



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PEMODELAN DINAMIK HARGA SAWIT: DAMPAK FLUKTUASI PRODUKSI DAN PERMINTAAN TERHADAP HARGA SAWIT DI RIAU

(Studi Kasus: Dinas Perkebunan Provinsi Riau)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Program Studi Matematika

oleh:

AMANDA HILYATUL AULIAH
12150424949



UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2026**



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMODELAN DINAMIK HARGA SAWIT: DAMPAK FLUKTUASI PRODUKSI DAN PERMINTAAN TERHADAP HARGA SAWIT DI RIAU

TUGAS AKHIR

oleh:

AMANDA HILYATUL AULIAH
12150424949

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir di Pekanbaru, pada tanggal 14 Januari 2026

Ketua Program Studi

Wartono, S.Si., M.Sc.
NIP. 19730818 200604 1 003

Pembimbing

Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.
NIP. 19770103 200710 2 001



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN DINAMIK HARGA SAWIT: DAMPAK FLUKTUASI PRODUKSI DAN PERMINTAAN TERHADAP HARGA SAWIT DI RIAU

TUGAS AKHIR

oleh:

AMANDA HILYATUL AULIAH
12150424949

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 14 Januari 2026

Pekanbaru, 21 Januari 2026
Mengesahkan

Ketua Program Studi

Wartono, S.Si., M.Sc.
NIP. 19730818 200604 1 003

Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.
NIP. 19770103 200710 2 001

DEWAN PENGUJI

Ketua : Zukrianto, M.Si.
Sekretaris : Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc.
Anggota I : Mohammad Soleh, S.Si., M.Sc.
Anggota II : Irma Suryani, S.Si., M.Sc.



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

: Amanda Hilyatul Auliah

: 12150424949

Tempat, Tanggal Lahir : Cirebon, 27 Desember 2002

: Sains dan Teknologi

: Matematika

Judul Skripsi : Pemodelan Dinamik Harga Sawit: Dampak Fluktuasi

: Produksi dan Permintaan terhadap Harga Sawit di Riau

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulis Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut diatas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya saya sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu, skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai paraturan perundang-undangan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 22 Januari 2026



DA HILYATULAULIAH

12150424949



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi ke perpustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 14 Januari 2026
Yang membuat pernyataan,

AMANDA HILYATUL AULIAH
12150424949

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Sebuah karya kecilku ini ku persembahkan untuk:

“Orang Tua Tercinta”

Terima kasih kepada Ayah atas perjuangan dan do'a yang tiada henti, serta kepada Almarhumah Ibu, karya kecil ini adalah bukti bahwa do'a seorang ibu tak pernah terputus bahkan hingga ke langit. Semoga Allah SWT menempatkan Ibu di tempat terbaik di sisi-Nya. Aamiin.

“Keluarga Tersayang”

Terima kasih kepada adik yang senantiasa menjadi sumber semangat, serta kepada seluruh keluarga besar atas doa, dukungan, dan perhatian yang selalu mengiringi perjalanan penulis.

“Dosen Pembimbing Tugas Akhir”

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Yuslenita Muda, M.Sc atas waktu, arahan, dan kesabaran dalam membimbing penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir hingga selesai.

“Diri Sendiri”

Peruntuk diriku, terima kasih telah bertahan, terus berjuang, dan tidak menyerah meskipun dihadapkan pada keraguan dan tantangan hingga mencapai tahap akhir perkuliahan.

Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal menuju masa depan yang lebih baik.



PEMODELAN DINAMIK HARGA SAWIT: DAMPAK FLUKTUASI PRODUKSI DAN PERMINTAAN TERHADAP HARGA SAWIT DI RIAU

AMANDA HILYATUL AULIAH
12150424949

Tanggal Sidang : 14 Januari 2026
Tanggal Wisuda :

Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Kelapa sawit merupakan komoditas strategis yang memiliki peran penting dalam perekonomian Provinsi Riau. Namun, harga kelapa sawit cenderung mengalami fluktuasi akibat perubahan produksi dan permintaan yang bersifat dinamis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika harga kelapa sawit di Provinsi Riau serta mengkaji dampak fluktuasi produksi dan permintaan terhadap perubahan harga menggunakan pendekatan sistem dinamik. Metode penelitian yang digunakan adalah pemodelan sistem dinamik dengan membangun *Causal Loop Diagram (CLD)* dan *Stock and Flow Diagram (SFD)* yang menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel utama, yaitu produksi, permintaan, persediaan, dan harga sawit. Data yang digunakan merupakan data sekunder periode 2020–2022 yang bersumber dari Dinas Perkebunan Provinsi Riau. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan produksi cenderung menurunkan harga sawit, sedangkan peningkatan permintaan mendorong kenaikan harga. Validasi model menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* menghasilkan nilai kurang dari 10%, yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang baik dan layak digunakan. Dengan demikian, model sistem dinamik yang dikembangkan mampu merepresentasikan perilaku harga sawit secara dinamis dan dapat digunakan sebagai alat bantu analisis dalam merumuskan kebijakan pengelolaan dan stabilisasi harga kelapa sawit di Provinsi Riau.

Kata Kunci : Kelapa Sawit, Harga Sawit, Produksi, Permintaan, Sistem Dinamik.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DYNAMIC MODELING OF PALM OIL PRICES: THE IMPACT OF FLUCTUATIONS IN PRODUCTION AND DEMAND ON PALM OIL PRICES IN RIAU

AMANDA HILYATUL AULIAH
12150424949

Date of Final Exam : 14 January 2026
Date of Graduation :

Department of Mathematics
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru - Indonesia

ABSTRACT

Palm oil is a strategic commodity that plays an important role in the economy of Riau Province. However, palm oil prices tend to fluctuate due to dynamic changes in production and demand. This study aims to analyze the dynamics of palm oil prices in Riau Province and to examine the impact of production and demand fluctuations on price changes using a system dynamics approach. The research method employed is system dynamics modeling by constructing a Causal Loop Diagram (CLD) and a Stock and Flow Diagram (SFD) to represent the causal relationships among the main variables, namely production, demand, inventory, and palm oil prices. The data used in this study are secondary data for the period 2020–2022 obtained from the Riau Provincial Plantation Office. The simulation results indicate that an increase in production tends to reduce palm oil prices, while an increase in demand leads to higher prices. Model validation using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yields a value of less than 10%, indicating that the model has good accuracy and is suitable for representing real conditions. Therefore, the developed system dynamics model is able to capture the dynamic behavior of palm oil prices and can be used as a supporting tool for policy analysis in managing and stabilizing palm oil prices in Riau Province.

Keywords : *Palm Oil, Palm Oil Price, Production, Demand, System Dynamics.*

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas rahmat, kekuatan, dan kesabaran yang diberikan, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari kegelapan menuju cahaya ilmu pengetahuan.

Dalam proses pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menghadapi berbagai hambatan. Namun, berkat izin Allah SWT, doa orang tua, dukungan dan adik, serta bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan tersebut dapat dilalui hingga Tugas Akhir yang berjudul **“Pemodelan Dinamik Harga Sawit: Dampak Fluktuasi Produksi dan Permintaan Terhadap Harga Sawit di Riau”** ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti, M.S., S.E., M.Si., Ak., CA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Ibu Dr. Yuslenita Muda, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan Pembimbing Tugas Akhir yang telah mencurahkan banyak waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing dan memberikan arahan yang sangat membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Wartono, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Zukrianto, M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Mohammad Soleh, M.Sc., dan Ibu Irma Suryani, M.Sc. selaku Penguji Tugas akhir yang telah memberikan masukan dan arahan dalam



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Ibu Fitri Aryani, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan, saran, masukan, dan motivasi selama kuliah.
7. Dosen-dosen beserta staff Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Ayah dan Almarhumah Ibu yang selalu memberikan cinta dan kasih sayang, serta selalu mendo'akan kesuksesan penulis.
9. Yuli, Ulik dan Putri yang telah memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Rosmaida dan Dinda yang senantiasa memberikan bantuan, motivasi, dan dukungan selama masa studi penulis.
11. Teman-teman seperjuangan angkatan 21, kakak-abang, dan adik-adik Program Studi Matematika yang selalu membantu dan memberikan *support* dalam mekanisme dan pembuatan Tugas Akhir ini.
12. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya yang telah membantu dari awal pembuatan Tugas Akhir sampai dapat menyelesaikannya.

Penulis menyadari adanya berbagai kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Kritik dan saran konstruktif sangat diharapkan guna menyempurnakan penelitian ini. Semoga karya ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin ya Rabbal 'alamin. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, 14 Januari 2026

AMANDA HILYATUL AULIAH
12150424949



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Kelapa Sawit.....	5
2.2 Produksi Sawit dan Permintaan Harga Sawit	6
2.3 Teori Ekonomi Pembentukan Harga Komoditas Sawit.....	7
2.4 Teori Dasar Sistem Dinamik.....	8
2.5 <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD).....	10
2.6 <i>Stock and Flow Diagram</i> (SFD)	11
2.7 Konsep Modal dan Keuntungan dalam Usaha Sawit.....	12
2.7.1 Persamaan Harga Sawit Berbasis Modal dan Keuntungan	13
2.8 Persamaan Penyesuaian Harga Aktual	14
2.9 Tahapan Pemodelan Sistem Dinamik	14
2.10 Contoh Kasus	17
2.11 Penelitian Terdahulu	21



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.11.1 Penelitian Arrie Tjahyo Setiawan and Rinaldy Dalimi	21
2.11.2 Penelitian Ocha Putri Perdana Prihatina and Erma Suryani	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Data Historis	25
4.2 Model Konseptual	26
4.3 Model Matematis	28
4.4 Simulasi dan Validasi Model	28
4.5 Analisis Skenario	31
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Kapsual.....	11
Gambar 2.2 Diagram Alir	12
Gambar 2.3 <i>Causal Loop Diagram</i>	19
Gambar 2.4 <i>Stock and Flow Diagram</i>	19
Gambar 4.1 <i>Causal Loop Diagram</i> Fluktuasi.....	27
Gambar 4.2 <i>Stock and Flow Diagram</i> Fluktuasi.....	28
Gambar 4.3 Grafik Skenario Produksi Naik 10%.....	33
Gambar 4.4 Grafik Skenario Produksi Naik 20%.....	35
Gambar 4.5 Grafik Skenario Permintaan Naik 10%.....	37
Gambar 4.6 Grafik Skenario Permintaan Naik 20%.....	39

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Range Nilai MAPE	17
Tabel 2.2 Data FFB Produksi.....	18
Tabel 2.3 Validasi Hasil Simulasi Contoh Kasus	20
Tabel 4.1 Data Produksi, Permintaan dan Harga Sawit.....	26
Tabel 4.2 Validasi Hasil Simulasi Produksi CPO.....	30
Tabel 4.3 Skenario Produksi Naik 10%	32
Tabel 4.4 Skenario Produksi Naik 20%	34
Tabel 4.5 Skenario Permintaan Naik 10%	36
Tabel 4.4 Skenario Permintaan Naik 20%	38

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Riau merupakan sentra produksi kelapa sawit terbesar di Indonesia dan menjadi motor utama perekonomian regional. Tingginya kontribusi subsektor perkebunan terhadap struktur PDRB Riau memperlihatkan ketergantungan ekonomi yang kuat terhadap komoditas ini. Temuan ini sejalan dengan [1] yang menyatakan bahwa aktivitas ekonomi di wilayah penghasil sawit khususnya Sumatera sangat bergantung pada produktivitas dan stabilitas komoditas kelapa sawit, serta [2] yang menegaskan bahwa komoditas sawit memainkan peran dominan dalam pendapatan rumah tangga dan ekonomi daerah. Dengan kontribusinya yang besar, setiap perubahan pada sektor sawit langsung memengaruhi kesejahteraan masyarakat dan stabilitas ekonomi regional.

Namun, dalam beberapa tahun terakhir industri sawit Riau menghadapi tantangan serius berupa volatilitas harga minyak sawit mentah (CPO) yang semakin meningkat. Harga TBS petani di Riau berfluktuasi tajam akibat dinamika pasar global, kebijakan energi nasional, perubahan iklim, serta regulasi perdagangan seperti *European Union Deforestation Regulation* (EUDR). Penelitian [1] menunjukkan bahwa harga sawit Indonesia sangat rentan terhadap perubahan pasar minyak nabati dunia, sementara [3] menegaskan bahwa permintaan global yang tidak stabil dari negara importir utama seperti India, Tiongkok, dan Uni Eropa menyebabkan tingginya volatilitas harga. Kondisi ini menunjukkan bahwa industri sawit Riau berada dalam sistem yang kompleks, di mana faktor global dan domestik saling berinteraksi secara simultan.

Fluktuasi harga yang tidak menentu memberikan dampak ekonomi yang signifikan pada seluruh rantai nilai. Penelitian [2] menemukan bahwa penurunan harga TBS secara langsung menurunkan pendapatan petani dan melemahkan kemampuan mereka merawat kebun, yang pada akhirnya menurunkan produktivitas jangka panjang. Selain itu, studi [1] menjelaskan bahwa volatilitas harga mengganggu stabilitas

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pasokan bagi pabrik kelapa sawit (PKS), mempersulit perencanaan kapasitas, dan menciptakan ketidakpastian distribusi. Ketidakpastian di tingkat petani hingga PKS mencerminkan bahwa rantai pasok sawit bekerja dalam struktur sistem yang saling terkait dan sensitif terhadap perubahan internal maupun eksternal.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menggunakan pendekatan ekonometrika seperti VECM dan ARIMA untuk menganalisis pergerakan harga sawit. Namun, metode-metode tersebut memiliki keterbatasan dalam menjelaskan hubungan non-linear, mekanisme umpan balik, dan keterlambatan waktu yang merupakan karakteristik utama industri sawit. Penelitian [1] menegaskan bahwa model ekonometrika tidak mampu menangkap dinamika struktural yang kompleks, sementara [4] menyatakan bahwa pendekatan sistem dinamik lebih mampu memodelkan interaksi antar variabel seperti produksi, harga, ekspor, kebijakan biodiesel, dan iklim secara lebih realistis melalui *feedback loops* dan *stock-flow structure*. Oleh karena itu, pemodelan sistem dinamik menjadi pendekatan yang lebih tepat untuk memahami perilaku harga sawit dan mengevaluasi dampak berbagai skenario kebijakan.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini memfokuskan pada pengembangan model sistem dinamik untuk mensimulasikan perilaku harga kelapa sawit di Riau dengan mempertimbangkan faktor-faktor produksi domestik, kebijakan biodiesel, perubahan iklim, program peremajaan sawit rakyat (PSR), serta dinamika permintaan global. Model ini diharapkan dapat menjadi alat analisis yang kuat untuk menghasilkan rekomendasi kebijakan berbasis bukti guna menjaga stabilitas harga, meningkatkan kesejahteraan petani, dan memperkuat keberlanjutan industri sawit di Provinsi Riau.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana dinamika harga CPO di Riau dibentuk oleh mekanisme *feedback loop* dan keterlambatan antara produksi domestik Riau dan permintaan global?
2. Bagaimana hasil simulasi skenario perubahan produksi dan permintaan dapat menunjukkan potensi kenaikan atau penurunan harga sawit di Riau?

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Strategi atau kebijakan apa yang dapat diusulkan untuk meminimalkan volatilitas harga sawit berdasarkan hasil pemodelan dan simulasi?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada analisis dinamika harga kelapa sawit di Provinsi Riau dengan fokus pada periode 2022–2024 sesuai ketersediaan data terbaru. Variabel yang dimodelkan hanya mencakup faktor utama yang memengaruhi harga, yaitu produksi sawit Riau (iklim, PSR, produktivitas), kapasitas serapan PKS, serta permintaan dan tekanan pasar global seperti EUDR. Faktor eksternal lain seperti nilai tukar, biaya logistik, dan aspek sosial petani tidak dimasukkan secara mendalam. Model sistem dinamik ini dirancang untuk menganalisis pola dan perilaku sistem, bukan untuk menghasilkan prediksi harga yang presisi. Selain itu, penelitian hanya menggunakan data sekunder dari BPS Riau, Dinas Perkebunan Riau, GAPKI, dan sumber resmi terkait tanpa pengumpulan data primer.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menjelaskan dinamika harga CPO di Provinsi Riau yang terbentuk melalui mekanisme *feedback loop* serta keterlambatan antara produksi domestik Riau dan permintaan global.
2. Mensimulasikan berbagai skenario perubahan produksi dan permintaan untuk melihat dampaknya terhadap stabilitas harga sawit.
3. Memberikan rekomendasi kebijakan atau strategi pengelolaan harga berdasarkan hasil simulasi model sistem dinamik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal penelitian ini disusun secara sistematis dan logis untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang rencana penelitian yang akan dilaksanakan. Adapun sistematika penulisan terdiri dari lima bab utama sebagai berikut:

BAB I

BAB II

BAB III

BAB IV

BAB V

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bagian pembuka yang memberikan gambaran umum tentang penelitian, meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

LANDASAN TEORI

Bab ini menyajikan landasan teoretis yang mendukung penelitian, mencakup teori harga sawit, factor yang mempengaruhi harga sawit, model sistem dinamik, dan penelitian terdahulu yang relevan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang akan digunakan, meliputi jenis dan pendekatan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, populasi dan sampel, variabel penelitian, instrumen penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data.

PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan langkah-langkah yang diambil penulis guna menghasilkan temuan yang selaras dengan rumusan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya.

PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan beserta saran yang disusun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman perkebunan tropis yang menjadi salah satu komoditas strategis di Indonesia. Tanaman ini berasal dari Afrika Barat, tetapi berkembang pesat di Asia Tenggara, termasuk Indonesia dan Malaysia, yang saat ini menguasai lebih dari 80% produksi minyak sawit dunia. Kelapa sawit dikenal memiliki produktivitas tinggi dibandingkan tanaman penghasil minyak nabati lainnya, seperti kedelai, bunga matahari, dan rapeseed, karena mampu menghasilkan minyak hingga 4–6 ton per hektare per tahun. Kondisi ini menjadikan sawit sebagai komoditas utama dalam industri pangan, energi terbarukan, dan oleokimia [5].

Pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain umur tanaman, varietas, pemupukan, kondisi iklim, ketersediaan air, serta praktik budidaya. Umumnya, tanaman sawit mulai menghasilkan buah setelah umur 3–4 tahun, mencapai puncak produksi pada umur 9–15 tahun, dan mengalami penurunan setelah umur 20 tahun. Produktivitas buah Tandan Buah Segar (TBS) yang tinggi sangat bergantung pada manajemen agronomi yang tepat, seperti pemangkasan, pengendalian gulma, dan pemupukan seimbang[2].

Dari sisi rantai pasok, kelapa sawit melibatkan beberapa pelaku utama, yaitu petani (plasma dan swadaya), pedagang pengumpul, Pabrik Kelapa Sawit (PKS), pabrik refinery, dan industri hilir. Petani memproduksi TBS yang kemudian diproses oleh PKS menjadi minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) dan inti sawit (*Palm Kernel/PK*). CPO selanjutnya dapat diolah menjadi berbagai produk seperti RBDPO, minyak goreng, margarin, oleokemikal, hingga bahan bakar nabati (biodiesel). Kompleksitas rantai pasok ini menyebabkan harga sawit sangat sensitif terhadap perubahan pasokan dan permintaan, baik di pasar domestik maupun global [6].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Harga TBS di tingkat petani tidak hanya ditentukan oleh produksi lokal, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi pasar CPO dunia, nilai tukar rupiah, kebijakan ekspor, ketersediaan sarana transportasi, dan kapasitas PKS. Fluktuasi permintaan industri biodiesel dalam negeri juga berperan penting dalam penyerapan CPO, sehingga berdampak pada harga TBS. Ketidakseimbangan antara pasokan TBS dan kapasitas giling PKS dapat menyebabkan tekanan harga, terutama pada musim panen raya[7].

Sebagai komoditas yang bersifat siklikal, harga kelapa sawit mengalami volatilitas dari waktu ke waktu. Perubahan cuaca global seperti El Nino dan La Nina dapat memengaruhi produksi sehingga berdampak pada harga. Selain itu, isu keberlanjutan (*sustainability*) dan regulasi perdagangan internasional, seperti kebijakan Uni Eropa, turut memengaruhi prospek pasar sawit Indonesia. Ketergantungan pasar pada permintaan global menyebabkan dinamika harga sawit harus dipahami dalam kerangka sistem yang kompleks dan saling memengaruhi[8].

2.2 Produksi Sawit dan Permintaan Harga Sawit

Produksi kelapa sawit merupakan hasil keseluruhan proses budidaya tanaman *Elaeis guineensis* Jacq. yang menghasilkan Tandan Buah Segar (TBS). Tingkat produksi dipengaruhi oleh faktor agronomi seperti umur tanaman, varietas, kesuburan tanah, pemupukan, curah hujan, kondisi iklim, dan manajemen kebun. Tanaman sawit mulai menghasilkan pada usia 3–4 tahun, mencapai puncak produksi pada 9–15 tahun, kemudian menurun setelah umur tanaman melewati 20 tahun[9]. Faktor eksternal seperti intensitas hujan, kejadian iklim ekstrem (El-Nino/La-Nina), ketersediaan tenaga kerja, serta infrastruktur transportasi juga berpengaruh signifikan terhadap capaian produksi. Produktivitas sawit umumnya diukur melalui produksi TBS per hektare per tahun dan rendemen CPO yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit. Dinamika produksi ini sangat menentukan pasokan CPO nasional maupun global, sehingga fluktuasi produksi sering menjadi penyebab ketidakseimbangan supply dan memicu perubahan harga[9].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sementara itu, permintaan minyak sawit dipengaruhi oleh kebutuhan industri domestik maupun internasional, termasuk industri pangan, oleokimia, dan energi terbarukan seperti biodiesel. Pada pasar global, minyak sawit bersaing dengan minyak nabati lainnya seperti kedelai dan rapeseed, sehingga perubahan konsumsi minyak nabati dunia dapat memengaruhi permintaan CPO. Harga sawit, terutama harga TBS di tingkat petani, pada dasarnya dibentuk oleh interaksi supply-demand. Ketika produksi meningkat secara signifikan tanpa diikuti peningkatan permintaan, harga cenderung menurun[8]. Sebaliknya, ketika permintaan domestik dan global meningkat, misalnya akibat kenaikan konsumsi biodiesel atau pertumbuhan industri pangan, harga sawit dapat mengalami peningkatan. Faktor makroekonomi seperti nilai tukar rupiah terhadap dolar, kebijakan ekspor, perubahan bea keluar, serta kondisi pasar minyak nabati dunia juga turut memengaruhi harga sawit. Selain itu, struktur industri domestik, kapasitas giling pabrik kelapa sawit (PKS), dan kualitas TBS menjadi faktor penting yang dapat memperkuat atau melemahkan pembentukan harga di lapangan. Dengan demikian, harga sawit merupakan hasil dari interaksi kompleks antara produksi, permintaan, kondisi pasar global, dan struktur rantai pasok domestik[9].

2.3 Teori Ekonomi Pembentukan Harga Komoditas Sawit

Dalam teori ekonomi mikro, harga suatu komoditas terbentuk melalui interaksi antara penawaran (*supply*) dan permintaan (*demand*). Harga keseimbangan tercapai ketika jumlah barang yang ditawarkan sama dengan jumlah barang yang diminta. Kelapa sawit sebagai komoditas pertanian strategis mengikuti mekanisme ini, namun memiliki karakteristik khusus berupa ketergantungan pada faktor alam, siklus produksi jangka panjang, serta keterkaitan yang kuat dengan pasar global. Kondisi tersebut menyebabkan harga sawit bersifat fluktuatif dan tidak selalu menyesuaikan secara instan terhadap perubahan pasar.

Pada komoditas pertanian, khususnya sawit, penawaran cenderung bersifat inelastis dalam jangka pendek karena produksi Tandan Buah Segar (TBS) dipengaruhi oleh umur tanaman, iklim, dan praktik budidaya. Sebaliknya, permintaan minyak sawit

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

mentah (Crude Palm Oil/CPO) relatif lebih elastis karena dipengaruhi oleh permintaan industri pangan, oleokimia, energi terbarukan (biodiesel), serta persaingan dengan minyak nabati substitusi seperti minyak kedelai dan rapeseed. Ketidakseimbangan elastisitas ini menyebabkan perubahan kecil pada pasokan atau permintaan dapat memicu fluktuasi harga yang signifikan.

Selain mekanisme supply-demand, harga juga berkaitan erat dengan biaya produksi dan keuntungan. Dalam teori produksi, harga minimum suatu komoditas harus mampu menutup seluruh biaya produksi dan memberikan keuntungan yang layak agar kegiatan usaha dapat berlanjut secara berkelanjutan.

2.4 Teori Dasar Sistem Dinamik

Aplikasi sistem dinamis dalam sektor pertanian diperluas oleh Sterman, yang menekankan pentingnya umpan balik positif (amplifying) dan negatif (dampening) dalam memahami perilaku harga komoditas[4]. Misalnya, kenaikan harga dapat mendorong peningkatan investasi produksi, tetapi adanya *time lags* menyebabkan perilaku berosilasi seperti oversupply dan penurunan harga di periode berikutnya. Sterman juga menjelaskan empat konsep dasar dalam sistem dinamis yang menopang struktur dan perilaku sistem kompleks[10].

1. Ruang lingkup yang tertutup Hal ini menunjukkan bahwa variabel yang penting yang menciptakan sebab-akibat berada di dalam sistem dan variabel yang tidak begitu penting berada di luar.
2. Loop umpan balik sebagai komponen dasar sistem Perilaku dari sistem dipengaruhi oleh loop umpan balik sistem yang tertutup sehingga mempengaruhi setiap perubahan yang terjadi pada sistem sepanjang waktu.
3. Level dan rate Sistem dinamis memiliki dua jenis variabel dasar, yaitu level dan rate. Level, merupakan akumulasi elemen sepanjang waktu, misalnya jumlah inventori di gudang. Sedangkan rate merupakan variabel yang mempengaruhi perubahan nilai dari level.

4. Kondisi yang ingin dicapai, kondisi rill, dan perbedaan antara kondisi yang ingin dicapai dengan kondisi rill.

Suatu sistem yang dinamis memperlihatkan adanya kondisi yang menjadi tujuan sistem dan kondisi yang saat ini terjadi. Oleh karena ada kemungkinan kondisi yang ingin dicapai belum terjadi maka terjadi perbedaan yang mendasari perubahan dalam sistem. Tujuan model sistem dinamik adalah untuk mempelajari, mengenal, dan memahami struktur, kebijakan dan delay suatu keputusan yang mempengaruhi perilaku sistem itu sendiri[11]. Dalam kerangka berpikir sistem dinamik, permasalahan dalam suatu sistem dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh luar (*exogenous explanation*) namun dianggap disebabkan oleh struktur internal sistem (*endogenous explanation*). Fokus utama dari metodologi sistem dinamik adalah memperoleh pemahaman atas suatu sistem, sehingga langkah-langkah pemecahan masalah memberikan umpan balik pada pemahaman sistem[12]

2.4.1 Pemodelan Sistem Dinamik

Pemodelan sistem dinamik merupakan suatu pendekatan untuk memahami, menganalisis, dan mensimulasikan perilaku suatu sistem yang kompleks dan berubah seiring waktu. Sistem dinamik biasanya melibatkan berbagai komponen yang saling berinteraksi, di mana perubahan pada satu bagian dapat memengaruhi bagian lain secara langsung maupun tidak langsung. Tujuan utama dari pemodelan ini adalah untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel dalam sistem, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi perilaku sistem di masa depan atau mengevaluasi dampak dari suatu kebijakan[13].

Dalam proses pemodelan sistem dinamik, terdapat beberapa tahapan penting yang harus dilakukan. Pertama adalah identifikasi masalah, yaitu menentukan batasan sistem, variabel yang terlibat, serta hubungan antar variabel. Tahap berikutnya adalah konseptualisasi model, di mana hubungan antar variabel digambarkan melalui diagram kausal (*causal loop diagram*) yang menunjukkan arah umpan balik (*feedback loop*). Setelah itu dilakukan formulasi model matematis, yang biasanya berbentuk persamaan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

diferensial atau persamaan perbedaan untuk menggambarkan perubahan variabel terhadap waktu. Tahap selanjutnya adalah simulasi dan validasi model, yaitu menjalankan model dengan bantuan perangkat lunak seperti Vensim atau Stella untuk melihat apakah hasil simulasi sesuai dengan kondisi nyata[14].

Melalui pemodelan sistem dinamik, pengambil keputusan dapat memahami perilaku sistem secara lebih menyeluruh dan dinamis. Pendekatan ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti ekonomi, manajemen, lingkungan, kesehatan, dan pendidikan. Dengan menggunakan model dinamik, kita dapat menguji berbagai skenario kebijakan dan mengantisipasi dampak jangka panjangnya tanpa harus melakukan percobaan langsung di dunia nyata. Dengan demikian, pemodelan sistem dinamik menjadi alat penting dalam perencanaan strategis dan pengambilan keputusan yang berbasis data dan pemahaman sistemik[15].

2.5 Causal Loop Diagram (CLD)

Causal Loop Diagram (CLD) merupakan salah satu alat analisis utama dalam pendekatan *System Dynamics* yang digunakan untuk memetakan hubungan sebab-akibat antar variabel dalam suatu sistem. CLD membantu peneliti memahami struktur sistem, interaksi antar variabel, serta pola umpan balik yang memengaruhi perilaku sistem dari waktu ke waktu. Menurut [16], CLD digunakan untuk memvisualisasikan struktur kausal sehingga dinamika suatu sistem dapat dianalisis secara komprehensif.

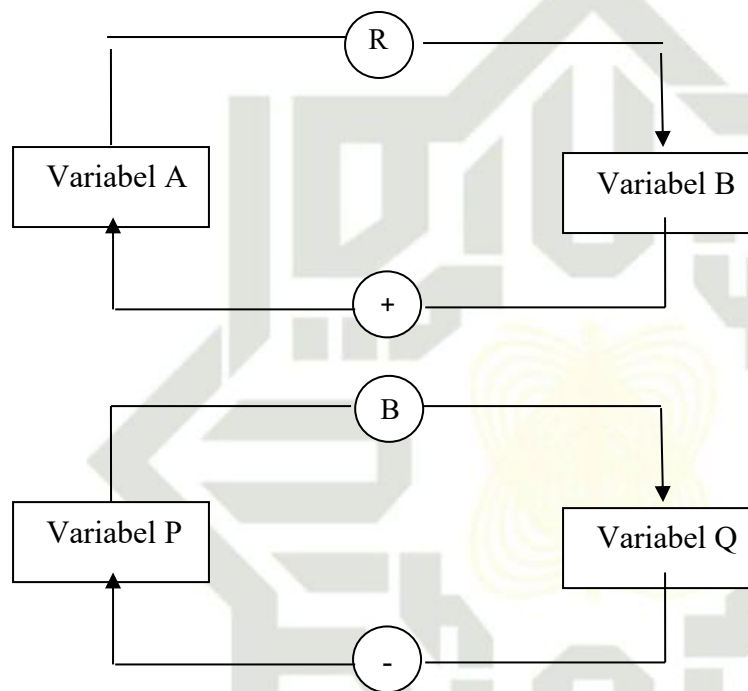
Secara umum, CLD terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan melalui panah yang menandakan arah pengaruh. Setiap hubungan kausal ditandai oleh simbol positif (+) atau negatif (-). Simbol positif menunjukkan bahwa perubahan pada variabel penyebab mengakibatkan perubahan searah pada variabel akibat, sedangkan simbol negatif menunjukkan pengaruh berlawanan arah. Kombinasi hubungan kausal ini akan membentuk *feedback loop* atau loop umpan balik yang menjadi inti dari analisis sistem dinamik[16].

Terdapat dua jenis utama *feedback loop* dalam CLD, yaitu *reinforcing loop* (R) dan *balancing loop* (B). *Reinforcing loop* merupakan loop penguat yang menyebabkan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pertumbuhan atau penurunan yang terus berlanjut, tergantung arah perubahan awal. Sebaliknya, *balancing loop* berfungsi sebagai mekanisme penyeimbang untuk menjaga stabilitas sistem dan mencegah perubahan yang berlebihan. Interaksi antara kedua jenis loop ini menghasilkan perilaku sistem yang kompleks dan sering kali non-linear[17].



Gambar 2.1 Diagram Kapsual (Causal Loop Diagram)

2.6 Stock and Flow Diagram (SFD)

Stock and Flow Diagram (SFD) merupakan elemen utama dalam pemodelan *System Dynamics* yang digunakan untuk menggambarkan struktur kuantitatif suatu sistem melalui komponen *stock* (persediaan/akumulasi) dan *flow* (aliran). SFD berfungsi sebagai jembatan untuk menerjemahkan hubungan sebab-akibat dalam *Causal Loop Diagram* (CLD) menjadi bentuk matematis yang dapat disimulasikan. Menurut Sterman (2000), SFD merupakan inti dari model dinamik karena perubahan perilaku sistem terjadi melalui proses akumulasi yang digambarkan oleh stock dan flow[13].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

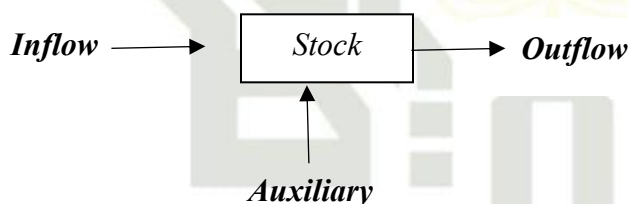
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SFD terdiri dari beberapa komponen utama. Pertama, *stock*, yaitu variabel yang bersifat akumulatif dan menunjukkan keadaan sistem pada waktu tertentu. *Stock* hanya berubah jika ada aliran masuk (*inflow*) atau aliran keluar (*outflow*). Kedua, *flow*, yaitu variabel yang menyebabkan peningkatan atau penurunan stock. Flow menggambarkan laju perubahan dan biasanya diukur dalam satuan per waktu, seperti ton per bulan atau unit per tahun. Ketiga, *auxiliary variable*, yakni variabel pendukung yang memengaruhi besar kecilnya aliran melalui parameter, persamaan, atau variabel eksternal. Keempat, *connector*, yaitu panah penghubung yang menunjukkan arah pengaruh antar variabel dalam diagram[17].

Peran utama SFD adalah memformalkan struktur sistem secara kuantitatif sehingga dapat menjalankan simulasi komputer. Dengan SFD, peneliti dapat memodelkan mekanisme akumulasi, umpan balik, dan penundaan waktu (*time delays*) yang merupakan karakteristik penting dari fenomena dinamis. SFD juga membantu mengidentifikasi bagaimana perubahan pada satu variabel dapat berdampak pada variabel lain melalui aliran dan persediaan yang saling terhubung[13].



Gambar 2.2 Diagram Alir (Stock and Flow Diagram)

2.7 Konsep Modal dan Keuntungan dalam Usaha Sawit

Modal dalam usaha kelapa sawit mencakup seluruh biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan TBS atau CPO. Biaya tersebut meliputi biaya bibit, pupuk, pestisida, tenaga kerja, perawatan kebun, transportasi, serta biaya pengolahan di pabrik kelapa sawit (PKS). Secara ekonomi, biaya produksi ini merepresentasikan nilai modal yang harus dikembalikan melalui hasil penjualan.

Keuntungan (profit) merupakan selisih antara penerimaan total dengan biaya produksi. Keuntungan berperan sebagai insentif bagi petani dan pelaku industri untuk

mempertahankan dan meningkatkan produksi. Secara sederhana, harga dapat dituliskan sebagai:

$$H = C + \pi \quad (2.1)$$

Dengan:

C : Biaya Produksi/Modal;
 π : Keuntungan yang diharapkan.

Namun, dalam pasar komoditas seperti sawit, pelaku usaha umumnya bersifat price taker, sehingga harga tidak ditentukan secara langsung berdasarkan biaya dan keuntungan, melainkan mengikuti sinyal pasar global. Oleh karena itu, konsep modal dan keuntungan lebih tepat dipandang sebagai dasar pembentukan harga minimum atau harga target, bukan sebagai penentu tunggal harga pasar.

2.7.1 Persamaan Harga Sawit Berbasis Modal dan Keuntungan

Dalam kerangka pemodelan sistem dinamik, harga sawit dimodelkan sebagai variabel level yang menyesuaikan terhadap harga target. Harga target merepresentasikan harga ideal menurut pelaku usaha, yang ditentukan oleh biaya produksi dan keuntungan yang dipengaruhi kondisi pasar.

Harga target dapat dilihat pada Persamaan (2.2) berikut:

$$H^*(t) = C(t) + \pi(t) \quad (2.2)$$

Keuntungan tidak bersifat konstan, melainkan bergantung pada rasio antara permintaan dan penawaran, dapat dilihat pada Persamaan (2.3) berikut:

$$\pi(t) = \alpha \left(\frac{D(t)}{S(t)} - 1 \right) \quad (2.3)$$

Dengan demikian, persamaan harga target menjadi:

$$H^*(t) = C(t) + \alpha \left(\frac{D(t)}{S(t)} - 1 \right) \quad (2.4)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Keterangan:

$C(t)$: Harga target sawit pada waktu t ;

$D(t)$: Total Permintaan;

$S(t)$: Total Penawaran;

α : Parameter sensitivitas keuntungan terhadap ketidakseimbangan pasar.

Jika permintaan lebih besar daripada penawaran, maka keuntungan meningkat dan harga target naik. Sebaliknya, kelebihan pasokan menyebabkan penurunan keuntungan dan tekanan penurunan harga.

2.8 Persamaan Penyesuaian Harga Aktual

Harga aktual menyesuaikan terhadap harga target secara bertahap sesuai dengan kecepatan penyesuaian harga. Proses ini dapat dilihat pada Persamaan (2.5) berikut:

$$\frac{dH(t)}{dt} = \frac{1}{\tau} (H^*(t) - H(t)) \quad (2.5)$$

Dengan:

$H(t)$: Harga Aktual;

τ : Waktu Penyesuaian Harga.

Persamaan (2.5) menunjukkan bahwa semakin besar selisih antara harga aktual dan harga target, semakin cepat harga menyesuaikan. Namun, nilai τ yang besar mencerminkan adanya delay, sehingga fluktuasi harga dapat berlangsung lebih lama.

2.9 Tahapan Pemodelan Sistem Dinamik

Pemodelan sistem dinamik merupakan pendekatan analitis yang dikembangkan oleh Jay W. Forrester untuk memahami perilaku suatu sistem kompleks melalui hubungan sebab-akibat dan perubahan variabel dari waktu ke waktu. Tujuan utama metode ini adalah menggambarkan bagaimana struktur sistem memengaruhi perilaku sehingga dapat digunakan dalam analisis kebijakan maupun pengambilan keputusan. Secara umum, pemodelan sistem dinamik dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang bersifat iteratif dan saling berkaitan [17].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Identifikasi Masalah (*Problem Identification*)

Tahap awal ini berfokus pada penentuan isu atau permasalahan yang ingin dikaji. Pada tahap identifikasi, modeler mendefinisikan batasan sistem, menentukan variabel kunci, menelaah faktor penyebab masalah, serta merumuskan tujuan pemodelan. Tahap ini penting untuk memastikan bahwa model yang dibangun relevan dan mampu menjawab pertanyaan penelitian.

2. Formulasi Model Kualitatif (*Formulation of Dynamic Hypothesis*)

Tahap kedua adalah membangun pemahaman konseptual tentang bagaimana variabel dalam sistem saling berinteraksi. Biasanya disusun menggunakan *Causal Loop Diagram* (CLD). Diagram ini menunjukkan hubungan sebab-akibat dalam bentuk *reinforcing loop* (penguatan) dan *balancing loop* (penyeimbang). Hasil tahap ini berupa hipotesis dinamis yang menggambarkan mengapa sistem berperilaku seperti yang diamati.

3. Formulasi Model Kuantitatif (*Model Formulation*)

Setelah hubungan antar variabel ditetapkan secara kualitatif, tahap berikutnya adalah mengembangkan model kuantitatif dalam bentuk *Stock and Flow Diagram* (SFD). Pada tahap ini dilakukan:

- Penetapan *stock* (akumulasi);
- Flow* (aliran masuk/keluar);
- Parameter, persamaan matematis;
- Struktur umpan balik secara detail.

Model kuantitatif memungkinkan sistem disimulasikan dan dianalisis secara numerik.

Formulasi yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan (2.6) berikut:

$$S(t + 1) = S(t) + F_{in}(t) - F_{out}(t) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$S(t + 1)$: stock pada periode berikutnya;

$F_{in}(t)$: *flow* masuk;

$F_{out}(t)$: *flow* keluar.

Flow dihitung menggunakan *auxiliary* sebagai faktor pendukung:

$$F(t) = S(t) \times A(t) \quad (2.7)$$

Keterangan:

$F(t)$: *Flow* (perubahan persediaan);

$S(t)$: *Stock* (persediaan awal);

$A(t)$: *Auxiliary* (variabel tertentu, produksi atau permintaan).

4. Simulasi Model (*Model Simulation*)

Setelah model kuantitatif selesai, model disimulasikan menggunakan perangkat lunak sistem dinamik seperti *python*. Simulasi dilakukan menggunakan *time step* tertentu untuk melihat perilaku sistem dari waktu ke waktu. Setelah itu dilakukan validasi model menggunakan ukuran kesalahan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang dihitung dengan rumus pada Persamaan (2.8) berikut:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (2.8)$$

Keterangan:

$A(t)$: Data aktual pada periode ke- t ;

$F(t)$: Data hasil model / simulasi pada periode ke- t .

Adapun kriteria MAPE sebagai berikut:

Tabel 2.1 Range nilai MAPE

Range	Arti
<10%	Kemampuan model peramalan sangat baik
10 - 20%	Kemampuan model peramalan baik
20 - 50%	Kemampuan model peramalan layak
>50%	Kemampuan model peramalan buruk

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat digolongkan nilai MAPE sesuai kategori kelayakan suatu metode digunakan dalam peramalan model. MAPE digunakan jika ukuran variabel peramalan merupakan faktor penting dalam mengevaluasi akurasi peramalan tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari series tersebut.

5. Analisis Kebijakan dan Interpretasi (*Policy Analysis*)

Tahap ini melibatkan pengujian berbagai skenario kebijakan atau intervensi terhadap model untuk mengevaluasi dampaknya. Hasil simpulan digunakan untuk memberikan rekomendasi yang lebih efektif dalam memecahkan masalah atau meningkatkan kinerja sistem.

2.10 Contoh Kasus

1. Identifikasi Masalah

Pada penelitian[17] , model dinamika produksi FFB dibangun berdasarkan sejumlah parameter dasar, serta data produksi FFB aktual selama periode 2004–2010 yang digunakan untuk memeriksa kesesuaian model dengan kondisi nyata.

Tabel 2.2 Data FFB Production

Year	FFB Production (ton/ha) - Sistem
2004	6.173.578
2005	6.761.121
2006	9.889.983
2007	10.068.893
2008	9.997.679
2009	11.014.847
2010	12.516.128
2011	13.165.028
2012	14.828.845
2013	15.835.742
2014	16.688.568
2015	17.709.909
2016	18.086.648
2017	21.640.178

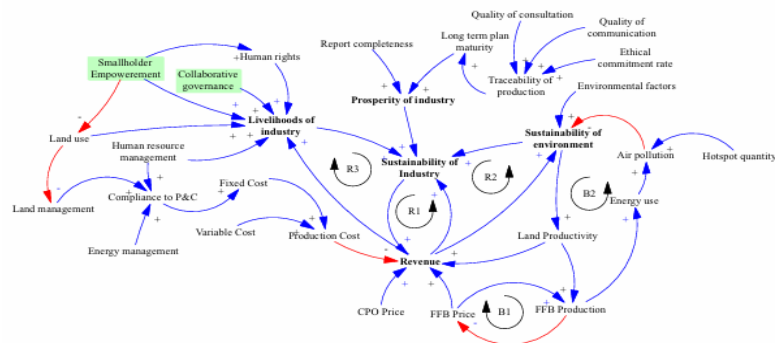
2018	24.443.670
2019	26.858.541
2020	26.072.852
2021	26.707.040
2022	27.494.181
2023	28.304.521

sumber: [17]

2. Model Konseptual

a. Causal Loop Diagram

Causal Loop Diagram (CLD) dibuat dengan mengidentifikasi variabel utama yang mempengaruhi produksi FFB, seperti investasi pemeliharaan, produktivitas tanaman, produksi FFB, dan pendapatan. Setiap variabel kemudian dihubungkan sesuai arah pengaruhnya, apakah meningkatkan atau menurunkan variabel lain. Hubungan positif membentuk *reinforcing loop* yang memperkuat pertumbuhan produksi, sementara hubungan negatif membentuk *balancing loop* yang menyeimbangkan sistem.



Gambar 2.3 Causal Loop Diagram (sumber: [17])

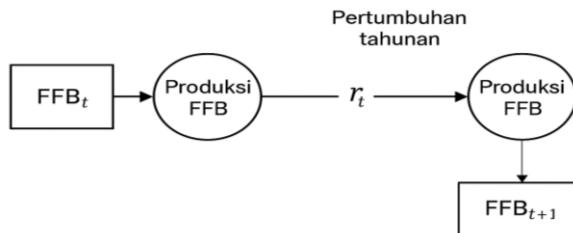
b. Stock and Flow Diagram

Stock Flow Diagram (SFD) disusun untuk menggambarkan struktur dasar sistem produksi FFB melalui komponen stok, aliran, dan parameter pendukung. Pada model ini, stok utama adalah total produksi FFB tahunan, sementara alirannya berupa tingkat pertumbuhan produksi yang dipengaruhi produktivitas tanaman dan investasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pemeliharaan. Parameter seperti luas lahan, kualitas tanaman, serta tenaga kerja berperan sebagai variabel pendukung yang memengaruhi besarnya aliran.



Gambar 2.4 Stock and Flow Diagram (sumber: [17])

3. Model Matematis

Model matematis yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan (2.9) berikut:

$$FFB_{t+1} = FFB_t + \Delta FFB_t = FFB_t(1 + r) \quad (2.9)$$

Parameter dan kondisi awal:

$r : r_{base}$ (tingkat pertumbuhan tahunan konstan);

FFB_0 : nilai produksi awal (mis. produksi tahun terakhir data).

4. Verifikasi dan Validasi

Setelah model matematis dibangun, langkah berikutnya adalah melakukan simulasi stok CPO menggunakan aplikasi *Python* berdasarkan Persamaan (2.4) sampai Persamaan (2.6). Hasil simulasi tersebut kemudian dibandingkan dengan data aktual untuk menilai tingkat kesesuaian model. Validasi dilakukan dengan menghitung nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) sesuai Persamaan (2.3)

Tabel 2.3 Validasi Hasil Simulasi dan MAPE

Year	FFB Production (ton/ha) - Sistem	FFB Production (ton/ha) – Model
2004	6.173.578	6.172.180
2005	6.761.121	6.612.990
2006	9.889.983	7.839.010
2007	10.068.893	9.010.370
2008	9.997.679	9.870.450

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2009	11.014.847	10.909.800
2010	12.516.128	12.734.900
2011	13.165.028	14.458.000
2012	14.828.845	16.567.400
2013	15.835.742	17.318.000
2014	16.688.568	16.953.700
2015	17.709.909	17.921.300
2016	18.086.648	17.952.200
2017	21.640.178	21.300.000
2018	24.443.670	22.478.400
2019	26.858.541	26.284.900
2020	26.072.852	27.498.100
2021	26.707.040	26.754.600
2022	27.494.181	27.591.200
2023	28.304.521	28.275.600
<i>Average</i>	17.225.155	17.212.898
<i>Std. Deviasi</i>	7.489.932	7.383.636
<i>Error Rate (E1)</i>		0.07%
<i>Error Variance (E2)</i>		1.44%

Hasil validasi menunjukkan bahwa nilai MAPE kurang dari 10%, sehingga model dapat dianggap valid.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ini akan diuraikan untuk memberikan gambaran mengenai perkembangan dan hasil-hasil penelitian sebelumnya.

2.11.1 Penelitian Arrie Tjahyo Setiawan and Rinaldy Dalimi.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa model sistem dinamik ber-loop tertutup yang dikembangkan menggunakan variabel stok CPO sebagai pusat umpan balik mampu merepresentasikan dinamika kapasitas produksi minyak sawit secara lebih stabil dan realistis dibandingkan pendekatan sebelumnya. Dengan memanfaatkan stok CPO sebagai indikator keseimbangan *supply-demand*, model dapat beroperasi tanpa bergantung pada data permintaan historis atau harga CPO yang volatil. Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan level stok memengaruhi insentif produksi dan investasi: stok tinggi menurunkan ekspansi kapasitas, sementara stok rendah mendorong peningkatan produksi.

2.11.2 Penelitian Ocha Putri Perdana Prihatina and Erma Suryani.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan sistem dinamik efektif untuk menganalisis dan meningkatkan produktivitas industri kelapa sawit, terutama dengan mempertimbangkan faktor-faktor kompleks yang saling memengaruhi seperti kualitas bibit, kemampuan tenaga kerja, curah hujan, serangan hama, biaya produksi, dan manajemen lahan. Melalui pengembangan model yang terdiri dari dua submodel yaitu *FFB productivity & revenue* serta *environment sustainability* penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas sawit Indonesia memiliki tren peningkatan jangka panjang, namun sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan kapasitas sumber daya manusia di tingkat petani. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario *Collaborative Governance*, yang melibatkan kerja sama antara pemerintah, perusahaan, dan petani, memberikan dampak paling signifikan dalam meningkatkan produktivitas dan pendapatan dibandingkan kondisi base model. Kolaborasi ini mampu meningkatkan produksi FFB, memperbaiki pengelolaan lingkungan, serta menciptakan peningkatan pendapatan sekitar 1–2% per tahun. Secara keseluruhan, penelitian menegaskan bahwa pengambilan kebijakan berbasis model sistem dinamik dapat menghasilkan intervensi yang lebih tepat, komprehensif, dan berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas industri kelapa sawit.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pemodelan sistem dinamik untuk menganalisis perubahan harga kelapa sawit berdasarkan fluktuasi produksi dan permintaan di Provinsi Riau. Metode sistem dinamik dipilih karena mampu menggambarkan hubungan sebab-akibat, keterlambatan (*delay*), akumulasi, serta interaksi variabel ekonomi-perkebunan yang berubah sepanjang waktu. Model dibangun dalam bentuk diagram kausal (*causal loop*) dan stock-flow diagram, kemudian diterjemahkan ke dalam persamaan matematis berbasis diferensial. Simulasi dilakukan untuk mengetahui perilaku sistem dan pengaruh dinamika produksi, stok, permintaan industri, permintaan biodiesel, serta mekanisme pembentukan harga.

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder yang bersumber dari Dinas Perkebunan Provinsi Riau, Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian Pertanian, serta publikasi resmi lainnya. Data tersebut meliputi produksi TBS/CPO, penyerapan industri, permintaan biodiesel, data historis harga, serta variabel pendukung lainnya. Seluruh data digunakan untuk memberikan nilai parameter dalam model sistem dinamik. Adapun langkah-langkah penelitiannya sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan teori, model terdahulu, konsep sistem dinamik, konsep harga komoditas, serta referensi pendukung tentang dinamika produksi, permintaan, dan mekanisme pembentukan harga kelapa sawit. Literatur utama yang dianalisis mencakup sistem dinamik Sterman (2000), penelitian pemodelan harga komoditas, dan laporan resmi sektor perkebunan Riau.

2. Identifikasi Variabel Sistem

Menentukan variabel level (stok CPO), variabel rate (produksi, penyerapan, permintaan total), variabel pendukung (harga target, harga aktual), serta

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

hubungan antar variabel. Variabel dipilih berdasarkan data ketersediaan dan relevansi terhadap mekanisme harga sawit di Riau.

3. Perumusan Asumsi Model

Menetapkan asumsi dasar dinamika sistem, seperti:

- a. Harga dipengaruhi oleh selisih antara permintaan dan supply efektif.
- b. Produksi, permintaan industri, dan permintaan biodiesel berubah secara musiman.
- c. Proses penyesuaian harga tidak instan, melainkan melalui *delay*.

4. Pembangunan Diagram Kausal (CLD)

Menyusun causal loop diagram yang menggambarkan hubungan dan umpan balik termasuk loop pengendali harga, loop keseimbangan supply–permintaan, serta loop stok produksi–outflow.

5. Penyusunan Stock–Flow Diagram

Membentuk diagram kompartemen model berupa:

- a. Level: Stok CPO
 - b. Inflow: Produksi
 - c. Outflow: Penyerapan industri, penyerapan biodiesel, ekspor/outflow
- Diagram mengikuti format diagram kompartemen mirip dengan model epidemik pada file tetapi disesuaikan untuk sistem ekonomi.

6. Penetapan Parameter Model

Mengumpulkan data parameter dari sumber resmi seperti BPS Riau, Dinas Perkebunan Riau, laporan Kementerian Pertanian, dan publikasi lainnya. Parameter meliputi:

- a. Laju produksi
- b. Laju penyerapan industri
- c. Laju permintaan biodiesel
- d. Waktu penyesuaian harga
- e. Elastisitas permintaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7. **Simulasi Model Sistem Dinamik**

Menjalankan simulasi dengan software Python, untuk melihat perilaku sistem sepanjang periode tahunan. Simulasi dilakukan dengan beberapa skenario:

- a. Produksi meningkat / menurun
- b. Permintaan industri berubah

8. **Analisis Hasil Simulasi**

Menginterpretasikan grafik, pola dinamika harga, sensitivitas variabel, dan kondisi keseimbangan sistem. Hasil dibandingkan dengan data historis untuk melihat kesesuaian model.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dinamika harga kelapa sawit di Provinsi Riau terbentuk dari interaksi kompleks antara produksi dan permintaan global yang saling terhubung melalui mekanisme *feedbackloop* serta dipengaruhi oleh adanya keterlambatan waktu (*time delay*) dalam proses penyesuaian sistem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan produksi cenderung menekan harga akibat kelebihan pasokan, sedangkan peningkatan permintaan mendorong kenaikan harga, namun dampaknya tidak terjadi secara instan karena adanya proses akumulasi stok dan penyesuaian harga bertahap.

Selain itu, simulasi skenario perubahan produksi dan permintaan menunjukkan bahwa volatilitas harga dapat diminimalkan melalui pengelolaan keseimbangan antara pasokan dan permintaan. Dengan demikian, model sistem dinamik yang dihasilkan tidak hanya mampu menggambarkan dinamika harga sawit di Riau, tetapi juga dapat digunakan sebagai alat pendukung dalam perumusan strategi dan kebijakan pengelolaan harga kelapa sawit yang lebih stabil dan berkelanjutan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model sistem dinamik dengan menambahkan variabel lain yang berpotensi memengaruhi harga kelapa sawit, seperti nilai tukar rupiah, biaya transportasi, kebijakan ekspor, serta faktor sosial ekonomi petani. Penambahan variabel tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemampuan model dalam merepresentasikan kondisi riil dan memperkaya analisis dinamika harga sawit secara lebih komprehensif.

Selain itu, disarankan agar model ini diuji pada periode waktu yang lebih panjang dan diaplikasikan pada wilayah lain selain Provinsi Riau untuk melihat

konsistensi perilaku sistem dan perbandingan dinamika harga antar daerah. Penelitian lanjutan juga dapat mengembangkan skenario kebijakan yang lebih beragam, seperti pengaturan stok penyangga, penguatan permintaan domestik, atau intervensi pemerintah terhadap stabilisasi harga. Dengan demikian, model sistem dinamik tidak hanya berfungsi sebagai alat analisis akademik, tetapi juga dapat menjadi dasar pertimbangan dalam perumusan kebijakan strategis di sektor kelapa sawit.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. S. Harahap and M. Munir, "Factors Affecting Productivity of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacquin) at Various Afdelings in Bah Jambi Farm PT. Perkebunan Nusantara IV," *Jurnal Tanah dan Sumber daya Lahan*, volume 9, nomor 1, pp. 99–110, 2022.
- [2] W. P. Benny, E. T. S. Putra, dan Supriyanta, "Tanggapan Produktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacquin) terhadap Variasi Iklim," *Vegetalika*, volume 4, nomor 4, pp. 21–34, 2015.
- [3] N. Aswan, Y. Fadhillah, dan A. L. Nora, "Dampak Luas Lahan, Iklim, dan Variabel Ekonomi terhadap Produktivitas Kelapa Sawit: Aplikasi Regresi Linier dan Kuadratik," *Jurnal Ekonomi dan Inovasi Bisnis*, volume 1, nomor 2, pp. 1–8, 2025.
- [4] L. Pamungkas *et al.*, "Sistem Dinamis sebagai Alat Analisis dan Pengambilan Keputusan di Indonesia: Literature Review," *Jurnal Indonesia dan Inovasi*, volume 2, nomor 2, pp. 25–37, 2025.
- [5] Y. Herdiyanti, K. Sukiyono, and A. Irawan, "Volatility and Transmission of Palm Oil Price in The Province of North Sumatera and Bengkulu Province," *Intertanitorial Jurnal Oil Palm*, volume 6, nomor 1, pp. 9–19, 2023.
- [6] A. T. Setiawan and R. D. Rinaldy Dalimi, "Dynamic Model on Palm Oil Production Capacity Using Variable CPO Stock for Biofuel Production," *International Jurnal Electronic Computer Biomedical Engineering*, volume 2, nomor 1, pp. 61–78, 2024.
- [7] Saihuna Saihuna, Ahsan Putra Hafiz, dan Muhamad Subhan, "Dampak Konversi Lahan Perkebunan Kelapa Lokal menjadi Perkebunan Kelapa Sawit dalam Perspektif Ekonomi Syariah di Desa Kuala Keritang, Indragiri Hilir, Riau," *Jurnal Nuansa Publikasi Ilmu Manajemen dan Ekonomi Syariah*, volume 2, nomor 3, pp. 232–248, 2024.
- [8] M. A. Rokhim, "Analisis Hubungan Volatilitas Harga Crude Palm Oil, Volume Ekspor dan Nilai Tukar Indonesia," *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan*, volume 6, nomor 1, pp. 42–53, 2023.
- [9] I. Siradjuddin, "Dampak Perkebunan Kelapa Sawit Terhadap Perekonomian Wilayah Di Kabupaten Rokan Hulu," *Jurnal Agroteknologi*, volume 5, nomor 2, p. 7, 2015.
- [10] Supriyati, "The Dynamic of Agricultural Employment Economy: Problems and Policy Development Strategy," *Analisis Kebijakan Pertanian*, volume 8, nomor

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1, pp. 49–65, 2010.

- [11] H. Baturmah, “Pemodelan Sistem Dinamik dalam Peningkatan Profitabilitas Produksi Menggunakan Ventana Simulation,” *Jurnal Restikom Riset Teknik Informatika dan Komputer*, volume 5, nomor 1, pp. 64–72, 2023.
- [12] N. Z. Abidin, S. D. Applanaidu, and M. Z. M. Faeid, “Maximizing crude palm oil production in Malaysia: A search for an optimal policy using system dynamics and genetic algorithm approach,” *Jurnal Social Sciences Research*, volume 2018, nomor Special Issue 6, pp. 878–884, 2018.
- [13] K. Hamoudi, A. Bellaouar, and R. Petiot, “A model of systems dynamics for physical flow analysis in a distribution supply chain,” *Transport Telecommunication*, volume 22, nomor 1, pp. 98–108, 2021.
- [14] F. N. Muzayanah, E. R. Cahyadi, and J. M. Munandar, “Dynamic Modelling System of Indonesia’s Crude Palm Oil Sustainable Supply Chain Management,” *Jurnal Manajemen dan Agribisnis*, volume 15, nomor 1, pp. 33–43, 2018.
- [15] A. R. Piedrahita *et al.*, “Modeling and Simulation with System Dynamics: A Literature Review on Validation Aspects,” *Jurnal Hunan University Natural Sciences*, volume 52, nomor 1, 2025.
- [16] F. Groundstroem and S. Juhola, *Using systems thinking and causal loop diagrams to identify cascading climate change impacts on bioenergy supply systems*, volume 26, nomor 7. Springer Netherlands, 2021.
- [17] O. P. P. Prihatina and E. Suryani, “Improving the productivity of palm oil industry using system dynamics model,” *BIO Web Conferences*, volume 146, pp. 1–7, 2024.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Program CLD

```
import matplotlib.pyplot as plt
import networkx as nx
# Membuat graph berarah
G = nx.DiGraph()
# Menambahkan variabel (node)
nodes = ["Produksi", "Permintaan", "Harga CPO"]
G.add_nodes_from(nodes)
# Menambahkan hubungan sebab-akibat (edge) + tanda
edges = [("Produksi", "Harga CPO", "-"), ("Permintaan", "Harga CPO", "+"), ("Harga CPO", "Produksi", "+"), ("Harga CPO", "Permintaan", "-")]
for u, v, sign in edges: G.add_edge(u, v, sign=sign)
# Posisi node membentuk lingkaran rapi
pos = {"Produksi": (-1, 0), "Permintaan": (1, 0), "Harga CPO": (0, 1)}
# Gambar node
plt.figure(figsize=(8, 6))
nx.draw_networkx_nodes(G, pos, node_size=3500, node_color="lightblue")
nx.draw_networkx_labels(G, pos, font_size=12, font_weight="bold")
# Gambar panah
nx.draw_networkx_edges(G, pos, arrowstyle="->", arrowsize=20,
edge_color="black", width=2)
# Label tanda + dan -
edge_labels = {(u, v): d["sign"] for u, v, d in G.edges(data=True)}
nx.draw_networkx_edge_labels(G, pos, edge_labels=edge_labels, font_size=14,
label_pos=0.5)
plt.title("Causal Loop Diagram (CLD) Harga CPO", fontsize=14)
plt.axis("off")plt.show()
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 2 Program Simulasi Harga Sawit dan Valiasi Menggunakan MAPE

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# =====
# DATA
# =====

harga = [ 38535.78,33738.15,30034.03,40729.36,26694.85,28260.06,38617.88,
35968.18,46481.60,37392.98,38305.44,47474.68,38664.92,37760.39,50904.28,4128
6.42,45076.28,50130.17,43672.55,61590.13,49772.81,53336.68,71610.61,54441.24,
56477.63,59505.27,82031.44,64549.52,49237.89,42674.60,31560.82,53306.58,4406
7.01,45157.73,62238.16, 47292.84 ]

produksi = [ 22996.19,18624.19,16820.72,23543.92,15418.08,16647.73,21555.41,
19039.76,24203.23,19276.67,22289.61,32398.73,28079.10,28071.83,36366.29,2863
8.66,29696.68,34263.70,25551.76,32188.20,26615.28,32229.47,56290.30,45800.57,
46294.08,50979.97,65868.00,49575.20,34112.26,24902.17,17899.00,26870.76,2618
6.92,22237.08,28405.48,23091.53 ]

permintaan = [ 7666.26,6556.85,5770.88,7917.97,5071.45,5422.64,7419.69,
6975.23,9018.14,7255.82,7574.14,9617.51,7917.26,7750.79,10449.92,8429.44,9205.
04,10200.78,8734.39,12247.12,9922.76,10866.54,15281.17,11724.48,12128.30,1292
3.30,117734.32,13838.18,10162.75,8507.39,6092.56,10436.95,8863.61,8855.76,1233
8.94,9524.90 ]

df = pd.DataFrame({ "Harga_Aktual": harga "Produksi": produksi, "Permintaan":
permintaan})

# =====
# SIMULASI PERSEDIAAN (STOCK)
# =====

persediaan = []
initial_stock = produksi[0] - permintaan[0] # stok awal
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

persediaan.append(initial_stock)
for t in range(1, len(df)):
    stock_next = persediaan[-1] + df["Produksi"][t] - df["Permintaan"][t]
    persediaan.append(stock_next)
df["Persediaan"] = persediaan
# =====
# SIMULASI HARGA BERDASARKAN PERSEDIAAN
# =====
k = 0.35 # sensitivitas harga
harga_sim = [df["Harga_Aktual"]][0]
for t in range(1, len(df)):
    ideal_stock = df["Permintaan"][t] # stok ideal = kebutuhan 1 bulan
    gap = df["Persediaan"][t] - ideal_stock # deviasi stok
    new_price = harga_sim[-1] - k * gap # respon harga
    harga_sim.append(new_price)
df["Harga_Simulasi"] = harga_sim
print(df[["Harga_Aktual", "Harga_Simulasi", "Persediaan"]])

# PROSES HITUNG MAPE
# =====
actual = np.array(actual)
model = np.array(model)

mape_per_month = np.abs((actual - model) / actual) * 100
mape_total = np.mean(mape_per_month)
# =====
# OUTPUT TABEL PER BULAN

```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# =====
months = []
year = 2020
month_list = ["Jan", "Feb", "Mar", "Apr", "Mei", "Jun", "Jul", "Agu", "Sep", "Okt", "Nov", "Des"]
for i in range(36):
    m = month_list[i % 12]
    y = year + (i // 12)
    months.append(f'{m}-{y}')

df = pd.DataFrame({ "Bulan": months, "Aktual": actual, "Model": model, "MAPE (%)":
np.round(mape_per_month, 2)})
print(df)

print("\nTotal MAPE :", round(mape_total, 2), "%")

# =====
# VALIDASI
# =====

if mape_total < 10:
    print("STATUS: VALID (MAPE < 10%)")
else:
    print("STATUS: TIDAK VALID (MAPE ≥ 10%)")
```

Lampiran 3 Program Analisis Skenario

1. Skenario 1 – Produksi Naik 10%

```
import pandas as pd

# Data 36 bulan
data = { 'Harga_CPO': [38535.78, 33738.15, 30034.03, 40729.36, 26694.85, 28260.06,
38617.88, 35968.18, 46481.60, 37392.98, 38305.44, 47474.68, 38664.92, 37760.39,
50904.28, 41286.42, 45076.28, 50130.17, 43672.55, 61590.13, 49772.81, 53336.68,
71610.61, 54441.24, 56477.63, 59505.27, 82031.44, 64549.52, 49237.89, 42674.60,
31560.82, 53306.58, 44067.01, 45157.73, 62238.16, 47292.84],
'Produksi': [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73, 21555.41,
19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10, 28071.83, 36366.29,
28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20, 26615.28, 32229.47, 56290.30,
45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00, 49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00,
26870.76, 26186.92, 22237.08, 28405.48, 23091.53],
'Permintaan': [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92, 8429.44,
9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17, 11724.48,
12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56, 10436.95,
8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]}

# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame(data)

# Tambahkan nomor bulan
df['Bulan'] = range(1, 37)

# Produksi naik 10%
df['Produksi_10%'] = df['Produksi'] * 1.10

# Harga proyeksi setelah produksi naik 10%
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
df['Harga_Proyeksi_10%'] = df['Harga_CPO'] * (df['Permintaan'] /
df['Produksi_10%'])
# Menampilkan seluruh hasil 36 bulan
print(df[['Bulan', 'Produksi', 'Produksi_10%', 'Harga_CPO', 'Harga_Proyeksi_10%']])

2. Skenario 2 – Produksi Naik 20%
import pandas as pd
# Data 36 bulan
data = { 'Harga_CPO': [38535.78, 33738.15, 30034.03, 40729.36, 26694.85,
28260.06, 38617.88, 35968.18, 46481.60, 37392.98, 38305.44, 47474.68,
38664.92, 37760.39, 50904.28, 41286.42, 45076.28, 50130.17, 43672.55,
61590.13, 49772.81, 53336.68, 71610.61, 54441.24, 56477.63, 59505.27,
82031.44, 64549.52, 49237.89, 42674.60, 31560.82, 53306.58, 44067.01,
45157.73, 62238.16, 47292.84],
'Produksi': [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73,
21555.41, 19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10,
28071.83, 36366.29, 28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20,
26615.28, 32229.47, 56290.30, 45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00,
49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00, 26870.76, 26186.92, 22237.08,
28405.48, 23091.53],
'Permintaan': [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92,
8429.44, 9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17,
11724.48, 12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56,
10436.95, 8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]}
# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame(data)
# Tambahkan nomor bulan
df['Bulan'] = range(1, 37)
```

```
# Produksi naik 20%
df['Produksi_20%'] = df['Produksi'] * 1.20
# Harga proyeksi setelah produksi naik 20%
df['Harga_Proyeksi_20%'] = df['Harga_CPO'] * (df['Permintaan'] /
df['Produksi_20%'])
# Menampilkan seluruh hasil 36 bulan
print(df[['Bulan', 'Produksi', 'Produksi_20%', 'Harga_CPO',
Harga_Proyeksi_20%]])
```

3. Skenario 3 – Permintaan Naik 10%

```
import pandas as pd
# Data 36 bulan
data = { 'Harga_CPO': [38535.78, 33738.15, 30034.03, 40729.36, 26694.85,
28260.06, 38617.88, 35968.18, 46481.60, 37392.98, 38305.44, 47474.68,
38664.92, 37760.39, 50904.28, 41286.42, 45076.28, 50130.17, 43672.55,
61590.13, 49772.81, 53336.68, 71610.61, 54441.24, 56477.63, 59505.27,
82031.44, 64549.52, 49237.89, 42674.60, 31560.82, 53306.58, 44067.01,
45157.73, 62238.16, 47292.84],
'Produksi': [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73,
21555.41, 19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10,
28071.83, 36366.29, 28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20,
26615.28, 32229.47, 56290.30, 45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00,
49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00, 26870.76, 26186.92, 22237.08,
28405.48, 23091.53],
'Permintaan': [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92,
8429.44, 9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17,
11724.48, 12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56,
10436.95, 8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]}
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame(data)
# Tambahkan nomor bulan
df['Bulan'] = range(1, 37)
# Permintaan naik 10%
df['Permintaan_10%'] = df['Permintaan'] * 1.10
# Harga proyeksi setelah permintaan naik 10%
df['Harga_Proyeksi_10%'] = df['Harga_CPO'] * (df['Produksi'] / df['Permintaan_10%'])
# Menampilkan seluruh hasil 36 bulan
print(df[['Bulan', 'Permintaan', 'Permintaan_10%', 'Harga_CPO', 'Harga_Proyeksi_10%']])
```

4. Skenario 3 – Permintaan Naik 20%

```
import pandas as pd
# Data 36 bulan
data = { 'Harga_CPO': [38535.78, 33738.15, 30034.03, 40729.36, 26694.85, 28260.06, 38617.88, 35968.18, 46481.60, 37392.98, 38305.44, 47474.68, 38664.92, 37760.39, 50904.28, 41286.42, 45076.28, 50130.17, 43672.55, 61590.13, 49772.81, 53336.68, 71610.61, 54441.24, 56477.63, 59505.27, 82031.44, 64549.52, 49237.89, 42674.60, 31560.82, 53306.58, 44067.01, 45157.73, 62238.16, 47292.84],
'Produksi': [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73, 21555.41, 19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10, 28071.83, 36366.29, 28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20, 26615.28, 32229.47, 56290.30, 45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00, 49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00, 26870.76, 26186.92, 22237.08, 28405.48, 23091.53],
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

'Permintaan': [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92,
8429.44, 9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17,
11724.48, 12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56,
10436.95, 8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]}
# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame(data)
# Tambahkan nomor bulan
df['Bulan'] = range(1, 37)
# Permintaan naik 20%
df['Permintaan_20%'] = df['Permintaan'] * 1.20
# Harga proyeksi setelah permintaan naik 20%
df['Harga_Proyeksi_20%'] = df['Harga_CPO'] * (df['Produksi'] /
df['Permintaan_20%'])
# Menampilkan seluruh hasil 36 bulan
print(df[['Bulan', 'Permintaan', 'Permintaan_20%', 'Harga_CPO',
'Harga_Proyeksi_20%]])

```

Lampiran 4 Program Grafik Skenario

1. Grafik Skenario 1

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Data asli (36 bulan)
produksi = [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73, 21555.41,
19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10, 28071.83, 36366.29,
28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20, 26615.28, 32229.47, 56290.30,
45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00, 49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00,
26870.76, 26186.92, 22237.08, 28405.48, 23091.53]

permintaan = [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92, 8429.44,
9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17, 11724.48,
12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56, 10436.95,
8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]

# Harga dasar (independen)
harga_dasar = 40000 # Rp/kg

# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame({ 'Bulan': range(1, 37), 'Produksi': produksi, 'Permintaan':
permintaan })

# Produksi naik 10%
df['Produksi_10%'] = df['Produksi'] * 1.10

# Harga proyeksi: Harga dasar * (Permintaan / Produksi baru)
df['Harga_Proyeksi_10%'] = harga_dasar * (df['Permintaan'] / df['Produksi_10%'])

# Plot grafik
plt.figure(figsize=(14,6))

plt.plot(df['Bulan'], df['Produksi'], marker='o', label='Produksi Asli')
plt.plot(df['Bulan'], df['Produksi_10%'], marker='x', label='Produksi Naik 10%')
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
plt.plot(df['Bulan'], df['Harga_Proyeksi_10%'], marker='s', label='Harga Proyeksi
(Produksi Naik 10%)', color='red')
plt.title('Produksi Naik 10% dan Dampak terhadap Harga CPO (36 Bulan)')
plt.xlabel('Bulan ke-')
plt.ylabel('Produksi / Harga (Rp/kg)')
plt.xticks(range(1, 37, 1))
plt.grid(True)
plt.legend()

2. Grafik Skenario 2
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
# Data asli (36 bulan)
produksi = [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73,
21555.41, 19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10,
28071.83, 36366.29, 28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20,
26615.28, 32229.47, 56290.30, 45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00,
49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00, 26870.76, 26186.92, 22237.08,
28405.48, 23091.53]
permintaan = [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92,
8429.44, 9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17,
11724.48, 12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56,
10436.95, 8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]
# Harga dasar (independen)
harga_dasar = 40000 # Rp/kg
# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame({ 'Bulan': range(1, 37), 'Produksi': produksi, 'Permintaan':
permintaan })
# Produksi naik 20%
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

```

df['Produksi_20%'] = df['Produksi'] * 1.10
# Harga proyeksi: Harga dasar * (Permintaan / Produksi baru)
df['Harga_Proyeksi_20%'] = harga_dasar * (df['Permintaan'] / df['Produksi_20%'])
# Plot grafik
plt.figure(figsize=(14,6))
plt.plot(df['Bulan'], df['Produksi'], marker='o', label='Produksi Asli')
plt.plot(df['Bulan'], df['Produksi_20%'], marker='x', label='Produksi Naik 20%')
plt.plot(df['Bulan'], df['Harga_Proyeksi_20%'], marker='s', label='Harga Proyeksi
(Produksi Naik 20%)', color='red')
plt.title('Produksi Naik 20% dan Dampak terhadap Harga CPO (36 Bulan)')
plt.xlabel('Bulan ke-')
plt.ylabel('Produksi / Harga (Rp/kg)')
plt.xticks(range(1, 37, 1))
plt.grid(True)
plt.legend()
3. Grafik Skenario 3
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
# Data asli (36 bulan)
produksi = [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73,
21555.41, 19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10,
28071.83, 36366.29, 28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20,
26615.28, 32229.47, 56290.30, 45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00,
49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00, 26870.76, 26186.92, 22237.08,
28405.48, 23091.53]
permintaan = [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92,
8429.44, 9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17,

```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

```
11724.48, 12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56,
10436.95, 8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]
# Harga dasar (independen)
harga_dasar = 40000 # Rp/kg
# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame({ 'Bulan': range(1, 37), 'Produksi': produksi, 'Permintaan':
permintaan })
# permintaan naik 10%
df['Permintaan_10%'] = df['Produksi'] * 1.10
# Harga proyeksi: Harga dasar * (Permintaan / Produksi baru)
df['Harga_Proyeksi_10%'] = harga_dasar * (df['Permintaan'] /
df['Permintaan_10%'])
# Plot grafik
plt.figure(figsize=(14,6))
plt.plot(df['Bulan'], df['Permintaan'], marker='o', label='Permintaan Asli')
plt.plot(df['Bulan'], df['Permintaan_10%'], marker='x', label='Permintaan Naik
10%')
plt.plot(df['Bulan'], df['Harga_Proyeksi_10%'], marker='s', label='Harga Proyeksi
(Produksi Naik 10%)', color='red')
plt.title('Permintaan Naik 10% dan Dampak terhadap Harga CPO (36 Bulan)')
plt.xlabel('Bulan ke-')
plt.ylabel('Produksi / Harga (Rp/kg)')
plt.xticks(range(1, 37, 1))
plt.grid(True)
plt.legend()
```

4. Grafik Skenario 4

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
# Data asli (36 bulan)
produksi = [22996.19, 18624.19, 16820.72, 23543.92, 15418.08, 16647.73,
21555.41, 19039.76, 24203.23, 19276.67, 22289.61, 32398.73, 28079.10,
28071.83, 36366.29, 28638.66, 29696.68, 34263.70, 25551.76, 32188.20,
26615.28, 32229.47, 56290.30, 45800.57, 46294.08, 50979.97, 65868.00,
49575.20, 34112.26, 24902.17, 17899.00, 26870.76, 26186.92, 22237.08,
28405.48, 23091.53]

permintaan = [7666.26, 6556.85, 5770.88, 7917.97, 5071.45, 5422.64, 7419.69,
6975.23, 9018.14, 7255.82, 7574.14, 9617.51, 7917.26, 7750.79, 10449.92,
8429.44, 9205.04, 10200.78, 8734.39, 12247.12, 9922.76, 10866.54, 15281.17,
11724.48, 12128.30, 12923.30, 17734.32, 13838.18, 10162.75, 8507.39, 6092.56,
10436.95, 8863.61, 8855.76, 12338.94, 9524.90]

# Harga dasar (independen)
harga_dasar = 40000 # Rp/kg

# Membuat DataFrame
df = pd.DataFrame({ 'Bulan': range(1, 37), 'Produksi': produksi, 'Permintaan':
permintaan })

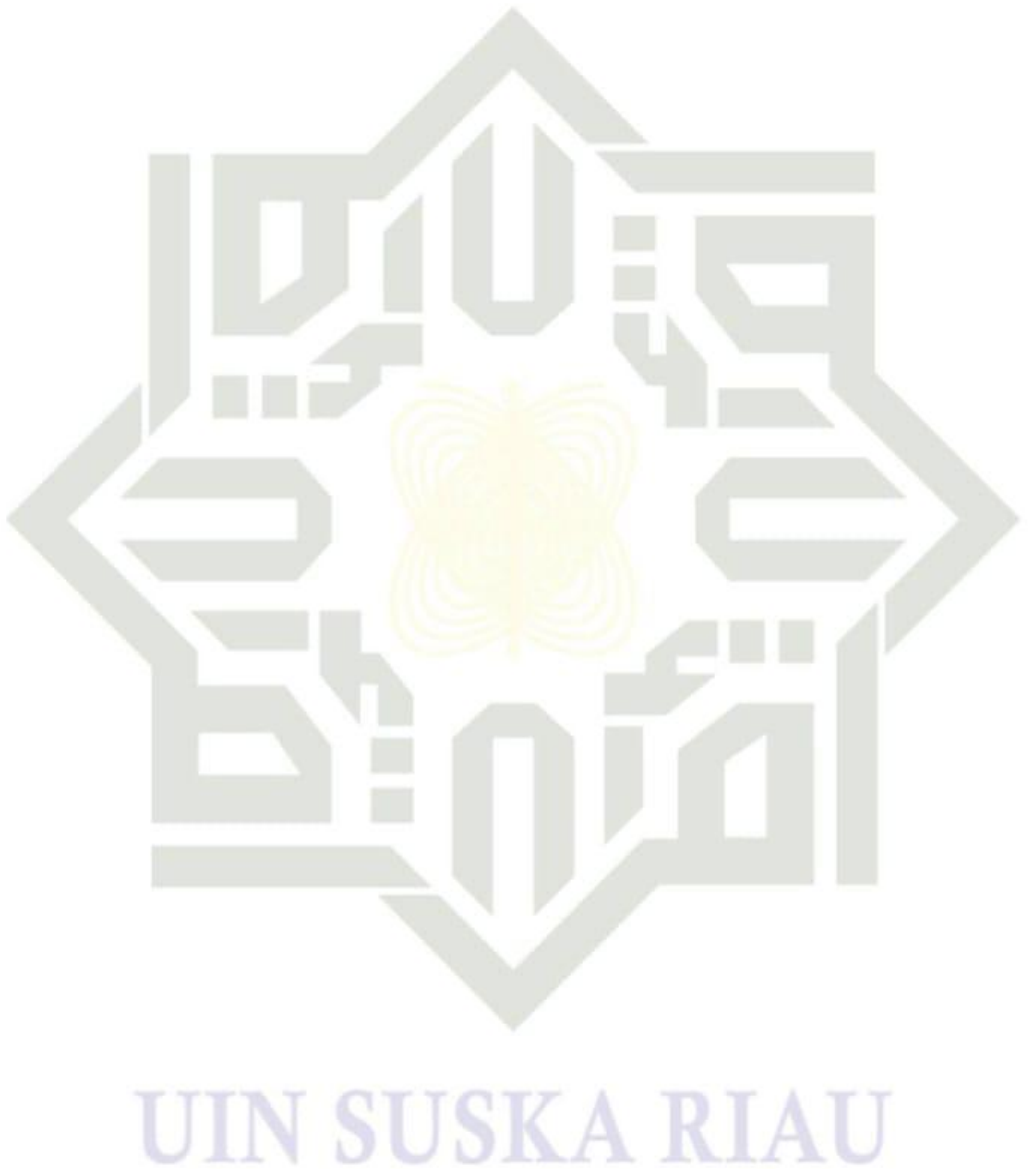
# permintaan naik 20%
df['Permintaan_20%'] = df['Produksi'] * 1.20

# Harga proyeksi: Harga dasar * (Permintaan / Produksi baru)
df['Harga_Proyeksi_20%'] = harga_dasar * (df['Permintaan'] /
df['Permintaan_20%'])

# Plot grafik
plt.figure(figsize=(14,6))
plt.plot(df['Bulan'], df['Permintaan'], marker='o', label='Permintaan Asli')
plt.plot(df['Bulan'], df['Permintaan_20%'], marker='x', label='Permintaan Naik
20%')
plt.plot(df['Bulan'], df['Harga_Proyeksi_20%'], marker='s', label='Harga Proyeksi
(Produksi Naik 20%)', color='red')
```

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
plt.title('Permintaan Naik 20% dan Dampak terhadap Harga CPO (36 Bulan)')  
plt.xlabel('Bulan ke-')  
plt.ylabel('Produksi / Harga (Rp/kg)')  
plt.xticks(range(1, 37, 1))
```



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Amanda Hilyatul Auliah, lahir di Cirebon 27 Desember 2002 merupakan anak pertama dari 2 bersaudara pasangan Bapak Bambang Gunawan dan Almarhumah Ibu Arlena. Beralamat di Pasir Putih, Jl. Pesantren, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN 022 Dumai pada tahun 2009-1015. Kemudian, melanjutkan pendidikan di SMPN Binsus Dumai pada tahun 2015-2018 dan Pondok Pesantren Pekanbaru tahun 2018-2021. Kemudian, pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.