

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Tempe merupakan salah satu makanan yang sangat diminati di Indonesia. Salah satu alasan utama popularitas tempe adalah harganya yang relatif murah serta kandungan nutrisinya yang tinggi, seperti 25% protein, 5% lemak, dan 4% karbohidrat[1]. Tempe dibuat dari biji kedelai yang difermentasi menggunakan kapang *Rhizopus oligosporus*, yang menghasilkan gumpalan kompak dan padat. Selama fermentasi, pertumbuhan jamur muncul di permukaan dan menembus ke dalam kedelai, sehingga kedelai menyatu dan membentuk tempe seperti yang dikenal di pasaran.

Berdasarkan catatan Badan Standardisasi Nasional (BSN) pada tahun 2012, metode produksi tempe masih banyak menggunakan cara tradisional atau konvensional. Artinya, proses inkubasi fermentasi masih dilakukan secara manual[2]. Dalam metode ini, kedelai yang telah dikemas diletakkan di atas papan atau meja dalam ruangan dan ditutup dengan kain. Cara ini kurang efisien karena suhu dan kelembaban menjadi tidak stabil akibat perubahan cuaca, yang dapat memengaruhi kualitas fermentasi tempe. Suhu dan kelembaban saling berkaitan; jika kelembaban udara berubah, suhu juga berubah. Semakin tinggi suhu udara, semakin rendah kelembabannya. Ketidakstabilan suhu dan kelembaban dapat berdampak pada waktu fermentasi dan kualitas tempe yang dihasilkan[3].

Ketergantungan pada metode manual dalam memantau suhu dan kelembaban juga menjadi kendala. Proses ini memerlukan pengawasan berkala oleh manusia, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga rentan terhadap kesalahan. Keterlambatan dalam memeriksa kondisi fermentasi dapat menyebabkan produk gagal atau tidak memenuhi standar. Dalam skala produksi yang lebih besar, metode ini semakin tidak efisien dan kurang praktis.

Ketidakstabilan dalam proses fermentasi tempe juga membawa dampak ekonomi yang signifikan. Produk yang gagal atau tidak memenuhi standar menyebabkan pemborosan bahan baku, tenaga kerja, dan waktu. Biaya produksi yang meningkat akibat pemborosan ini dapat mengurangi keuntungan produsen, terutama bagi produsen kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya. Selain itu, produk dengan kualitas yang tidak konsisten cenderung kehilangan daya saing di pasar, menyebabkan konsumen beralih ke produsen lain yang menawarkan produk lebih berkualitas.

Dampak dari ketidakstabilan ini tidak hanya dirasakan oleh produsen, tetapi juga oleh konsumen. Jika suhu dan kelembaban selama fermentasi tidak terkontrol, ada risiko pertumbuhan mikroorganisme berbahaya. Tempe yang dihasilkan dalam kondisi tersebut berisiko tidak aman untuk dikonsumsi, sehingga dapat merugikan konsumen dan merusak reputasi produsen di mata publik. Dalam jangka panjang, masalah ini berpotensi mengurangi kepercayaan konsumen terhadap produk tempe lokal.

1.2 Analisis Masalah

Untuk menghasilkan produk berkualitas, produksi tempe, salah satu makanan fermentasi yang sangat populer di Indonesia, membutuhkan proses fermentasi yang terkendali. Masalah utama dalam proses ini adalah menjaga suhu dan kelembaban pada tingkat yang ideal agar fermentasi berjalan lancar. Ketidakstabilan suhu dan kelembaban dapat mencegah jamur *Rhizopus*, yang merupakan mikroorganisme utama yang bertanggung jawab atas fermentasi tempe, berkembang, yang berdampak pada kualitas akhir produk, seperti tekstur dan rasa.

Banyak proses fermentasi tradisional masih dilakukan tanpa pengawasan otomatis, yang mengakibatkan variasi suhu dan kelembaban yang dapat terjadi. Seringkali, operator inkubator harus memantau secara manual, yang membuatnya kurang efisien dan meningkatkan risiko kesalahan manusia. Hal ini dapat menghasilkan tempe yang lebih buruk atau waktu produksi yang lebih lama. Untuk memastikan kualitas dan jumlah produksi, perlu diatasi kekurangan kontrol dan pengawasan yang dapat diandalkan.

1.2.1 Aspek Ekonomi

Metode konvensional dalam produksi tempe sering kali tidak efisien, yang menyebabkan biaya produksi tinggi akibat penggunaan energi berlebihan dan pemborosan bahan baku karena tingginya risiko kegagalan produksi. Selain itu, variasi dalam kualitas tempe yang dihasilkan dapat menimbulkan kerugian finansial karena konsumen tidak selalu mendapatkan produk sesuai dengan harapan. Ketidakmampuan untuk memenuhi standar kualitas yang diharapkan di pasar premium juga menjadi tantangan, sehingga membatasi potensi pendapatan produsen. Lebih lanjut, keterbatasan akses terhadap teknologi canggih, terutama bagi produsen di daerah kecil, turut menghambat peningkatan efisiensi dan kualitas produk yang dihasilkan.

1.2.2 Aspek Manufakturabilitas

Metode konvensional dalam produksi tempe cenderung menghabiskan lebih banyak energi dibandingkan dengan metode modern, sehingga menyebabkan rendahnya efisiensi energi. Ketidakstabilan dalam proses fermentasi juga berkontribusi terhadap pemborosan energi. Selain itu, metode konvensional sering kali tidak memiliki pengendalian proses yang baik, yang dapat mengakibatkan hasil fermentasi yang tidak stabil. Di samping itu, produsen tempe skala kecil yang masih bergantung pada metode tradisional umumnya memiliki keterbatasan dalam inovasi produksi, sehingga sulit bagi mereka untuk mengembangkan produk baru atau variasi rasa.

1.2.3 Aspek Keberlanjutan

Ketidakstabilan hasil dari metode konvensional dapat menghasilkan kualitas tempe yang bervariasi, sehingga berdampak pada kepuasan konsumen dan reputasi produsen. Variabilitas kualitas ini berpotensi menyebabkan limbah produk yang tidak terjual, yang pada akhirnya memengaruhi keberlanjutan ekonomi. Selain itu, metode produksi tempe secara konvensional sering kali menghasilkan kualitas yang tidak konsisten. Perubahan suhu dan kelembaban selama proses fermentasi turut memengaruhi hasil akhir tempe, sehingga produk yang dihasilkan tidak selalu sesuai dengan standar kualitas yang diharapkan oleh konsumen.

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Pada proses fermentasi tempe, suhu dan kelembaban merupakan dua faktor kritis yang mempengaruhi keberhasilan fermentasi. Proses fermentasi yang optimal memerlukan suhu dan kelembaban yang stabil dan terjaga sesuai dengan kebutuhan jamur *Rhizopus oligosporus* sebagai mikroorganisme utama dalam fermentasi tempe. Oleh karena itu, sistem monitoring suhu dan kelembaban inkubator sangat diperlukan untuk menjaga kondisi lingkungan agar fermentasi berjalan dengan baik. Saat ini, sudah ada beberapa solusi yang digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban pada inkubator fermentasi, namun masing - masing solusi memiliki keunggulan, kekurangan, dan keterbatasan masing - masing.

1.3.1 Sistem Monitoring Manual dengan Termometer dan Hygrometer Analog

Sistem pemantauan manual yang menggunakan termometer dan hygrometer analog adalah solusi yang sederhana dan terjangkau. Alat-alat ini mudah diperoleh di pasaran dan tidak memerlukan listrik, sehingga sangat cocok untuk daerah dengan keterbatasan infrastruktur teknologi. Pengguna dapat secara langsung mengamati kondisi suhu dan kelembaban dari alat

yang terpasang di inkubator. Namun, Sistem ini mengharuskan pemantauan berkala oleh manusia, yang berisiko menimbulkan kesalahan akibat keterlambatan atau ketidakakuratan dalam pengambilan data. Selain itu, pengawasan terus-menerus menjadi kurang efisien, terutama ketika dilakukan pada skala besar atau dalam jangka waktu yang lama.

1.3.2 Sistem Monitoring Digital dengan Sensor Suhu dan Kelembaban Terintegrasi

Sistem digital dengan sensor yang terintegrasi menawarkan pengukuran yang lebih akurat dan konsisten. Alat-alat ini dapat dikalibrasi dengan lebih presisi dan dilengkapi dengan fitur pencatatan data secara otomatis. Beberapa sistem juga memiliki kemampuan untuk terhubung dengan perangkat pintar (*smartphone*) melalui jaringan nirkabel, memungkinkan pengawasan jarak jauh. Beberapa sistem bahkan dilengkapi dengan alarm yang akan memberikan notifikasi jika suhu atau kelembaban keluar dari batas yang diinginkan. Namun, Sistem digital ini umumnya lebih mahal dibandingkan alat manual. Selain itu, sensor digital memerlukan daya listrik yang terus-menerus, sehingga membutuhkan sumber energi yang stabil. Di daerah yang kurang memiliki akses listrik atau teknologi, sistem ini mungkin tidak menjadi pilihan yang praktis.