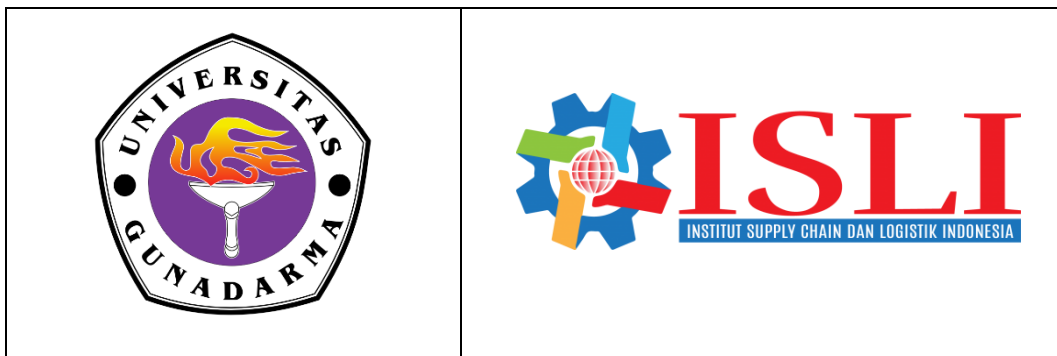


***SMART BOX NANOEMULSI EDIBLE COATING DENGAN
ELECTROSTATIC SPRAY BERBASIS INTERNET OF THINGS***

[ISLI CAMP 2025]

**TRANSFORMASI RANTAI PASOK PERKOTAAN UNTUK
KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN**



Disusun Oleh:

[TIM NEXUS]

Dicky Alfian Irvansyah

Rangga Aryo Syahputra

Rudi Ikfan Maulana

Universitas Gunadarma

JAKARTA

2025

EXECUTIVE SUMMARY

Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray berbasis Internet of Things.

Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2024) melaporkan bahwa sektor hortikultura Indonesia mengalami kehilangan hasil yang cukup tinggi, yaitu sekitar seperlima hingga sepertiga dari total produksi sebelum mencapai konsumen. Kondisi ini menunjukkan pentingnya ketahanan pangan sebagai bagian dari strategi pembangunan nasional yang berkelanjutan. Permasalahan ini terutama disebabkan oleh rantai pasok yang belum efisien, keterbatasan teknologi penyimpanan, serta lemahnya sistem pemantauan mutu selama proses distribusi. Dampaknya tidak hanya berupa kerugian ekonomi yang signifikan bagi petani dan pelaku pasar, tetapi juga berkontribusi terhadap ketimpangan akses pangan dan meningkatkan emisi gas rumah kaca akibat limbah organik.

Sebagai upaya untuk menjawab tantangan tersebut, tim mengembangkan *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray* berbasis IoT, sebuah sistem penyimpanan cerdas yang mengintegrasikan tiga teknologi utama. Pertama, nanoemulsi *edible coating* berfungsi sebagai pelapis alami berbasis bahan lokal (susu, madu, tapioka, dan minyak kayu manis) yang mampu memperpanjang umur simpan buah hingga 1,5–2 kali lebih lama tanpa mengubah karakteristik organoleptik produk. Kedua, teknologi *electrostatic spray* memastikan penyemprotan lapisan pelindung secara merata dan efisien, sehingga penggunaan bahan dapat dihemat hingga 50% dibandingkan metode konvensional seperti pencelupan atau semprotan manual. Ketiga, sistem *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan suhu, kelembaban, dan kadar gas etilen secara *real-time*, memberikan transparansi data di sepanjang rantai pasok serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*).

Dari sisi model bisnis, Smart Box dikembangkan menggunakan pendekatan Business Model Canvas (BMC) dengan tiga pilar utama: (1) penjualan unit produk (*hardware*) kepada petani, distributor, atau pelaku pasar modern; (2) layanan *monitoring* berbasis langganan (*cloud subscription*) untuk pemantauan

berkelanjutan; dan (3) kemitraan strategis dengan lembaga pemerintah, *startup agritech*, serta industri pangan dalam skema adopsi teknologi berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan nilai ekonomi proyek, tetapi juga memperluas potensi kolaborasi lintas sektor untuk implementasi jangka panjang.

Keunggulan utama *Smart Box* terletak pada kemampuannya menggabungkan aspek efisiensi, keberlanjutan, dan transparansi dalam satu sistem terintegrasi. Inovasi ini mampu menekan angka *food loss*, meningkatkan nilai jual produk hortikultura, dan memperluas jangkauan distribusi pangan bergizi hingga ke wilayah terpencil. Selain itu, penggunaan bahan pelapis alami menjadikan *Smart Box* sebagai solusi ramah lingkungan yang mendukung prinsip *green economy* dan target *Sustainable Development Goals (SDG) 12 – Responsible Consumption and Production*.

Secara keseluruhan, *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating* dengan *Electrostatic Spray* berbasis IoT merupakan inovasi terapan yang menghadirkan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan secara bersamaan. Lebih dari sekadar alat penyimpanan modern, inovasi ini menjadi langkah konkret dalam membangun rantai pasok pangan perkotaan yang efisien, adil, dan berkelanjutan

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| EXECUTIVE SUMMARY | ii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| BAB I Pendahuluan | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat..... | 3 |
| 1.3.1 Tujuan | 3 |
| 1.3.2 Manfaat | 3 |
| BAB II Deskripsi Solusi/Inovasi | 4 |
| BAB III Analisis Dampak & Keberlanjutan | 6 |
| BAB IV Strategi Implementasi & Rencana Bisnis..... | 8 |
| 1.1 Strategi Implementasi..... | 8 |
| 1.2 Model Bisnis..... | 9 |
| 1.3 Analisis SWOT | 9 |
| 1.4 Estimasi Biaya | 10 |
| BAB IV Penutup..... | 11 |
| DAFTAR PUSTAK | |

Bab I - Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Ketahanan pangan merupakan salah satu fondasi utama pembangunan nasional yang sangat bergantung pada efisiensi rantai pasok, terutama di kawasan perkotaan. FAO (2024) mencatat bahwa sebagian besar produk hortikultura di Indonesia belum sepenuhnya tersalurkan dengan baik hingga ke tingkat konsumen. Hal ini menunjukkan adanya celah efisiensi dalam sistem distribusi pangan nasional yang perlu ditangani secara sistematis. Kondisi ini dipicu oleh infrastruktur logistik yang belum efisien, keterbatasan teknologi penyimpanan, serta lemahnya sistem pemantauan mutu selama proses distribusi. Akibatnya, terjadi kerugian ekonomi, ketimpangan akses pangan, serta peningkatan emisi gas rumah kaca dari limbah organik.

Salah satu penyebab utama tingginya *food loss* adalah penurunan kualitas produk selama transportasi dan penyimpanan, terutama pada komoditas buah tropis yang sensitif terhadap suhu dan kelembaban. Data *Bappenas* (2021) menunjukkan bahwa total *food loss and waste* di Indonesia mencapai 48 juta ton per tahun, atau setara 4–5% Produk Domestik Bruto (PDB). Kondisi ini menimbulkan dampak berlapis: menurunnya pendapatan petani, meningkatnya harga pangan di perkotaan, dan meningkatnya ketimpangan distribusi gizi di masyarakat.

Masalah ini semakin kompleks karena banyak daerah penghasil pertanian belum memiliki fasilitas penyimpanan berpendingin yang memadai. Akibatnya, produk hortikultura mengalami degradasi mutu sebelum tiba di pasar kota atau wilayah terpencil. Keterbatasan sistem penyimpanan juga menyebabkan rantai pasok menjadi kurang tangguh dalam menghadapi perubahan iklim maupun fluktuasi permintaan pasar. Oleh karena itu, diperlukan inovasi berbasis teknologi yang mampu menjaga mutu pangan selama distribusi sekaligus memberikan transparansi kondisi produk di sepanjang rantai pasok. Inovasi tersebut harus bersifat efisien, ramah lingkungan, dan mudah diintegrasikan dengan sistem logistik perkotaan. Berdasarkan urgensi tersebut, tim mengusulkan pengembangan *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating* dengan *Electrostatic Spray* berbasis *Internet of Things* (IoT).

Inovasi ini menggabungkan pelapis alami berbentuk nanoemulsi untuk memperpanjang umur simpan, teknologi *electrostatic spray* untuk penyemprotan yang efisien dan merata, serta sensor IoT untuk pemantauan suhu dan kelembaban secara *real-time*. Kombinasi ketiga teknologi tersebut diharapkan mampu menekan tingkat *food loss*, meningkatkan efisiensi rantai pasok, dan mendukung ketahanan pangan perkotaan secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Sektor hortikultura Indonesia menghadapi tantangan serius berupa tingginya tingkat *food loss* di sepanjang rantai pasok, terutama pada tahap penyimpanan dan distribusi. Produk pangan yang bersifat mudah rusak, seperti buah tropis, sering kali mengalami penurunan mutu akibat keterbatasan fasilitas penyimpanan, inefisiensi transportasi, dan kurangnya sistem pemantauan kondisi lingkungan. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar hasil panen tidak sampai ke konsumen dalam kualitas yang optimal.

Masalah tersebut berdampak langsung terhadap kerugian ekonomi nasional, ketimpangan akses pangan, dan meningkatnya emisi limbah organik, yang berkontribusi pada persoalan sosial dan lingkungan. Berdasarkan data *Bappenas* (2021), *food loss and waste* di Indonesia mencapai 4–5% PDB per tahun atau sekitar 48 juta ton pangan yang terbuang. Angka ini menunjukkan bahwa sistem distribusi dan logistik pangan di Indonesia belum efisien dan membutuhkan inovasi yang lebih adaptif terhadap kondisi tropis. Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan beberapa masalah utama yang ingin diselesaikan melalui pengembangan *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating* dengan *Electrostatic Spray* berbasis IoT, yaitu:

1. Bagaimana mengurangi tingkat *food loss* dalam distribusi produk hortikultura melalui teknologi penyimpanan yang inovatif dan berkelanjutan?
2. Bagaimana merancang sistem penyimpanan yang mampu menjaga mutu buah secara optimal dengan biaya operasional yang efisien?

3. Bagaimana memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kondisi produk secara *real-time* dan meningkatkan transparansi rantai pasok pangan?

Rumusan masalah ini menjadi dasar bagi tim dalam merancang inovasi teknologi *Smart Box*, yang tidak hanya menjawab persoalan teknis, tetapi juga memberikan solusi sistemik bagi efisiensi logistik pangan perkotaan dan ketahanan pangan berkelanjutan di Indonesia.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Setelah memahami permasalahan yang muncul pada sistem logistik pangan perkotaan, diperlukan arah pengembangan yang jelas agar solusi yang diusulkan mampu menjawab tantangan secara tepat dan terukur. Oleh karena itu, bagian ini menjabarkan tujuan utama dari pengembangan inovasi *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray berbasis IoT* serta manfaat yang diharapkan bagi masyarakat, industri, dan pemerintah.

1.3.1 Tujuan

Pengembangan *Smart Box* ini memiliki tujuan utama untuk menghadirkan inovasi teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem rantai pasok pangan perkotaan. Secara khusus, tujuan proyek ini adalah untuk:

1. Mengembangkan sistem penyimpanan cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau suhu, kelembaban, dan kondisi produk hortikultura secara *real-time* selama proses distribusi.
2. Menerapkan teknologi *nanoemulsi edible coating* dengan *electrostatic spray* guna memperpanjang umur simpan buah tropis serta menekan penurunan mutu produk selama penyimpanan dan transportasi.
3. Mengintegrasikan hasil pengembangan teknologi tersebut ke dalam model bisnis yang berkelanjutan, sehingga dapat memberikan nilai tambah ekonomi bagi petani, distributor, dan masyarakat perkotaan.

1.3.2 Manfaat

Implementasi inovasi *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray berbasis IoT* diharapkan memberikan manfaat yang nyata dan

berkelanjutan, baik dari aspek ekonomi, sosial, maupun lingkungan, sebagai berikut:

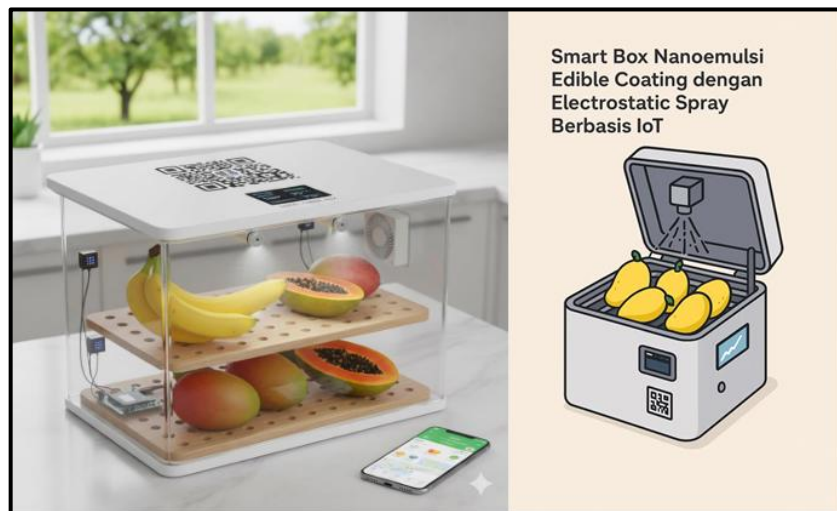
1. Menjamin ketersediaan produk hortikultura yang segar dan bergizi hingga ke wilayah dengan akses logistik terbatas, serta membantu menekan masalah gizi buruk dan *stunting*.
2. Meningkatkan efisiensi distribusi dengan mengurangi kerusakan produk dan biaya operasional, serta memperkuat daya saing produk lokal di pasar modern.
3. Mendukung kebijakan nasional dalam pengurangan *food loss & waste*, memperkuat sistem ketahanan pangan nasional, serta berkontribusi terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals (SDG) 12 – Responsible Consumption and Production*.

BAB II – Deskripsi Solusi/Inovasi

Sebagai jawaban atas permasalahan *food loss* dalam rantai pasok hortikultura, tim mengusulkan pengembangan *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating* dengan *Electrostatic Spray* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Inovasi ini merupakan sistem penyimpanan cerdas yang memadukan teknologi pelapisan alami, mekanisme semprotan elektrostatis, dan sensor digital untuk memantau kondisi produk secara *real-time*. Tujuannya adalah menjaga mutu hasil pertanian selama proses distribusi, sekaligus meningkatkan efisiensi logistik pangan di kawasan perkotaan.

Smart Box berfungsi bukan hanya sebagai wadah penyimpanan, tetapi juga sebagai sistem aktif yang mampu memperpanjang umur simpan produk hortikultura. Di dalamnya, terdapat *nozzle electrostatic spray* yang menyemprotkan pelapis nanoemulsi berbahan alami seperti susu, madu, tepung tapioka, dan minyak kayu manis. Lapisan pelindung ini berfungsi memperlambat respirasi dan oksidasi pada buah, sehingga kualitasnya tetap terjaga lebih lama. Penggunaan *electrostatic spray* memungkinkan partikel cairan bermuatan listrik menempel secara merata di seluruh permukaan buah, sekaligus menghemat bahan pelapis hingga 50% dibanding metode konvensional.

Kinerja *Smart Box* diperkuat oleh sensor berbasis IoT yang memantau suhu dan kelembaban ruang penyimpanan secara *real-time*. Data dari sensor dikirimkan ke *dashboard* digital yang dapat diakses melalui perangkat seluler. Dengan sistem ini, petani maupun distributor dapat mengetahui kondisi produk selama transportasi dan melakukan intervensi bila terjadi perubahan suhu yang berisiko terhadap kualitas buah. Selain itu, *Smart Box* juga dilengkapi dengan *mini fan* untuk menjaga sirkulasi udara dan mempercepat pengeringan lapisan pelapis setelah proses penyemprotan. Berikut adalah gambar *prototipe Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray* berbasis IoT.



Gambar 1. Prototipe Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray berbasis IoT

Melalui integrasi teknologi tersebut, *Smart Box* mampu mengatasi tiga penyebab utama *food loss* di rantai pasok pangan, yaitu pembusukan akibat suhu dan kelembaban tinggi, ketiadaan pemantauan kondisi produk selama perjalanan, serta inefisiensi dalam metode pelapisan. Inovasi ini dapat memperpanjang umur simpan buah tropis hingga 1,5–2 kali lipat, menekan penggunaan bahan pelapis hingga 50%, dan memungkinkan transparansi penuh dalam pengendalian mutu selama distribusi. Implementasi *Smart Box* dilakukan pada tahap-tahap kritis rantai pasok. Pada fase pasca-panen, setelah proses penyortiran, buah langsung ditempatkan ke dalam *Smart Box* dan disemprot otomatis dengan pelapis nanoemulsi. Selama proses transportasi menuju pasar atau daerah terpencil, sensor IoT mengirimkan data kondisi lingkungan secara berkelanjutan ke pusat

pemantauan. Di tempat tujuan, produk yang telah terlindungi dan terpantau kualitasnya dapat disimpan lebih lama meskipun tanpa fasilitas pendingin. Pendekatan ini membantu petani dan distributor menjaga nilai jual produk, serta mengurangi potensi kerugian akibat pembusukan.

Selain menawarkan solusi teknis, *Smart Box* juga menghadirkan nilai tambah ekonomi dan keberlanjutan. Penggunaan bahan alami menjadikannya aman dikonsumsi serta ramah lingkungan, mendukung prinsip ekonomi hijau dan konsumsi bertanggung jawab. Di sisi lain, sistem ini dapat diintegrasikan ke model bisnis *hardware + cloud service*, di mana penjualan *Smart Box* disertai layanan langganan pemantauan digital. Model bisnis tersebut mendukung keberlanjutan finansial inovasi sekaligus memperkuat kemitraan antara petani, distributor, dan pemerintah daerah dalam membangun ekosistem rantai pasok pangan yang lebih tangguh. Dengan kombinasi fungsi perlindungan, pemantauan, dan efisiensi bahan, *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating* dengan *Electrostatic Spray* berbasis IoT menjadi inovasi yang relevan, aplikatif, serta sejalan dengan upaya nasional dalam mengurangi *food loss & waste* dan memperkuat ketahanan pangan berkelanjutan.

BAB III – Analisis Dampak dan Keberlanjutan

Inovasi *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating* dengan *Electrostatic Spray* berbasis IoT tidak hanya menghadirkan pembaruan dari sisi teknologi penyimpanan pangan, tetapi juga memberikan dampak nyata yang saling berkaitan pada aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Inovasi ini dirancang untuk menjadi solusi berkelanjutan dalam mengurangi *food loss* di sektor hortikultura sekaligus memperkuat ketahanan pangan perkotaan.

Dari sisi ekonomi, penerapan *Smart Box* berpotensi mengurangi kerugian finansial yang selama ini dialami petani dan distributor akibat tingginya tingkat kerusakan buah selama proses penyimpanan dan distribusi. Melalui lapisan *edible coating* berbasis nanoemulsi serta pengendalian kondisi lingkungan menggunakan sensor IoT, kualitas produk hortikultura dapat dipertahankan lebih lama. Hal ini berdampak langsung terhadap peningkatan efisiensi distribusi, stabilitas harga, dan nilai jual produk. Bappenas (2021) memperkirakan bahwa Indonesia kehilangan

sekitar 48 juta ton bahan pangan setiap tahun dengan jumlah yang bernilai sekitar 4 hingga 5 persen dari total PDB nasional. Jika inovasi ini mampu menekan tingkat kehilangan hasil sebesar 10%, maka potensi penghematan ekonomi yang dihasilkan dapat mencapai nilai triliunan rupiah setiap tahunnya. Selain itu, efisiensi bahan pelapis hingga 50% melalui teknologi *electrostatic spray* menurunkan biaya operasional dan meningkatkan daya saing produk hortikultura lokal di pasar modern.

Dari aspek sosial, *Smart Box* memberikan manfaat langsung terhadap pemerataan akses pangan bergizi. Teknologi ini memungkinkan buah dan sayur tetap segar hingga ke wilayah dengan akses logistik terbatas, sehingga masyarakat di daerah terpencil dapat memperoleh produk yang layak konsumsi. Dengan terjaganya kualitas pangan, risiko masalah gizi seperti *stunting* dan kekurangan mikronutrien dapat ditekan. Inovasi ini juga berpotensi memperkuat hubungan rantai nilai antara petani, distributor, dan konsumen, karena sistem berbasis IoT menciptakan transparansi mutu yang dapat dipantau oleh seluruh pihak. Transparansi data penyimpanan ini mendorong kepercayaan masyarakat terhadap produk lokal serta memperkuat citra pertanian Indonesia di pasar modern dan ekspor.

Dari perspektif lingkungan, *Smart Box* membantu menekan timbulan limbah organik dan emisi gas rumah kaca. *Food loss* yang tinggi menyebabkan peningkatan emisi metana (CH₄) dari sampah makanan yang membusuk di tempat pembuangan akhir. Dengan memperpanjang umur simpan buah, inovasi ini secara langsung menurunkan jumlah limbah pangan yang terbuang. Di sisi lain, penggunaan bahan alami seperti susu, madu, tepung tapioka, dan minyak kayu manis menjadikan sistem ini ramah lingkungan karena seluruh komponen pelapis bersifat *biodegradable* dan tidak meninggalkan residu berbahaya. Langkah ini mendukung prinsip *green economy* serta berkontribusi terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDG) 12 – *Responsible Consumption and Production*.

Dari perspektif keberlanjutan jangka panjang, *Smart Box* dirancang agar dapat diintegrasikan ke dalam model bisnis berulang (*recurring revenue model*)

yang mendukung pengembangan teknologi secara berkesinambungan. Pendapatan tidak hanya berasal dari penjualan perangkat (*hardware*), tetapi juga dari langganan layanan pemantauan berbasis *cloud* (*IoT subscription*). Dengan demikian, keberlanjutan finansial dan inovasi teknologi dapat berjalan seimbang dengan dampak sosial dan lingkungan. Selain itu, penggunaan bahan lokal sebagai komponen utama pelapis memperkuat kemandirian rantai pasok domestik dan membuka peluang kerja baru bagi sektor UMKM penyedia bahan alami.

BAB IV – Strategi Implementasi dan Rencana Bisnis

Untuk memastikan inovasi *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray berbasis IoT* dapat diterapkan secara nyata dan berkelanjutan, dibutuhkan strategi implementasi yang sistematis serta model bisnis yang mendukung keberlanjutan ekonomi. Bab ini menjelaskan tahapan pelaksanaan, analisis peluang dan risiko, serta rencana pembiayaan dan strategi komersialisasi produk.

4.1 Strategi Implementasi

Penerapan *Smart Box* direncanakan melalui empat tahap utama yang mencakup penelitian, validasi, hingga skala produksi:

Tabel 1 Strategi Implementasi

| Tahap | Deskripsi Kegiatan | Output Utama | Durasi Waktu |
|--|--|---|--------------|
| Tahap 1 (Riset & Pengembangan) | Formulasi pelapis nanoemulsi dari bahan lokal; desain sistem <i>electrostatic spray</i> dan integrasi IoT. | Prototipe awal <i>Smart Box</i> + formula nanoemulsi | 1 bulan |
| Tahap 2 (Uji coba skala kecil) | Pengujian pada buah tropis (mangga, pisang, pepaya); validasi umur simpan dan efektivitas sensor. | Data efektivitas awal + laporan teknis | 2 bulan |
| Tahap 3 (<i>Pilot Project</i> Lapangan) | Implementasi bersama petani/distributor; pengujian di kondisi nyata rantai pasok. | Data lapangan + rekomendasi pengembangan | 2 bulan |
| Tahap 4 (<i>Scaling Up</i>) | Produksi skala menengah (kapasitas 10–50 kg); pelatihan pengguna dan kerja sama <i>startup agritech</i> | <i>Smart Box</i> versi <i>modular</i> <i>siap komersial</i> | 3 bulan |

4.2 Model Bisnis

Model bisnis *Smart Box* dikembangkan dengan pendekatan *Business Model Canvas (BMC)*, yang menggabungkan inovasi produk (*hardware*) dengan layanan digital (*software-as-a-service*). Fokus utama model bisnis ini adalah menciptakan nilai berkelanjutan bagi seluruh pelaku rantai pasok pangan.

Pilar utama model bisnis meliputi:

Tabel 2 Model Bisnis

| Komponen | Isi Model Bisnis Smart Box Nanoemulsi Edible Coating dengan Electrostatic Spray berbasis IoT |
|-------------------|--|
| Segmen Pelanggan | Petani hortikultura, distributor, koperasi, dinas pertanian daerah, dan startup agritech. |
| Proposisi Nilai | Memperpanjang umur simpan buah 1,5–2 kali lipat, menghemat 50% bahan pelapis, serta pemantauan kondisi produk berbasis IoT. |
| Sumber Pendapatan | Sumber pendapatan: penjualan unit <i>Smart Box</i> , langganan layanan <i>cloud monitoring</i> , dan penjualan bahan pelapis nanoemulsi. |
| Kemitraan Utama | Perguruan tinggi, pemerintah daerah, dan UMKM penyedia bahan alami. |
| Struktur Biaya | Riset dan pengembangan, produksi perangkat, bahan pelapis, serta pemeliharaan sistem <i>cloud</i> . |

Model bisnis ini dirancang agar dapat berjalan secara berkelanjutan melalui sistem pendapatan berulang, di mana layanan pemantauan digital berperan sebagai sumber pendapatan utama sekaligus menjaga hubungan jangka panjang dengan pelanggan.

4.3 Analisis SWOT

Untuk memastikan kesiapan implementasi di lapangan, dilakukan analisis terhadap kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang mungkin dihadapi. Analisis ini disusun berdasarkan kondisi internal tim dan lingkungan eksternal sektor *agritech* di Indonesia.

Tabel 3 Analisis SWOT

| Aspek | Uraian |
|-----------------------------|---|
| <i>Strengths</i> (Kekuatan) | Inovasi menggabungkan tiga teknologi (nanoemulsi, electrostatic spray, IoT) yang saling mendukung; bahan pelapis alami, aman, dan ramah lingkungan; potensi penghematan |

| Aspek | Uraian |
|--------------------------------|---|
| | bahan hingga 50%; relevan dengan isu nasional ketahanan pangan. |
| <i>Weaknesses</i> (Kelemahan) | Biaya awal pengembangan relatif tinggi; diperlukan pelatihan bagi pengguna awal; keterbatasan akses peralatan uji nanoemulsi di daerah. |
| <i>Opportunities</i> (Peluang) | Dukungan pemerintah terhadap teknologi pertanian cerdas dan ekonomi hijau; meningkatnya permintaan produk segar di perkotaan; potensi kolaborasi dengan <i>startup agritech</i> dan BUMDes. |
| <i>Threats</i> (Ancaman) | Persaingan dengan teknologi pendinginan konvensional; adopsi pasar yang lambat; ketergantungan pada konektivitas internet di daerah tertentu. |

Analisis ini menunjukkan bahwa kekuatan dan peluang inovasi *Smart Box* berada pada posisi strategis untuk dikembangkan lebih lanjut, terutama bila diintegrasikan dengan kebijakan nasional pengurangan *food loss & waste*.

4.4 Estimasi Biaya

Untuk tahap awal pengembangan prototipe dan validasi lapangan, estimasi kebutuhan dana disusun secara efisien dengan total sebesar Rp6.700.000.

Tabel 4 Rencana Anggaran

| No | Komponen | Deskripsi | Estimasi Biaya (Rp) |
|----|------------------------------------|--|---------------------|
| 1. | Bahan <i>Edible Coating</i> | Susu, madu, tapioka, minyak kayu manis | 500.000 |
| 2. | Peralatan Pembuatan Nanoemulsi | Homogenizer sederhana dan wadah <i>stainless</i> | 700.000 |
| 3. | <i>Nozle Electrostatic Spray</i> | Sistem penyemprotan otomatis | 1.000.000 |
| 4. | Sensor IoT (Suhu, Kelembaban, Gas) | Modul ESP32 dan sensor digital | 1.200.000 |
| 5. | Microcontroller & Sistem Kontrol | Arduino/ESP32 dan kabel pendukung | 800.000 |

| No | Komponen | Deskripsi | Estimasi Biaya (Rp) |
|----------------------|--|--|---------------------|
| 6. | Material <i>Smart Box & Mini Fan</i> | Box akrilik/ABS dan sirkulasi udara | 1.000.000 |
| 7. | <i>Dashboard Iot dan Hosting</i> | <i>Dashboard monitoring</i> berbasis web | 600.000 |
| 8. | <i>Testing & Validasi</i> | Pengujian buah dan dokumentasi hasil | 500.000 |
| 9. | Evaluasi & Pelaporan | Analisis dan penyusunan laporan | 400.000 |
| Total Estimasi Biaya | | | Rp6.700.000 |

Biaya ini difokuskan untuk tahap *proof of concept*. Pada tahap *pilot project* dan komersialisasi, estimasi akan disesuaikan berdasarkan skala produksi, mitra kolaboratif, serta potensi pendanaan eksternal (hibah inovasi, CSR, atau kemitraan *agritech*).

BAB V – Penutup

Permasalahan *food loss* dalam rantai pasok pangan perkotaan menjadi tantangan serius yang berdampak luas terhadap aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Melalui pengembangan *Smart Box Nanoemulsi Edible Coating* dengan *Electrostatic Spray* berbasis IoT, tim menghadirkan solusi terapan yang menggabungkan inovasi teknologi dan prinsip keberlanjutan untuk menjaga mutu hasil pertanian dari pasca-panen hingga distribusi akhir. Inovasi ini menjadi langkah konkret dalam menjawab kebutuhan sistem logistik pangan yang lebih efisien dan tangguh di wilayah perkotaan.

Smart Box tidak hanya berperan sebagai alat penyimpanan, tetapi juga sebagai sistem aktif yang mampu memperpanjang umur simpan produk hortikultura, menekan penggunaan bahan pelapis, serta menyediakan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*. Dampak positifnya mencakup peningkatan efisiensi biaya, perluasan akses pangan berkualitas, dan penurunan limbah organik. Dengan pendekatan berbasis IoT, inovasi ini sekaligus mendukung agenda nasional pengurangan *food loss and waste* serta target *Sustainable Development Goals* (SDG) 12 – *Responsible Consumption and Production*.

Tim berharap inovasi ini dapat dikembangkan lebih lanjut melalui kolaborasi dengan berbagai pihak, termasuk perguruan tinggi, pemerintah daerah, dan pelaku industri agritech. Melalui dukungan tersebut, *Smart Box* diharapkan tidak hanya berhenti sebagai prototipe penelitian, tetapi dapat menjadi solusi nyata yang diterapkan secara luas dalam sistem rantai pasok pangan Indonesia. Kami meyakini bahwa langkah kecil ini dapat menjadi awal dari transformasi besar menuju rantai pasok pangan perkotaan yang lebih cerdas, inklusif, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappenas. (2021). *Kajian Food Loss and Waste di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Pangan dan Pertanian, Kementerian PPN/Bappenas.
- Eriyatno, E., Larasati, L., Herianto, A., Fatmaningrum, D., Bucatariu, C., & Galvez-Nogales, E. (2024). *Food loss prevention and reduction analysis in Indonesia: A case study on chili, cabbage and shallot*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Gómez-Estaca, J., Balaguer, M. P., López-Carballo, G., Gavara, R., & Hernández-Muñoz, P. (2019). *Edible coatings based on proteins and polysaccharides: A review on recent applications for fruits and vegetables*. Food Hydrocolloids, 89, 111–122.
- Li, D., Liu, C., & Qi, Y. (2020). *IoT-based temperature and humidity monitoring system for agricultural products*. Journal of Food Engineering, 276, 109–120.
- Wang, L., Zhou, Z., & Zhang, H. (2021). *Application of electrostatic spraying technology in food processing and coating efficiency improvement*. Food Science and Technology, 138, 110–127.