# DAFTAR ISI

# DAFTAR GAMBAR

# DAFTAR TABEL

# DAFTAR LAMPIRAN

# BAB 1.

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) pangan memainkan peran penting dalam ekonomi Indonesia, menyumbang lebih dari 60% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan menyediakan lapangan kerja bagi sebagian besar tenaga kerja nasional. Namun, UMKM pangan juga menghadapi tantangan besar dalam memenuhi standar keamanan pangan dan sistem pelacakan (traceability) yang menjadi syarat pasar modern, termasuk pasar ekspor dan ritel premium. Sistem keamanan pangan global semakin menuntut keterlacakan rantai pasok dari hulu ke hilir, suatu tantangan besar bagi UMKM yang masih bergantung pada pencatatan manual dan proses produksi informal (Piot-Lepetit, 2025).

Persyaratan sertifikasi seperti HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), ISO 22000, serta standar keberlanjutan seperti carbon footprint dan ekolabel semakin menjadi standar wajib, bukan lagi nilai tambah. Hal ini menyulitkan UMKM pangan yang cenderung minim sumber daya untuk memenuhi dokumentasi yang kompleks dan audit yang ketat. Kurangnya infrastruktur digital dan mekanisme verifikasi membuat produk UMKM kurang dipercaya oleh konsumen kelas atas dan pembeli internasional (OECD, 2022).

Selain itu, kesadaran konsumen global akan transparansi asal-usul makanan, proses produksi yang berkelanjutan, dan dampak lingkungan juga semakin tinggi. Banyak konsumen kini menuntut produk dengan informasi jelas mengenai sumber bahan baku, metode produksi, dan jejak karbon. Sayangnya, UMKM pangan jarang memiliki teknologi yang mampu menyediakan data ini secara akurat dan real time (Zambrano et al., 2021).

Di tengah tantangan tersebut, kemajuan teknologi digital—khususnya kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain—membuka peluang baru untuk menjembatani kesenjangan ini. Dengan memanfaatkan sensor IoT untuk mengumpulkan data produksi, AI untuk menilai mutu produk, dan blockchain untuk menyimpan data secara transparan dan tidak dapat diubah, maka sistem pelacakan yang kredibel dan terstandarisasi dapat diakses bahkan oleh pelaku UMKM skala kecil (Hashem et al., 2022).

Konsep seperti token karbon berbasis data aktual produksi UMKM pun kini menjadi peluang inovatif, menciptakan insentif hijau yang terverifikasi dan memungkinkan UMKM untuk mengakses pasar keberlanjutan dengan keunggulan kompetitif. Pelibatan teknologi ini tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis, melainkan juga alat pemberdayaan dan transformasi digital UMKM menuju ekonomi sirkular dan berdaya saing global (Rashid et al., 2023).

Maka dari itu, pengembangan prototipe sistem TraceFood menjadi sangat relevan. Sistem ini dirancang untuk menjawab kebutuhan riil UMKM dalam menciptakan sistem jejak digital yang kredibel dan inklusif, sehingga membuka akses terhadap sertifikasi, pasar ekspor, dan insentif berbasis data keberlanjutan. Pendekatan teknologi yang disesuaikan dengan konteks UMKM akan menjadi kunci dalam meningkatkan daya saing sektor pangan lokal di era ekonomi digital dan hijau.

## 1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) di sektor pangan memainkan peran penting dalam perekonomian Indonesia. Namun, banyak UMKM menghadapi tantangan mendasar dalam hal pencatatan produksi, verifikasi mutu, dan transparansi proses, yang berujung pada sulitnya menembus pasar premium maupun ekspor. Saat ini, sebagian besar UMKM masih mengandalkan pencatatan manual, baik dalam bentuk buku catatan, spreadsheet sederhana, atau bahkan hanya mengandalkan ingatan (Sudarmanto et al., 2024). Hal ini menyebabkan banyak data produksi yang tidak terdokumentasi dengan baik, rentan terhadap kehilangan informasi, serta menyulitkan proses audit dan sertifikasi.

Masalah kedua yang signifikan adalah ketiadaan sistem verifikasi dan validasi berbasis teknologi. Di pasar global, konsumen dan regulator menuntut adanya *traceability* (jejak produk) yang terintegrasi, seperti pencatatan asal bahan baku, proses pengolahan, penyimpanan, hingga distribusi akhir. Tanpa mekanisme verifikasi ini, UMKM tidak dapat membuktikan bahwa produk mereka memenuhi standar keamanan pangan atau sertifikasi halal, organik, dan karbon rendah (Rahman et al., 2021).

Selain itu, aspek keberlanjutan dan insentif hijau masih sangat minim. Padahal, tren global menunjukkan peningkatan permintaan terhadap produk-produk dengan *carbon footprint* yang terukur dan berkurang (Chen et al., 2022). Sayangnya, karena tidak adanya sistem yang dapat menghitung atau memverifikasi jejak karbon dalam proses produksi, UMKM kehilangan kesempatan untuk mendapatkan insentif berbasis karbon atau sertifikasi ramah lingkungan.

Ketiga permasalahan ini—pencatatan manual, kurangnya sistem verifikasi, dan absennya insentif hijau—menyebabkan stagnasi inovasi di sektor UMKM pangan. Hal ini memperbesar kesenjangan antara UMKM lokal dengan standar industri pangan global yang sudah menggunakan teknologi seperti IoT (Internet of Things), AI (Artificial Intelligence), dan Blockchain untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi rantai pasok (Lee et al., 2020).

Dari latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

**"Bagaimana merancang dan mengembangkan sistem prototipe bernama TraceFood yang mengintegrasikan AI, IoT, dan teknologi blockchain untuk mencatat, memverifikasi, dan menelusuri proses produksi UMKM pangan secara otomatis dan transparan, sekaligus memberikan potensi insentif berbasis jejak karbon?"**

Rumusan masalah ini bertujuan menjawab kebutuhan fundamental UMKM akan digitalisasi rantai pasok, serta memberikan solusi yang berdampak bagi aspek bisnis, sosial, dan lingkungan.

## 1.3 Tujuan Penulisan

### 1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji coba prototipe sistem **TraceFood**, yaitu sebuah platform berbasis teknologi **Artificial Intelligence (AI)**, **Internet of Things (IoT)**, dan **Blockchain**, yang ditujukan untuk meningkatkan **transparansi, keamanan, dan keberlanjutan** dalam rantai produksi pangan skala UMKM di Indonesia. Sistem ini dirancang untuk menyediakan pencatatan otomatis, verifikasi data produksi secara real-time, serta pemberian insentif berbasis jejak karbon guna membantu UMKM memenuhi standar pasar premium domestik maupun ekspor.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. **Merancang dan mengembangkan modul sensor IoT** untuk memantau suhu dan kelembaban selama proses produksi pangan secara otomatis, guna memastikan keamanan dan kualitas produk sesuai standar ketelusuran pangan.
2. **Mengimplementasikan sistem blockchain** sebagai teknologi pencatatan terdesentralisasi yang tidak dapat diubah, untuk menjamin transparansi dan keaslian data produksi pangan yang dihasilkan oleh UMKM.
3. **Membangun model kecerdasan buatan (AI)** berbasis citra digital yang mampu menilai kualitas produk pangan secara otomatis, misalnya dalam hal tingkat kematangan, kerusakan, atau cacat produk, untuk mendukung standarisasi mutu produk UMKM.
4. **Mengembangkan sistem insentif berbasis tokenisasi jejak karbon (carbon token)** sebagai bentuk penghargaan terhadap praktik produksi ramah lingkungan oleh UMKM, serta mendorong adopsi proses yang berkelanjutan.
5. **Melakukan uji coba dan evaluasi sistem TraceFood** pada lima UMKM pangan lokal (fokus pada produk keripik singkong dan sambal instan), dengan menilai aspek teknis, fungsionalitas, keberterimaan pengguna, serta dampaknya terhadap peningkatan traceability dan akses pasa

## 1.4 Manfaat dan Dampak

1.4.1 Manfaat bagi UMKM Pangan

Sistem TraceFood memungkinkan pencatatan jejak produksi secara otomatis dan real-time, sehingga UMKM pangan tidak lagi bergantung pada dokumen manual yang rentan hilang dan kesalahan entri. Dengan data yang tercatat di blockchain, proses audit sertifikasi (misalnya HACCP atau ISO 22000) menjadi lebih cepat dan transparan, memudahkan UMKM untuk menembus pasar premium maupun ekspor tanpa biaya verifikasi berulang-ulang . Lebih lanjut, modul carbon token dalam TraceFood memberikan insentif finansial bagi pelaku UMKM setiap kali mereka berhasil menurunkan emisi—token ini dapat diperdagangkan atau dijadikan klaim CSR, sehingga meningkatkan daya saing usaha di era ekonomi hijau.

1.4.2 Manfaat bagi Konsumen

Dengan antarmuka yang menampilkan riwayat lengkap mulai dari bahan baku sampai pengemasan, konsumen dapat memverifikasi keamanan dan kualitas produk pangan yang dibeli. Fitur grading berbasis AI akan secara otomatis mengklasifikasi mutu berdasarkan parameter visual (warna, tekstur) dan data sensor (suhu, kelembapan), sehingga risiko keamanan pangan dapat diminimalkan. Selain itu, informasi jejak karbon produk yang ditampilkan pada kemasan membantu konsumen membuat keputusan pembelian lebih sadar lingkungan, mendukung tren konsumsi berkelanjutan.

1.4.3 Manfaat Akademis dan Sosial

Penelitian ini menambah khazanah literatur tentang integrasi AI, IoT, dan blockchain dalam skala UMKM pangan, yang hingga kini masih jarang diangkat (fase prototipe minimal siap uji coba) . Dari segi sosial, pelatihan penggunaan TraceFood memberdayakan pelaku UMKM untuk mengelola data digital—mendorong inklusi teknologi dan literasi data di kalangan usaha kecil. Secara ekonomi, peningkatan efisiensi operasional dan akses pasar yang lebih luas diharapkan dapat menaikkan pendapatan UMKM hingga sekitar 20 % dalam jangka menengah, sehingga memberikan kontribusi nyata terhadap pengentasan kemiskinan dan penciptaan lapangan kerja lokal.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam upaya menjaga fokus dan kelayakan pelaksanaan PKM-KC “TraceFood”, ruang lingkup penelitian dibatasi agar prototipe yang dikembangkan dapat diselesaikan sesuai waktu dan sumber daya yang tersedia. Batasan masalah dirumuskan sebagai berikut:

### 1.5.1 Skala Pilot

Penelitian ini hanya akan melibatkan *lima* unit UMKM pangan sebagai sampel uji coba. Setiap UMKM akan dipantau secara intensif untuk memastikan data operasional (produksi, penyimpanan, dan distribusi) tercatat dengan benar dalam sistem TraceFood.

### 1.5.2 Komoditas Pangan yang Diuji

Prototipe TraceFood akan diterapkan pada dua jenis produk pangan khas UMKM: keripik singkong dan sambal instan. Pemilihan kedua komoditas tersebut mempertimbangkan karakteristik proses produksi yang beragam—mulai dari penjemuran dan penggorengan hingga pengemasan—sehingga representatif untuk skala pangan olahan.

### 1.5.3 Cakupan Fitur Prototipe

1. Sistem pemantauan suhu dan kelembapan menggunakan sensor IoT, terbatas pada pengambilan data setiap 30 menit sekali.
2. Implementasi blockchain berskala minimal, hanya mencakup tiga *node* untuk mencatat *hash* data produksi dan distribusi.
3. Modul grading AI sederhana, memeriksa ciri visual produk (warna dan tekstur) melalui foto produk dengan akurasi awal ≥ 80 %.
4. Penerbitan carbon token terbatas pada proses penggorengan dan pengemasan, tanpa menghitung emisi transportasi.

### 1.5.4 Batasan Pengujian dan Analisis

Uji coba prototipe akan dilangsungkan selama empat minggu penuh. Analisis data difokuskan pada validitas pencatatan otomatis (komparasi dengan catatan manual), stabilitas *node* blockchain, dan konsistensi hasil grading AI. Evaluasi insentif karbon hanya akan mensimulasikan potensi pengurangan emisi pada tahap penggorengan dan pengemasan, tanpa melibatkan mekanisme jual-beli token di pasar karbon.

### 1.6 Metode Pendekatan

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem berbasis System Development Life Cycle (SDLC) yang meliputi tahapan: analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi prototipe, dan pengujian. Pendekatan SDLC dipilih karena terbukti efektif dalam pengembangan sistem kompleks berbasis teknologi seperti IoT dan blockchain, terutama dalam konteks rantai pasok pangan yang membutuhkan integrasi lintas komponen secara modular (Ismail et al., 2022).

Pada tahap analisis, dilakukan observasi lapangan dan wawancara terhadap 5 UMKM pangan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem jejak produksi. Analisis ini menghasilkan spesifikasi awal untuk fitur sensor suhu dan kelembapan, modul blockchain minimal node untuk pencatatan transaksi, serta model AI sederhana untuk grading visual produk seperti keripik dan sambal.

Metode pengumpulan data menggabungkan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui sensor IoT (DHT11 untuk suhu & kelembapan) yang merekam kondisi penyimpanan produk secara berkala. Selain itu, citra produk dikumpulkan menggunakan kamera smartphone dan diproses dengan model convolutional neural network (CNN) sederhana untuk klasifikasi kualitas visual produk. Data sekunder berasal dari dokumentasi proses produksi oleh pelaku UMKM.

Simulasi blockchain dilakukan dengan membangun private ledger menggunakan Ethereum Testnet atau Hyperledger Fabric untuk mencatat informasi produk secara terdesentralisasi. Teknologi ini dipilih karena keandalannya dalam memastikan immutability data dalam rantai pasok pangan (Bianchini & Melchiori, 2024).

Metode analisis yang digunakan adalah evaluasi fungsional sistem berbasis black-box testing untuk menguji setiap modul secara terpisah, serta integrasi keseluruhan sistem. Selain itu, dilakukan usability testing dengan melibatkan pelaku UMKM sebagai pengguna utama. Instrumen kuesioner berbasis skala Likert digunakan untuk menilai aspek kemudahan penggunaan, pemahaman fitur, dan potensi dampak ekonomi dari TraceFood.

Pendekatan ini juga mengedepankan prinsip keberlanjutan dengan integrasi token karbon sebagai green incentive. Token ini diberikan secara simulatif kepada UMKM yang mampu menjaga suhu dan kualitas produk dalam standar tertentu. Dengan metode ini, proyek tidak hanya menghasilkan prototipe teknis, tetapi juga menciptakan model insentif digital berbasis data objektif.

# BAB 2.

# TINJAUAN PUSTAKA

# BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN

# BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN

# DAFTAR PUSTAKA

# LAMPIRAN