing wuluh dan jahe dalam menghasilkan produk pangan fungsional dengan aktivitas antioksidan dan kandungan bioaktif yang optimal.

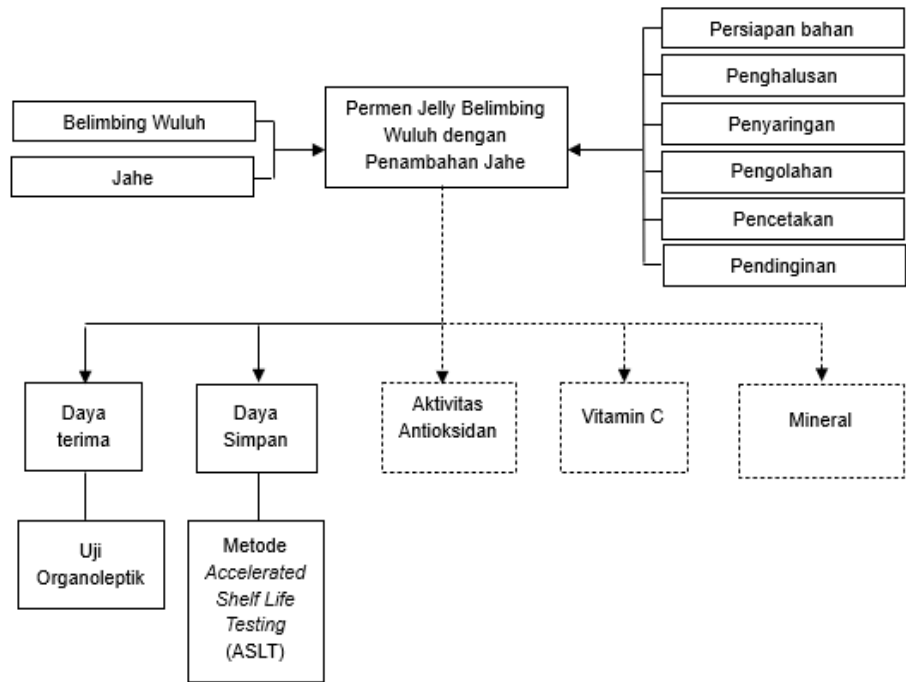
1.6.2 Manfaat Institusi (Universitas Hasanuddin)

- 1.6.2.1 Meningkatkan reputasi dan kontribusi Universitas Hasanuddin dalam pengembangan riset inovatif di bidang pangan fungsional dan kesehatan masyarakat.
- 1.6.2.2 Memperkuat posisi Universitas Hasanuddin sebagai pusat penelitian dan pengembangan produk berbasis sumber daya lokal Indonesia, khususnya wilayah Indonesia Timur.
- 1.6.2.3 Menjadi bukti nyata implementasi Tri Dharma Perguruan Tinggi, yaitu penelitian yang berorientasi pada pemecahan masalah kesehatan masyarakat dan pengabdian melalui transfer pengetahuan kepada masyarakat.
- 1.6.2.4 Memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk terlibat dalam penelitian aplikatif yang dapat meningkatkan kompetensi dan daya saing lulusan Universitas Hasanuddin.

1.6.3 Manfaat Praktis

- 1.6.3.1 Menyediakan alternatif produk pangan fungsional yang praktis, terjangkau, dan mudah dikonsumsi untuk membantu pencegahan dan pengendalian hipertensi secara alami.
- 1.6.3.2 Meningkatkan nilai ekonomis dan pemanfaatan belimbing wuluh yang selama ini masih terbatas penggunaannya sebagai bahan pangan olahan.
- 1.6.3.3 Membuka peluang diversifikasi produk olahan berbasis bahan lokal (belimbing wuluh dan jahe) yang memiliki nilai tambah ekonomi tinggi.
- 1.6.3.4 Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya konsumsi pangan fungsional berbasis bahan lokal sebagai bagian dari gaya hidup sehat dalam pencegahan hipertensi.

1.7 Kerangka Konsep



Gambar 1.4 Kerangka Konsep

1.8 Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif

Tabel 1.7 Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif

Variabel	Defenisi operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala
Permen jelly belimbing wuluh dan penambahan jahe	Makanan kudapan berbahan dasar belimbing wuluh dengan penambahan jahe untuk diuji daya terima konsumen melalui uji organoleptik serta ditentukan masa simpannya menggunakan metode <i>Accelerated Shelf Life Testing</i> (ASLT) dengan	-	-	-

Variabel	Defenisi operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala
Uji Organoleptik	model Arrhenius berdasarkan parameter penurunan mutu tekstur selama penyimpanan. Penilaian daya terima permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan permen jahe berdasarkan aroma, rasa, warna, terkstur, dan <i>after taste</i>	Uji hedonik yang dilakukan terdiri atas paramenter warna,rasa (manis,asam,p edis), Tekstur aroma dan <i>after taste</i>.	Uji hedonik dilakukan oleh panelis terbatas sebanyak 5 panelis terlatih dan panelis konsumen sebanyak 30 panelis.Uji hedonik dilakukan di laboratorium kuliner ilmu gizi universitas hasanuddin. Pemberian formular penilaian hedonik pada panelis konsumen dengan skala 1-5 yakni : (1) Sangat tidak suka (2) Tidak suka (3) Cukup suka (4) Suka (5) Sangat suka Pemberian formulir hedonik	Ordinal

Variabel	Defenisi operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala
			pada panelis terbatas yakni: (contoh : Aroma) (1) Tidak harum (2) Cukup harum (3) Netral (4) Harum (5) Sangat harum	
Uji daya simpan	Lama waktu (hari) produk permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe formula terpilih masih memenuhi mutu yang dapat diterima, ditentukan menggunakan metode <i>Accelerated Shelf Life Testing</i> (ASLT) model Arrhenius berdasarkan perubahan kadar air selama penyimpanan pada suhu 25°C, 35°C, dan 45°C dengan pengamatan pada hari ke-0, 7, 14, dan 21	Inkubator suhu terkontrol, oven, timbangan analitik, cawan porselen, dan desikator	Umur simpan ditetapkan berdasarkan hasil perhitungan kinetika reaksi ordo 0 atau ordo 1, dengan parameter kunci kadar air yang memiliki energi aktivasi (E_a) terendah, hingga mencapai batas mutu kritis yang dihitung secara matematis	Rasio

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan jenis penelitian deskriptif analitik. Penelitian ini juga merupakan bagian dari penelitian payung yang melibatkan tiga mahasiswa S1, yaitu Nur Ainun Meirani, Besse Nazwa Syairah, dan Rahmadhani Anwari Putri. Pada tahap formulasi produk permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe, penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan beberapa perlakuan formulasi penambahan jahe. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan untuk memperoleh data yang lebih akurat dan meminimalkan pengaruh faktor luar terhadap hasil penelitian.

Formulasi yang dihasilkan kemudian diuji menggunakan uji organoleptik (uji daya terima) oleh panelis untuk menilai karakteristik sensori yang meliputi warna, aroma, rasa, tekstur, *aftertaste* dan penerimaan keseluruhan. Formulasi terbaik ditentukan berdasarkan tingkat kesukaan panelis terhadap produk permen jelly. Selanjutnya, formulasi terpilih dari hasil uji organoleptik digunakan untuk tahap pengujian lanjutan. Pengujian lanjutan dilakukan melalui analisis laboratorium untuk menentukan masa simpan produk menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan model Arrhenius.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Proses pembuatan permen jelly dilakukan di Laboratorium Kuliner Program Studi Ilmu Gizi Universitas Hasanuddin, sedangkan analisis daya simpan dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Terpadu Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin. Penelitian ini direncanakan berlangsung mulai Januari hingga Maret 2026, mencakup tahap persiapan, pembuatan produk, uji organoleptik, analisis laboratorium, hingga penyusunan laporan penelitian.

2.3 Panelis

Panelis yang terlibat pada tahap uji organoleptik terdiri atas panelis terbatas sebanyak 5 orang untuk memastikan kelayakan awal produk, serta panelis konsumen sebanyak 30 orang untuk melakukan uji hedonik (kesukaan) terhadap atribut warna, aroma, rasa, tekstur dan *after taste* permen jelly. Panelis dipilih berdasarkan kesediaan dan tidak memiliki alergi terhadap bahan penelitian.

2.4 Alat Bahan dan Langkah Kerja

2.4.1 Penelitian Pendahuluan

Tahapan pendahuluan dilakukan pembuatan permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe, kemudian dilakukan uji organoleptik untuk mendapatkan formula terpilih berdasarkan tingkat kesukaan panelis.

2.4.1.1 Formulasi Permen Jelly

Penelitian pendahuluan dilakukan melalui proses produksi permen jelly berbahan dasar belimbing wuluh dengan memodifikasi prosedur dari penelitian sebelumnya oleh Fatmawati et al., (2022) dan Agusfiansyah et al., (2023). Formulasi ini bertujuan menghasilkan permen jelly sesuai standar mutu yang berlaku. Berikut ini proses formulasi permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe.

a) Alat

Timbangan digital, mangkok, baskom, pisau, talenan, *blender*, *mixer*, saringan, sendok, panci, gelas ukur, kompor, spatula silikon, *whisk*, cetakan permen silikon, termometer, dan kulkas.

b) Bahan

Belimbing wuluh yang digunakan merupakan buah yang berusia sekitar ± 4 –6 minggu setelah pembungaan, yang ditandai dengan warna kulit hijau kekuningan. Sementara itu, jahe yang digunakan diperkirakan berusia sekitar ± 8 –11 bulan dengan ciri-ciri beraroma pedas segar, tidak berwarna kehitaman, tidak lunak, dan tidak menunjukkan tanda-tanda keriput. Selain itu, bahan lain yang digunakan dalam pembuatan permen jelly adalah air, gelatin halal, dan *High Fructose Syrup* (HFS).

c) Prosedur Kerja Formula Kontrol (F1)

- 1) Gelatin halal ditimbang sesuai formulasi, kemudian dilarutkan dalam air hangat ($\pm 60^{\circ}\text{C}$) hingga larut sempurna dan tidak menggumpal.
- 2) *High Fructose Syrup* (HFS) dipanaskan pada suhu ± 60 – 70°C sambil diaduk perlahan hingga mencapai suhu yang diinginkan.
- 3) Larutan gelatin dimasukkan ke dalam HFS yang telah dipanaskan, kemudian diaduk hingga homogen hingga terbentuk adonan jelly dasar.
- 4) Adonan jelly kontrol dibagi menjadi dua bagian dengan perbandingan yang sama:
- 5) Bagian pertama *dimixer* menggunakan mixer dengan kecepatan sedang hingga mengembang dan terbentuk

tekstur lebih ringan (*aerated*). Bagian kedua tidak *dimixer* dan dibiarkan dengan tekstur normal seperti permen jelly pada umumnya.

- 6) Bagian pertama (adonan yang telah *dimixer* hingga mengembang) dituangkan terlebih dahulu ke dalam cetakan sebagai lapisan pertama, kemudian didiamkan beberapa menit hingga setengah mengeras (*semi-set*).
 - 7) Setelah lapisan pertama cukup stabil, bagian kedua (tanpa perlakuan *mixer*) dituangkan perlahan di atasnya sebagai lapisan kedua.
 - 8) Cetakan didiamkan pada suhu ruang hingga mengeras sempurna.
 - 9) Permen jelly yang telah mengeras disimpan dalam lemari pendingin ($\pm 10\text{--}15^{\circ}\text{C}$) selama ± 20 menit untuk pematangan tekstur sebelum dilakukan pengujian.
- d) Prosedur Kerja Permen Jelly Belimbing Wuluh dengan Penambahan Jahe
- 1) Dicuci bersih buah belimbing wuluh dan jahe, kemudian dipotong dan *diblender* dengan penambahan air secukupnya hingga diperoleh sari belimbing wuluh dan jahe.
 - 2) Disaring sari belimbing wuluh dan jahe untuk memisahkan ampas, kemudian dipanaskan pada suhu $\pm 60 - 70^{\circ}\text{C}$.
 - 3) Dilarutkan gelatin halal terlebih dahulu dalam air hangat hingga larut sempurna.
 - 4) Ditambahkan HFS ke dalam sari belimbing wuluh dan jahe yang telah dipanaskan, kemudian diaduk hingga homogen.
 - 5) Dimasukkan larutan gelatin ke dalam campuran, lalu diaduk hingga seluruh bahan tercampur merata.
 - 6) Adonan dibagi menjadi dua bagian dengan perbandingan yang sama: Bagian pertama *dimixer* menggunakan *mixer* kecepatan sedang hingga mengembang dan terbentuk tekstur lebih ringan (*aerated*). Bagian kedua tidak *dimixer* dan dibiarkan dengan tekstur normal seperti permen jelly pada umumnya.
 - 7) Bagian pertama (adonan yang *dimixer* hingga mengembang) dituangkan terlebih dahulu ke dalam cetakan sebagai lapisan pertama, kemudian didiamkan beberapa menit hingga setengah mengeras (*semi-set*).
 - 8) Setelah lapisan pertama cukup stabil, bagian kedua (tanpa *mixer*) dituangkan perlahan di atasnya sebagai lapisan kedua.

- 9) Cetakan didiamkan pada suhu ruang hingga mengeras sempurna.
- 10) Permen jelly yang telah mengeras disimpan dalam lemari pendingin ($\pm 10-15^{\circ}\text{C}$) selama ± 20 menit untuk pematangan tekstur sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.
- 11) Berikut disajikan tabel 4.1 formulasi permen jelly dengan formula kontrol dan formula perlakuan yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 2.1 Formulasi Permen Jelly Belimbing Wuluh dengan Penambahan Jahe

Bahan	Kode Formula			
	F1	F2	F3	F4
Belimbing wuluh	-	64%	59%	54%
Jahe	-	5%	10%	15%
Gelatin Halal	33,67%	17%	17%	17%
HFS	66,33%	14%	14%	14%

2.4.1.2 Uji Organoleptik

Dasar pelaksanaan uji organoleptik menggunakan hasil dari formulasi permen jelly untuk memperoleh formula permen jelly belimbing wuluh terpilih berdasarkan tingkat kesukaan panelis terhadap karakteristik sensori, meliputi warna, aroma, rasa, *after taste* dan tekstur. Berikut ini proses uji organoleptik pada permen jelly dengan formula kontrol dan formula perlakuan belimbing wuluh dengan penambahan jahe.

a) Alat

Alat-alat yang digunakan adalah alat tulis, lembar penilaian, dan plastik pembungkus produk

b) Bahan

Bahan-bahan yang digunakan meliputi produk permen jelly dengan formula kontrol, produk permen jelly formula perlakuan belimbing wuluh dengan penambahan jahe, serta air mineral.

c) Prosedur Kerja

- 1) Diuji 4 dengan nomor permen jelly F1, F2, F3, dan F4 yang telah disiapkan oleh petugas.
- 2) Dibagikan kuesioner kepada panelis oleh petugas.
- 3) Dijelaskan prosedur uji kepada panelis oleh petugas, dengan cara panelis diminta mencicipi langsung permen jelly yang telah disediakan, kemudian pendapat diberikan terkait produk melalui pemberian skor pada kuesioner. Setiap mencicipi satu permen jelly, panelis diminta meminum air mineral yang telah disediakan untuk menetralkan rasa.

- 4) Dilakukan uji organoleptik oleh panelis.
- 5) Diisi kuesioner oleh panelis yang berisi penilaian terhadap masing-masing formulasi.

2.4.2 Penelitian Utama

Formula terpilih diuji lebih lanjut untuk penentuan masa simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* model Arrhenius.

2.4.2.1 Penentuan Umur Simpan

- a) Alat
- b) Alat yang digunakan dalam penelitian penentuan umur simpan permen jelly adalah oven, inkubator dengan pengaturan suhu 25°C, 35°C, dan 45°C, timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g, timbangan digital, sendok, gunting, cawan porselen, dan desikator.
- c) Bahan
Bahan yang digunakan pada penentuan umur simpan adalah permen jelly belimbing wuluh dengan penambahan jahe formula terpilih, yang diperoleh dari hasil uji organoleptik.
- d) Prosedur kerja
 - 1) Untuk mendapatkan umur simpan dilakukan analisis suhu penyimpanan.
 - 2) Pengujian dilakukan dengan cara produk disimpan dalam inkubator pada suhu 25°C, 35°C, dan 45°C selama 1 bulan (21 hari) pengamatan dilakukan hari ke-0,7,14,dan 21 hari untuk setiap suhu penyimpanan. Parameter yang diuji untuk pendugaan umur simpan metode ASLT model Arrhenius yaitu menggunakan data kadar air.
 - 3) Data dari analisis setiap parameter diplotkan terhadap waktu (hari) dan didapatkan persamaan regresi liniernya sehingga diperoleh tiga persamaan untuk tiga kondisi suhu penyimpanan produk sebagai berikut:

$$y = bx + \alpha$$

keterangan:

y : Nilai karakteristik produk

x : Waktu penyimpanan (Hari)

a: nilai karakteristik awal produk

b: laju perubahan nilai karakteristik produk, dimana nilai $b=k$

dari masing-masing persamaan tersebut diperoleh nilai slope (b) yang merupakan konstanta laju reaksi perubahan karakteristik produk atau laju reaksi perubahan karakteristik produk atau laju penurunan mutu (k) dan koefisien korelasi (R)

- 4) Penetapan orde reaksi untuk suatu parameter ditetapkan dengan cara membandingkan koefisien determinasi (R^2)

tiap persamaan regresi linier pada suhu yang sama). Orde reaksi dengan nilai R² yang lebih besar merupakan orde reaksi yang digunakan.

- 5) Nilai $\ln k$ dan $1/T$ (K^{-1}) yang merupakan parameter Arrhenius ditabulasikan,
- 6) Selanjutnya nilai $\ln k$ diplotkan terhadap $1/T$ (K^{-1}) dan didapatkan nilai intersep dan slope dari persamaan regresi linier sebagai berikut.

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R} \times \frac{1}{T}$$

Keterangan :

$\ln k_0$: intersep

E_a/R : Slope

E_a : Energi aktivasi

R : Konstanta gas ideal (1986 ka/mol K)

T : Temperatur (kelvin)

Dari persamaan tersebut, kemudian diperoleh nilai konstanta k_0 yang merupakan factor eskposensial dan nilai energi aktivasi (E_a) reaksi perubahan karakteristik produk.

- 7) Kemudian ditentukan model persamaaan laju reaksi (k) perubahan karakteristik produk siap pakai dengan :

$$k = k_0 \times e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Keterangan :

K : Konstanta laju penurunan mutu

K_0 : Konstanta (factor frekuensi yang tidak tergantung suhu)

E_a : Energi aktivasi

T : suhu mutlak ($K = C + 273$)

R : konstanta gas ideal (1.986 kal/mol K)

Setelah dilakukan perhitungan hingga didapatkan nilai k untuk setiap suhu, maka selanjutnya dihitung masa simpan produk menggunakan persamaan Arrhenius ordo 0 dan ordo 1

- 8) Penentuan parameter kunci dengan melihat parameter yang mempunyai energi aktiasi terendah. umur simpan akan dihitung dengan persamaan kinetika reaksi berdasarkan orde reaksi yang lebih besar .

- Perhitungan umur simpan pada persamaan ordo 0

$$t = \frac{A_0 - A_t}{K}$$

- Perhitungan umur simpan pada persamaan ordo 0

$$t = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{K}$$

Keterangan :

t : umur simpan (hari)

A₀ : Nilai mutu di awal penyimpanan (%)

A_t : Nilai mutu di akhir penyimpanan (%)

K : laju penurunan mutu (% per hari)

2.4.2.2 Kadar Air- Thermogravimetri (Metode Oven)

a) Alat

Alat yang digunakan untuk pengujian kadar air adalah cawan, desikator, oven, spatula, penjepit stainless dan neraca analitik.

b) Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian kadar air adalah formula produk terpilih

c) Langkah Kerja

Penetapan kadar air dilakukan dengan metode oven. Prinsip dari metode ini adalah menguapkan air yang ada dalam bahan pangan dengan pemanasan.

- 1) Terlebih dahulu cawan porselin dikeringkan selama kira-kira 1 jam dalam oven pada suhu 105°C, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan timbang (b)
- 2) Ditimbang dengan teliti lebih kurang 1 gram (c) dan dimasukkan ke dalam cawan porselin.
- 3) Kemudian cawan porselin dan permen jelly yang berada di dalamnya dimasukkan dalam oven pada suhu 105°C untuk dikeringkan selama 8 jam atau dibermalamkan.
- 4) Kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit, lalu ditimbang (b)
- 5) Kadar air dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat awal(gram)} - \text{Berat akhir (gram)}}{\text{Berat awal (gram)}} \times 100\%$$

2.4.2.3 Analisis Total Mikroba

a) Alat

Alat yang digunakan untuk pengujian total mikroba (*Total Plate Count*) aluminium foil, autoklaf, bunsen, cawan petri, colony counter, erlenmeyer, inkubator, kapas, karet, kertas label, kertas payung, laminar air flow, magnetic stirer, pipet volume, propipet, tabung reaksi, timbangan analitik dan vortex.

b) Bahan

Bahan yang digunakan untuk pengujian total mikroba adalah formula produk terpilih, aquades dan *Plate count agar* (PCA)

c) Langkah Kerja

- 1) Permen jelly disimpan dalam inkubator selama 2 pekan dengan menggunakan suhu yang berbeda yaitu 25°C, 37°C, dan 44°C. Selanjutnya ditimbang permen jelly padat atau semi padat sebanyak 25 gram secara aseptik menggunakan timbangan analitik.
- 2) Sampel dimasukkan ke dalam kantong steril kemudian ditambahkan 225 ml larutan Buffered Peptone Water (BPW) 0,1% steril dan dihomogenkan menggunakan stomacher selama 1–2 menit hingga terbentuk suspensi dengan pengenceran 10^{-1} .
- 3) Dipipet 1 ml suspensi dari pengenceran 10^{-1} secara aseptik kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml BPW steril untuk memperoleh pengenceran 10^{-2} . Pengenceran dilakukan secara bertingkat hingga diperoleh pengenceran 10^{-3} atau sesuai kebutuhan.
- 4) Sebanyak 1 ml suspensi dari setiap pengenceran dimasukkan ke dalam cawan petri steril secara duplo.
- 5) Selanjutnya ditambahkan 15–20 ml media Plate Count Agar (PCA) yang telah didinginkan hingga suhu $\pm 45^{\circ}\text{C}$ ke dalam masing-masing cawan petri, kemudian cawan diputar secara perlahan membentuk angka delapan agar suspensi dan media tercampur merata. Cawan dibiarkan hingga media memadat.
- 6) Cawan-cawan tersebut kemudian diinkubasi pada suhu 34–36°C selama 24–48 jam dengan posisi terbalik.
- 7) Setelah inkubasi selesai dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri menggunakan colony counter. Cawan yang digunakan dalam perhitungan adalah cawan yang memiliki jumlah koloni 25–250 koloni.
- 8) Jumlah total mikroba dinyatakan sebagai Angka Lempeng Total (ALT) atau Total Plate Count (TPC) dengan satuan CFU/g.