

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Progam Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknik



PEMODELAN SISTEM DINAMIK UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI
JAGUNG PIPIL BERKELANJUTAN DI JAWA TIMUR MELALUI
STRATEGI INTENSIFIKASI LAHAN

Tim Peneliti:

- 1. Rizky Stighfarrinata, S.ST., M.T**
- 2. Eko Wahyu Abryandoko, S.Pd., M.T**

Dibiayai oleh:
Universitas Bojonegoro
Periode 1 Tahun Anggaran 2024/2025

Nomor Kontrak :
047 / LPPM-LIT / UB / XI / 2024

UNIVERSITAS BOJONEGORO
2024

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI

1. **Judul Penelitian** : Pemodelan Sistem Dinamik untuk Peningkatan Produksi Jagung Pipil Berkelanjutan di Jawa Timur melalui Strategi Intensifikasi Lahan
2. **Ketua Peneliti**
 - a. Nama Peneliti : Rizky Stighfarrinata, S.ST., M.T
 - b. NIDN : 07 080993 02
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail : stighfarrinatarizky@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Optimasi dan Simulasi Sistem
3. **Anggota Peneliti 1**
 - a. Nama Peneliti : Eko Wahyu Abryandoko, S.Pd., M.T.
 - b. NIDN : 0710119102
 - c. Program Studi : Teknik Industri
 - d. E-mail : abryandoko@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Teknik Industri
- Anggota Peneliti 2**
 - a. Nama (Dosen/ Mahasiswa) :
 - b. NIDN/NIM :
 - c. Program Studi :
 - d. E-mail :
 - e. Bidang Keilmuan :
4. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
6. Lokasi Penelitian : Jawa Timur
7. Dana Diusulkan : Rp 3.500.000,-

Bojonegoro, 28 Februari 2025

Mengetahui,

Ketua LPPM Universitas Bojonegoro

Pengusul,

Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.
NIDN 07 2108 8601

Rizky Stighfarrinata, S.ST., MT
NIDN. 07 0809 9302

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa saya panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan proposal penelitian ini sebaik-baiknya. Proposal penelitian ini berjudul “Pemodelan Sistem Dinamik untuk Peningkatan Produksi Jagung Pipil Berkelanjutan di Jawa Timur melalui Strategi Intensifikasi Lahan” ini disusun untuk memenuhi salah satu tridarma perguruan tinggi yaitu penelitian. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa penelitian sampai pembuatan proposal ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam pembuatan proposal penelitian ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan sistem dinamik untuk meningkatkan produksi jagung pupul di Jawa Timur ke depannya.

Bojonegoro, 28 Februari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Surat	4
2.2 Pengertian Sistem.....	5
2.2.1 Karakteristik Sistem 5	
2.3 Informasi	7
2.3.1 Pengertian Informasi	7
2.3.2 Kualitas Informasi.....	8
2.3.3 Nilai Informasi	9
2.4 Data	9
2.4.1 Basis Data (Database)	9
2.4.2 Sistem Manajemen Database	9
2.4.3 Komponen Database	10
2.5 PHP	10
2.5.1 Sejarah PHP	11
2.6 Hypertext Markup Language (HTML)	11
2.7 MySQL.....	12
2.8 Penelitian Terdahulu	12
2.4 Kerangka Konsep	13

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	15
3.2 Lokasi Penelitian.....	15
3.3 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	15
3.4 Analisis Data	16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Rantai Pasok Jagung Pipil.....	23
4.2 Pengumpulan Data	24
4.2.1 Data Luas Panen dan Produksi Jagung Pipil.....	24
4.2.2 Data Produktivitas Jagung Pipil	24
4.2.3 Data Luas Lahan Jagung Pipil.....	25
4.2.4 Data Populasi	25
4.3 Pengembangan Model Penelitian	26

4.4 Problem Articulation.....	27
4.5 Dynamics Hypothesis	28
4.5.1 Subsystem Diagram	28
4.5.2 Causal Loop Diagram	30
4.6 Formulasi Model	31
4.6.1 Sub Model Luas Lahan Jagung dan Luas Panen.....	31
4.6.2 Sub Model Produktivitas dan Produces Jagung Pipil	33
4.7 Simpulan Hasil Skenario.....	34

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	13
Tabel 4.1 Rencana Anggaran Biaya.....	17
Tabel 4.2 Jadwal Penelitian.....	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformasi Data Menjadi Informasia	8
Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian	14

ABSTRAK

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah dan potensi besar dalam sektor pertanian. Salah satu subsektor utama adalah tanaman pangan, yang mencakup tanaman padi dan palawija. Di antara tanaman palawija, jagung adalah salah satu komoditas yang banyak dibudidayakan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung pipilan kering dengan kadar air 14% di Indonesia pada tahun 2023 tercatat sebesar 14,77 juta ton, dengan kontribusi terbesar dari Jawa Timur sekitar 4,8 juta ton, sementara wilayah lainnya menghasilkan sekitar 9,97 juta ton.

Meskipun produksi jagung cukup tinggi, rata-rata konsumsi tahunan masyarakat antara tahun 2019 hingga 2023 mencapai 1.405.680 ton, yang menunjukkan adanya permintaan stabil terhadap komoditas ini. Namun, ketidakseimbangan antara produksi dan konsumsi tersebut mengindikasikan potensi pasokan yang belum optimal, terutama dalam memenuhi kebutuhan domestik. Dengan demikian, diperlukan pendekatan baru dalam sistem produksi jagung, khususnya melalui penerapan teknologi rantai pasok pada tingkat on-farm untuk produksi jagung pipil yang berkelanjutan.

Penelitian ini akan memodelkan peningkatan produksi jagung pipil menggunakan model sistem dinamik. Pendekatan ini memungkinkan analisis terhadap kondisi saat ini, identifikasi masalah utama, serta evaluasi skenario alternatif untuk memecahkan masalah tersebut. Melalui simulasi skenario intensifikasi lahan dari tahun 2024 hingga 2036, penelitian ini diharapkan menghasilkan proyeksi produksi jagung pipilan kering, serta rasio pemenuhan kebutuhan jagung pipil di Jawa Timur pada akhir periode 2036. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran atas profitabilitas tahunan yang diharapkan, tetapi juga menawarkan strategi peningkatan produktivitas jagung yang relevan bagi sektor pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci : production, system dynamics, organic corn, on-farm level, shelled corn

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah dan potensi besar dalam sektor pertanian. Sektor ini terdiri dari beberapa subsektor utama, yaitu tanaman pangan, kehutanan, hortikultura, peternakan, dan perkebunan (Remedy & Santosa, 2015). Di antara subsektor tersebut, tanaman pangan memegang peran penting karena berkontribusi signifikan terhadap ketersediaan bahan pangan pokok bagi masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pangan sehari-hari. Subsektor tanaman pangan terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu padi dan palawija. Salah satu tanaman palawija yang banyak dibudidayakan dan memiliki kontribusi signifikan adalah jagung (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, 2014).

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan pokok yang dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat Indonesia selain beras, kacang hijau, kedelai, ubi jalar dan ubi kayu (Khaerizal, 2008). Di Indonesia, jagung menempati posisi penting sebagai makanan pokok kedua setelah beras, namun belum dianggap sebagai komoditas utama di sektor pertanian. Hal ini terlihat dalam data Badan Pusat Statistik (BPS) yang diakses pada tahun 2024, yang mencatat produksi jagung tahun 2023 mencapai 14,8 juta ton, sementara produksi beras mencapai 31,1 juta ton. Data ini menunjukkan bahwa produksi beras di Indonesia jauh lebih tinggi dibandingkan produksi jagung yang mengindikasikan potensi peningkatan produksi jagung dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional.

Produksi jagung dalam negeri menunjukkan tren peningkatan seiring dengan meningkatnya permintaan untuk berbagai kebutuhan, seperti bahan pangan, pakan ternak, dan bahan baku industri. Selain itu, peningkatan jumlah penduduk juga mendorong peningkatan konsumsi jagung secara keseluruhan. Peningkatan ini dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku yang bergantung pada luas panen di berbagai wilayah penghasil jagung, yang menjadi faktor penting dalam menopang perkembangan industri berbasis jagung di Indonesia.

Pada tahun 2023, dilihat dari segi wilayah penghasil jagung di Indonesia, terdapat lima provinsi yang mencapai produksi jagung tertinggi dari 35 provinsi sentra produksi jagung nasional, yaitu Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Utara, Nusa Tenggara Barat, dan Sulawesi Selatan (Gambar 1.1). Selanjutnya pada Tabel 1.1 terlihat Provinsi Jawa Timur memiliki produksi dan luas panen jagung yang paling tinggi dengan produktivitasnya di atas produktivitas nasional (5,96 ton per hektar). Data ini menunjukkan bahwa produksi jagung nasional sangat tergantung pada keberhasilan jagung di lima provinsi tersebut. Dampak dari provinsi-provinsi ini terhadap total produksi sangat signifikan, dan kegagalan produksi di wilayah-wilayah tersebut berpotensi menurunkan hasil nasional. Oleh karena itu, strategi untuk mempertahankan atau meningkatkan produktivitas kelima provinsi utama ini, serta memperluas kapasitas di provinsi lain, akan menjadi langkah penting bagi stabilitas dan keberlanjutan produksi jagung di Indonesia.

Tabel 1. 1 Kondisi Sentra Produksi Jagung Pipilan Skala Nasional menurut Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Tahun 2023

No	Provinsi	Luas Panen (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (ton/ha)
1	Jawa Timur	759.060,89	4.795.780,82	6,32
2	Jawa Tengah	371.046,77	2.174.484,30	5,86
3	Sumatera Utara	211.105,36	1.343.290,59	6,36
4	Nusa Tenggara Barat	179.029,73	1.281.035,02	7,15
5	Sulawesi Selatan	181.800,85	1.025.516,26	5,64
6	29 Provinsi Lainnya	776.384	4.708.000	6,06

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Berdasarkan Tabel 1.1, produktivitas jagung di Provinsi Jawa Timur lebih rendah daripada tiga provinsi lain, yaitu Nusa Tenggara Barat, Sumatera Utara, dan Lampung. Selain itu, produktivitasnya hampir setara dengan Sumatera Utara dan Sulawesi Selatan. Padahal, Jawa Timur memiliki produksi dan luas panen jagung terbesar di Indonesia. Hal ini menunjukkan perlunya upaya peningkatan produktivitas jagung di Provinsi Jawa Timur untuk lebih memaksimalkan hasil panennya.

Keberhasilan pengembangan jagung saat ini tidak hanya ditentukan oleh produktivitas yang tinggi, tetapi juga oleh kualitas produk yang dihasilkan. Untuk meningkatkan daya saing dan keunggulan kompetitif, teknik budidaya pada tingkat on-farm, dari masa tanam hingga masa sebelum panen harus dikelola dengan lebih cermat dan optimal. Jagung memiliki berbagai keunggulan dibandingkan tanaman lain, antara lain masa panen yang lebih cepat, ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit, daya simpan yang lebih lama, serta produktivitas yang tinggi. Untuk itu, pendekatan pengembangan produktivitas jagung ini perlu melampaui sekadar produksi jagung konvensional. Salah satu caranya adalah melalui pengembangan produksi jagung berkualitas tinggi yang memiliki nilai tambah dan umur simpan yang lebih lama.

Berdasarkan data dari Departemen Pertanian Jawa Timur tahun 2016, permintaan jagung pipil baik untuk produk olahan maupun konsumsi sangat tinggi, namun produksinya masih relatif stagnan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya minat petani dalam memproduksi jagung pipil karena keterbatasan bahan baku pupuk dari pemasok dan pengelolaan rantai pasok yang kurang optimal. Selain itu, keterbatasan pengetahuan petani tentang praktik pengelolaan tanaman organik sepenuhnya membuat mereka cenderung mencampurkan metode budidaya organik dengan penggunaan pupuk pestisida dan insektisida, sehingga jagung yang dihasilkan tidak sepenuhnya organik. Keputusan ini sering diambil untuk mengurangi risiko gagal panen. Fenomena ini menunjukkan kurangnya optimalisasi manajemen rantai pasok pada budidaya jagung pipil.

Menurut Roth (2010), jagung pipil dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan tanam yang dikelola dengan prinsip keberlanjutan, namun tetap menghadapi tantangan, termasuk rotasi tanaman, pengelolaan kesuburan tanah yang seimbang, dan pengendalian gulma serta hama. Saat jagung pipil dibudidayakan pada lahan yang lebih luas, pengelolaannya menjadi lebih kompleks, khususnya terkait pengaturan rotasi tanaman, pemupukan, dan pengendalian gulma mekanis. Meskipun demikian, jagung pipil memiliki potensi pasar yang baik, baik di kalangan petani maupun dalam industri pakan ternak. Di

pasar, harga jagung pipil yang dihasilkan dengan metode alami dapat mencapai 1,5 hingga 2 kali lipat dari jagung konvensional.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produksi jagung pipil di tingkat on-farm untuk mendukung konsep pertanian cerdas (Smart Agriculture). Smart Agriculture merupakan pemanfaatan teknologi informasi dalam sektor pertanian guna meningkatkan efisiensi produksi, ketepatan sasaran, serta mempercepat proses pengolahan hasil pertanian agar target produksi terpenuhi. Konsep ini memiliki tiga karakteristik utama: produktivitas, ketahanan, dan mitigasi.

Dengan penerapan konsep pertanian cerdas (Smart Agriculture), diharapkan akan memperbaiki pendapatan petani, meningkatkan ketahanan pangan, dan mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. Sistem ini berperan dalam memastikan bahwa produksi pertanian mampu menghadapi tantangan perubahan iklim, yang pada gilirannya meningkatkan produksi serta mendukung pembangunan berkelanjutan (Nwanze, Fan, & lainnya, 2016). Smart Agriculture juga mendukung pembuat kebijakan dengan menyediakan dasar bagi kebijakan yang mempertimbangkan perubahan iklim dalam sektor pertanian, serta memberikan dasar operasional untuk pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

Oleh karena itu, beberapa skenario hasil dari model dinamis perlu disimulasikan untuk memenuhi karakteristik Smart Agriculture. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pembuat kebijakan merancang langkah-langkah strategis untuk penerapan teknologi penanaman jagung, khususnya jagung pipil, yang efektif dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan pada sub bab 1.1, maka yang menjadi rumusan masalah:

1. Bagaimana rantai pasok dalam budidaya jagung pipil?
2. Bagaimana meningkatkan jumlah produksi jagung pipil dan pendapatan petani secara berkelanjutan?

3. Bagaimana meningkatkan efektifitas dan efisiensi alur distribusi pupuk organik pada rantai pasok dari sudut pandang petani?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan penelitian ini antara lain:

1. Membuat model dan mengembangkan skenario yang dapat meningkatkan jumlah produksi jagung pipil di Jawa Timur sehingga kebutuhan jagung pipil terpenuhi.
2. Meningkatkan jumlah produksi jagung pipil petani skenario-skenario kebijakan dalam budidaya jagung pipil untuk mendukung Smart Agriculture.
3. Meningkatkan efektifitas dan efisiensi alur distribusi pupuk organik pada model rantai pasok dari sudut pandang petani.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari sisi akademis dan praktisi dari hasil penelitian, sebagai berikut :

1. Dapat memberikan kontribusi berupa pengembangan model rantai pasok sistem budidaya jagung pipil.
2. Terbentuknya sebuah rekayasa model sistem dinamis dengan beberapa skenario untuk para pengambil kebijakan dengan pemanfaatan teknologi pengolahan rantai pasok yang dihasilkan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menambahkan referensi dan bahan informasi khususnya bagi peneliti yang akan melakukan penelitian sejenis untuk dapat dikembangkan lebih lanjut dan lebih detail pada masa yang akan datang.
4. Melakukan uji coba sistem dinamik untuk mendukung sistem isyarat dini dalam merencanakan tujuan bisnis dalam mengelola sistem rantai pasok yang diinginkan pada beberapa kurun waktu tertentu.
5. Hasil dari penelitian ini akan memberikan sumbangan pemikiran yang dapat digunakan sebagai referensi bagi pihak terkait dalam mengambil

alternatif kebijakan dengan tujuan untuk meningkatkan jumlah produksi jagung pipil.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian yang akan dilaksanakan, sebagai berikut :

1. Analisis ini hanya akan mencakup simulasi intensifikasi lahan dan tidak mempertimbangkan faktor-faktor seperti perubahan kebijakan perdagangan internasional atau fluktuasi harga global.
2. Data yang digunakan adalah data luas lahan, produksi, dan produktivitas jagung pipil Tahun 2023.
3. Proyeksi dari tahun 2024 hingga 2036 untuk melihat dampak dari strategi intensifikasi lahan.
4. Subjek Penelitiannya adalah sistem rantai pasok jagung pipil di tingkat on-farm (produksi pertanian).
5. Lokasi Penelitian yaitu Provinsi Jawa Timur, Indonesia, yang merupakan wilayah penghasil jagung terbesar di Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rantai Pasok dalam Pertanian

Rantai pasok dalam pertanian merupakan sistem yang kompleks dan melibatkan berbagai alur, termasuk alur produk, keuangan, dan informasi – yang harus dikelola secara terpadu untuk mendukung ketahanan pangan dan stabilitas ekonomi. Rantai pasok ini mencakup seluruh proses mulai dari produksi hingga distribusi, yang melibatkan petani, pengepul, distributor, pengecer, dan konsumen akhir. Dalam rantai pasok ini, integrasi dan efisiensi menjadi faktor kunci dalam memastikan produk pertanian sampai ke konsumen dengan kualitas dan harga yang optimal.

Salah satu tantangan utama dalam rantai pasok pertanian adalah ketergantungan pada infrastruktur dan kelancaran alur distribusi. Studi oleh Quaralia (2022) menunjukkan bahwa krisis seperti pandemi COVID-19 sangat memengaruhi rantai pasok global, terutama dalam sektor pertanian. Gangguan ini berdampak pada aksesibilitas pangan dan stabilitas ekonomi di negara-negara ASEAN, termasuk Indonesia. Studi ini menekankan pentingnya kerja sama regional untuk mengatasi kerentanan dalam rantai pasok dan membangun ketahanan pangan yang lebih kokoh di tengah tantangan global.

Dalam konteks Indonesia, penelitian yang dilakukan oleh Harya et al. (2020) mengenai rantai pasok kakao di Jawa Timur memberikan gambaran detail tentang bagaimana alur produk, keuangan, dan informasi harus dikelola secara terpadu untuk mencapai tujuan rantai pasok. Harya et al. menekankan pentingnya integrasi dalam proses bisnis rantai pasok, yang secara signifikan meningkatkan kualitas komoditas, seperti biji kakao. Hal ini juga berlaku pada komoditas lain, termasuk jagung pipil, di mana kualitas dan kuantitas produksi sangat bergantung pada efektivitas rantai pasok. Integrasi yang lebih baik dapat meningkatkan mutu produk serta nilai tambah bagi petani.

Penelitian Hamida (2023) memperdalam pemahaman tentang rantai pasok pertanian di Indonesia melalui studi perbandingan antara Sub Terminal Agribisnis

(STA) dan para pedagang pengumpul di Sumatra Barat. Studi ini menunjukkan bahwa STA menawarkan pendekatan rantai pasok yang lebih singkat dibandingkan metode konvensional, yang melibatkan banyak perantara, yang seringkali merugikan petani. Dengan mempersingkat rantai pasok, STA dapat meningkatkan profitabilitas bagi petani, memastikan bahwa mereka menerima bagian keuntungan lebih adil, sekaligus mengurangi risiko kerugian akibat penurunan kualitas produk selama proses distribusi.

Tantangan dalam rantai pasok pertanian tidak hanya terkait dengan distribusi produk, tetapi juga mencakup aspek keuangan dan informasi. Dalam aspek keuangan, pentingnya transparansi dan pembagian pendapatan yang adil sangat penting untuk memotivasi petani dan pelaku lain di rantai pasok. Sementara pada aspek informasi, akses terhadap informasi pasar, harga, dan teknologi terbaru sangat penting bagi petani untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing.

Tabel 2.1 Tantangan Rantai Pasok

Komponen Rantai Pasok	Tantangan	Solusi
Alur Produk	Kerusakan selama distribusi; panjangnya rantai pasok	Penggunaan STA untuk memperpendek rantai pasok
Alur Keuangan	Transparansi dan distribusi pendapatan yang kurang	Sistem pembayaran digital untuk efisiensi dan transparansi
Alur Informasi	Akses informasi yang terbatas di kalangan petani	Edukasi petani dan akses teknologi digital

2.2 Smart Agriculture

Smart Agriculture, sebagai pendekatan inovatif dalam pertanian modern, memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, serta mempercepat proses pengolahan dan distribusi hasil pertanian. Pendekatan ini didukung oleh penggunaan jaringan sensor nirkabel (Wireless Sensor Networks, WSN), yang berfungsi untuk mengumpulkan data lingkungan secara real-time dan memberikan

informasi kritis tentang kondisi tanah, kelembapan, suhu, dan faktor-faktor lain yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman (Design and Implementation of Smart Agriculture System Based on Wireless Sensor Networks, 2023). Dengan mengadopsi komunikasi LoRa dan server jaringan, sistem ini memungkinkan petani memantau dan mengendalikan lingkungan pertanian dengan lebih efektif, membantu meningkatkan hasil panen sekaligus mendukung produksi pangan yang berkelanjutan.

Penelitian oleh Hu et al. (2023) menggarisbawahi dampak signifikan dari smart agriculture pada diversifikasi teknologi produksi hijau (Green Production Technologies, GPTs) di Cina, terutama pada skala usaha tani keluarga. Melalui integrasi teknologi ini, terjadi peningkatan GPT sebesar 8,5%, yang menunjukkan kontribusi smart agriculture dalam mendiversifikasi dan memperluas praktik pertanian ramah lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya berperan untuk meningkatkan hasil produksi, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi penggunaan input kimia yang berlebihan dan mengefisienkan penggunaan air serta energi. Studi ini mendukung pandangan bahwa inovasi teknologi dalam pertanian tidak hanya penting untuk produktivitas, tetapi juga bagi keberlanjutan ekosistem pertanian secara keseluruhan.

Namun, penerapan smart agriculture juga menghadapi tantangan, terutama di wilayah pedesaan dengan infrastruktur teknologi yang belum memadai. Menurut Sanders et al. (2022), kurangnya akses broadband di wilayah pedesaan menjadi penghalang utama dalam adopsi pertanian presisi, yang merupakan komponen penting dari smart agriculture. Keterbatasan ini menghambat penggunaan teknologi canggih, seperti sensor IoT dan drone, yang membutuhkan jaringan internet yang andal untuk pengoperasian optimal. Oleh karena itu, untuk meningkatkan penerapan smart agriculture, dukungan kebijakan pemerintah sangat diperlukan, terutama dalam membangun infrastruktur internet di daerah pedesaan yang terpencil.

2.3 Sistem Dinamis dalam Model Rantai Pasok

Komponen utama dalam penerapan Smart Agriculture pada budidaya jagung mencakup pemanfaatan teknologi berbasis Internet of Things (IoT), sistem monitoring digital, dan integrasi kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan efisiensi produksi dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi lahan, tanaman, dan faktor lingkungan secara real-time, yang sangat penting untuk mengoptimalkan praktik pertanian dan meningkatkan hasil panen. Salah satu komponen kunci adalah penggunaan sensor yang dapat mendeteksi kelembaban tanah, suhu, serta kelembaban udara di lingkungan pertanian. Sensor ini memberikan data yang relevan secara real-time, sehingga memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang tepat, seperti menentukan jadwal irigasi dan aplikasi pupuk yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman jagung secara spesifik (Aggarwal & Singh, 2022). Sistem digitalisasi dan pengumpulan data secara otomatis juga berperan penting pada budidaya jagung berbasis Smart Agriculture. Menurut Golubev (2021), penerapan sistem monitoring digital dengan sensor tidak hanya memungkinkan pengumpulan data lingkungan tetapi juga memfasilitasi pemeliharaan mesin pertanian melalui sistem telemetri. Dengan pengumpulan data secara otomatis, petani dapat memantau kondisi alat dan mesin pertanian secara berkelanjutan, sehingga mengurangi risiko kerusakan dan meminimalkan biaya operasional. Dalam konteks budidaya jagung, efisiensi operasional ini dapat berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas dengan mengurangi potensi gangguan selama musim tanam.

Selain itu, penggunaan IoT dalam pengelolaan lahan jagung memungkinkan optimalisasi penggunaan air dan pupuk melalui sistem irigasi otomatis. Menurut P.M (2023), menekankan bahwa sistem irigasi otomatis yang terintegrasi dengan sensor kelembaban tanah membantu menjaga tingkat kelembaban optimal untuk tanaman jagung tanpa pemborosan air. Hal ini tidak hanya menghemat air sebagai sumber daya tetapi juga memastikan bahwa tanaman jagung menerima jumlah air yang sesuai dengan kebutuhannya. Teknologi ini memberikan solusi praktis dalam menghadapi tantangan pengelolaan air yang semakin mendesak dalam sektor pertanian. Penggunaan

teknologi ini diperkuat dengan analisis data berbasis kecerdasan buatan (AI) yang membantu dalam pengambilan keputusan berbasis data. Usenko (2024) menyoroti pentingnya platform cloud dan analitik prediktif yang mendukung petani dalam meramalkan kebutuhan tanaman, memitigasi risiko, dan membuat keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan lahan. Dengan memanfaatkan data historis dan kondisi lapangan yang dipantau secara real-time, sistem AI mampu memberikan rekomendasi yang akurat untuk meningkatkan hasil panen dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam budidaya jagung, prediksi berbasis data ini sangat berharga untuk mengoptimalkan aplikasi pupuk dan pestisida, serta mengidentifikasi dan mengelola penyakit tanaman secara proaktif.

Dengan integrasi berbagai komponen teknologi ini, Smart Agriculture memberikan solusi komprehensif bagi petani. Teknologi berbasis IoT, sistem monitoring digital, dan analitik prediktif memungkinkan pemantauan menyeluruh dan pengelolaan tanaman yang adaptif, sehingga mendukung peningkatan produktivitas. Melalui pendekatan berbasis data, juga berkontribusi terhadap ketahanan pangan nasional dan mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan yang sejalan dengan tuntutan era modern.

2.4 Jagung Pipil: Peran, Produktivitas, dan Pasar

2.4.1 Karakteristik dan Kegunaan Jagung Pipil

Jagung pipil memiliki karakteristik yang menjadikannya salah satu komoditas pertanian yang penting dan multifungsi. Sebagai sumber pangan pokok kedua di Indonesia setelah beras, jagung pipil memiliki peran krusial dalam mendukung ketahanan pangan. Selain sebagai makanan pokok, jagung pipil digunakan sebagai bahan baku dalam industri pakan ternak karena kandungan karbohidrat yang tinggi dan protein yang cukup, menjadikannya komoditas strategis bagi keberlanjutan sektor peternakan nasional (Guntur et al., 2022).

Selain fungsinya dalam pangan dan pakan, jagung pipil memiliki peran yang semakin penting dalam sektor industri, khususnya dalam pembuatan produk berbasis jagung. Menurut penelitian Radtra dan

Udjiana (2023), jagung pipil, khususnya bagian tongkol atau limbahnya, dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan plastik biodegradable. Penggunaan pati dari tongkol jagung sebagai bahan baku untuk plastik ramah lingkungan menunjukkan inovasi pemanfaatan limbah pertanian menjadi produk yang bernilai tambah. Inovasi ini tidak hanya mendukung ekonomi sirkular, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan dampak lingkungan, mengingat plastik biodegradable lebih mudah terurai dibandingkan plastik konvensional. Dengan demikian, jagung pipil dan limbahnya memiliki potensi besar sebagai bahan baku industri yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Pemanfaatan jagung pipil juga meluas pada budidaya jamur, memanfaatkan tongkol jagung sebagai media tanam. Penelitian oleh Lestari (2023) menunjukkan bahwa limbah tongkol jagung dapat diolah untuk produksi jamur, yang merupakan salah satu produk pangan bernilai tinggi. Pemanfaatan limbah ini tidak hanya meningkatkan nilai tambah dari produksi jagung, tetapi juga mendorong ekonomi pedesaan dengan menciptakan produk diversifikasi yang memiliki potensi pasar yang baik. Dengan demikian, pemanfaatan limbah jagung pipil untuk budidaya jamur merupakan salah satu bentuk inovasi yang mendukung praktik pertanian berkelanjutan dan peningkatan pendapatan petani.

Secara keseluruhan, jagung pipil memiliki karakteristik yang menjadikannya sumber daya. Jagung tidak hanya penting untuk konsumsi langsung dan pakan ternak, tetapi juga berpotensi dalam pengembangan produk industri. Dengan meningkatnya inovasi dalam pemanfaatan jagung dan limbahnya, potensi pemanfaatan jagung pipil sebagai bahan pangan, pakan, dan bahan industri menegaskan pentingnya komoditas ini dalam mendukung ketahanan pangan, keberlanjutan ekonomi, dan inovasi industri di Indonesia.

2.4.2 Produktivitas Jagung di Indonesia

Produktivitas jagung di Indonesia menunjukkan variasi yang signifikan, tergantung pada kondisi lingkungan, praktik budidaya, dan dukungan teknologi. Provinsi-provinsi seperti Jawa Timur, Sumatera Utara, dan Nusa Tenggara Barat dikenal sebagai sentra produksi jagung dengan kontribusi besar terhadap produksi jagung nasional. Namun, tingkat produktivitas di tiap provinsi dipengaruhi oleh beragam faktor, termasuk ketersediaan benih unggul, teknik budidaya, serta akses terhadap dukungan dari pemerintah dan teknologi pertanian.

Penelitian oleh Ferdinantara & Hidayat (2023) memberikan analisis mendalam mengenai aspek teknis dan ekonomi budidaya jagung, terutama pada produksi jagung hibrida. Mereka menyoroti metrik produktivitas seperti kapasitas teoritis lahan dan kapasitas efektif lahan yang menjadi indikator penting untuk mengukur efisiensi penanaman jagung di berbagai wilayah. Di provinsi-provinsi seperti Jawa Timur, Sumatera Utara, dan Nusa Tenggara Barat, pengembangan jagung hibrida menunjukkan potensi peningkatan produktivitas yang signifikan. Dari perspektif ekonomi, penelitian ini juga menekankan rasio manfaat-biaya (benefit-cost ratio) serta tingkat pengembalian internal (internal rate of return) sebagai indikator finansial yang menunjukkan bahwa budidaya jagung di provinsi-provinsi ini umumnya layak dan menguntungkan, meskipun ada kebutuhan untuk optimalisasi lebih lanjut di beberapa aspek.

Meski potensi produktivitas tinggi, terdapat tantangan yang mempengaruhi pencapaian hasil optimal. Gunawan (2022) mengkaji efektivitas program bantuan benih jagung hibrida di Nagreg, Bandung, dan menemukan bahwa meskipun program ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, penerapannya masih menghadapi kendala yang mengurangi dampak yang diharapkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa bantuan benih hibrida tidak selalu berhasil meningkatkan produktivitas jagung jika tidak disertai dengan dukungan pelatihan dan pemantauan yang memadai. Dalam konteks provinsi utama penghasil jagung seperti Jawa Timur dan

Sumatera Utara, hasil ini memberikan wawasan bahwa upaya peningkatan produktivitas harus mencakup penguatan manajemen lapangan dan dukungan berkelanjutan agar program-program bantuan dapat efektif dalam jangka panjang.

Selain dukungan eksternal, faktor biologis seperti kualitas tanah juga berperan penting dalam menentukan produktivitas jagung. Penelitian oleh Pradana et al. (2022) menyarankan penerapan bakteri endofit sebagai salah satu pendekatan inovatif untuk meningkatkan pertumbuhan benih jagung pada tanah podzolik yang asam, jenis tanah yang umum di beberapa wilayah penghasil jagung di Indonesia. Penelitian ini menekankan perlunya solusi spesifik sesuai karakteristik lingkungan untuk mengatasi tantangan pertumbuhan di tanah marginal. Penggunaan intervensi biologis seperti bakteri endofit merupakan contoh bagaimana teknologi berbasis lingkungan dapat meningkatkan produktivitas jagung, terutama di daerah dengan kondisi tanah yang kurang mendukung.

Secara keseluruhan, produktivitas jagung di Indonesia ditentukan oleh interaksi antara dukungan teknologi, efisiensi program pemerintah, dan adaptasi praktik pertanian sesuai kondisi lokal. Dengan meningkatnya penerapan inovasi seperti jagung hibrida, bantuan benih unggul, dan pemanfaatan teknologi mikrobiologi, diharapkan produktivitas jagung di wilayah-wilayah penghasil utama dapat ditingkatkan. Namun, untuk mencapai keberhasilan yang konsisten, penting untuk mengembangkan pendekatan berbasis wilayah yang mempertimbangkan faktor-faktor spesifik lokal, guna memastikan bahwa upaya peningkatan produktivitas jagung dapat berlangsung secara berkelanjutan dan memberikan manfaat yang optimal bagi petani dan perekonomian pertanian Indonesia secara keseluruhan.

2.4.3 Permintaan Pasar dan Tantangan Pengembangan Jagung Pipil

Permintaan jagung pipil di pasar domestik dan internasional mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya populasi dan

beragamnya kebutuhan penggunaan jagung. Di Indonesia, jagung pipil tidak hanya dikonsumsi sebagai pangan tetapi juga merupakan komoditas penting dalam sektor pakan ternak dan bahan baku industri. Berdasarkan studi oleh Yunita et al. (2023), meningkatnya permintaan terhadap jagung pipil terutama berasal dari sektor pakan ternak, seiring dengan berkembangnya industri peternakan yang membutuhkan pasokan bahan pakan berkualitas. Selain itu, permintaan dari sektor pangan dan industri pengolahan juga terus meningkat, baik untuk konsumsi langsung maupun produk turunan seperti tepung jagung, minyak jagung, dan bahan baku industri lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa jagung pipil memiliki peranan strategis dalam rantai pasok pangan dan industri di Indonesia. Meskipun permintaan pasar terus meningkat, Indonesia masih menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan jagung pipil secara optimal. Tantangan utama adalah keterbatasan produksi nasional yang belum mampu mengejar tingkat konsumsi. Studi Yunita et al. (2023) menekankan pentingnya penerapan strategi produksi yang lebih efisien, termasuk penggunaan varietas unggul dan penerapan pupuk organik cair yang tepat guna meningkatkan hasil panen. Penggunaan varietas jagung hibrida yang memiliki ketahanan tinggi terhadap penyakit dan cuaca, misalnya, dapat meningkatkan produktivitas per hektar lahan dan memperkuat daya saing jagung Indonesia di pasar global.

Selain tantangan teknis dalam budidaya, aspek kebijakan juga mempengaruhi pengembangan jagung pipil di Indonesia. Berdasarkan penelitian Sirappa (2023), upaya diversifikasi pangan di luar beras sangat penting untuk menjaga ketahanan pangan nasional, termasuk mengoptimalkan produksi jagung. Namun, kurangnya inovasi dalam tata kelola dan penelitian pertanian menjadi hambatan dalam mencapai keberlanjutan pasokan jagung. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan kebijakan yang mendukung penelitian dan pengembangan teknologi pertanian, khususnya dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok dan pemanfaatan lahan marginal. Pengelolaan rantai pasok yang efektif juga

menjadi kunci untuk memastikan bahwa produksi jagung yang meningkat dapat didistribusikan dengan efisien ke pasar yang membutuhkannya. Tantangan lainnya adalah keberlanjutan produksi yang sering terganggu oleh faktor cuaca dan perubahan iklim, yang berdampak pada fluktuasi hasil panen jagung di berbagai daerah. Dalam konteks ini, penerapan inovasi yang adaptif terhadap perubahan iklim menjadi krusial. Sebagai contoh, metode budidaya yang memanfaatkan teknologi pengendalian iklim mikro atau pemanfaatan sistem pertanian cerdas (Smart Agriculture) dapat membantu petani mengatasi dampak cuaca ekstrem dan meningkatkan ketahanan hasil panen.

Secara keseluruhan, pemenuhan permintaan pasar jagung pipil di Indonesia memerlukan pendekatan terpadu yang melibatkan inovasi teknis, kebijakan yang mendukung, serta pengelolaan rantai pasok yang efisien. Dengan demikian, pengembangan jagung pipil dapat memenuhi kebutuhan domestik dan bersaing di pasar internasional, sekaligus mendukung ketahanan pangan nasional.

2.5 Sistem Dinamik

Sistem Dinamik adalah metodologi simulasi diperkenalkan oleh Jay Forrester. Sistem dinamik merupakan metode untuk meningkatkan pemahaman dalam sistem yang kompleks (Stermann, 2000). Sistem dinamik merupakan metode untuk memahami, visualisasi dan menganalisis sistem kompleks dengan umpan balik dinamis (Shahmohammadi, et al., 2015). Pendekatan dengan menggunakan sistem dinamik dapat memodelkan perilaku non linier serta interaksi dinamis (umpan-balik) antar faktor yang saling berhubungan dapat ditangani dengan mudah dengan melakukan skenario tindakan atau perubahan sistem (Chapman & Darby, 2016; Xu, et al., 2015; Walters, et al., 2016).

Dalam sebuah sistem terjadi interaksi antar komponen sistem, interaksi umpan balik tersebut dibagi menjadi dua tipe umpan balik positif dan umpan balik negatif (Stermann, 2000). Umpan balik positif menunjukkan sebuah proses selfreinforcing, hal ini menciptakan proses pertumbuhan, di mana suatu kejadian dapat menimbulkan akibat yang akan memperbesar kejadian berikutnya secara

terus menerus. Umpan balik ini dapat menyebabkan ketidakstabilan, ketidakseimbangan, serta pertumbuhan secara continue (Suryani, 2005). Umpan balik negative menunjukkan sebuah proses self-correcting. Jenis umpan balik ini berusaha menciptakan keseimbangan dengan memberikan koreksi agar tujuan dapat dicapai (Suryani, 2005). Hasil dari pendekatan Sistem Dinamik dapat digunakan untuk membantu manajer dan pengambil keputusan dalam rangka untuk menemukan kebijakan dan keputusan yang menguntungkan dan dapat diterapkan dengan baik dalam jangka waktu tertentu (Hasan, et al., 2015).

Berdasarkan (Sterman, 2000), terdapat 5 tahapan yang dilakukan dalam mengembangkan di antaranya : (1) Problem articulation, tahapan ini akan mendefinisikan masalah apa yang akan tambahkan. Pada tahapan ini seorang pembuat model mengembangkan karakterisasi awal masalah melalui diskusi dengan tim klien, dilengkapi dengan penelitian arsip, pengumpulan data, wawancara, dan observasi atau partisipasi langsung. Pemilihan tema meliputi apa masalah dan mengapa hal itu menjadi sebuah masalah. Setelah menentukan tema, selanjutnya mendefinisikan variabel kunci. Metode yang dapat digunakan dalam mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dalam mendefinisikan masalah dinamika di antaranya membangun model dari referensi dan pengaturan Waktu secara jelas. (2) Formulating a dynamics hypothesis, tahapan ini dimulai dari perumusan hipotesis awal yang berisi mengenai teori terkini tentang perilaku bermasalah yang bersifat sementara untuk membentuk proses pemodelan. Fokus endogen merumuskan hipotesis dinamika yang menjelaskan dinamika dan konsekuensi endogen dari struktur umpan balik (feedback). Pemetaan struktur sebab-akibat berdasarkan hipotesis awal, variabel kunci, mode referensi, dan data lain yang tersedia, menggunakan Boundary Adequacy, Causal Loop Diagram dan Stock Flow Diagram.

Model boundary diagram merangkum cakupan model dengan mendaftar variabel kunci yang dimasukkan secara endogen, yang endogen, dan yang di luar dari model sedangkan Causal Loop Diagram digunakan untuk merepresentasikan struktur umpan balik sistem. Causal Loop Diagram sangat baik untuk menangkap hipotesis tentang penyebab dinamika secara cepat, memunculkan dan menangkap

model individu atau tim dan mengomunikasikan umpan balik (feedback) penting yang bertanggung jawab atas suatu masalah (Sterman, 2000). Diagram sebab akibat terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan dengan panah yang menunjukkan pengaruh kausal di antara variabel-variabel tersebut. Umpan balik (feedback) penting juga diidentifikasi dalam diagram.

Variabel direalisasikan oleh tautan sebab akibat, ditunjukkan oleh panah. Setiap tautan sebab akibat diberi polaritas, baik positif (+) atau negatif (-) untuk menunjukkan bagaimana variabel dependen berubah ketika variabel independent berubah. Polaritas positif apabila perubahan variabel pada awal aliran menyebabkan bertambahnya nilai variabel pada aliran akhir. Sebaliknya disebut negatif bila perubahan variabel pada aliran awal menyebabkan berkurangnya nilai variabel pada aliran akhir (Suryani, 2005). Pada Tabel 2.1 menjelaskan mengenai simbol dalam Causal Loop Diagram.

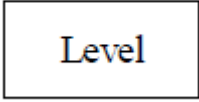
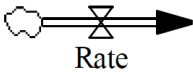
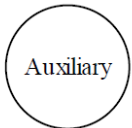
Tabel 2.2 Causal Loop Diagram

No	Simbol	Keterangan
1		Link positif semua lainnya sama, jika X bertambah (menurun), maka Y naik (turunkan) di atas (di bawah) dalam hal akumulasi X menambah Y
2		Link negatif semua yang lain sama, jika x bertambah (menurun), maka Y turun (meningkat) di atas (di bawah) dalam hal akumulasi X kurangi dari Y

Sumber: (Sterman, 2000)

Stock and Flow menggambarkan struktur aliran secara rinci sehingga dapat digunakan untuk menyusun model matematis. Diagram alir (simulasi) menggambarkan hubungan antar variabel dan sudah dinyatakan dalam bentuk simbol-simbol. Pada Tabel 2.2 akan menjelaskan simbol dari stock and flow diagram pada sistem dinamik.

Tabel 2.3 Simbol Stock and Flow

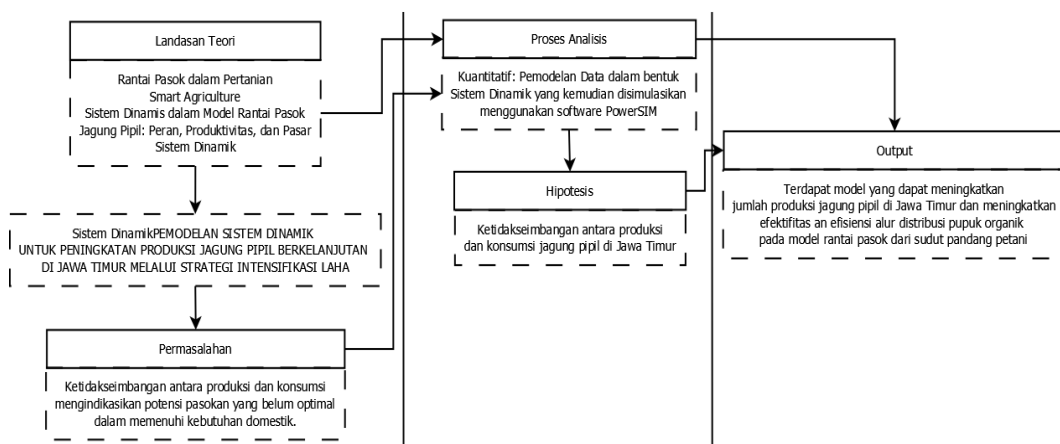
No	Simbol	Keterangan
1		Variabel level merupakan akumulasi aliran dari Waktu ke waktu. Level dipengaruhi oleh aliran masuk (input rate) dan aliran keluar (output rate). Level digambarkan sebagai persegi Panjang. Simbol variabel level dapat dilihat pada gambar di samping.
2		Variabel rate merupakan laju yang menentukan aliran masuk atau keluar. Rate merupakan aliran yang berpengaruh terhadap perubahan per satuan Waktu dalam variabel level. Simbol variabel rate dapat dilihat pada gambar di samping.
3		Variabel auxiliary merupakan variabel bantu untuk menyederhanakan hubungan antar variabel. Simbol auxiliary dapat di lihat pada gambar di samping.

Tahapan selanjutnya adalah (3) Formulating a Simulation Model, tahapan ini akan menguji dynamics hypothesis dari Causal Loop Diagram untuk model formal yang ditentukan sepenuhnya, lengkap dengan persamaan, parameter, dan kondisi awal (Sterman, 2000). (4) Testing, tahapan ini dilakukan pengujian dimulai setelah melengkapi persamaan dan parameter pada setiap bagian. Pengujian bertujuan untuk membandingkan perilaku yang di simulasikan dari model dengan perilaku aktual dari sistem yang sebenarnya. Setiap persamaan harus diperiksa untuk konsistensi dimensi. Tingkat sensitif perilaku model dan rekomendasi kebijakan harus dinilai berdasarkan ketidakpastian dalam asumsi maupun struktural (Sterman, 2000). (5) Policy design and evaluation, pada tahap desain kebijakan lebih dari sekadar mengubah nilai parameter. Desain kebijakan mencakup pembuatan strategi, struktur, dan aturan keputusan yang sepenuhnya baru. Dalam struktur umpan balik dari suatu sistem menentukan dinamika, sebagian besar Waktu kebijakan akan melibatkan umpan balik dominan dengan mendesain ulang struktur stok dan aliran, menghilangkan penundaan waktu, menyalurkan aliran dan kualitas informasi yang tersedia di titik keputusan utama,

atau secara fundamental menciptakan kembali proses pengambilan keputusan aktor dalam sistem (Stermann, 2000).

2.4 Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konseptual merupakan alur pikir dari gagasan penelitian yang mengacu pada fakta empiris dan kajian teori, hingga munculnya variabel-variabel yang digunakan di dalam penelitian. Berikut ini merupakan kerangka konsep penelitian ini :



Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Sumber : Olah Data Peneltiian (2024)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Ada dua jenis penelitian yang diketahui diantaranya:

1. Penelitian Kuantitatif yaitu metode yang dilakukan berdasarkan paradigma positivisme dengan hasil akhirnya berupa generalisasi.
2. Penelitian Kualitatif yaitu metode yang dilakukan berdasarkan paradigma fenomenologi/natural inquiry dengan hasil akhir berupa deskripsi/penjelasan.

Dari dua jenis penelitian tersebut, penelitian ini termasuk penelitian kualitatif dikarenakan dilakukan berdasarkan paradigma fenomenologi/natural inquiry dengan hasil akhir berupa deskripsi/penjelasan. Data-data yang dimodelkan yaitu data proses administrasi persuratan yang sedang berjalan di Desa Jumput Kecamatan Sukosewu Kabupaten Bojonegoro yang dilakukan dengan metode *waterfall*.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan data dari BPS Jawa Timur, yang mana objek penelitian adalah komoditas jagung pipil di provinsi Jawa Timur, Indonesia.

3.3 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, ada dua jenis data yang akan dikumpulkan, data tersebut adalah sebagai berikut:

1. Data Primer yaitu data yang diperoleh dari hasil penelitian terhadap objek lapangan secara langsung.
2. Data Sekunder yaitu data yang diambil dari dokumen perusahaan yang tersedia berdasarkan rekam jejak.

Dari dua jenis data tersebut, penelitian ini menggunakan data primer. Setelah data didapatkan, selanjutnya dilakukan pemodelan dengan metode pemodelan dinamik.

3.4 Analisis Data

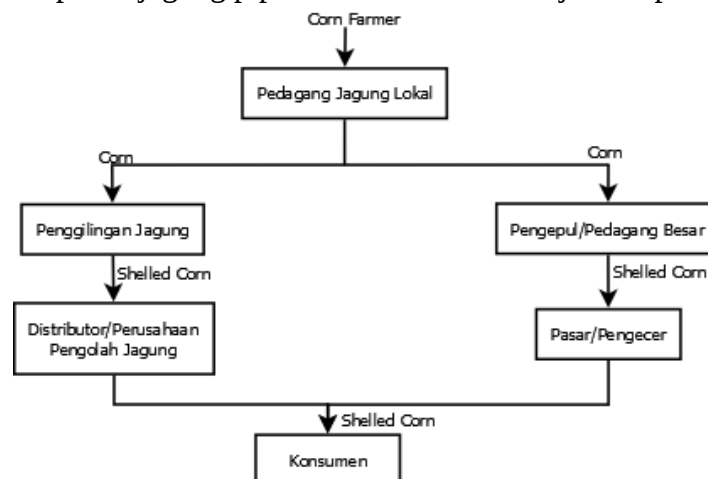
Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis data deskriptif, yaitu dengan cara menggambarkan atau mendeskripsikan data-data yang sudah dikumpulkan untuk dianalisa dan diolah menggunakan software powersim.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai pengembangan model peningkatan kualitas hasil panen jagung pipil di Jawa Timur. Dalam penelitian ini pengembangan model dilakukan dengan menganalisis kondisi saat ini dan mengumpulkan data terkait variable yang signifikan.

4.1 Identifikasi Rantai Pasok Jagung Pipil

Rantai pasok adalah serangkaian proses bisnis dalam suatu rantai pasokan yang terlibat, melalui hulu dan hilir, dalam proses yang berbeda dan kegiatan yang menghasilkan nilai dalam bentuk produk dan jasa di tangan pelanggan utama atau konsumen (Nee, Hui 2015). Jaringan terdiri dari organisasi terhubung dan saling bergantung. Hulu berkaitan dengan hubungan antara organisasi dan para pemasok. Hilir berkaitan dengan hubungan antara organisasi dan pelanggannya. Rantai pasokan keberhasilan disebabkan oleh prioritas memberikan kualitas, harga, pengiriman tepat waktu dan hubungan dengan pemasok. Berikut merupakan gambaran rantai pasok jagung pipil di Jawa Timur ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rantai Pasok Pertanian

Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan melalui berbagai metode seperti wawancara, sistem rantai pasok jagung pipil diidentifikasi memiliki beberapa pelaku usaha utama, yaitu petani jagung, pedagang jagung lokal, penggilingan jagung, pengepul atau pedagang besar, distributor atau perusahaan pengolah jagung, pasar atau pengecer, dan konsumen.

Petani jagung menjual hasil panennya dalam bentuk jagung kepada pedagang jagung lokal. Dari sini, terdapat dua jalur utama distribusi. Jalur pertama, jagung dikirim ke penggilingan jagung untuk diproses menjadi jagung pipil (*shelled corn*), yang kemudian didistribusikan melalui distributor atau perusahaan pengolah jagung sebelum akhirnya sampai ke konsumen. Jalur kedua, jagung dijual langsung ke pengepul atau pedagang besar, yang kemudian

mendistribusikan jagung pipil ke pasar atau pengecer, hingga akhirnya dijual kepada konsumen.

Rantai pasok ini memastikan bahwa jagung pipil tersedia bagi berbagai segmen pasar, baik untuk kebutuhan industri maupun konsumsi langsung oleh masyarakat.

4.2 Pengumpulan Data

Selain itu data historis yang digunakan dalam pengembangan model ini antara tahun 2012 sampai 2023 meliputi data produksi padi (ton), produktivitas padi (ton/ha), luas panen (ha), rendemen padi (persen), dan populasi penduduk Jawa Timur yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Dinas Pertanian Jawa Timur.

4.2.1 Data Luas Panen dan Produksi Jagung Pipil

Data historis mengenai luas panen dan produksi padi dari tahun 2012 sampai 2023 mengalami perubahan naik turun, di mana rata-rata luas panen dalam kurun waktu tersebut sebesar 1.253.886,42 Ha dan produksi sebesar 6.483.599,08 Ton. Data mengenai luas panen dan produksi padi dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Luas Panen dan Produksi

Tahun	Luas Panen (Hektar)	Produksi (Ton)
2012	1.232.523	6.295.301
2013	1.199.544	5.760.959
2014	1.202.300	5.737.382
2015	1.213.654	6.131.163
2016	1.238.616	6.278.264
2017	1.250.000	6.500.000
2018	1.260.000	6.600.000
2019	1.270.000	6.700.000
2020	1.280.000	6.800.000
2021	1.290.000	6.900.000
2022	1.300.000	7.000.000
2023	1.310.000	7.100.000

Sumber: Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur

4.2.2 Data Produktivitas Jagung Pipil

Data historis mengenai produktivitas jagung pipil dari tahun 2012 sampai 2023 mengalami perubahan naik turun. Di mana produktivitas padi merupakan produksi padi per satuan luas lahan panen dan diukur dalam satuan ton/ha. Selama kurun waktu tersebut rata-rata produktivitas padi sebesar 5.17 ton/ha. Data mengenai produktivitas padi dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Produktivitas Padi

Tahun	Produktivitas (ton/ha)
2012	5,11
2013	4,80
2014	4,77
2015	5,05
2016	5,07
2017	5,20
2018	5,24
2019	5,28
2020	5,31
2021	5,35
2022	5,38
2023	5,42

Sumber : Badan Pusat Statistik Jawa Timur

4.2.3 Data Luas Lahan Jagung Pipil

Data historis mengenai luas lahan padi dari tahun 2012 sampai 2023 mengalami penurunan di setiap tahun. Di mana luas padi merupakan total lahan yang dapat ditanami padi. Data mengenai luas lahan padi dengan satuan hektar dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Data Luas Lahan Jagung Pipil

Tahun	Luas Lahan (ha)
2012	1.232.523
2013	1.199.544
2014	1.202.300
2015	1.213.654
2016	1.238.616
2017	1.250.000
2018	1.260.000
2019	1.270.000
2020	1.280.000
2021	1.290.000
2022	1.300.000
2023	1.310.000

Sumber : Badan Pusat Statistik Jawa Timur

4.2.4 Data Populasi

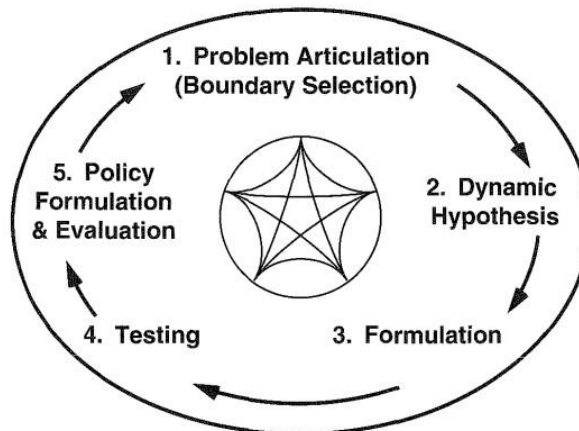
Data historis mengenai populasi dari tahun 2012 sampai 2023 mengalami peningkatan di setiap tahun. Di mana pada tahun 2015 sampai 2023 laju pertumbuhan penduduk sebesar 0.80% dan pada tahun 2021 sampai 2022 sebesar 0.34%. Data mengenai populasi penduduk di Jawa Timur dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Populasi

Tahun	Populasi (jiwa)
2012	38.106.590
2013	38.363.195
2014	38.610.202
2015	38.847.561
2016	39.075.152
2017	39.292.972
2018	39.629.368
2019	40.240.000
2020	40.640.000
2021	41.010.000
2022	41.149.974
2023	41.416.407

4.3 Pengembangan Model Penelitian

Pengembangan model penelitian ini terdiri dari 5 tahapan (Stermann, 2000) diantaranya *problem articulation*, *dynamics hypothesis*, *formulating a simulation model*, *testing*, dan *policy design and evaluation*. Berikut merupakan tahapan pemodelan berdasarkan Sterman (Sterman, 2000) pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tahapan Pemodelan (Sterman, 2000)

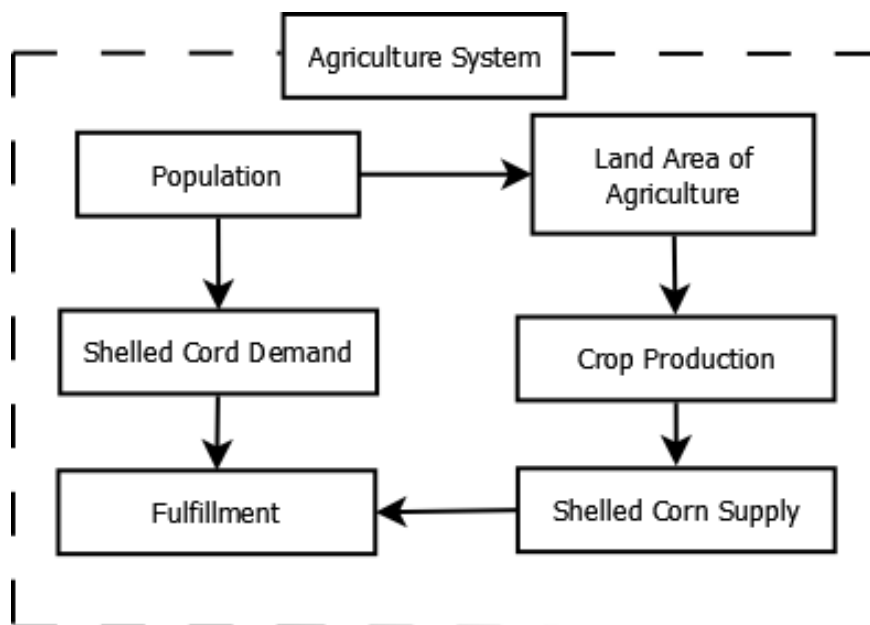
Langkah pertama problem articulation untuk mendefinisikan permasalahan dalam sistem pertanian jagung pipil di Jawa Timur. Langkah kedua formulating a dynamics hypothesis untuk merumuskan hipotesis awal untuk membentuk proses pemodelan meliputi pembuatan subsystem diagram pertanian, model boundary chart pertanian, causal loop diagram, dan stock and flow. Langkah ketiga formulating a simulation model untuk menguji hypothesis dari causal loop diagram dengan persamaan, parameter dan kondisi existing pada sistem pertanian di Jawa Timur. Langkah keempat testing meliputi pengujian membandingkan model simulasi dengan sistem sebenarnya. Langkah kelima adalah policy design

and evaluation mencakup pembuatan strategi, struktur, dan aturan keputusan yang sepenuhnya baru.

4.4 Problem Articulation

Provinsi Jawa Timur merupakan sentra utama produksi jagung pipil di Indonesia, tidak hanya mencukupi kebutuhan domestik tetapi juga memasok ke berbagai daerah lain. Berdasarkan data BPS Jawa Timur, pada tahun 2023 provinsi ini menghasilkan 4,8 juta ton jagung pipil dengan luas panen 759.060 hektar dan produktivitas 6,32 ton per hektar, menjadikannya produsen terbesar di Indonesia. Namun, pertanian jagung pipil di Jawa Timur menghadapi tantangan konversi lahan yang terus meningkat akibat alih fungsi ke industri, pemukiman, dan infrastruktur, yang mengurangi luas area tanam. Seiring pertumbuhan penduduk, permintaan jagung untuk pangan dan pakan ternak meningkat, sementara ketersediaan lahan semakin terbatas. Selain itu, persaingan dengan industri pakan ternak dan bioenergi dapat mempengaruhi harga dan stabilitas pasokan bagi petani. Selama ini, produksi jagung pipil masih bertumpu pada perluasan lahan panen daripada peningkatan produktivitas.

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan lebih efisien seperti intensifikasi pertanian berbasis teknologi dan penggunaan benih unggul untuk meningkatkan hasil per hektar. Berikut merupakan blok diagram sistem pertanian jagung pipil yang menggambarkan interaksi antara faktor produksi, distribusi, dan konsumsi dalam upaya peningkatan produktivitas yang berkelanjutan.



Gambar 4.3 Blok Diagram

Rata-rata produktivitas lahan jagung pipil di Jawa Timur dari tahun 2012 hingga 2023 adalah 5,2 ton/ha. Produktivitas tertinggi terjadi pada tahun 2023 sebesar 5,42 ton/ha, sedangkan produktivitas terendah tercatat pada tahun 2013 sebesar 4,80 ton/ha. Ketersediaan air dan pemilihan varietas benih unggul menjadi faktor utama dalam meningkatkan produktivitas jagung pipil. Tantangan lain yang dihadapi sektor pertanian jagung adalah konversi lahan pertanian, keterbatasan infrastruktur irigasi, serta dampak perubahan iklim, yang dapat menyebabkan peningkatan serangan hama dan penyakit tanaman. Gangguan ini dapat menurunkan hasil panen secara signifikan, bahkan hingga 40%-50% dalam kondisi ekstrem, sehingga menyebabkan kerugian besar bagi petani. Di sisi pascapanen, kehilangan hasil jagung pipil masih cukup tinggi, terutama akibat ketidaktepatan waktu panen, teknik pengeringan yang kurang optimal, dan penggunaan alat perontok jagung yang masih manual. Proses pengeringan juga menghadapi kendala pada musim hujan karena keterbatasan mesin pengering (dryer) di tingkat petani, sehingga banyak hasil panen mengalami penurunan mutu. Selain itu, rendahnya investasi swasta dalam industri pascapanen jagung pipil menjadi tantangan lain, karena sektor ini masih dianggap memiliki risiko tinggi akibat fluktuasi harga dan ketergantungan terhadap kondisi iklim. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam manajemen budidaya dan teknologi pascapanen, termasuk penggunaan alat perontok otomatis dan pengering jagung berbasis energi terbarukan, guna meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi kehilangan hasil pascapanen.

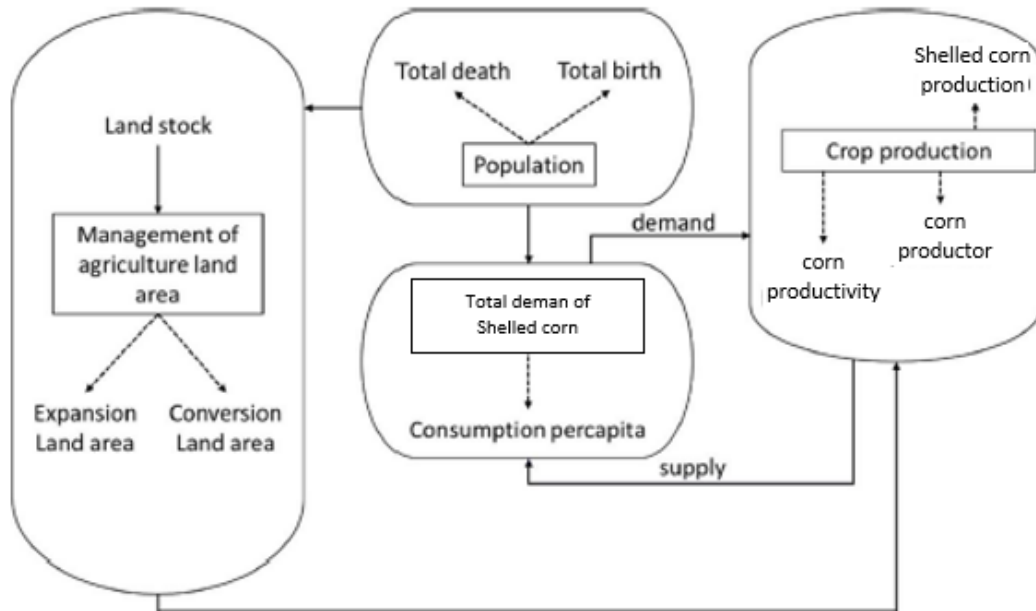
4.5 Dynamics Hypothesis

Setelah masalah diidentifikasi dan ditandai di atas cakrawala yang tepat, pemodel harus mulai mengembangkan teori, yang disebut "dinamika hypotesis" untuk memperhitungkan perilaku yang bermasalah. Hipotesis adalah dinamika karena harus memberikan penjelasan mengenai dinamika characterixing masalah dalam hal yang mendasari umpan balik dan stock dan aliran struktur sistem. Itu adalah hypotesis karena selalu sementara, tunduk pada revisi atau ditinggalkan ketika Anda belajar membentuk proses pemodelan dan membentuk dunia nyata.

4.5.1 Subsystem Diagram

Berdasarkan faktor-faktor yang dipilih di atas, setelah analisis kompleks hubungan antara subsistem, diagram aliran lima sub-sistem ini diperoleh menggunakan program perangkat lunak powersim, yang merupakan paket perangkat lunak simulasi untuk meningkatkan kinerja sistem nyata, yang digunakan untuk mengembangkan, menganalisis, dan Kemasan sistem model umpan balik dinamis. Diagram dan persamaan model menggambarkan perilaku internal dari masing-masing subsistem dan hubungan antara faktor-faktor dan

subsistem lainnya ditunjukkan sebagai bahan-bahan tambahan. Berikut merupakan gambaran subsistem dalam pertanian ditunjukkan pada gambar 4.4.



a. Population and demand subsystem

Populasi penduduk dalam suatu negara dipengaruhi oleh total kelahiran dan total kematian penduduk. Tingkat kelahiran dan kematian penduduk terkait dengan jumlah penduduk dengan cara yang spesifik. Semakin bertambahnya populasi penduduk maka akan mempengaruhi jumlah ketersediaan lahan terutama lahan pertanian. Populasi penduduk mempengaruhi jumlah kebutuhan pangan beras, dimana permintaan beras dihitung dari total konsumsi beras per kapita dan tingkat populasi (Bala, et al., 2017).

b. Land area subsystem

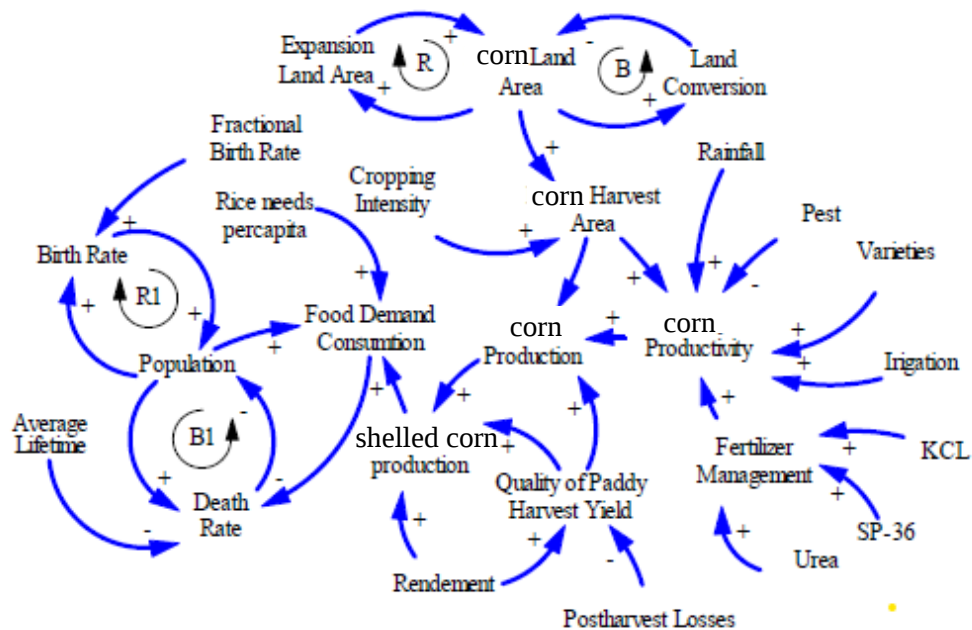
Luas area jagung pipil dipengaruhi oleh tingkat pembukaan lahan dan luas tanah konversi lahan jagung pipil. Seiring dengan peningkatan populasi menjadikan sumber daya lahan terbatas. Ketika konversi lahan terjadi di area lahan jagung pipil, hal ini akan mempengaruhi jumlah jagung pipil ketersediaan lahan, yang juga akan mempengaruhi luas area panen. Konversi lahan jagung pipil karena perubahan lahan menjadi perumahan penduduk, industri dan fasilitas lainnya. Namun, jika ada pembukaan lahan baru sebagai area lahan jagung pipil, hal ini akan meningkatkan ketersediaan luas area jagung pipil serta akan mempengaruhi besaran luas lahan dan produksi pertanian yang dihasilkan.

c. Crop production subsystem

Perencanaan dan pengelolaan rantai pasokan jagung pipil adalah sebuah tantangan untuk ketahanan pangan sejak produksi jagung pipil dipengaruhi ketersediaan luas lahan pertanian dan kebutuhan konsumsi per kapita jagung pipil yang dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi. Selain itu hasil produksi jagung pipil juga dipengaruhi oleh produktifitas lahan dan produksi jagung, hal ini yang mempengaruhi produktifitas adalah dampak iklim dan cuaca antara lain faktor suhu dan curah hujan sepanjang tahun.

4.5.2 Causal Loop Diagram

Pada tahapan ini, setelah didapatkan variabel dan komponen terkait peningkatan kualitas hasil panen jagung pipil atau produksi jagung pipil, maka selanjutnya adalah melakukan pengembangan model. Dari model yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah peningkatan kualitas hasil panen padi. Berikut merupakan perumusan hubungan dan keterkaitan antar variabel dalam peningkatan kualitas hasil panen jagung pipil dalam Causal Loop Diagram seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Causal Loop Diagram

Permintaan jagung pipil(food demand consumption) dipengaruhi oleh produksi jagung dan kebutuhan jagung pipil per kapita dari setiap orang. Populasi merupakan factor yang mempengaruhi konsumsi permintaan jagung pipil. Penduduk itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tingkat kelahiran (R1) dan tingkat kematian (B1). Luas area jagung terdiri dari balancing loop (B) dan reinforcing loop (R). Luas area jagung dipengaruhi oleh tingkat pembukaan

lahan dan luas tanah konversi lahan jagung. Seiring dengan peningkatan populasi menjadikan sumber daya lahan terbatas. Ketika konversi lahan terjadi di area lahan jagung, hal ini akan mempengaruhi jumlah jagung ketersediaan lahan, yang juga akan mempengaruhi luas area panen (B). Konversi lahan jagung karena perubahan lahan menjadi perumahan, industri dan fasilitas lainnya. Namun, jika ada pembukaan lahan baru sebagai area lahan jagung, hal ini akan meningkatkan ketersediaan luas area jagung serta akan mempengaruhi besaran luas panen yang dihasilkan (R).

Kualitas panen padi dipengaruhi oleh penanganan panen dan pascapanen. Penanganan tanaman sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan kuantitas biji-bijian. Panen padi harus dilakukan pada saat yang tepat panen usia, menggunakan alat panen dan mesin yang digunakan untuk panen beras harus pencocokan jenis varietas jagung untuk dipanen. Kualitas hasil panen jagung dilihat dari jumlah panen jagung yang dihasilkan, presentase kehilangan hasil, dan rendemen yang dihasilkan.

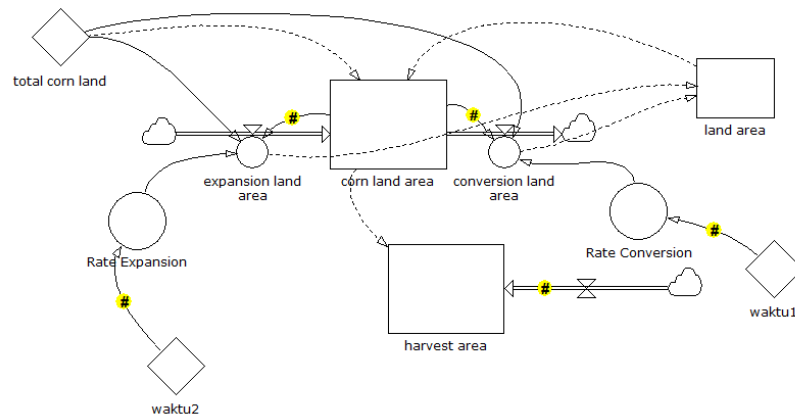
4.6 Formulasi Model

Simulasi adalah cara meniru perilaku fenomena atau proses. Tujuan dari model simulasi adalah untuk memahami fenomena atau proses, menganalisis, dan mengoptimalkan perilaku proses serta gejala atau perilaku untuk memprediksi masa depan. Setelah didapatkan hubungan antar variabel, selanjutnya dilakukan pembuatan stock and flow diagram dari masing-masing sub model. Tahap formulasi model dilakukan melalui proses memasukkan data dan informasi ke dalam system simbol dinamika seperti level/tingkat, aliran/rate, auxiliary, dan konstanta. Hubungan diwakili dalam diagram dinyatakan dalam integral dan persamaan aljabar dan persamaan ini dipecahkan secara numerik untuk mensimulasikan perilaku dinamis (Stermann, 2000).

4.6.1 Sub Model Luas Lahan Jagung dan Luas Panen

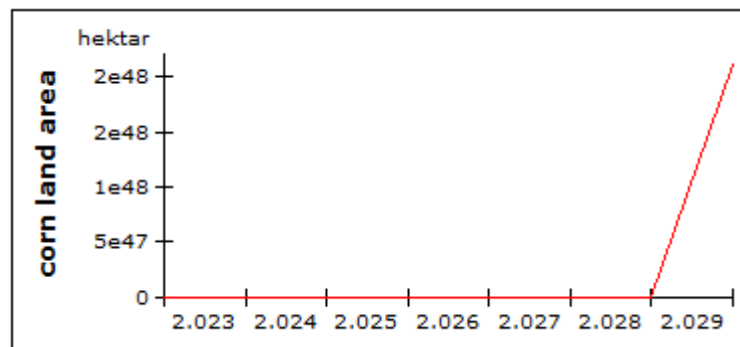
Luas lahan padi merupakan total dari beberapa lahan padi yang berada di Jawa Timur sedangkan luas area panen merupakan luas lahan jagung yang dipanen setelah tanaman tersebut cukup umur. Laju konversi lahan Jawa Timur sebagai sentra produksi jagung pipil pada tahun 2012 sampai 2023 mencapai 0.087% (Mulyani, et al., 2016). Setiap tahun di Jawa Timur terjadi alih fungsi lahan pertanian rata-rata 1.000 hektare (Bappeda Jatim, 2013). Ketika terjadi alih fungsi lahan pertanian akan mempengaruhi jumlah ketersediaan lahan jagung, hal ini akan berpengaruh terhadap jumlah produksi jagung pipil yang dihasilkan. Konversi lahan pada area jagung dapat berupa sebagai akibat dari perubahan pemanfaatan lahan sebagai area pembangunan perumahan, industri, dan fasilitas lainnya. Sub model luas lahan jagung dan luas panen dipengaruhi oleh laju

pembukaan lahan baru dan alih fungsi lahan. Luas area panen dipengaruhi oleh luas area lahan jagung pipil dan indeks penanaman. Semakin besar indeks penanaman akan menambah hasil panen jaung dalam satu tahun pada satu lahan yang sama. Berikut adalah sub model luas lahan jagung dan luas panen ditunjukkan pada Gambar 4.6



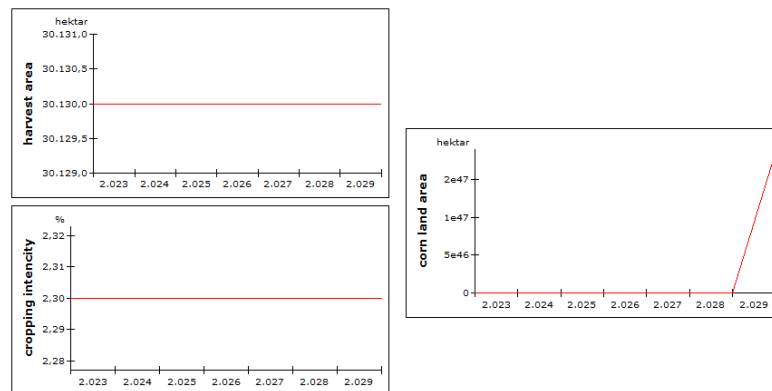
Gambar 4.6 Sub Model Luas Lahan Jagung dan Luas Panen

Dalam memasukkan data ke dalam model, maka dibutuhkan data berupa luas lahan jagung pipil dan luas lahan panen pada periode 2012 sampai 2023. Selanjutnya adalah menghitung pertumbuhan ekspansi lahan dan alih fungsi lahan setiap tahunnya dalam bentuk indeks. Berikut ini merupakan hasil simulasi dari sub model luas lahan padi dan luas panen pada tahun 2012 sampai 2023. Luas lahan padi mengalami peningkatan pada tahun 2012 dan mengalami penurunan terus menerus pada tahun 2015 sampai 2023. Grafik hasil simulasi pada luas lahan jagung pipil ditunjukkan pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Hasil simulasi Luas Lahan Jagung

Luas panen padi mengalami peningkatan pada tahun 2029 dan mengalami tingkat kestabilan terus menerus dari tahun 2023 sampai 2028. Grafik hasil simulasi pada luas panen padi ditunjukkan pada Gambar 4.8 berikut:

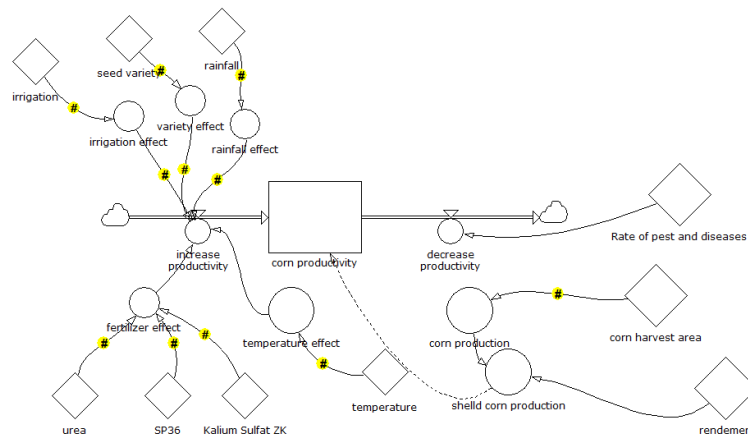


Gambar 4.8 Grafik Hasil Simulasi Luas Panen

Grafik yang ditampilkan pada gambar 4.8 menunjukkan tren produksi jagung pipil di Jawa Timur dalam periode 2023 hingga 2029. Luas panen (*harvest area*) terlihat stabil di angka 30.130 hektar, mengindikasikan bahwa produksi jagung tidak mengalami perubahan signifikan selama beberapa tahun. Hal ini dapat menunjukkan bahwa kapasitas lahan jagung tetap sama, tanpa ekspansi besar atau konversi lahan ke tanaman lain. Intensitas tanam (*cropping intensity*) juga terlihat konstan di angka 2,30%, yang berarti dalam satu tahun, petani menanam jagung sekitar 2,3 kali dalam setahun. Namun, yang menarik adalah grafik luas lahan jagung (*corn land area*) yang menunjukkan lonjakan drastis pada tahun 2029. Ini mengindikasikan kemungkinan adanya ekspansi lahan besar-besaran, baik karena kebijakan pertanian baru atau peningkatan permintaan pasar. Tren ini bisa menjadi indikator penting bagi pemerintah dan petani dalam perencanaan produksi dan ketahanan pangan di masa depan.

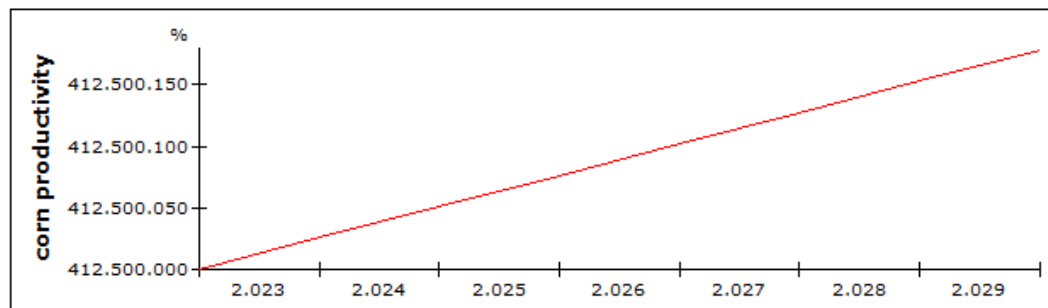
4.6.2 Sub Model Produktivitas dan Produksi Jagung Pipil

Produktivitas jagung pipil adalah produksi jagung pipil per satuan luas lahan yang digunakan dalam berusaha tani jagung. Menurut Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur (2019), tingkat produktivitas padi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya penggunaan varietas bibit unggul sebesar 18 persen, ketersediaan air sebagai irigasi sebanyak 20 persen, takaran penggunaan pupuk sebesar 30 persen, dan sisanya merupakan faktor eksternal seperti temperature dan curah hujan yang mempengaruhi 20 persen produktivitas padi. Penentuan jenis bibit unggul yang digunakan akan membantu dalam meningkatkan produktivitas, penentuan bibit unggul biasanya akan tahan terhadap penyakit dan perubahan iklim (Stuart, et al., 2018). Berikut adalah sub model produktivitas dan produksi jagung pipil yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Sub Model Produktivitas dan Produksi Jagung Pipil

Dalam menghitung tingkat produktivitas didapatkan dari laju peningkatan produktivitas dikurangi laju penurunan produktivitas. Berikut ini merupakan hasil simulasi dari sub model produktivitas dan produksi jagung pipil pada tahun 2012 sampai 2023. Produktivitas jagung pipil mengalami peningkatan pada tahun 2012 sampai 2029. Grafik hasil simulasi pada produktivitas padi dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut



Gambar 4.10 Hasil Simulasi Produktivitas Jagung Pipil

4.7 Simpulan Hasil Skenario

Dari beberapa skenario yang telah dibuat, penulis menyimpulkan beberapa skenario tersebut untuk memberikan gambaran lebih jelas, dimana indicator kualitas hasil panen jagung pipil ditunjukkan oleh parameter tingkat rendemen, postharvest losses, dan produksi jagung. Dimensi ketahanan pangan dilihat dari parameter produksi beras dan rasio pemenuhan, untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Hasil Skenario

No	Simulasi	Sebelum Skenario	Sesudah Skenario
1	Hasil simulasi penurunan postharvest losses	Kehilangan hasil padi rata-rata mencapai 18.75% pada tahun 2023 sampai dengan 2030. Produksi padi mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi jagung pipil mencapai 8.719.350 ton tahun 2030.	Kehilangan hasil padi rata-rata mencapai 10.69% pada tahun 2023 sampai dengan 2030. Produksi jagung pipil mencapai 15.328.883 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 9.776.419 ton tahun 2030.
2	Hasil simulasi peningkatan rendemen	Rendemen mencapai 62% pada tahun 2030. Produksi jagung mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi jaung pipil mencapai 8.719.350 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,52 pada tahun 2030.	Rendemen mencapai 69% pada tahun 2030. Produksi jagung pipil mencapai 16.117.029 ton pada tahun 2030. Produksi jagung pipil mencapai 11.083.319 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 3,3 pada tahun 2030
3	Hasil simulasi Smart Agriculture	Produktivitas mencapai 4.5 pada tahun 2030. Produksi jagung mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi jagung pipil mencapai 8.719.350 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,52 pada tahun 2030	Produktivitas mencapai 4.8 pada tahun 2030. Produksi jagung mencapai 14.679.909 ton pada tahun 2030. Produksi jagung pipil mencapai 9.577.221 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,73 pada tahun 2030

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian secara mendalam, didapatkan beberapa Kesimpulan, diantaranya:

1. Dalam membuat model harus memahami system rantai pasok yang akan dibuat. Memahami variabel-variabel yang mempunyai pengaruh significant pada model rantai pasok. Pemahaman tersebut berguna agar sistem dapat merepresentasikan kondisi nyata suatu sistem.
2. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kualitas hasil panen dipengaruhi oleh faktor kehilangan susut hasil panen, faktor rendemen dan faktor produktivitas (pengelolaan lahan). Dengan memperbaiki faktor tersebut, maka kualitas hasil panen padi akan semakin meningkat setiap tahunnya.
3. Semakin meningkatnya kualitas hasil panen jagung maka akan berpengaruh terhadap jagung pipil yang dihasilkan, sehingga mampu untuk mencapai tujuan ketersediaan jagung pipil yang mampu mencapai ketahanan pangan dengan memenuhi kebutuhan jagung pipil penduduk di Jawa Timur.

5.2 Saran

1. Sebelum membangun model rantai pasok, penting untuk melakukan studi mendalam mengenai sistem yang akan dimodelkan. Pemahaman yang baik terhadap sistem akan membantu dalam mengidentifikasi variabel-variabel utama yang memiliki pengaruh signifikan terhadap rantai pasok. Selain itu, pendekatan berbasis data harus digunakan untuk meningkatkan akurasi model sehingga dapat merepresentasikan kondisi nyata dengan lebih baik. Dengan demikian, model yang dikembangkan akan lebih efektif dalam mendukung pengambilan keputusan dan perencanaan strategi dalam rantai pasok.
2. Untuk meningkatkan kualitas hasil panen padi, perlu dilakukan upaya dalam mengurangi kehilangan susut hasil panen melalui penerapan teknologi pascapanen yang lebih baik serta peningkatan keterampilan petani dalam menangani hasil panen. Selain itu, peningkatan rendemen dapat dicapai dengan pemilihan varietas unggul dan penerapan teknik budidaya yang lebih efisien. Pengelolaan lahan yang optimal juga menjadi faktor penting yang harus diperhatikan, seperti penggunaan pupuk organik dan rotasi tanaman

guna meningkatkan produktivitas. Dengan memperbaiki ketiga faktor tersebut, kualitas hasil panen padi akan semakin meningkat setiap tahunnya.

3. Peningkatan kualitas hasil panen jagung sangat berpengaruh terhadap ketersediaan jagung pipil, yang pada akhirnya akan berdampak pada ketahanan pangan di Jawa Timur. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan inovasi dalam teknik budidaya guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi jagung. Selain itu, sistem distribusi dan penyimpanan juga harus diperbaiki agar kualitas jagung pipil tetap terjaga hingga sampai ke tangan konsumen. Pemerintah dan pihak terkait juga perlu mengembangkan kebijakan serta program dukungan bagi petani agar mereka dapat meningkatkan produksi jagung pipil secara berkelanjutan. Dengan langkah-langkah tersebut, diharapkan kebutuhan jagung pipil penduduk dapat terpenuhi secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik produksi jagung pipilan kering dengan kadar air 14% di Indonesia tahun 2023. Jakarta: BPS.
- Gunawan, T. (2022). Effectiveness of hybrid corn seed assistance programs in increasing agricultural productivity in Bandung. *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, 14(4), 210-230.
- Nwanze, F., & Fan, S. (2016). Smart agriculture and food security: Policies and practices for sustainable development. Food and Agriculture Organization (FAO).
- Pradana, B., et al. (2022). Utilization of endophytic bacteria to increase maize productivity in podzolic soils of Indonesia. *Indonesian Journal of Agronomy*, 30(1), 45-58.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. (2014). Analisis tren produksi jagung di Indonesia: Peluang dan tantangan ke depan. Kementerian Pertanian.
- Roth, A. (2010). Sustainable corn farming: An integrative approach to crop rotation and soil fertility management. *Agricultural Science Journal*, 12(2), 54-71.
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin/McGraw-Hill.
- Sanders, J., & Hall, P. (2022). Challenges and opportunities in implementing precision agriculture technologies in rural areas. *Journal of Agricultural Technology*, 28(3), 125-139.
- Yunita, S., et al. (2023). Market demand and sustainable development of maize in Indonesia: A review of policies and innovations. *International Journal of Agribusiness and Rural Development*, 19(2), 99-115.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Bukti Submit Jurnal

