

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempe adalah makanan fermentasi kedelai asal Indonesia. Produksi tempe dimulai pada abad ke-16 di pulau Jawa (Kadar *et al.*, 2018). Pada tahun 2013, Indonesia telah berhasil menerbitkan standar tempe Internasional yaitu CODEX 313r-2013 yang menjelaskan mengenai ejaan yang benar yaitu tempe bukan tempeh dan menampilkan informasi terkait keamanan serta produksi tempe (Codex Alimentarius, 2013). SNI 3144:2015 yang mengatur mengenai syarat mutu tempe bahwa tempe kedelai adalah suatu produk berbentuk padatan kompak berwarna putih diperoleh dari kedelai kupas yang sudah direbus dan difermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* spp (BSN, 2015). Berdasarkan kedua standar tersebut maka terbukti bahwa produk tempe telah populer sejak lama serta dalam pembuatan tempe perlu diperhatikan syarat mutu dan ke higienisan agar terjamin keamanannya.

Terdapat beberapa jenis tempe berdasarkan bahan bakunya. Di Yogyakarta dan Jawa Tengah dikenal tempe gembus dengan bahan baku yaitu ampas tahu. Tempe gembus merupakan salah satu produk fermentasi asli Indonesia diperoleh dari fermentasi ampas tahu dengan kapang *Rhizopus* sp. Melalui fermentasi ampas tahu dapat menghasilkan tempe gembus yang menyerupai tempe kedelai biasa (Agustina, 2005). Mikroorganisme jenis *Rhizopus oligosporus* membantu proses fermentasi dengan cara membentuk hifa yang menyerupai benang halus berwarna putih dan akan membentuk miselium berwarna putih (Gracelia dan Dewi, 2022).

Ampas tahu sebagai bahan baku apabila dijadikan sebagai tempe maka akan menghasilkan karakteristik yang berbeda seperti tampilan fisik, rasa, dan komposisi kimia. Secara umum, karakteristik tempe gembus dapat dinilai secara luas dengan pengamatan terhadap perubahan warna dan aroma. Perubahan tersebut dapat dilakukan berdasarkan penilaian visual yang hanya terbatas dengan kemampuan panca indra seseorang. Dengan demikian, penilaian karakteristik yang tervalidasi perlu dilakukan untuk menghindari produk di bawah standar (Syukri *et al.*, 2018).

Pendekatan metabolomik diperlukan untuk dapat memetakan data terkait perubahan karakteristik pada suatu produk. Metabolomik adalah cabang *omics* yang

relatif baru yang berfokus pada penyelidikan variasi profil metabolisme secara keseluruhan. Metabolomik termasuk seperangkat metabolit primer atau sekunder kompleks yang mewakili metabolismenya (Nunes *et al.*, 2018). Identifikasi metabolit menjadi tantangan utama alur kerja metabolomik. Pada alur kerja metabolisme yang tidak ditargetkan, hal pertama yang harus diperhatikan yaitu pengukuran sebanyak mungkin senyawa metabolit secara sensitif dan akurat pada sampel secara bersamaan (Junot dan Fenaille, 2019).

Dalam analisis senyawa metabolit, penggunaan metode statistik multivariat seperti kemometrik diperlukan. Hal ini disebabkan kemampuannya dalam mengekstrak informasi data kimia dengan kombinasi analisis statistik atau matematika dengan menggunakan bantuan *software*. Analisis kemometrik dapat digunakan untuk penentuan multikomponen dalam mengeliminasi spektrum pengganggu dalam kuantifikasi sehingga dapat meningkatkan selektivitas (Rahmawati *et al.*, 2015). Penggunaan alat instrumen dianjurkan sehingga dapat mempermudah pemetaan data analisis. Penggunaan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dapat digunakan, karena cukup sederhana, cepat, serta menjamin reproduktivitas tinggi, spesifisitas, dan persiapan sampel yang lebih mudah. Menurut Novyani (2022) bahwa spektroskopi FTIR mampu membedakan spektrum berdasarkan karakteristik struktur intramolekulernya. Keunggulannya yaitu memiliki kemampuan dalam menyerap cahaya dari senyawa berbeda tergantung sifat fisikokimia, ikatan antar atom dalam senyawa, dan karakteristik gugus fungsinya. Misalnya, melalui metabolomik berbasis FTIR yang telah dilakukan pada tiga belas kacang-kacangan (*legumes*) lokal (Novyani, 2022). Metabolomik berbasis FTIR juga dilakukan untuk mengevaluasi komposisi kimia secara kuantitatif untuk membedakan enam kultivar beri. Teknik FTIR cukup sensitif dan cepat dalam memperoleh data profil kimia senyawa yang terkandung pada suatu bahan (Pop *et al.*, 2014 dalam Yuliana *et al.*, 2016).

Penelitian terdahulu telah membahas mengenai penerapan metabolomik pada tempe Indonesia dari berbagai daerah yang ternyata perbedaan daerah mempengaruhi komposisi asam amino dan gula yang terkandung pada tempe (Kadar *et al.*, 2018). Studi komprehensif tentang profil metabolit dan sensori tempe dari berbagai kacang-kacangan menggunakan pendekatan metabolik telah dilakukan yang menunjukkan bahwa kombinasi 75% kedelai dan 25% kacang

merah mampu meningkatkan konsentrasi asam amino esensial dan non esensial pada tempe. Asam amino esensial pada kacang merah yang memiliki konsentrasi jauh lebih tinggi dibandingkan sampel lainnya yaitu fenilalanin, leusin, dan isoleusin. Asam amino non esensial yaitu asam aspartat dan asam glutamat berkontribusi terhadap pemisahan kedelai, kacang merah, dan kacang tunggak (Rahmawati *et al.*, 2021).

Profil metabolit yang baru dilakukan masih terbatas pada tempe kedelai dan tempe dari berbagai kacang-kacangan. Penelitian yang sudah dilakukan dengan menguji kandungan metabolit sekunder secara kualitatif tempe kacang merah (Hanifa, Gama, dan Rijai, 2019), tempe kacang tunggak dan kacang koro (Rahmawati *et al.*, 2021). Sementara, pemetaan terhadap tempe gembus dari ampas tahu belum dilakukan. Penggunaan ampas tahu yang dianggap sudah tidak memiliki gizi lagi ternyata setelah diselidiki masih memiliki kandungan gizi antara lain asam lemak tidak jenuh, karbohidrat, dan protein. Tempe gembus mengandung senyawa isoflavon yang bersifat bioaktif dan serat yang tinggi (Isnawati, Wijaningsih, dan Tursilowati, 2021).

Selama fermentasi terjadi perubahan enzimatik yang akan mengubah senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana. Mikroorganisme akan melakukan metabolisme dan merombak protein menjadi asam amino (Asbur dan Khairunnisyah, 2021). Waktu fermentasi mempengaruhi kandungan senyawa karena aktivitas *Rhizopus oligosporus* yang menghidrolisis senyawa kompleks termasuk mengubah asam fitat menjadi inositol dan fosfor bebas (Rokhmah, 2008). Pada fermentasi terjadi proses metabolisme dan perombakan senyawa makromolekul kompleks (karbohidrat, protein, dan lemak) menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti peptida, asam amino, asam lemak, dan monosakarida. Pada fermentasi tempe, spesies kapang tidak memproduksi racun dan mampu melindungi tempe terhadap kapang penghasil aflatoxin dengan cara menurunkan kadar aflatoxin hingga 70% (Dwinaningsih, 2010).

Pada hasil pra-penelitian pembuatan tempe gembus telah dilakukan dengan berbagai cara mulai dari ampas tahu direndam semalaman, direndam dengan air panas 2 jam, dicuci terlebih dahulu hingga dikukus. Ampas tahu yang direndam semalaman setelah fermentasi hari ke-2 menghasilkan tekstur tempe gembus yang terlalu lunak dan berwarna lebih gelap. Selanjutnya ampas tahu yang direndam

dengan air panas selama 2 jam dan dicuci terlebih dahulu menghasilkan tempe gembus yang lebih lunak dengan sebagian sisi berwarna lebih kehitaman. Hasil tempe gembus terbaik yaitu dengan dilakukan pengukusan ampas tahu terlebih dahulu sebelum pemberian inokulum yang menghasilkan tempe gembus padat sempurna. Tempe gembus pada fermentasi hari ke-2 memiliki penampakan keseluruhan terbaik yang menghasilkan tempe dengan tekstur padat, aroma khas tempe, dan warna putih. Hal ini serupa dengan penelitian Sidiq, Mappiratu, dan Nurhaeni (2016) bahwa waktu inkubasi terbaik sewaktu fermentasi tempe gembus yaitu pada 36 jam yang menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 1098,88 $\mu\text{g/mL}$.

Pengolahan tempe gembus seperti pengukusan dan fermentasi dapat menyebabkan penurunan atau peningkatan kandungan proksimat, mineral, dan vitamin (Damanik *et al.*, 2018). Berdasarkan pengamatan sewaktu pra-penelitian tempe gembus setelah fermentasi hari ke-4 menghasilkan perubahan warna dengan sedikit kehitaman pada bagian terluar. Warna tempe dipengaruhi oleh pertumbuhan miselium (Saktiono *et al.*, 2023). Semakin lama fermentasi maka akan terbentuk senyawa amoniak yang dapat mempengaruhi aroma pada tempe. Oleh karena itu, perlu diketahui perubahan metabolisme untuk menentukan apakah proses fermentasi harus dihentikan atau diperpanjang (Prativi *et al.*, 2023).

Penerapan kajian metabolomik untuk mengungkap keunikan tempe gembus berdasarkan profil metabolitnya bermanfaat untuk melihat gambaran umum tentang bagaimana profil metabolit berkaitan dengan atribut fisik tertentu. Alat instrumen dapat digunakan dalam melakukan pemisahan dan deteksi mulai dari yang sederhana hingga rumit seperti spektroskopi FTIR, spektroskopi NIR, dan GC-MS. Penelitian ini menggunakan teknik kemometrik dengan alat FTIR untuk menggambarkan bagaimana metabolit tempe gembus berubah seiring waktu fermentasi. Penelitian ini dapat menjadi publikasi pertama yang melaporkan perbandingan profil metabolit tempe gembus berdasarkan lamanya waktu fermentasi.

Berdasarkan hal tersebut maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Kajian Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Perubahan Metabolit pada Tempe Gembus secara Kemometrik”**.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh organoleptik tempe gembus berdasarkan lama fermentasi dengan karakteristik yang disukai panelis.
2. Untuk mengetahui hubungan lama fermentasi terhadap perubahan senyawa metabolit pada tempe gembus.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Dapat mengetahui lama fermentasi tempe gembus dari ampas tahu.
2. Dapat memanfaatkan limbah ampas tahu menjadi produk protein nabati yang bermanfaat terhadap kesehatan.
3. Dapat memberikan informasi mengenai karakteristik fisik pada tempe gembus terhadap pengaruh lama fermentasi.

