

BAB I : PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Globalisasi mempengaruhi diabetes melitus (DM) melalui perubahan gaya hidup yang tidak sehat, seperti pola makan tinggi kalori dan rendah nutrisi, serta kurangnya aktivitas fisik. Dampak negatif globalisasi ini menyebabkan peningkatan obesitas dan risiko penyakit metabolik, termasuk diabetes, yang diprediksi akan terus meningkat di berbagai negara.⁽¹⁾

DM ditandai dengan terjadinya peningkatan kadar glukosa darah akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya.⁽²⁾ Secara patofisiologis DM tipe 1 melibatkan destruksi autoimun sel beta pankreas, sedangkan DM tipe 2, yang lebih umum (90% kasus), ditandai oleh resistensi insulin perifer dan disfungsi sel beta.⁽³⁾

DM telah menjadi pandemi epidemi dengan prevalensi yang meningkat pesat. Menurut *International Diabetes Federation* (IDF) pada tahun 2021, sekitar 537 juta orang dewasa (20-79 tahun) hidup dengan DM, dengan angka ini diperkirakan mencapai 783 juta pada tahun 2045. Wilayah Asia Pasifik menyumbang 60% dari total kasus global, dengan India dan Cina sebagai kontributor utama.⁽⁴⁾ *International Diabetes Federation* pada tahun 2025 sekitar 589 juta orang dewasa (20-79 tahun) hidup dengan DM, dengan angka ini diperkirakan mencapai 853 juta pada tahun 2050.

Penderita DM tiga dari empat orang dewasa, tinggal di negara berpenghasilan rendah dan menengah, menunjukkan adanya ketimpangan besar dalam akses pelayanan kesehatan, deteksi dini, dan pengelolaan penyakit kronis. Dimana 252 juta belum menyadari bahwa mereka menderita diabetes, sehingga menempatkan mereka pada risiko komplikasi serius dan kematian dini yang lebih tinggi.

Diabetes Melitus juga menyebabkan lebih dari 3,4 juta kematian setiap tahun, dan sekitar satu dari delapan orang dewasa berada pada risiko tinggi untuk mengembangkan diabetes tipe 2. Selain itu, kondisi ini tidak hanya mempengaruhi populasi dewasa, Sekitar 1,8 juta anak dan remaja di bawah usia 20 tahun yang

hidup dengan diabetes tipe 1, menegaskan bahwa diabetes merupakan masalah kesehatan global lintas kelompok usia.⁽³⁾

International Diabetes Federation Annual Report 2023, Asia Tenggara menjadi salah satu wilayah dengan pertumbuhan kasus tercepat di dunia. Lonjakan ini menimbulkan beban besar terhadap sistem kesehatan karena biaya pengobatan yang tinggi, meningkatnya risiko komplikasi kronik, serta penurunan produktivitas masyarakat.⁽⁵⁾ Kawasan Asia Pasifik terdapat 215 juta penderita diabetes dan diperkirakan akan meningkat 254 juta pada tahun 2050, sedangkan di Indonesia pada tahun 2024 prevalensi diabetes mencapai 11,3% penduduk dewasa.⁽³⁾ Indonesia termasuk negara dengan prevalensi diabetes yang terus meningkat setiap tahunnya.

Berdasarkan data Risesdas 2018, prevalensi diabetes pada penduduk usia ≥ 15 tahun mencapai 10,9% berdasarkan pemeriksaan kadar gula darah, dan hasil Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 menunjukkan peningkatan hingga sekitar 11,7% berdasarkan pemeriksaan gula darah.⁽⁶⁾⁻⁽⁷⁾ Angka ini diperkirakan akan terus bertambah seiring perubahan gaya hidup masyarakat modern yang cenderung konsumtif terhadap makanan tinggi lemak, tinggi karbohidrat, gula, dan garam.⁽⁸⁾

Hiperglikemia pada penderita DM menyebabkan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein, sehingga menyebabkan gejala akut seperti poliuria, polidipsia, dan polifagia serta menimbulkan komplikasi pada berbagai organ vital seperti jantung, ginjal, mata, dan saraf.⁽⁹⁾ DM menjadi masalah kesehatan global yang terus meningkat dari tahun ke tahun seiring perubahan gaya hidup, pola makan tinggi kalori, kurangnya aktivitas fisik, serta peningkatan angka obesitas dan penuaan penduduk.⁽¹⁰⁾

Penderita DM perlu mengontrol kadar glukosa darah untuk mencegah peningkatan kadar glukosa darah yang drastis dan tidak memperparah kondisi penyakit. Penatalaksanaan DM berdasarkan PERKENI terdiri atas terapi farmakologis dan nonfarmakologis. Terapi non farmakologis dengan meningkatkan aktivitas fisik, mengurangi konsumsi garam, menghentikan merokok, serta diet tinggi serat, cukup protein, rendah lemak dan karbohidrat.⁽¹¹⁾

Pola konsumsi makanan tinggi Indeks Glikemik (GI) dan beban glikemik (GL) dapat meningkatkan kadar gula darah dengan cepat sehingga terjadi resistensi

insulin dan timbulnya diabetes tipe 2.⁽¹²⁾ Makanan dengan GI dan GL rendah menyebabkan lonjakan glukosa darah yang lebih kecil mengurangi risiko diabetes. SI menilai rasa kenyang setelah makan, SI yang lebih tinggi menunjukkan rasa lapar yang lebih sedikit dan pengurangan asupan makanan.⁽¹³⁾

Faktor lain yang mempengaruhi GI, GL, dan SI yaitu komponen bioaktif seperti serat, asam amino, polifenol, flavonoid, karotenoid, asam lemak omega-3, probiotik, dan prebiotik bekerja melalui mekanisme antioksidan, antiinflamasi, modulasi mikrobiota usus, serta regulasi metabolisme glukosa dan lipid, sehingga relevan dalam pengelolaan penyakit kronis termasuk diabetes melitus.^{(14)- (15)}

Konsumsi makanan tinggi serat dan protein dapat meningkatkan rasa kenyang, kontrol glikemik dan faktor risiko kardiometabolik.⁽¹⁶⁾ Makanan kaya serat membantu memperlambat pencernaan, meningkatkan rasa kenyang, dan mengurangi asupan kalori yang dapat mengurangi risiko metabolik salah satunya yaitu DM.⁽¹⁷⁾ Selain itu GI suatu makanan dipengaruhi oleh keberadaan serat. Serat dapat memperlambat perjalanan makanan melalui sistem pencernaan dan menghambat aktivitas enzim, yang memperlambat pencernaan pati dan menghasilkan respons glukosa darah yang lebih rendah.⁽¹⁸⁾

Pangan merupakan makanan yang mampu memberikan manfaat kesehatan melebihi fungsi nutrisi dasar karena mengandung komponen bioaktif yang berperan dalam pencegahan maupun pemeliharaan berbagai penyakit metabolik. Pangan berperan dalam mengatur glukosa darah mekanisme seperti peningkatan sensitivitas insulin, penghambatan enzim pencernaan karbohidrat, atau aktivasi jalur antioksidan.⁽¹⁹⁾ Pangan memberikan efek biologis "*Beyond Basic Nutrition*" melalui senyawa aktif yang mampu mempengaruhi fungsi fisiologis, memperbaiki status metabolik, serta mengurangi risiko penyakit kronis.⁽²⁰⁾

Pengembangan pangan berbasis bahan lokal di Indonesia seperti produk olahan kacang kedelai berupa tempe dan daun kelor. Kedelai adalah makanan dengan GI rendah yang kaya akan karbohidrat kompleks, protein, serat makanan, dan senyawa bermanfaat seperti isoflavon dan fitosterol. Serat makanannya mendukung GI rendah dan dapat menurunkan risiko diabetes, sementara diet berbasis kedelai meningkatkan toleransi glukosa dan sensitivitas insulin.⁽²¹⁾

Tempe merupakan produk fermentasi kedelai oleh kapang *Rhizopus spp.*, yang berasal dari Indonesia dan telah menjadi bagian budaya kuliner sejak abad ke-17 dimana kacang kedelai kaya akan zat gizi dimana dalam 100 g mengandung energi 422,22 kkal, protein 39,03 g, lemak 19,04 g, karbohidrat 11,5 g, serat 24,30 g, isoflavon 3684 µg, leusin 2,8 g, dan arginin 2,6 g.⁽²²⁾ salah satu olahan kacang kedelai adalah tempe.

Tempe sudah dikenal oleh masyarakat luas, berdasarkan data statistik tingkat konsumsi tempe per kapita seminggu pada tahun 2023 mencapai 0,143 kg dan pada tahun 2024 0,136 kg.⁽²³⁾ Tempe memiliki nilai ekonomis dan harga yang terjangkau di masyarakat dengan kandungan gizi yang tinggi. Tempe mengandung energi 192 kkal, protein 41,2 g, lemak 10,8 g, karbohidrat 27,4 g, serat 4,2 g, polifenol 6,1 mg, isoflavon 658,2 µg, isoleusin 3,35 g, dan arginin 3,43 g.⁽²⁴⁻²⁷⁾ Sejalan dengan penelitian Rumahorbo H et al, 2024 produk tempe dengan jamur yang seberat 56 g memiliki indeks glikemik 12 termasuk kategori rendah.⁽²⁶⁾

Proses fermentasi yang terjadi pada proses pembuatan tempe dapat meningkatkan bioavailabilitas nutrisi melalui pemecahan komponen kompleks seperti protein, karbohidrat, dan antinutrien sehingga senyawa aktif lebih mudah diserap oleh tubuh. Selain itu, fermentasi menghasilkan peptida bioaktif yang terbukti memiliki aktivitas antidiabetik melalui mekanisme inhibisi enzim α -glukosidase, peningkatan sensitivitas insulin, serta stimulasi sekresi insulin oleh sel β pankreas. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa fermentasi berbasis mikroorganisme seperti *Rhizopus*, *Lactobacillus*, dan *Bacillus* mampu menghasilkan peptida pendek dengan aktivitas penghambatan α -glukosidase yang sebanding dengan acarbose (obat antidiabetik oral).⁽²⁷⁾

Secara tradisional masyarakat telah banyak memanfaatkan daun untuk sayur hingga saat ini berkembang menjadi produk pangan modern seperti tepung kelor, kerupuk kelor, kue kelor, permen kelor dan teh daun kelor. Selain itu ekstrak daun kelor dapat berfungsi sebagai antimikroba dan biji kelor berguna untuk menjernihkan air.

Daun kelor (*Moringa oleifera*) adalah tanaman tropis yang dikenal sebagai "pohon kehidupan" dimana masih ada yang belum mengetahui tentang tanaman kelor dan manfaatnya masih terbatas yang biasanya diolah menjadi sayur yang

memiliki rasa langu.(28) Daun kelor sudah berkembang menjadi produk pangan modern seperti tepung kelor, kerupuk kelor, kue kelor, permen kelor dan teh daun kelor. Selain itu ekstrak daun kelor dapat berfungsi sebagai antimikroba dan biji kelor berguna untuk menjernihkan air.

Daun kelor diolah menjadi bubuk dalam 100 g mengandung energi 342,16 kkal, protein 25,97 g, lemak 5,7 g, karbohidrat 40,98 g, serat 28,7 g, vitamin C 17,3 mg, magnesium 368 mg, polifenol 2251 g, leusin 9,2 g, dan arginin 7,4 g.⁽³¹⁻³³⁾ Daun kelor menunjukkan efek antitumor, antiinflamasi, antibakteri, antihelmintik, antioksidan, hipotensif, cardioprotective, efek okular, antiurolitiatik, antipasmodik, hepatoprotective, dan antipiretik.⁽³¹⁾

Daun kelor telah lama digunakan di Indonesia sebagai pengobatan diabetes dan sejumlah penelitian modern mendukung mekanisme antidiabetiknya. ekstrak daun kelor dapat meningkatkan sekresi insulin dari sel β pankreas dan menghambat stres oksidatif melalui aktivitas antioksidan (quercetin dan flavonoid), yang membantu melindungi sel β dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsi insulin.⁽³²⁾

Zat gizi bioaktif dalam tempe dan daun kelor terutama asam amino, serat, vitamin C, magnesium, polifenol, isoflavon memiliki peran signifikan dalam mengatur sensitivitas insulin. Polifenol dalam daun kelor merupakan antioksidan kuat yang mampu menurunkan stres oksidatif, melindungi endotel, dan mencegah kerusakan sel β pankreas. Kedua flavonoid ini juga bekerja menghambat enzim α -amilase dan α -glukosidase sehingga memperlambat pemecahan karbohidrat dan menurunkan kenaikan glukosa darah postprandial. Efek antidiabetik tersebut telah dikonfirmasi melalui studi terbaru yang menunjukkan aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan penghambatan enzim pencernaan sebagai mekanisme utama regulasi glukosa.⁽³³⁾

Pemanfaatan bubuk daun kelor dalam pembuatan tempe kacang kedelai sudah dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Berdasarkan penelitian Kukuk Yudiono 2023, dari hasil didapatkan tempe dengan penambahan daun kelor dari rasa baru tempe yang unik karena bercampur dengan rasa gurih dan manis dari hasil fermentasi kedelai. Pada aroma menghasilkan aroma seperti tempe pada biasanya. Tekstur dan kekompakan tempe baik tidak ada yang menghambat dalam

pertumbuhan kapang. Pada warna warna tempenya kurang menarik, karena adanya warna bintik-bintik hijau. Sedangkan pada analisis gizi terjadinya peningkatan flavonoid dari 639,78 – 905,26 μ g/ g, polifenol 13,9 – 47,55 mg/ g, dan antioksidan 67,2 – 93,3 % dari substitusi daun kelor 0%, 3%, dan 6%.⁽³⁴⁾

Kombinasi tempe dan daun kelor dalam suatu formula pangan fungsional, yang dalam penelitian ini disebut “Templor”, dimana tempe sebagai sumber protein dan peptida bioaktif yang berperan dalam membantu kerja insulin serta daun kelor kaya kandungan serat dan antioksidan. Kombinasi keduanya yang kaya akan serat pangan berpotensi memperlambat penyerapan glukosa di usus, sehingga membantu mengontrol respon glikemik pascaprandial (setelah makan) serta memberikan efek rasa kenyang.

Kombinasi ini juga memiliki nilai sosial ekonomi yang tinggi. Tempe maupun kelor merupakan bahan pangan lokal yang mudah diperoleh, murah, dan sudah dikenal luas oleh masyarakat Indonesia. Pengembangan formula “Templor” tidak hanya memiliki nilai ilmiah dalam bidang gizi dan biomedis, tetapi juga dapat mendukung kemandirian pangan nasional serta meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap intervensi nutrisi untuk pencegahan dan pengelolaan penyakit tidak menular seperti diabetes melitus.

Berdasarkan penelitian yang mengkaji efek kombinasi tempe dan daun kelor secara bersamaan terhadap GI, GL, dan IS. Sebagian besar studi yang ada hanya meneliti efek tunggal salah satu bahan, sehingga belum diketahui secara pasti bagaimana mekanisme dan kekuatan efek sinergisnya jika dikombinasikan. Oleh karena itu, penelitian mengenai “Pengembangan Templor (Tempe Kelor) Sebagai Produk Pangan Yang Berpotensi Untuk Diabetes Melitus” menjadi penting dilakukan untuk memberikan dasar ilmiah baru dalam pengembangan pangan antidiabetes berbasis bahan lokal Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Tempe merupakan salah satu produk pangan yang sangat digemari masyarakat sehingga telah menjadi makanan sehari-hari. Sejah ini, tempe dikenal sebagai sumber protein. Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengembangan formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
2. Bagaimana uji sensori hedonik (warna, aroma, rasa, dan tekstur) dari pengembangan formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
3. Bagaimana kandungan energi, kadar air, kadar abu, kadar protein, lemak, karbohidrat, serat, seng, magnesium, natrium dari pengembangan formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
4. Bagaimana analisis formula terbaik berdasarkan uji sensori hedonik dan analisis zat gizi dari pengembangan formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
5. Bagaimana uji sensori deskriptif (Aroma dan Rasa) dari pengembangan formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
6. Bagaimana kandungan asam amino (leusin dan isoleusin) dan antioksidan (polifenol dan flavonoid) dari pengembangan formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
7. Bagaimana nilai indeks glikemik dan beban glikemik dari pengembangan formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
8. Bagaimana indeks kekenyangan dari pengembangan formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengembangan formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk makanan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM serta mengevaluasi karakteristik sensori, kandungan zat gizi, serta formula terbaik senyawa bioaktif, indeks glikemik, beban glikemik, dan indeks kekenyanganannya.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

1. Didapatkan pengembangan formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
2. Diketahui tingkatan penerimaan sensori hedonik yang meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur pada formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
3. Diketahui kandungan energi, kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, kadar serat, kadar Zn, kadar Mg, dan kadar Na pada formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
4. Diketahui formula terbaik berdasarkan hasil uji sensori hedonik dan analisis kandungan zat gizi pada formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
5. Diketahui karakteristik sensori deskriptif yang meliputi atribut aroma dan rasa pada formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
6. Diketahui kandungan asam amino esensial (leusin dan isoleusin) serta kandungan antioksidan (polifenol total dan flavonoid total) pada formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.

7. Diketahui nilai indeks glikemik dan beban glikemik pada formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.
8. Diketahui indeks kekenyangan pada formula terbaik tempe dengan penambahan bubuk daun kelor sebagai produk pangan yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Penulis

Penelitian ini menjadi pengalaman dalam mengembangkan produk inovatif pangan tempe dan bubuk daun kelor, serta menerapkan teori yang telah dipelajari di bidang teknologi pangan. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan lebih lanjut, baik dalam konteks akademis maupun industri.

1.4.2 Bagi Masyarakat

Penelitian ini mengembangkan produk pangan sehat dan bergizi dengan mengembangkan produk pangan yang memiliki indeks glikemik yang berpotensi mendukung pengelolaan DM.

1.4.3 Bagi Institusi

Penelitian ini menambah referensi penelitian di bidang teknologi pangan dan gizi serta mendukung program pengembangan ilmu pengetahuan, serta memperkuat peran institusi dalam meningkatkan kualitas gizi masyarakat melalui inovasi pangan berbasis bahan lokal.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini merupakan upaya dalam mengembangkan produk pangan rendah indeks glikemik yang aman bagi penderita diabetes. Penelitian ini bertujuan mengembangkan formula tempe dengan penambahan bubuk daun kelor dengan memperhatikan zat gizi energi, kadar air, kadar abu, kadar protein, lemak, karbohidrat, serat, seng, magnesium, natrium, polifenol dan flavonoid dalam templor yang berperan dalam diabetes melitus. Penelitian ini mencakup uji indeks glikemik, beban glikemik, dan indeks kenyang. Pelaksanaan penelitian berlangsung tahun 2026 – selesai, yang mencakup tahapan persiapan, pembuatan produk, uji sensori, uji zat gizi, uji indeks glikemik, dan uji kenyang