

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Keamanan pangan adalah perhatian utama bagi konsumen, produsen, dan distributor di seluruh dunia. Penyakit yang ditularkan melalui makanan dapat menyebabkan masalah kesehatan serius, kerugian ekonomi, serta merusak kepercayaan konsumen terhadap produk makanan. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian kualitas dan keamanan makanan sangat penting untuk diperhatikan. Salah satu faktor kunci yang mempengaruhi kualitas dan keamanan makanan adalah kondisi lingkungan selama penyimpanan dan pengangkutan bahan makanan, seperti suhu dan kelembaban. Faktor-faktor ini dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme, perubahan kimia dan fisik, dan penampilan pada produk makanan. Untuk menjamin keamanan dan kualitas makanan, perlu untuk mengukur dan mencatat suhu dan parameter – parameter lain dalam produk makanan dan lingkungan sekitarnya selama penyimpanan dan pengangkutan, dan pada proses pengolahan makanan dan mengambil tindakan korektif saat terjadi penyimpangan [1].

Dalam beberapa tahun kebelakang, terdapat beberapa kasus pelanggaran keamanan pangan yang fatal di Jerman. Kasus BSE (*Bovine Spongiform Encephalopathy*) atau penyakit sapi gila muncul pada tahun 1980-an di Inggris dan menyebar ke Eropa hingga masuk ke negara Jerman, kasus ini disebabkan oleh pakan yang terbuat dari bangkai hewan. Pada tahun 2005-2007 terjadi beberapa skandal daging di Jerman. Daging sapi dan kalkun yang tidak aman dikonsumsi disita oleh pihak berwajib, daging yang busuk ini di ubah labelnya menjadi daging layak konsumsi dan didistribusikan ke restoran restoran Turki dan dibuat menjadi daging isian *doner kebab*. Selain itu, pada Februari 2013, di beberapa negara Eropa, daging kuda dilabeli ulang menjadi daging sapi yang diolah menjadi olahan makanan cepat saji [2].

Uni Eropa (EU) telah menetapkan kerangka hukum yang ketat untuk keamanan pangan, kerangka hukum ini mencakup semua tahap produksi dan distribusi makanan. Hukum pangan EU didasarkan pada prinsip analisis risiko, penelusuran,

dan tanggung jawab operator bisnis pangan untuk menjamin keamanan pangan. Menurut hukum pangan EU, operator bisnis pangan harus menerapkan dan mempertahankan prosedur berdasarkan sistem *Hazard Analysis Critical Control Points* (HACCP), yang merupakan pendekatan preventif untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan bahaya yang dapat mempengaruhi keamanan pangan. Salah satu prasyarat dari sistem HACCP adalah untuk memantau dan mencatat titik-titik kontrol kritis, yang merupakan langkah-langkah atau poin dalam proses makanan di mana bahaya dapat dicegah, dihilangkan, atau dikurangi menjadi tingkat yang dapat diterima. Suhu sering dianggap sebagai titik kontrol kritis dalam banyak proses makanan, seperti pendinginan, pembekuan, pengeringan, pengolahan dan pengemasan. Oleh karena itu, operator bisnis pangan harus memantau dan mencatat suhu produk makanan dan lingkungannya di titik kontrol kritis ini, dan mengambil tindakan korektif saat parameter melebihi batas-batas yang sudah ditentukan [1].

Faktor yang mempengaruhi kualitas produk makanan dan minuman adalah *hygiene* atau kebersihan. *Hygiene monitoring* bertujuan untuk mencegah kontaminasi mikroba, bahan kimia, atau partikel asing yang dapat merusak produk atau membahayakan kesehatan konsumen. *Hygiene monitoring* dapat dilakukan dengan menggunakan sensor yang dapat mendeteksi kondisi lingkungan produsen makanan dan minuman agar sesuai dengan regulasi yang ada. Sensor tersebut dapat dikoneksikan dengan *platform Internet of Things* (IoT) untuk mengirimkan data secara *real-time* dan memberikan peringatan jika ada parameter yang melebihi batas aman. *Hygiene monitoring* dapat membantu produsen makanan dan minuman untuk memastikan kualitas produk mereka dan memenuhi standar regulasi yang berlaku [3]. *Quality Management System* (QMS) berbasis IoT dapat menjadi solusi yang untuk memantau dan mencatat suhu dan kelembaban produk makanan dan lingkungannya di titik kontrol kritis. Sistem IoT dapat diintegrasikan dengan menggunakan sensor suhu dan kelembapan untuk mengukur parameter secara *real-time* dan mengirimkan data tersebut ke platform, di mana data tersebut dapat dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk grafik atau tabel. Selain itu, sistem ini juga dapat mengirimkan notifikasi atau peringatan kepada pengguna saat parameter melebihi batas-batas yang sudah ditentukan [4].

Namun, metode konvensional untuk memantau dan mencatat suhu dan kelembaban produk makanan dan lingkungannya seringkali dilakukan dengan cara manual, memerlukan banyak tenaga kerja, dan rentan terhadap kesalahan dan penipuan. Misalnya, penggunaan termometer, higrometer, *data logger*, dan catatan berbasis kertas memerlukan intervensi manusia yang sering, hal ini dapat meningkatkan biaya, waktu, dan risiko kontaminasi dan manipulasi. Selain itu, metode-metode ini tidak menyediakan data *real-time* dan berkelanjutan, yang dapat membatasi kemampuan untuk mendeteksi dan merespons penyimpangan secara tepat waktu dan efektif. Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih maju dan otomatis untuk memantau dan mencatat suhu dan kelembaban produk makanan dan lingkungannya selama penyimpanan dan pengangkutan.

Salah satu solusi yang menjanjikan untuk kebutuhan ini adalah penggunaan teknologi IoT, yang memungkinkan interkoneksi dan komunikasi objek dan perangkat fisik melalui internet. Teknologi IoT dapat menyediakan pengumpulan data *real-time* dan berkelanjutan, transmisi, pengolahan, dan analisis, serta kontrol dan manajemen jarak jauh perangkat dan sistem. Teknologi IoT juga dapat meningkatkan penelusuran dan transparansi produk makanan dan lingkungannya sepanjang rantai distribusi makanan, dengan menyediakan data dan informasi yang akurat dan dapat diandalkan kepada para pemangku kepentingan, seperti operator bisnis pangan, distributor, dan konsumen [5].

Sensor dapat digunakan untuk mengukur berbagai parameter yang berhubungan dengan kualitas makanan, seperti sensor suhu. Sensor ini dapat dipasang pada tempat pengolahan, tempat penyimpanan, atau pada makanan itu sendiri, tergantung pada tujuan dan aplikasinya. Sensor ini dapat mengirimkan data secara nirkabel ke platform IoT, di mana data tersebut dapat diproses, dianalisis, dan ditampilkan secara *real-time*. Sensor ini juga dapat memberikan umpan balik atau peringatan kepada pengguna jika terjadi perubahan kualitas makanan yang tidak diinginkan atau berbahaya. Sensor ini dapat membantu pengguna untuk memantau kualitas makanan secara objektif, akurat, cepat, dan mudah, serta meningkatkan kesadaran dan keamanan pangan [6].

Sensor kelembaban adalah alat yang dapat mengukur dan mengontrol kadar air di udara untuk berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti ventilasi gedung,

ruang bersih di industri makanan dan minuman seperti dapur, tempat penyimpanan, dan tempat pengiriman [7]. Sensor suhu adalah alat yang dapat mengukur suhu lingkungan dengan cara mengubah energi panas menjadi sinyal listrik. Sensor suhu dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti sistem pendingin, perangkat medis, dan kegiatan memasak. Sensor suhu dapat dikombinasikan dengan teknologi IoT untuk memantau suhu lingkungan secara jarak jauh dan *real-time* [8]. Sensor yang digunakan dalam sistem manajemen kualitas produksi makanan dapat mengukur suhu serta parameter-parameter lain yang dapat mempengaruhi kualitas produk. Informasi ini dikirimkan secara nirkabel, memberikan data *real-time* yang meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi [9].

Beberapa penelitian telah mengeksplorasi aplikasi teknologi IoT untuk memantau dan mencatat suhu produk makanan dan lingkungannya selama penyimpanan, pengolahan dan pengangkutan. Misalnya, pengembangan sistem berbasis IoT untuk memantau suhu dan kelembaban produk susu dalam rantai distribusi, menggunakan *node* sensor nirkabel, *platform cloud*, dan aplikasi seluler. Mengembangkan sistem berbasis IoT untuk memantau suhu dan kelembaban minuman dalam mesin penjual otomatis, menggunakan sensor elektronik, mikrokontroler, dan *server web*. Merancang sistem berbasis IoT untuk memantau suhu dan kelembaban susu dalam proses pasteurisasi, menggunakan sensor suhu, mikrokontroler, dan *Liquid Crystal Display* (LCD) [10]. Pengembangan sistem berbasis IoT untuk memantau suhu dan kelembaban susu dalam botol dengan menggunakan sensor *remote query*, *magnetoelastic thick film*, dan *radio frequency identification* (RFID). mengimplementasikan sistem berbasis IoT untuk memantau suhu dan kelembaban buah dan sayuran dalam kulkas pintar, menggunakan sensor DHT11, sensor MAX30105, mikrokontroler ESP32 TTGO, dan aplikasi.

Namun, sebagian besar penelitian ini berfokus pada produk makanan, proses, atau lingkungan tertentu, dan belum menangani tantangan dan persyaratan pemantauan dan pencatatan suhu produk makanan dan lingkungannya secara umum. Selain itu, sebagian besar penelitian ini belum mempertimbangkan aspek hukum dan regulasi pemantauan dan pencatatan suhu dan kelembaban produk makanan dan lingkungannya, seperti hukum pangan EU dan sistem HACCP yang mengharuskan suhu dalam lemari pendingin harus tidak melebihi 4°C dan suhu

pada *Freezer* tidak melebihi -18°C . Oleh karena itu, ada kesenjangan dalam literatur dan kebutuhan untuk pendekatan yang lebih sistematis untuk memantau dan mencatat suhu dan kelembaban produk makanan dan lingkungannya selama penyimpanan, pengolahan dan pengangkutan dengan menggunakan teknologi IoT yang sesuai dengan hukum pangan EU dan sistem HACCP [11].

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana cara membuat desain sistem QMS untuk memantau kelayakan dan kebersihan bahan makanan berbasis IoT?
- 2) Apa saja tantangan utama yang dihadapi dalam implementasi dan penggunaan teknologi IoT untuk memantau suhu dan kelembaban produk makanan dalam konteks hukum pangan EU dan persyaratan sistem HACCP?
- 3) Sejauh mana pengaruh dan efektivitas sistem QMS dalam meningkatkan pemantauan kelayakan dan kebersihan bahan makanan di industri *food and beverage*?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- 1) Penelitian ini akan berfokus pada perancangan alat penunjang QMS untuk pemantauan kelayakan dan kebersihan penyimpanan bahan makanan dalam industri *food and beverage* di Jerman.
- 2) Pengusulan penelitian geografis penelitian terkonsentrasi pada industri *food and beverage* di Jerman.

1.4 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Mengembangkan alat penunjang sistem QMS yang dapat memantau kebersihan dan kelayakan bahan pangan yang akan digunakan di industri *food and beverage* di Jerman.

- 2) Meningkatkan efektivitas pemantauan kebersihan dan kelayakan penyimpanan bahan pangan yang akan digunakan di industri *food and beverage* di Jerman.
- 3) Mengurangi kasus pelanggaran regulasi pangan dan menjamin kualitas bahan pangan yang digunakan pada industri *food and beverage* di Jerman.

1.5 MANFAAT

Perancangan sistem QMS untuk pemantauan kelayakan dan kebersihan bahan pangan di industri *food and beverage* di Jerman, dengan memanfaatkan sistem sensorik otomatis, memberikan manfaat praktis yang signifikan. Aplikasi ini memungkinkan pemantauan *real-time*, mempercepat deteksi potensi risiko kebersihan, dan meningkatkan efisiensi operasional industri F&B dengan mengurangi waktu inspeksi manual. Selain memberikan keuntungan langsung pada efisiensi, aplikasi ini diharapkan dapat secara keseluruhan meningkatkan kualitas produk dan layanan industri F&B di Jerman.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa bab. Bab 1 berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, manfaat dan tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab 2 membahas tentang konsep IoT, *platform*, sensor, dan alat bahan yang digunakan. Cara penelitian seperti alat penelitian, jalan penelitian dibahas pada bab 3. Bab 4 membahas tentang hasil data dan analisis sistem berdasarkan hasil data. Kesimpulan dan saran pengembangan untuk kedepannya dideskripsikan pada bab 5.