p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Menjaga ketersediaan temulawak sebagai bahan baku produksi jamu (studi kasus: Provinsi Jawa Timur)

Ernaning Widiaswanti*, Nachnul Ansori, Mohammad Zaimuddin Hisyam

Teknik Industri, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan, Indonesia

Article history
Diterima:
31 Agustus 2024
Diperbaiki:
23 September 2024
Disetujui:
31 Oktober 2024

Keyword
sustainability;
policy;
S/D Ratio;
system dynamic

ABSTRACT

Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) is a plant native to Indonesia with many benefits. The need for temulawak is increasing along with the increasing public awareness to consume traditional medicine instead of chemical drugs. It has led to increased demand for temulawak by the traditional medicine industry. The demand and supply of temulawak must be maintained to avoid oversupply scarcity. This study aims to build a simulation model of temulawak supply sustainability in East Java using a system dynamic approach and the ratio of supply and demand (S/D ratio). System dynamic modeling was chosen to model the condition of the temulawak availability system in determining medium-term strategies. System dynamic are very appropriate for simulating policies and evaluating the condition of the temulawak availability system. This study considered three scenarios: expanding temulawak land by 5%, increasing temulawak productivity to 20 kg/m^2, and a combination of the first and second scenarios. The results showed that the most effective policy was scenario three, by combining the policy of expanding agricultural land by 5% and increasing temulawak productivity to 20 kg/m^2, with this policy model being able to maintain the S/D Ratio > 1 for the next 5 years.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : ernaning.widiaswanti@trunojoyo.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v19i2.27364

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negeri yang memiliki kekayaan alam yang melimpah. Salah satu kekayaan alam yang dimiliki adalah tingginya keanekaragaman hayati termasuk tanaman obat-obatan sebagai bahan baku jamu. Dari 30.000 jenis tanaman khas Indonesia, sedikitnya ada 7.500 jenis yang sudah diketahui memiliki khasiat herbal atau tanaman obat (Salim and Munadi 2017). Dari jumlah tersebut baru 1.200 jenis tanaman yang sudah dimanfaatkan untuk bahan baku obat-obatan herbal atau jamu, bahkan tanaman obat ini sudah digunakan masyarakat Indonesia sejak zaman dahulu kala (Aseptianova 2019).Budidaya tanaman obat memiliki peluang pasar yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari pertumbuhan industri obat tradisional serta gaya hidup *back to nature* yang sedang dijalani masyarakat saat ini (Miftah et al. 2023). Peningkatan konsumsi obat berbahan dasar alami ditandai dengan meningkatnya industri obat tradisional, sebagai agroindustri tanaman obat yang tersebar luas di Indonesia, khususnya di Jawa Timur, salah satu daerah yang terkenal dengan industri obat tradisionalnya yaitu Madura (Solehah et al. 2022). Industri obat tradisional di Madura banyak menggunakan tanaman obat dalam memproduksi jamu. Salah satu tanaman obat yang menjadi bahan baku utama jamu adalah temulawak.

Temulawak (Curcuma xanthorhiza Roxb.) merupakan tanaman asli Indonesia yang termasuk dalam famili *Zingiberaceae* bersama dengan temu hitam, kunyit, kencur, lengkuas, dan jahe yang memiliki segudang manfaat (Dewi et al. 2021). Temulawak merupakan jenis tanaman rimpang yang banyak dicari karena memiliki banyak manfaat yaitu mengandung kurkuminoid, minyak asiri, pati, protein, lemak, selulosa, dan mineral (Warmasari et al. 2020), serta terbukti dapat membantu pengobatan berbagai penyakit seperti gangguan fungsi hati, radang sendi, maag, batuk, malaria, rematik, menurunkan kadar kolesterol, anti jamur, anti bakteri, serta meningkatkan nafsu makan anak balita (Erpina et al. 2017, Kasai et al. 2019, Novikasari and Setiawati 2021, Yasacaxena et al. 2023).

Berdasarkan manfaatnya, temulawak telah menjadi komoditas penting dalam industri pembuatan jamu (Listyana and Gina 2017). Permintaan temulawak yang terus meningkat, tidak diiringi dengan peningkatan produksinya. Statistik Pertanian (2022) menunjukkan bahwa produksi temulawak mengalami penurunan sebesar 14% dari tahun 2021 hingga 2022 (Miftah et al. 2023). Petani sebagai pemasok utama temulawak, mengalami kendala yaitu berupa harga jual temulawak yang rendah. Harga jual temulawak segar berkisar antara Rp.1.000/kg, sedangkan temulawak kering berkisar Rp. 6.000/kg. Rendahnya pendapatan yang diperoleh petani, menyebabkan petani enggan menanam temulawak. Jika petani enggan menanam, maka keberlanjutan pasokan bahan baku terhambat dan tidak terjamin pasokannya (Utami et al. 2023, Miftah et al. 2023). Pasokan yang tidak berkelanjutan menyebabkan efek bola salju yang negatif pada banyak industri obat tradisional. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang efektif untuk memastikan keberlanjutan temulawak di Jawa Timur.

Penelitian terbaru telah mengeksplorasi keberlanjutan rantai pasokan temulawak di Indonesia, dengan beberapa berfokus pada sosial ekonomi petani temulawak di Indonesia (Listyana and Gina 2017, Mirza et al. 2017, Oktavianita and Sofyana 2020, Miftah et al. 2023) yang dilakukan secara parsial di tiap-tiap kabupaten/kota. Sementara penelitian lain berfokus pada kajian etnobotani (Syamsudin et al. 2019, Utami et al. 2019, 2023, Nihayati et al. 2021). Namun belum ada penelitian yang secara eksplisit membahas keberlanjutan pasokan temulawak. Penelitian ini menawarkan model baru untuk keberlanjutan pasokan temulawak di Jawa Timur, dengan menyelidiki keselarasan antara penawaran dan permintaannya.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan kebijakan dalam upaya mempertahankan keberlanjutan pasokan temulawak di Jawa Timur. Pengukuran ketercapaian keberlanjutan pasokan temulawak yang dilakukan dalam penelitian ini didekati melalui pendekatan sistem dinamik. Sistem dinamik adalah sebuah metodologi dan teknik dalam suatu pemodelan matematik yang dimanfaatkan untuk memahami dan mendiskusikan sebuah problem yang kompleks (Rizkiyah and Adawiyah 2020). Sedangkan menurut (Zainuddin and Sujiat 2021), sistem dinamik yang memiliki tingkat efektivitas dalam penggunaan pemodelan sampai menganalisis variabel yang dinamis, kompleks dan memiliki interaksi non linier. Kemudian menurut (Karima et al. 2022), metode sistem dinamik merupakan metode dalam pemodelan sistem yang

dimanfaatkan untuk memodelkan suatu sistem yang lebih kompleks. Model dinamika sistem juga memberikan wawasan unik tentang perilaku sistem yang sering kali bertentangan dengan intuisi, dan hal ini dapat membantu pembuat kebijakan dalam membuat keputusan yang lebih baik (Widiaswanti et al. 2020). Berdasarkan beberapa pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem dinamik merupakan suatu pola berpikir untuk menggambarkan suatu sistem di dunia sebenarnya ke model yang lebih eksplisit (Widiaswanti and Yunitarini 2021).

Pendekatan sistem dinamik telah banyak digunakan pada penelitian keberlanjutan rantai pasok dalam konteks komoditas pertanian di Indonesia, seperti beras (Aprillya et al. 2019, Usman et al. 2019, Juned et al. 2020, Purwanto et al. 2021, Fitriana et al. 2021), kedelai (Oktyajati et al. 2018), Salak (Bimantio and Putra 2021), pisang (Indayani et al. 2017), dan ubi ungu (Sriwana et al. 2020). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan sistem dinamik untuk memprediksi dan mengusulkan strategi keberlanjutan rantai pasok temulawak. Penelitian ini membantu memahami kondisi keberlanjutan temulawak di Jawa Timur saat ini dan mengusulkan strategi untuk meningkatkan keselarasan penawaran dan permintaan ke depannya. Keberlanjutan ini didefinisikan sebagai kemampuan untuk mempertahankan dan memenuhi kebutuhan temulawak di Jawa Timur (Nurmalina 2008). Pendekatan yang dipakai dalam penelitian ini untuk melihat sistem ketersediaan temulawak di Jawa Timur yang berkelanjutan dilihat dari sisi permintaan dan penawaran temulawak menggunakan tiga dimensi yaitu dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan.

METODE

Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari website pemerintah baik daerah Jawa Timur, seperti Badan Pusat Statistik Jawa Timur, Dinas Koperasi dan Usaha Kecil Menengah Jawa Timur, Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur, serta beberapa sumber literatur seperti jurnal atau artikel ilmiah lain. Beberapa jenis dan sumber data dapat dilihat pada Tabel 1. Model yang dikembangkan juga dijustifikasi dengan mempertimbangkan temuan-temuan dari penelitian tentang penerapan sistem dinamis dalam rantai pasok pertanian, serta keberlanjutan komoditas tertentu.

Proses Pemodelan Sistem

Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem dinamik dalam membangun model simulasi, yang terdiri dari lima tahap (Sterman 2000). Tahap pertama yaitu identifikasi masalah merupakan proses untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada pada suatu sistem dan menentukan batasan serta horizon waktu pada sistem. Tahap kedua yaitu formulasi hipotesis dinamis, dimana pada tahap ini *causal loop diagram* (CLD) dikembangkan untuk menjelaskan kinerja sistem yang diamati.

Tahap ketiga formulasi model, dimana hipotesis dinamis ditransformasikan ke dalam diagram *stock and flow* dengan menggunakan formulasi matematis. Formulasi matematis digunakan untuk merumuskan hubungan antar variable yang terdapat dalam *stock and flow*. Persamaan untuk menghitung pasokan, permintaan, dan rasio S/D ditunjukkan pada Persamaan (1) – (3).

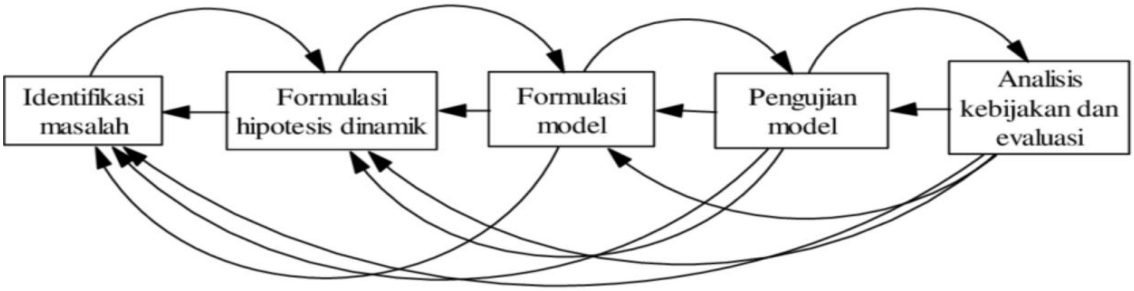
Total pasokan temulawak = Produksi temulawak = Produktivitas × Luas panen (1)

Total permintaan temulawak = Kebutuhan total temulawak = Kebutuhan rumah tangga + Kebutuhan industri jamu (2)

Rasio S/D = Total pasokan temulawak ÷ Total permintaan temulawak (3)

Tabel 1 Jenis dan sumber data

No.	Jenis Data	Sumber Data
1	Data produksi temulawak Jawa Timur (2018 - 2023)	BPS
2	Data luas panen temulawak Jawa Timur (2018 – 2023)	BPS
3	Tingkat produktivitas temulawak Jawa Timur (2018 – 2023)	Dinas Pertanian dan Pangan
4	Volume kebutuhan temulawak (2018 – 2022)	Dinas Pertanian dan Pangan
5	Jumlah industri obat tradisional (2020 - 2023)	BPS



Gambar 1 Proses Pemodelan Sistem (Sterman, 2000)

Tahap keempat adalah pengujian model, yaitu dengan melakukan verifikasi dan validasi. Verifikasi merupakan proses pengecekan terhadap model, untuk mengetahui model bebas dari error. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Vensim PLE. Dalam proses pengujian, model yang diusulkan terus diperbaiki hingga memperoleh hasil yang mendekati data asli. Setelah model diverifikasi, maka dilanjutkan pengujian validasi. Validasi model dilakukan untuk meyakinkan bahwa model telah memenuhi tujuan pembuatan model dan dapat merepresentasikan sistem yang ada saat ini. Model Barlas digunakan untuk menguji validitas model. Model ini dianggap valid ketika persen error dari rata - rata (E1) kurang dari 5% dan persen error dari varian (E2) kurang dari 30% (Barlas, 1996). Persamaan untuk menguji validasi model ditunjukkan pada Persamaan (4) berikut.

$$E = \frac{|S - A|}{A} \quad (4)$$

Dimana:
A: Data aktual
S: Output simulasi

Tahap kelima adalah analisis kebijakan dan evaluasi, yaitu dengan mengusulkan skenario perbaikan dari model yang telah diuji. Skenario-skenario ini kemudian disimulasikan untuk menguji seberapa baik kinerjanya. Kelima tahap ini disajikan sebagai sebuah siklus (Gambar 1). Model ini dibentuk secara berulang hingga cukup mendekati kondisi nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kondisi Eksisting

Industri pengolahan temulawak dalam hal ini adalah industri obat tradisional, masih menghadapi kendala terutama dalam penyediaan bahan baku temulawak. Rendahnya pasokan disebabkan oleh rendahnya hasil panen dan berkurangnya area panen temulawak. Data Badan Pusat Statistik Jawa Timur (2024) menunjukkan bahwa luas panen temulawak di Jawa Timur mengalami penurunan sebesar 26,15% dari tahun 2022 hingga 2023, sedangkan produksinya juga mengalami penurunan sebesar 16,79% pada periode yang sama. Permasalahan lain yang dihadapi adalah sistem pemasaran yang belum jelas. Petani lebih memilih menjual langsung temulawak ke tengkulak di desa atau ke pasar tradisional, dibandingkan langsung memasarkannya ke industri obat tradisional (Handayani et al. 2010, Utami et al. 2019). Ketidakefisienan sistem pemasaran menyebabkan keuntungan petani sebagai produsen dalam rantai pasok temulawak menjadi rendah (Miftah et al. 2023).

Hipotesis Dinamis

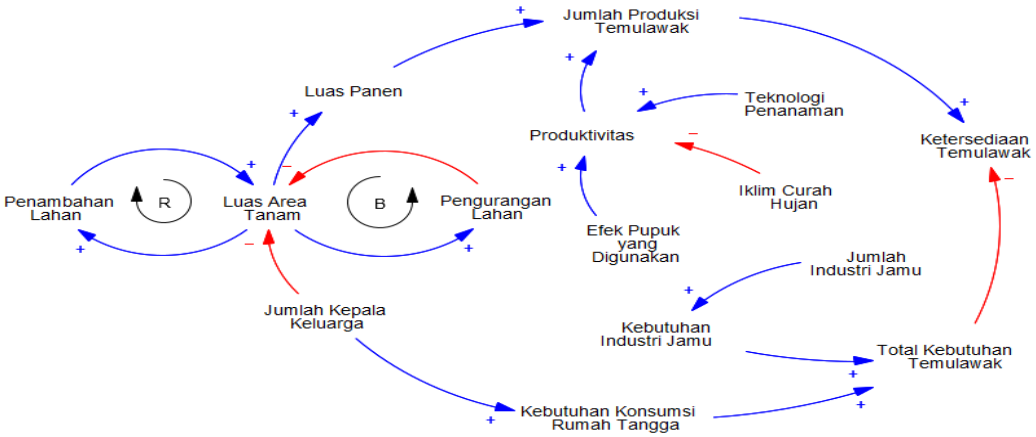
Hipotesis dinamis dalam penelitian ini divisualisasikan ke dalam *causal loop diagram* (CLD), sebuah model konseptual deskriptif-kualitatif yang mendukung pengembangan model simulasi. Gambar 2 menunjukkan *causal loop diagram* yang dibangun dalam penelitian ini, yaitu dengan mempertimbangkan rantai nilai temulawak. Pada umumnya temulawak diproduksi untuk bhan baku pembuatan jamu. Jamu merupakan produk dengan nilai tambah paling tinggi dalam rantai nilai temulawak. Karena ketersediaan data yang terbatas, model konseptual dikembangkan dengan penyederhanaan rantai nilai, namun hal ini dilakukan tanpa mengurangi hasil yang diharapkan.

Dari sisi penawaran, produksi temulawak dipengaruhi oleh luas panen dan produktivitas. Hal ini mempengaruhi ketersediaan temulawak. Dari sisi permintaan, konsumsi temulawak meliputi konsumsi langsung oleh rumah tangga dan kebutuhan bahan baku oleh industri obat

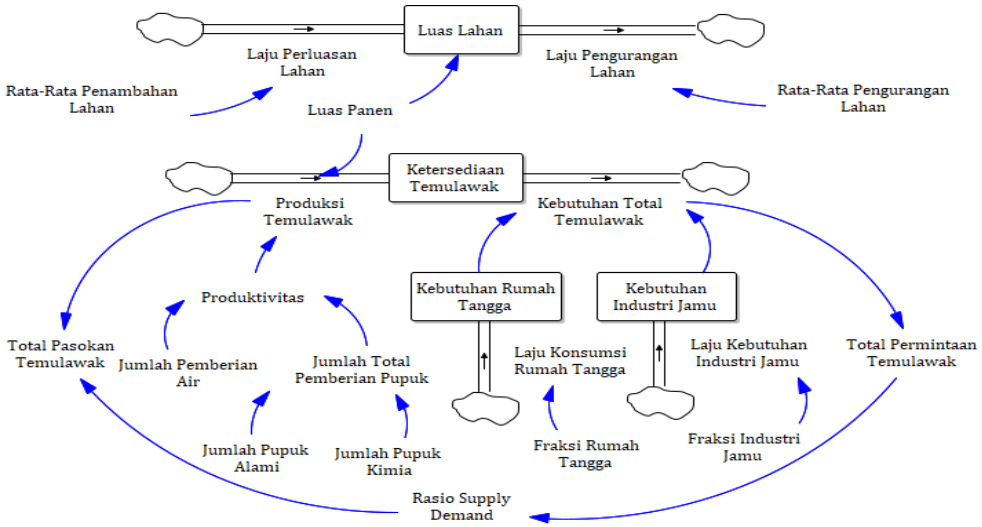
tradisional. Tantangannya adalah menentukan bagaimana produksi temulawak dapat memenuhi permintaan rumah tangga dan industri obar tradisional. *Causal loop diagram* pada Gambar 2 menunjukkan lingkaran penguat yang menghasilkan pola tren, yang dapat memprediksi kerangka waktu ketika produksi temulawak tidak dapat memenuhi permintaan. Hal ini juga dapat membantu menentukan strategi yang diperlukan untuk menjaga kesinambungan pasokan dan permintaan temulawak. Faktor harga, biaya produksi, dan keuntungan tidak dimasukkan dalam pengembangan model.

Formulasi Model

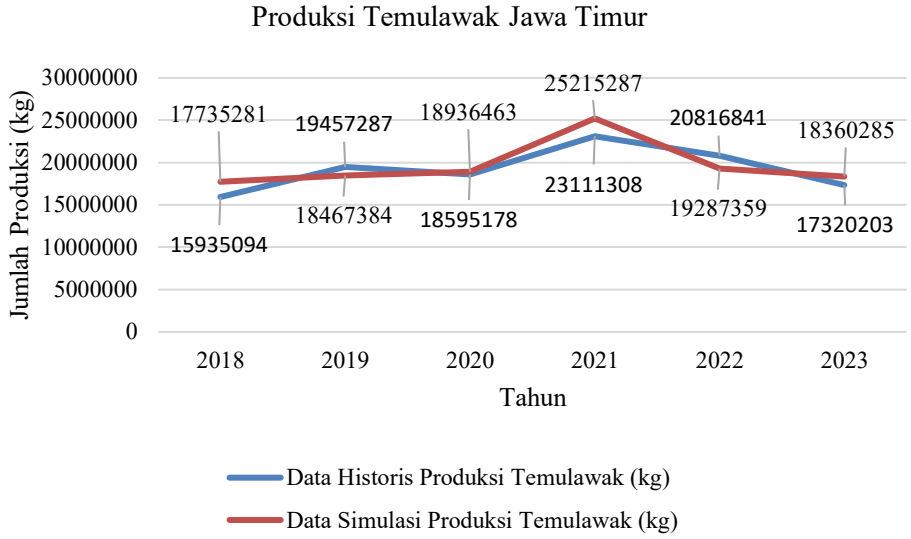
Model konseptual pada Gambar 2 menjadi dasar untuk merumuskan model simulasi komputer dengan *stock and flow diagram* (SFD) pada tahap berikutnya. Gambar 3 menunjukkan *stock and flow diagram* yang dikembangkan dengan menggunakan program simulasi komputer. Dalam *stock and flow diagram*, elemen-elemen *causal loop diagram* diterjemahkan ke dalam stok, aliran, dan variabel. Rasio penawaran dan permintaan (*S/D Ratio*) digunakan sebagai parameter model untuk melihat efektivitas skenario perbaikan yang diusulkan. Rasio S/D > 2 mengindikasikan bahwa pasokan dapat memenuhi permintaan. Rasio S/D antara 1 hingga 2 menunjukkan bahwa pasokan masih dapat memenuhi permintaan. Rasio S/D < 1 menunjukkan ketidakmampuan untuk memenuhi permintaan (Prastowo 2010).



Gambar 2 Causal loop diagram (cld) ketersediaan temulawak di Jawa Timur



Gambar 3 *Stock and flow diagram* ketersediaan temulawak di Jawa Timur



Gambar 4 Grafik Perbandingan Data Historis dan Data Simulasi Produksi Temulawak

Pengujian Model: Verifikasi dan Validasi

Verifikasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa model dapat diandalkan karena itu perlu dilakukan pengecekan konsistensi antara model konseptual dengan model simulasi (Sargent 2013). Fungsi-fungsi dalam model simulasi diverifikasi dengan memeriksa konsistensi unit dari setiap variabel. Rekapitulasi data aktual dan hasil simulasi untuk variabel produksi temulawak ditunjukkan dalam Gambar 4.

Adapun untuk uji validasi model dilakukan dengan menggunakan model Barlas, yang ditunjukkan pada persamaan 4. Dalam uji validasi model ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

Error dari rata-rata (E_1)

$$= \frac{|19667009{,}83 - 19205985{,}17|}{19205985{,}17}$$

$$= 0{,}024 \;=\; 2.4\%$$

Error dari varian (E_2)

$$= \frac{|(7{,}6678 \;- 6{,}5075) \times 10^{12}|}{6{,}5075 \;\times 10^{12}}$$

$$= 0{,}1763 \;=\; 17.83\%$$

Dari perhitungan error rata-rata dan error varian di atas menunjukkan bawah nilai error rata-rata kurang dari 5% dan error varian kurang dari 30%. Maka berdasarkan perhitungan diatas model dapat dinyatakan valid.

Perumusan dan Evaluasi Skenario Perbaikan

Penelitian ini mengusulkan tiga skenario perbaikan untuk memecahkan masalah keberlanjutan temulawak di Jawa Timur. Skenario ini sejalan dengan kebijakan pemerintah yang mendukung pengembangan komoditas unggulan daerah untuk menggerakkan ekonomi rakyat dan menjaga ketahanan pangan. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) Perluasan lahan diasumsikan mampu memenuhi ketersediaan temulawak di Jawa Timur. Selama ini berdasarkan data BPS Jawa Timur tahun 2024, dengan luas lahan 6.407.947 m^2, dapat memproduksi temulawak sebesar 24.212.700 kg. Skenario kebijakan ini diambil, dengan pertimbangan tanaman temulawak ini bisa ditanam dengan pola tumpang sari (Arifin et al. 2017). Dampak dari penerapan kebijakan tersebut diasumsikan mampu meningkatkan *supply* temulawak. (2) Peningkatan produktivitas temulawak diasumsikan mampu memenuhi ketersediaan temulawak di Jawa Timur. Produktivitas temulawak saat ini hanya sekitar 4 kg/m^2. Peningkatan produktivitas ini menurut (Hanifah 2019) dapat dilakukan dengan pemberian pupuk organik. Pupuk organik ini dapat menyediakan unsur hara yang lengkap dan berkelanjutan.

Berikut merupakan skenario yang dikembangkan: Skenario pertama adalah memperluas lahan temulawak sebesar 5% (S1). Hal ini didasarkan dari penelitian Gunawan et al. (2022) dan Findiastuti et al. (2018) yang menyatakan bahwa penambahan luas lahan dapat

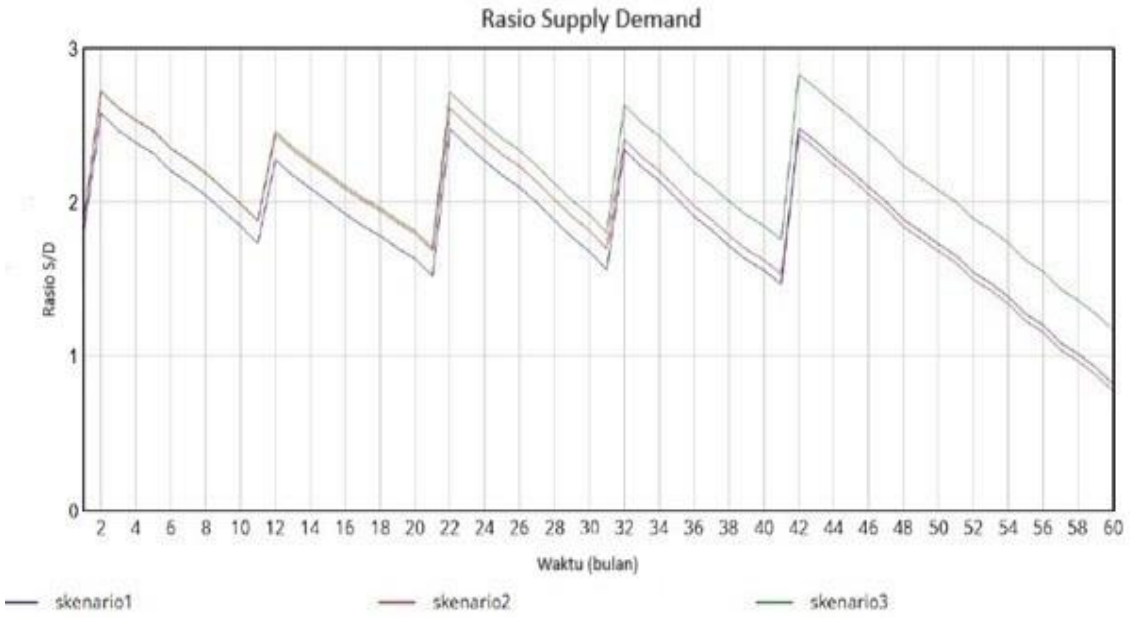
meningkatkan jumlah produksi. Skenario kedua adalah meningkatkan produktivitas temulawak menjadi 20 kg/m^2 (S2). Hal ini didasarkan dari penelitian Rahmah et al. (2017), dimana jumlah produksi dapat ditingkatkan dengan upaya meningkatkan produktivitasnya. Terkait dengan alternatif kebijakan ketiga (S3), kombinasi antara skenario pertama dan kedua, telah dibahas dalam penelitian Hasan et al. (2015), dimana hasil penelitiannya menyatakan bahwa dengan memperluas lahan dan meningkatkan produktivitas dapat meningkatkan jumlah produksi.

Gambar 5 menunjukkan bahwa skenario terbaik untuk meningkatkan ketersediaan temulawak, melalui peningkatan produksinya adalah skenario ketiga, dengan memperluas lahan temulawak sebesar 5% dan meningkatkan produktivitas temulawak menjadi 20 kg⁄m^2. Hasil simulasi untuk S3 menunjukkan bahwa model kebijakan tersebut dapat mempertahankan rata-rata rasio S/D > 1 hingga 60 bulan atau 5 tahun ke depan. Berdasarkan skenario terbaik tersebut, kualitas area perkebunan yang ada harus dipertahankan dan ditingkatkan. Memperluas lahan temulawak sebesar 5% dan meningkatkan produktivitas menjadi 20 kg⁄m^2, merupakan langkah yang diperlukan untuk menjaga pasokan temulawak yang berkelanjutan.

Namun, salah satu keterbatasan dari skenario perbaikan yang diusulkan adalah bahwa hal tersebut tidak dapat diimplementasikan dalam waktu singkat. Perlu waktu lebih dari satu tahun untuk memperluas area lahan temulawak dan meningkatkan produktivitasnya. Oleh karena itu, hasil rasio S/D dari skenario perbaikan mungkin tidak akurat. Namun demikian, hal ini tidak mempengaruhi hasil akhir yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu menetapkan skenario terbaik untuk menjaga keberlanjutan temulawak di Jawa Timur.

PEMBAHASAN

Model sistem dinamik untuk memprediksi tren ketersediaan temulawak di Jawa Timur lebih sesuai dibandingkan dengan model deret waktu karena metode sistem dinamik berfokus pada bagaimana sebuah sistem bekerja (Reynolds and Holwell 2010). Pendekatan ini mempelajari interaksi antar elemen dalam sistem sehingga memungkinkan untuk melihat efektivitas strategi intervensi (Gary et al. 2008). Dengan pendekatan sistem dinamik, penelitian-penelitian di masa depan dapat berfokus pada strategi-strategi potensial untuk memastikan keberlanjutan pasokan temulawak di Jawa Timur dan menentukan strategi mana yang paling menjanjikan.



Gambar 5 Hasil Simulasi Variabel Rasio S/D Model Skenario Kebijakan

Tabel 2 Formulasi Model Skenario Gabungan (S3)

No.	Variabel	Persamaan Sistem Dinamik
1.	Ketersediaan Temulawak	INTEG (Produksi Temulawak-Kebutuhan Total Temulawak,0)
2.	Produksi Temulawak	Produktivitas*Luas Panen
3.	Luas Panen	IF THEN ELSE (Time=1, (Luas Lahan), IF THEN ELSE (Time=11, (Luas Lahan), IF THEN ELSE (Time=21, (Luas Lahan), IF THEN ELSE (Time=31, (Luas Lahan), IF THEN ELSE (Time=41, (Luas Lahan), 0)))))
4.	Luas Lahan	INTEG (Laju Perluasan Lahan-Laju Pengurangan Lahan,0)
5.	Laju Perluasan Lahan	Luas Lahan*Rata-Rata Penambahan Lahan
6.	Produktivitas	Jumlah Pemberian Air + Jumlah Total Pemberian Pupuk
7.	Jumlah Pupuk Organik	IF THEN ELSE(Time=1, 2, IF THEN ELSE(Time=4, 1, IF THEN ELSE(Time=13, 2, IF THEN ELSE(Time=16, 1, IF THEN ELSE(Time=25, 2, IF THEN ELSE(Time=28, 1, IF THEN ELSE(Time=37, 2, IF THEN ELSE(Time=40, 1, IF THEN ELSE(Time=49, 2, IF THEN ELSE(Time=52, 1, 0))))))))))

Hasil simulasi dengan *stock and flow diagram* (SFD) menunjukkan bahwa produksi temulawak memberikan pengaruh terhadap ketersediaan temulawak, sedangkan produksi temulawak dipengaruhi oleh luas lahan serta produktivitas. Skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah skenario parameter. Skenario parameter digunakan dengan mengubah nilai parameter suatu variabel yang berpengaruh pada model. Skenario parameter ini berguna untuk meningkatkan produksi temulawak dengan cara menambah luas lahan dan meningkatkan produktivitas temulawak yang sudah ada saat ini, agar kebutuhan temulawak di masa mendatang dapat terpenuhi.

Pengembangan skenario kebijakan untuk menjaga ketersediaan temulawak di Jawa Timur, terdiri dari 3 skenario. Skenario gabungan dengan memperluas lahan temulawak sebesar 5% dan meningkatkan produktivitas temulawak menjadi 20 kg⁄m^2 (S3) adalah strategi yang paling efektif. Formulasi model skenario S3 dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 ini dapat diketahui bahwa, pada skenario terdapat variabel tidak bebas yaitu ketersediaan temulawak, dimana variabel ini dipengaruhi oleh produksi temulawak. Semakin besar produksi temulawak, maka semakin besar juga ketersediaan temulawak. Produksi temulawak dipengaruhi oleh produktivitas dan perluasan lahan secara tidak langsung. Perluasan lahan ini juga dapat didukung oleh diversifikasi pertanian, yaitu sistem tumpang sari yang memungkinkan lahan sela tetap produktif. Peningkatan produktivitas temulawak juga dapat dilakukan dengan dukungan teknologi pertanian, terutama pengembangan bibit temulawak unggul dan penggunaan pupuk yang tepat (Utami et al. 2019). Penelitian (Rahardjo 2010) menyebutkan bahwa dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang tepat pada temulawak dapat meningkatkan produktivitasnya. Penerapan skenario ini diharapkan dapat meningkatkan produksi temulawak, yang berdampak pada peningkatan pendapatan petani temulawak. Penelitian Nainggolan et al. 2022 menyatakan bahwa peningkatan pendapatan petani, berdampak pada produktivitas petani. Melalui strategi yang diusulkan ini, sangat mungkin Jawa Timur dapat menjaga rantai pasok temulawak dan memastikan keberlanjutan temulawak dalam jangka waktu yang panjang.

KESIMPULAN

Pendekatan sistem dinamik berhasil memprediksi pasokan dan permintaan temulawak di Jawa Timur. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah produksi temulawak belum dapat memenuhi kebutuhan industri obat tradisional. Dalam penelitian ini, model sistem dinamik telah dikembangkan berdasarkan pada hubungan sebab akibat dari variabel-variabel yang mempengaruhi ketersediaan temulawak di Jawa timur. Banyak faktor yang mempengaruhi ketersediaan temulawak antara lain adalah produksi temulawak, luas panen, luas tanam, perluasan lahan, produktivitas, pengaruh iklim, serta

kebutuhan temulawak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 15 variabel yang berpengaruh terhadap ketersediaan temulawak, yang digambarkan dalam bentuk *causal loop diagram*. Seluruh model disimulasikan dengan menggunakan software Vensim PLE. Simulasi telah dilakukan selama 60 bulan (5 tahun) untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel yang diidentifikasi terhadap ketersediaan temulawak. Model ini diuji dalam 3 skenario kebijakan yang berbeda. Skenario kebijakan terbaik untuk mempertahankan rantai pasokan temulawak, adalah skenario gabungan dengan memperluas area lahan menjadi 5% dan meningkatkan produktivitasnya menjadi 20 kg/m^2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan skenario gabungan tersebut dapat mempertahankan rata-rata rasio S/D di atas 1 untuk simulasi 5 tahun ke depan.

Salah satu kendala dalam melakukan penelitian ini adalah keterbatasan data dan ketidaksesuaian di antara berbagai sumber. Selain itu juga peramalan dilakukan dalam jangka pendek yaitu selama lima tahun. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah untuk melihat peran harga komoditas dalam keberlanjutan penawaran dan permintaan temulawak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini didukung oleh Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Trunojoyo Madura dengan No.. Kontrak 173/UN46.4.1/PT.01.03/2022

DAFTAR PUSTAKA

Aprillya, M. R., E. Suryani, and A. Dzulkarnain. 2019. System Dynamics Simulation Model to Increase Paddy Production for Food Security. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence* 5(1):67–75.

Arifin, P., L. Faiza, W. Nurcholis, T. Ridwan, I. Batubara, R. Susilowidodo, and R. Wisastra. 2017. Pengaruh Pola Tanam Tumpang Sari terhadap Produktivitas Rimpang dan Kadar Senyawa Aktif Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.). *Jurnal Jamu Indonesia* 2(2):51–59.

Aseptianova, A. 2019. Pemanfaatan Tanaman Obat Keluarga Untuk Pengobatan Keluarga di Kelurahan Kebun Bunga Kecamatan Sukarami-Kota Palembang. *Batoboh* 3(1):1.

Barlas, Y. 1996. Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics. *System Dynamics Review* 12(3):183–210.

Bimantio, M. P., and D. P. Putra. 2021. Simulasi Pengadaan Usaha Turunan Berbasis Buah dan Limbah Salak Pondoh untuk Meningkatan Pendapatan Industri Salak Pondoh di Kabupaten Sleman. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 15(3):747–758.

Dewi, S. T. R., S. E. Kamal, Z. Zulfiah, and R. Asrina. 2021. Pengolahan Temulawak (Curcuma xanthorriza Roxb) Menjadi Serbuk Temulawak Instan Sebagai Obat Napsu Makan Pada Anak. *Jurnal Pengabdian Kefarmasian* 2(2):57–60.

Erpina, E., M. Rafi, L. K. Darusman, A. Vitasari, B. R. Putra, and E. Rohaeti. 2017. Simultaneous Quantification of Curcuminoids and Xanthorrhizol in Curcuma Xanthorrhiza by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 40(12):635–639.

Findiastuti, W., M. Laksono Singgih, and M. Anityasari. 2018. Indonesian Sustainable Food-Availability Policy Assessment Using System Dynamics: A Solution for Complexities. *Cogent Food & Agriculture* 4(1):1–21.

Fitriana, L., S. Susanto, Ngadisih, C. Setyawan, and R. Tirtalistyani. 2021. The Impact of Covid-19 Pandemic on Food Sufficiency in Bantul Yogyakarta – Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 653(1):1–7.

Gary, M. S., M. Kunc, J. D. W. Morecroft, and S. F. Rockart. 2008. System Dynamics and Strategy. *System Dynamics Review* 24(4):407–429.

Gunawan, I., D. Trihastuti, J. Mulyana, and C. Limbara. 2022. Securing Coconut Availability in Indonesia. *International Journal on Food System Dynamics* 13(3):294–307.

Handayani, A., E. H. Widowati, and S. Sarjana. 2010. Potensi Dan Permasalahan Pengembangan Temulawak DI Kabupaten Purworejo. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah* 8(1):49–59.

Hanifah, S. 2019. Pengaruh Pupuk Organik dan Dosis Cendawan Mikoriza terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Bahan Aktif Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.). *Jurnal AgroSainTa: Widyaiswara Mandiri Membangun Bangsa* 3(1):63–71.

Hasan, N., E. Suryani, and R. Hendrawan. 2015. Analysis of Soybean Production and Demand to Develop Strategic Policy of Food Self Sufficiency: A System Dynamics Framework. *Procedia Computer Science* 72:605–612.

Indayani, N. P., I. K. Satriawan, and C. A. B. Sadyasmara. 2017. Sistem Dinamis Ketersediaan Buah Pisang di Provinsi Bali. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri* 5(2):77–87.

Juned, V. V. A., I. Vanany, D. I. Maftuhah, and G. Hajar. 2020. Early Warning of Food Security in East Java Indonesia Using a System Dynamics Model. *AIP Conference Proceedings* 2217(1):030091.

Karima, H. Q., M. A. Saputra, and F. Romadlon. 2022. Analisis Kapasitas Produksi dan Pemenuhan Permintaan dengan Model Sistem Dinamis pada Industri Semen. *UNISTEK* 9(1):11–18.

Kasai, H., Y. Yamane, M. Ikegami-Kawai, and H. Sudo. 2019. Analysis of Compounds of Curcuma Rhizome Using Mass Spectrometry and Investigation of the Antioxidant Activity of Rhizome Extracts. *Medicinal & Aromatic Plants* 8(4):1–7.

Listyana, N. H., and M. Gina. 2017. Analisis Produksi Temulawak Sebagai Bahan Baku Jamu di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional Tawangmangu. *Jurnal Jamu Indonesia* 2(1):1–7.

Miftah, H., S. Aviah, S. Mubarokah, I. Novita, and I. qodri pramartaa. 2023. Analysis of The Marketing Efficiency of Curcuma in The Medicine Plant Processing Industry. *Indonesian Journal of Social Research (IJSR)* 5(2):157–167.

Mirza, M., S. Amanah, and D. Sadono. 2017. Tingkat Kedinamisan Kelompok Wanita Tani dalam Mendukung Keberlanjutan Usaha Tanaman Obat Keluarga di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan* 13(2):181–193.

Nainggolan, H. L., M. R. Sihotang, and A. Ginting. 2022. Analisis Pendapatan Usahatani Biofarmaka dan Kontribusinya Terhadap Total Pendapatan Petani di Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. *AGRIMOR* 7(1):31–38.

Nihayati, E., D. R. B. Rizqullah, and E. Widaryanto. 2021. Strategy to Improve Temulawak (Curcuma xanthorrhiza) Yields and Quality under Teak Trees (Tectona grandis). *Jurnal Hortikultura Indonesia (JHI)* 12(2):81–88.

Novikasari, L., and S. Setiawati. 2021. Efektivitas Pemberian Temulawak dan Madu Terhadap Peningkatan Berat Badan Anak dengan Status Gizi Kurang. *Holistik Jurnal Kesehatan* 15(2):197–202.

Nurmalina, R. 2008. Keberlanjutan Sistem Ketersediaan Beras Nasional: Pendekatan Teknik Ordinasi Rap-Rice dengan Metoda Multidimensional Scaling (MDS). *Jurnal Agribisnis dan Ekonomi Pertanian* 2(2):65–86.

Oktavianita, B., and K. W. Sofyana. 2020. Penanaman Biofarmaka Berbasis Agroforestry di Desa Sukaresmi, Kecamatan Rancabali, Kabupaten Kuningan. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat* 2(3):384–388-384–388.

Oktyajati, N., Muh. Hisjam, and W. Sutopo. 2018. The Dynamic Simulation Model of Soybean in Central Java to Support Food Self Sufficiency: A Supply Chain Perspective. *AIP Conference Proceedings* 1931(1):1–11.

Prastowo, P. 2010. *Daya Dukung Lingkungan Aspek Sumberdaya Air*. Pages 1–16. Working Paper, Pusat Kajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah IPB.

Purwanto, A., J. Sušnik, F. X. Suryadi, and C. de Fraiture. 2021. Quantitative Simulation of the Water-Energy-Food (WEF) Security Nexus in a Local Planning Context in Indonesia. *Sustainable Production and Consumption* 25:198–216.

Rahardjo, M. 2010. Penerapan SOP Budidaya Untuk Mendukung Temulawak Sebagai Bahan Baku Obat Potensial. *Perspektif* 9(2):78–93.

Rahmah, D. M., F. Rizal, and A. Bunyamin. 2017. Model DInamis Produksi Jagung di Indonesia. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian* 11(1):30–40.

Reynolds, M., and S. Holwell. 2010. Introducing Systems Approaches. Pages 1–23 *in* M. Reynolds and S. Holwell, editors. *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide*. Springer, London.

Rizkiyah, N. D., and R. Adawiyah. 2020. Analisis Biaya Pengeluaran Produk Impor Elektorik dari Pelabuhan ke Gudang Importer dengan Analisis Rantai Pasok dan Model Sistem Dinamis Menggunakan Powersim. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering* 12(1):117–123.

Salim, Z., and E. Munadi. 2017. *Info Komoditi Tanaman Obat*. First edition. Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, Jakarta.

Sargent, R. G. 2013. Verification and Validation of Simulation Models. *Journal of Simulation* 7(1):12–24.

Solehah, R., R. P. Destiarni, and D. Muti'ah. 2022. Strategi Pengembangan Bisnis UMKM Jamu Tradisional Madura Melalui Pendekatan Analisis SWOT (Studi Kasus: UMKM Jamu Tradisional Madura di Kabupaten Pamekasan). *Mimbar Agribisnis : Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis* 8(1):480–489.

Sriwana, I. K., N. Erni, and R. Abdullah. 2020. Perancangan Model Persediaan Bahan Baku Ubi Ungu Pada Produksi Keripik Ubi Ungu dengan Metode Simulasi Sistem Dinamis. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 30(2):167–179.

Sterman, J. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill Education, Boston.

Syamsudin, R. A. M. R., F. Perdana, and F. S. Mutiaz. 2019. Tanaman Temulawak (Curcuma Xanthorrhiza Roxb) Sebagai Obat Tradisional. *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari* 10(1):51–65.

Usman, M. A., Widiatmaka, and I. Firmansyah. 2019. The Land-Based Paddy Food Sufficiency Model in Cirebon Regency West Java Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 399(1):1–9.

Utami, N. J. T., I. A. Wicaksono, and D. P. Utami. 2019. Strategi Peningkatan Produksi Temulawak (Curcuma xanthorrhiza R) di Desa Semagung Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo. *Surya Agritama: Jurnal Ilmu Pertanian dan Peternakan* 8(1):105–118.

Utami, N. P., H. Sasongko, Z. Salamah, and P. P. Purbosari. 2023. Peningkatan Nilai Ekonomi Temulawak Melalui Pelatihan Pembuatan Minuman Instan. *RESWARA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 4(1):492–499.

Warmasari, N. W. M., D. K. Ernawati, A. W. Indrayani, N. W. S. Dewi, and I. M. Jawi. 2020. Antibacterial Activity from Temulawak Extract (Curcuma xanthorrhiza Roxb) on Growth Inhibition of Staphylococcus epidermidis In Vitro. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas* 5(1):1–7.

Widiaswanti, E., P. Pratikto, C. Cahyani, and I. P. Tama. 2020. A Profit Analysis of Indonesia's Cananga Essential Oil Production Using System Dynamics. *International Journal on Food System Dynamics* 11(4):377–386.

Widiaswanti, E., and R. Yunitarini. 2021. Conceptual Model of Essential Oil Agroindustry Development by Using System Dynamics Approach. *E3S Web of Conferences* 328:1–7.

Yasacaxena, L. N. Y., M. N. Defi, V. P. Kandari, P. T. R. Weru, F. E. Papilaya, M. Oktafera, and D. Setyaningsih. 2023. Review: Extraction of Temulawak Rhizome (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) and Activity As Antibacterial. *Jurnal Jamu Indonesia* 8(1):10–17.

Zainuddin, Z., and S. Sujiat. 2021. Model Manajemen Resiko Proyek Insfrastruktur Perdesaan dengan Pendekatan Sistem Pembangunan Berkelanjutan. *Teknika* 16(1):24–35.