

Model Dinamis Produksi Padi Sawah Untuk Kebutuhan Pangan Berkelanjutan Di Kecamatan Tanjung Emas

Silviani Wulandari¹, Iswandi Umar²

¹Program Studi S1 Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang

²Dosen Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang

e-mail: silvianiwulandari17@gmail.com

Abstrak

Penurunan luas lahan sawah akibat alih fungsi lahan serta peningkatan jumlah penduduk yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan beras mengancam ketahanan pangan di masa yang akan datang. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model dinamis produksi padi sawah guna mendukung kebutuhan pangan berkelanjutan di Kecamatan Tanjung Emas. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan analisis sistem dinamis menggunakan aplikasi Powersim. Data yang digunakan meliputi citra satelit, data kependudukan, dan statistik produksi padi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas lahan sawah mengalami penurunan sebesar 17,13% dari tahun 2014 hingga 2024. Simulasi model memprediksi bahwa setelah tahun 2040, produksi beras tidak lagi mencukupi kebutuhan konsumsi penduduk, sehingga berpotensi menyebabkan defisit pangan. Daya dukung pangan juga menunjukkan tren penurunan hingga mendekati nilai kritis.

Kata kunci: *Alih Fungsi Lahan, Model Dinamis, Produksi Padi Sawah, Ketahanan Pangan*

Abstract

The reduction in rice field area due to land conversion, along with a growing population and rising rice demand, has posed a serious threat to future food security. This study aimed to develop a dynamic model of rice field production to support sustainable food needs in Tanjung Emas District. A quantitative approach and system dynamics analysis were applied using the Powersim application. The data used included satellite imagery, population statistics, and rice production records. The findings show that the area of rice fields has decreased by 17,13% from 2014 to 2024. Model simulations predict that after 2040, rice production will no longer be sufficient to meet the population's consumption needs, potentially resulting in a food deficit. The region's food carrying capacity also continues to decline, nearing a critical threshold.

Keywords: *Land Conversion, Dynamic Model, Rice Field Production, Food Security*

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan sektor pertanian yang menjadi tulang punggung perekonomian nasional serta sumber utama penyediaan pangan bagi masyarakat. Komoditas padi menempati posisi strategis sebagai bahan pangan pokok bagi lebih dari 90% penduduk Indonesia. Namun, pertumbuhan penduduk yang pesat dan alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan non-pertanian seperti permukiman dan industri telah menjadi ancaman serius terhadap keberlanjutan produksi pangan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), jumlah penduduk Indonesia diproyeksikan mencapai 278,8 juta jiwa, meningkat sekitar 1,1% dibandingkan tahun sebelumnya, sementara produksi beras nasional menunjukkan tren penurunan di

tengah meningkatnya jumlah penduduk, memperkuat indikasi bahwa ketahanan pangan nasional berada dalam kondisi yang rentan.

Salah satu wilayah yang menghadapi tantangan serupa adalah Kecamatan Tanjung Emas di Kabupaten Tanah Datar. Kecamatan ini dikenal sebagai wilayah agraris dengan kondisi geografis yang mendukung budidaya padi. Wilayah ini mengalami penyusutan luas lahan sawah dalam beberapa tahun terakhir. Di sisi lain, pertumbuhan penduduk terus meningkat yang secara langsung meningkatkan kebutuhan konsumsi beras. Ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan pangan ini menjadi indikasi awal potensi menurunnya ketahanan pangan di tingkat lokal.

Secara teoritis, hal ini dapat dijelaskan melalui *Teori Malthus*, yang menyatakan bahwa pertumbuhan penduduk cenderung bersifat eksponensial, sedangkan produksi pangan hanya meningkat secara aritmetika. Ketika pertumbuhan penduduk tidak diiringi dengan peningkatan produktivitas pertanian atau perluasan lahan, maka akan terjadi kekurangan pasokan pangan. Selain itu, konsep *daya dukung pangan* menjadi relevan untuk mengukur sejauh mana suatu wilayah dapat memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat berdasarkan kapasitas sumber daya yang dimilikinya, termasuk luas lahan, produktivitas, dan efisiensi distribusi pangan.

Permasalahan utama dalam konteks ini adalah menurunnya kapasitas produksi padi akibat alih fungsi lahan dan peningkatan kebutuhan beras seiring pertumbuhan jumlah penduduk. Jika tidak ditangani dengan pendekatan yang tepat, ketimpangan antara ketersediaan dan konsumsi beras akan terus melebar. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya strategis yang tidak hanya memetakan kondisi saat ini, tetapi juga mampu memproyeksikan kondisi di masa depan.

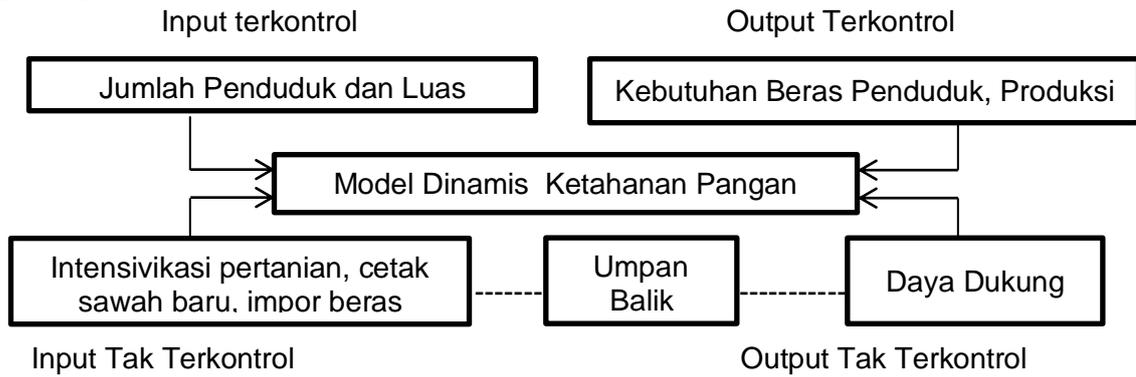
Penelitian ini menawarkan solusi melalui pengembangan *model dinamis* menggunakan aplikasi Powersim. Model ini memungkinkan analisis interaktif terhadap berbagai variabel yang saling berkaitan, seperti luas lahan, produksi padi, jumlah penduduk, dan konsumsi beras. Dengan pendekatan sistem dinamis, perencanaan dan pengambilan kebijakan dapat dilakukan secara lebih komprehensif dan berbasis data. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan luas lahan sawah di Kecamatan Tanjung Emas dari tahun 2014 hingga 2024, dan mengembangkan model dinamis produksi padi sawah guna memprediksi kebutuhan beras dan daya dukung pangan di masa mendatang.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pemodelan sistem dinamis untuk menganalisis hubungan antara perubahan luas lahan sawah, jumlah penduduk, dan kebutuhan beras di Kecamatan Tanjung Emas, Kabupaten Tanah Datar. Data yang digunakan berupa data sekunder (jumlah penduduk, produksi padi, dan citra satelit tahun 2014, 2018, dan 2024) yang diperoleh dari BPS dan Google Earth Pro. Analisis spasial dilakukan dengan ArcGIS untuk menghitung perubahan luas lahan sawah, sedangkan pemodelan sistem dinamis disusun menggunakan Powersim. Model menggambarkan interaksi antara variabel-variabel utama seperti luas sawah, pertumbuhan penduduk, produksi dan kebutuhan beras, serta daya dukung pangan. Simulasi dilakukan untuk memproyeksikan ketahanan pangan hingga tahun 2040.

Pembuatan simulasi model dinamis terbagi menjadi 3 bagian, yaitu :

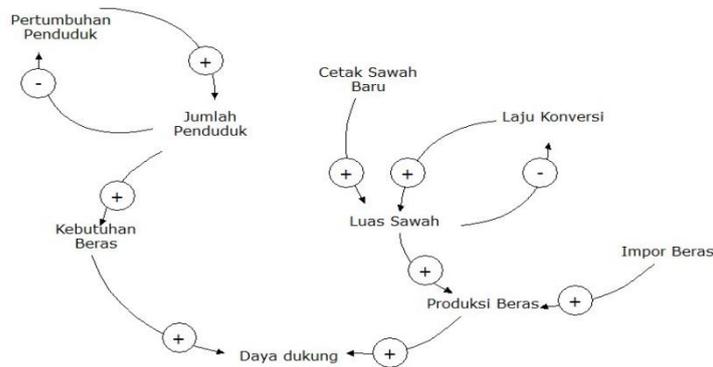
a. Black Box



Gambar 1. Black Box (hubungan input-output)

Blackbox dalam model dinamis berfungsi sebagai komponen inti yang menggabungkan dan memproses berbagai variabel yang memengaruhi sistem secara keseluruhan, dalam hal ini daya dukung pangan. Dalam konteks penelitian ini, blackbox merepresentasikan hubungan kompleks antara variabel ketersediaan pangan (seperti luas lahan sawah dan produksi beras) dan kebutuhan pangan (jumlah penduduk dan konsumsi per kapita).

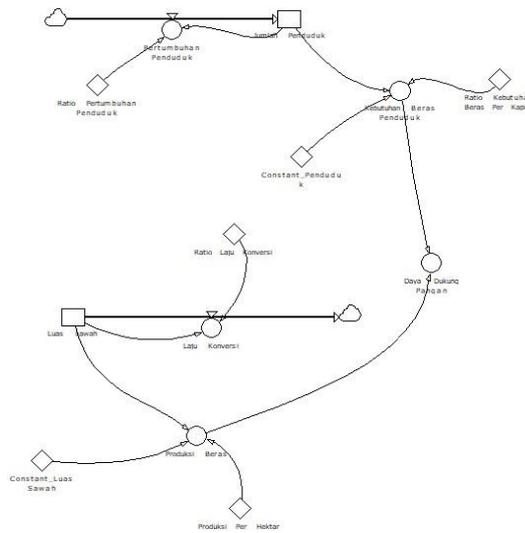
b. Causal Loop



Gambar 2. Causal-Loop

Diagram causal-loop dalam model dinamis berperan penting untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel dalam suatu sistem. Diagram ini digunakan untuk menunjukkan bagaimana satu variabel memengaruhi variabel lainnya, baik secara langsung maupun melalui serangkaian proses yang saling terhubung. Dalam konteks daya dukung pangan, diagram causal-loop membantu memvisualisasikan interaksi antara pertumbuhan penduduk, kebutuhan beras, produksi padi, luas lahan sawah, dan kebijakan-kebijakan yang diterapkan.

c. Struktur Model



Gambar 3. Struktur Model

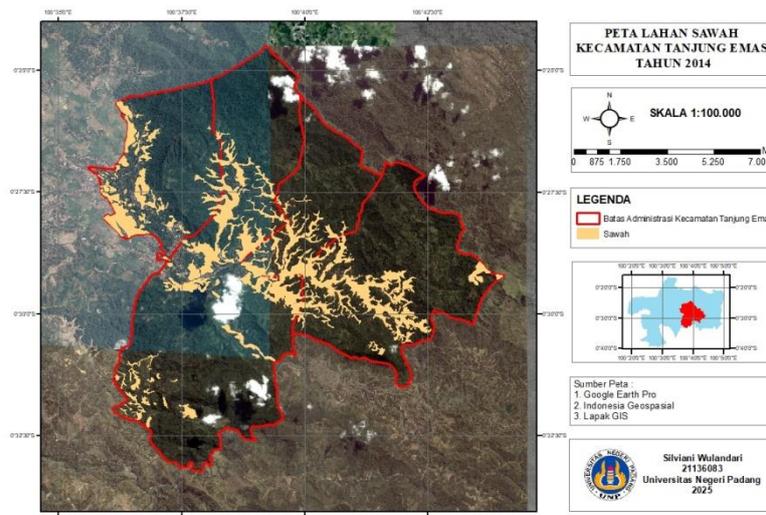
Gambar 3. di atas merupakan model sistem dinamis yang digunakan dalam analisis penelitian ini untuk mengevaluasi ketahanan pangan di Kecamatan Tanjung Emas. Model ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berinteraksi, yaitu pertumbuhan penduduk, kebutuhan beras penduduk, luas sawah, produksi beras, dan daya dukung pangan. Daya dukung pangan diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu:

Tabel 1. Klasifikasi Daya Dukung Pangan

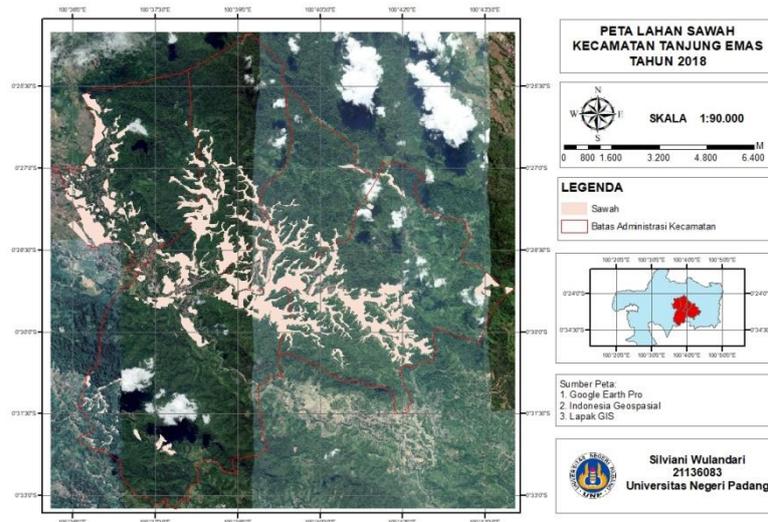
No	Nilai	Klasifikasi
1	>1	Surplus
2	1	Seimbang
3	<1	Defisit

HASIL DAN PEMBAHASAN

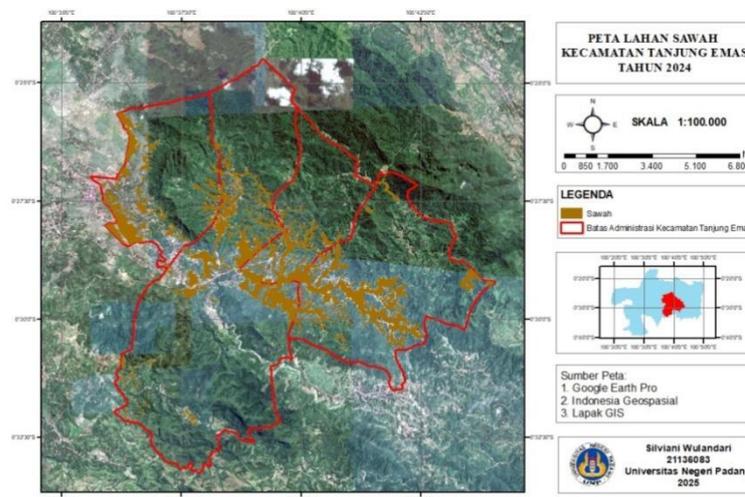
1. Luas Lahan Sawah Tahun 2014, 2018, dan 2024



Gambar 4. Peta Lahan Sawah Kecamatan Tanjung Emas Tahun 2014



Gambar 5. Peta Lahan Sawah Kecamatan Tanjung Emas Tahun 2018



Gambar 6. Peta Lahan Sawah Kecamatan Tanjung Emas Tahun 2024

Lahan sawah di Kecamatan Tanjung Emas mengalami perubahan yang cukup signifikan dalam kurun waktu antara tahun 2014 hingga 2024. Berdasarkan data yang diperoleh dari interpretasi citra satelit, luas lahan sawah pada tahun 2014 tercatat sebesar 1.914 hektare. Namun, pada tahun 2018 terjadi penyusutan yang cukup besar di mana luas lahan sawah menurun menjadi 1.726 hektare. Penurunan ini terus berlanjut hingga tahun 2024 dengan luas lahan sawah yang tersisa hanya sebesar 1.586 hektare. Secara keseluruhan dalam satu dekade terakhir terjadi penurunan luas sawah sebesar 328 hektare atau sekitar 17,13%.

Berdasarkan hasil analisis data luas lahan sawah tahun 2014, 2018, dan 2024, diketahui bahwa terjadi penurunan luas lahan sawah secara signifikan selama satu dekade terakhir. Dengan demikian, selama periode 2014 hingga 2024 terjadi penyusutan lahan sawah sebesar 328 hektar atau rata-rata 32,8 ha hektar per tahun. Secara persentase, laju konversi lahan sawah terhadap total luas awal mencapai sekitar 1,71% per tahun. Periode 2014–2018 mencatat laju konversi tertinggi, yaitu sekitar 47 hektar per tahun (2,46%), sedangkan pada periode 2018–2024 laju konversi sedikit menurun menjadi 23,33 hektar per tahun (1,35%).

2. Model Dinamis Kebutuhan Beras

a. Jumlah Penduduk

Tabel 1. Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk	Rasio
2014	22.127	-
2015	22.211	0.38%
2016	22.287	0.34%
2017	22.363	0.34%
2018	22.435	0.32%
2019	22.505	0.31%
2020	25.047	11.30%
2021	25.303	1.02%
2022	25.601	1.18%
2023	26.231	2.46%
2024	26.660	1.64%

Sumber : Data BPS

Berikut rumus laju pertumbuhan penduduk:

$$\text{Rasio Pertumbuhan} = \frac{\text{Penduduk Tahun } t - \text{Penduduk Tahun } (t-1)}{\text{Penduduk Tahun } (t-1)} \times 100\%$$

Dari hasil analisis diatas, diketahui bahwa rata-rata pertumbuhan penduduk dalam 10 tahun terakhir adalah 1.93% per tahun. Pertumbuhan ini menunjukkan adanya peningkatan jumlah penduduk yang cukup signifikan setiap tahunnya, yang secara langsung berdampak pada peningkatan kebutuhan pangan, terutama beras.

b. Luas lahan Sawah

Tabel 2. Luas Lahan Sawah

Tahun	Luas Lahan Sawah
2014	1.914
2018	1.726
2024	1.586

Sumber : Diolah dari Citra Satelit

$$\text{Laju Konversi Tahunan} = \left(\frac{L_{awal} - L_{akhir}}{L_{awal} \times n} \right) \times 100$$

Berdasarkan hasil analisis data luas lahan sawah tahun 2014, 2018, dan 2024, diketahui bahwa laju konversi lahan sawah terhadap total luas awal mencapai sekitar 1,71% per tahun.

c. Produksi Padi Perhektar

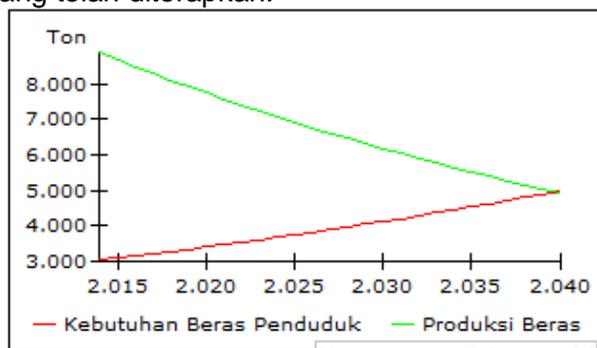
Tabel 4.4 Produksi Padi Per Hektar

Tahun	Produksi Per Hektar
2014	5,1
2015	5,6
2016	5,15
2017	5,54
2018	5,04

2019	5,51
2020	5,52
2021	5,6
2022	5,63
2023	5,6
2024	5,61

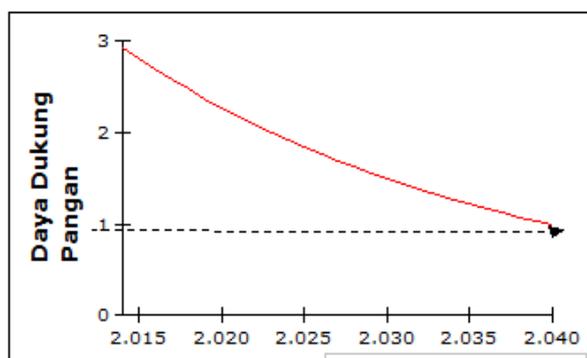
Sumber : Data BPS

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa produksi padi per hektar tahun 2024 yaitu sebesar 5,61 ton/ha. Angka ini dapat menjadi indikator dalam mengevaluasi keberlanjutan produksi pangan serta efektivitas kebijakan pertanian yang telah diterapkan.



Gambar 7. Simulasi Kebutuhan Beras dan Produksi Beras

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, terlihat adanya hubungan antara produksi beras dan kebutuhan beras penduduk dari tahun 2015 hingga 2040. Produksi beras yang ditunjukkan oleh garis hijau mengalami penurunan yang cukup signifikan, dari lebih dari 8.000 ton pada tahun 2015 menjadi sekitar 5.000 ton pada tahun 2040. Di sisi lain, kebutuhan beras penduduk yang digambarkan oleh garis merah menunjukkan tren yang terus meningkat dari sekitar 3.500 ton pada tahun 2015 hingga mendekati 5.000 ton pada tahun 2040. Titik kritis terjadi setelah tahun 2040 ketika produksi beras dan kebutuhan penduduk hampir berada pada jumlah yang sama, ini menandakan bahwa jika tren ini terus berlangsung tanpa adanya intervensi yang signifikan, maka setelah tahun 2040 Kecamatan Tanjung Emas berpotensi mengalami defisit beras di mana produksi tidak lagi mencukupi kebutuhan konsumsi domestik. Kondisi ini dapat mengancam ketahanan pangan nasional dan berpotensi meningkatkan ketergantungan pada impor beras.



Gambar 8. Daya Dukung Pangan

Grafik di atas menunjukkan tren penurunan daya dukung pangan dari tahun 2015 hingga 2040. Pada tahun 2015, daya dukung pangan berada pada angka mendekati 3, namun terus mengalami penurunan secara konsisten hingga mendekati angka 1 pada tahun 2040. Penurunan ini mengindikasikan bahwa kemampuan wilayah untuk

mencukupi kebutuhan pangan penduduknya terus melemah. Nilai daya dukung yang semakin mendekati 1 menunjukkan kondisi yang semakin kritis karena secara teoritis angka 1 berarti satu unit wilayah hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan satu orang. Jika nilai ini terus menurun hingga di bawah 1, maka Kecamatan Tanjung Emas tidak lagi mampu mencukupi kebutuhan pangan penduduk secara mandiri dan akan sangat bergantung pada wilayah lain atau pasokan dari luar termasuk impor.

Pembahasan

Hasil penelitian mengenai perubahan lahan sawah dan dampaknya terhadap ketahanan pangan di Kecamatan Tanjung Emas menunjukkan keterkaitan yang erat dengan Teori Malthus. Teori Malthus (1998) menyatakan bahwa pertumbuhan penduduk bersifat eksponensial (deret ukur), sedangkan pertumbuhan produksi pangan bersifat linear (deret hitung) yang menunjukkan bahwa seiring peningkatan jumlah dan pertumbuhan penduduk maka semakin meningkat pula kebutuhan pangan. Keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan konsumsi beras sangat dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Apabila ketersediaan beras lebih besar dari kebutuhan konsumsi beras maka wilayah dikatakan surplus beras, sedangkan apabila ketersediaan beras lebih kecil dari kebutuhan konsumsi beras maka wilayah dikatakan defisit beras. Dengan demikian, apabila pertumbuhan penduduk terus meningkat tanpa diimbangi oleh peningkatan produksi pangan maka akan terjadi ketimpangan antara kebutuhan dan ketersediaan pangan yang berpotensi menyebabkan krisis pangan.

Dalam kurun waktu satu decade terakhir dari tahun 2014 hingga 2024, luas lahan sawah di Kecamatan Tanjung Emas mengalami penurunan signifikan sebesar 328 hektare atau setara dengan 17,13%. Penyusutan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah alih fungsi lahan untuk permukiman, infrastruktur, dan kepentingan non-pertanian lainnya. Penurunan luas lahan sawah ini secara langsung berdampak pada menurunnya produksi beras di wilayah tersebut. Meskipun produktivitas per hektare masih tergolong stabil yaitu sekitar 5,61 ton/ha pada tahun 2024, total produksi tetap mengalami penurunan karena berkurangnya luas tanam.

Sementara itu, jumlah penduduk di Kecamatan Tanjung Emas terus mengalami peningkatan rata-rata sebesar 1,93% per tahun. Peningkatan jumlah penduduk ini tentu saja diikuti oleh peningkatan kebutuhan konsumsi beras. Ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan beras mulai terlihat jelas dalam proyeksi hingga tahun 2040. Grafik simulasi menunjukkan bahwa produksi beras yang awalnya lebih tinggi dari kebutuhan konsumsi, lambat laun menurun dan mendekati titik kritis setelah tahun 2040. Pada tahun tersebut produksi dan kebutuhan beras berada pada angka yang hampir sama menandakan wilayah ini akan memasuki fase defisit beras jika tidak ada upaya perbaikan.

Hal ini juga diperkuat oleh grafik daya dukung pangan yang menunjukkan penurunan dari nilai mendekati 3 pada tahun 2015 ke angka mendekati 1 pada tahun 2040. Nilai ini mengindikasikan bahwa satu unit wilayah yang sebelumnya mampu mencukupi kebutuhan pangan untuk tiga orang kini hanya cukup untuk satu orang. Jika tren ini berlanjut hingga nilai daya dukung turun di bawah 1, maka wilayah tersebut tidak lagi mampu mencukupi kebutuhan pangan penduduknya secara mandiri.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penurunan luas lahan sawah secara signifikan di Kecamatan Tanjung Emas telah menyebabkan penurunan produksi beras dan mengancam daya dukung pangan wilayah. Simulasi menunjukkan bahwa kemampuan wilayah dalam mencukupi kebutuhan pangan semakin menurun hingga mendekati ambang batas kritis. Oleh karena itu, disarankan kepada pemerintah daerah dan dinas terkait untuk segera merumuskan kebijakan perlindungan lahan pertanian, memperbaiki sistem irigasi, dan mengendalikan alih fungsi lahan guna menjaga ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Iswandi, U .(2017). Pendekatan Sistem Dalam Ilmu Sosial, Teknik, dan Lingkungan. PT RajaGrafindo Persada, Depok.
- BPS (2023). Kecamatan Tanjung Emas Dalam Angka. 2023. https://tanahdatarkab.bps.go.id/id/publication/2023/09/26/bfb6b28c2f08ac8d9ead6_c30/kecamatan-tanjung-emas-dalam-angka-2023.html.
- Ariyanti, S. D., Nabila, U., & Rahmawati, L. (2024). Pemenuhan Kebutuhan Produksi Beras Nasional dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Menurut Perspektif Ekonomi Islam. *Maro: Jurnal Ekonomi Syariah dan Bisnis*, 7(1), 82–93.
- Amilatus Sholihah, R., Brastama Putra, A., & Ana Wati, S. F. (2020). Analisis Produksi Padi Jawa Timur menggunakan Sistem Dinamik Mendukung Upaya Ketahanan Pangan. *Jurnal Ketahanan Pangan*, 12(1), 45-59.
- Mahbubi, A. (2021). Model Dinamis Supply Chain Beras Berkelanjutan Dalam Upaya Ketahanan Pangan Nasional. *Jurnal Pangan dan Pertanian*, 18(2), 77-89.
- Reza, M. (2022). Model Sistem Dinamik Ketersediaan Beras Di Kalimantan Barat Untuk Mendukung Ketahanan Pangan. *Jurnal Sistem Dinamik*, 10(3), 123-136.
- Setyawan, A. (2013). Alih Fungsi Lahan Pertanian Menjadi Lahan Non- Pertanian di Kawasan Perkotaan. *Jurnal Pembangunan Wilayah*, 8(3), 45-56.
- Syamsuddin, S. (2015). Alih Fungsi Lahan: Fenomena dan Dampaknya terhadap Ketahanan Pangan di Indonesia. *Jurnal Agronomi*, 12(2), 67-79.
- Suryanata, A. (2005). Dinamik Pertumbuhan Penduduk dan Dampaknya terhadap Ketersediaan Lahan Pertanian. *Jurnal Agronomi*, 13(1), 12-25.
- Sumartono, T. (2018). Pengaruh Pertumbuhan Penduduk Terhadap Perubahan Luas Lahan Pertanian di Perkotaan. *Jurnal Pembangunan Wilayah*, 14(2), 34-49.
- Sutomo, B. (2013). Konversi Lahan dan Dampaknya terhadap Ketahanan Pangan. *Jurnal Agrikultura*, 19(4), 78-85.
- Prasetya, Adityan Wisnu Yuda. (2024). *Analisis Pengaruh Jumlah Penduduk, Ketersediaan Pangan, Konsumsi Pangan, dan Harga Pangan Strategis terhadap Indeks Ketahanan Pangan*. *Jurnal Pertahanan dan Bela Negara*, 14(2), 82-102.