

## Rancangan Simulasi Sistem Dinamis Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Penyusutan Lahan Sawah Terhadap Produksi Pangan di Kabupaten Bantul

Lolanda Hamim Annisa\*, Asmarantara Pala

Program Studi Sains Data, Universitas Putra Bangsa, Indonesia

\*Corresponding author: [lolandaannisa@gmail.com](mailto:lolandaannisa@gmail.com)

### Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang tidak seimbang dengan ketersediaan lahan pertanian dapat mengakibatkan penyusutan lahan sawah, mengancam ketahanan pangan dan keberlanjutan sektor pertanian di wilayah tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pemodelan simulasi dengan pendekatan system dinamis. Model simulasi dikembangkan berdasarkan data kajian pertumbuhan penduduk dan pengurangan luas hutan, serta faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhinya. Teknik sistem dinamis sering digunakan untuk menganalisis sistem yang memiliki ketergantungan dalam jumlah besar antara komponen. Perulangan ini menunjukkan bagaimana perubahan dalam elemen sistem mempengaruhi perubahan di masa depan pada elemen yang sama melalui serangkaian hubungan sebab dan akibat. Meningkatnya kebutuhan lahan memicu terjadinya penyusutan luas lahan sawah yang mengakibatkan penurunan produksi pangan. Pertumbuhan penduduk di kabupaten Bantul mengakibatkan kebutuhan lahan yang mana penyusutan lahan sawah semakin meningkat yang mengakibatkan menurunnya jumlah produksi pangan di daerah tersebut. Proyeksi pertumbuhan penduduk Kabupaten Bantul menunjukkan kenaikan sebesar 10% per tahun, yang dapat memberikan gambaran tentang beban yang dihadapi oleh wilayah ini dalam menyediakan layanan dan infrastruktur bagi penduduk yang semakin bertambah. Analisis menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara pertumbuhan penduduk dan penyusutan lahan sawah. Meningkatnya kebutuhan pangan akibat pertumbuhan penduduk yang cepat dapat menimbulkan tekanan signifikan terhadap ketahanan pangan di tingkat lokal.

Kata kunci: sistem dinamis; lahan sawah; proyeksi penduduk

### Abstract

*Population growth that is not balanced with the availability of agricultural land can result in shrinkage of rice fields, threatening food security and the sustainability of the agricultural sector in the region. The method used in this research is a simulation modeling method with a dynamic system approach. The simulation model was developed based on study data on population growth and reduction in forest area, as well as other factors that could influence it. Dynamic systems techniques are often used to analyze systems that have many dependencies between components. This loop shows how changes in a system element affect future changes in the same element through a series of cause and effect relationships. The increasing need for land triggers a reduction in the area of rice fields, which results in a decrease in food production. Population growth in Bantul district has resulted in the need for land, where the depreciation of rice fields has increased, resulting in a decrease in the amount of food*

*production in the area. Projected population growth for Bantul Regency shows an increase of 10% per year, which can provide an idea of the burden faced by this region in providing services and infrastructure for its growing population. The analysis shows that there is a significant relationship between population growth and shrinkage of rice fields. The increasing need for food due to rapid population growth can put significant pressure on food security at the local level.*

*Keywords: dynamic systems; rice fields; population projection*

## **Pendahuluan**

Pertumbuhan penduduk yang pesat merupakan fenomena global yang telah menjadi bagian integral dari perkembangan sosial dan ekonomi. Di berbagai belahan dunia, pertumbuhan penduduk yang cepat membawa konsekuensi serius terhadap pengelolaan sumber daya alam, termasuk lahan pertanian. Kabupaten Bantul, sebagai salah satu wilayah di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, tidak terkecuali dari dampak kompleks pertumbuhan penduduk terhadap perubahan lahan, khususnya lahan sawah yang merupakan tulang punggung pertanian. Dalam penelitian oleh Setiawan et al. (2018), urbanisasi di daerah perkotaan seringkali menjadi pemicu utama penyusutan lahan sawah. Studi ini mengungkapkan bahwa percepatan urbanisasi dapat menyebabkan konversi lahan pertanian menjadi kawasan pemukiman, infrastruktur perkotaan, dan pusat ekonomi, yang berpotensi mengancam keberlanjutan lahan sawah. Peningkatan jumlah penduduk ini meningkatkan permintaan terhadap kebutuhan dasar, terutama pangan. Tanpa manajemen yang tepat, pertumbuhan penduduk bisa menyebabkan ketidakseimbangan antara kebutuhan pangan dan kapasitas produksi. Dengan proyeksi yang akurat, pemerintah daerah dapat merencanakan kebijakan yang lebih baik untuk menjaga ketersediaan pangan dan menghindari krisis pangan di masa depan.

Kabupaten Bantul dipilih menjadi studi kasus pada penelitian ini menjadi fokus utama dalam konteks proyeksi pertumbuhan penduduk dan dampaknya terhadap penyusutan lahan sawah. Perkembangan ekonomi, urbanisasi, dan perubahan pola hidup masyarakat menjadi faktor-faktor kunci yang berpotensi memengaruhi pola penggunaan lahan pertanian di wilayah ini. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai dinamika pertumbuhan penduduk dan dampaknya terhadap lahan sawah di Kabupaten Bantul menjadi krusial dalam menyusun langkah-langkah keberlanjutan di bidang pertanian. Dyson dan Censuses (2010) menyajikan metodologi untuk menganalisis proyeksi pertumbuhan penduduk dengan mempertimbangkan

variabel seperti tingkat kelahiran, tingkat kematian, dan migrasi. Penelitian ini memberikan dasar bagi proyeksi pertumbuhan penduduk yang dapat diadaptasi untuk konteks Kabupaten Bantul. Dalam penelitian oleh Geist dan Lambin (2002), dikemukakan bahwa pertumbuhan penduduk dapat menjadi pendorong utama perubahan penggunaan lahan. Faktor-faktor ini mencakup perubahan kebutuhan pangan, permintaan lahan untuk pemukiman, dan perubahan pola konsumsi. Lambin et al. (2001) mendalami hubungan kompleks antara urbanisasi dan penyusutan lahan pertanian. Studi ini menyoroiti bahwa urbanisasi dapat secara langsung mempengaruhi penyusutan lahan pertanian dan menekankan perlunya kebijakan tata ruang yang tepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis proyeksi pertumbuhan penduduk dan menyelidiki implikasi dari pertumbuhan tersebut terhadap penyusutan lahan sawah di Kabupaten Bantul, khususnya di wilayah Kecamatan Bantul. Dengan merinci proyeksi pertumbuhan penduduk, penelitian ini bertujuan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara pertumbuhan penduduk dan perubahan lahan sawah, serta dampaknya terhadap keberlanjutan pertanian. Melalui pendekatan interdisipliner yang melibatkan demografi, geografi, dan ekologi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam mengenai dinamika kompleks antara pertumbuhan penduduk dan perubahan lahan. Lambin et al. (2001) menyelidiki dinamika antara urbanisasi dan penyusutan lahan pertanian. Penelitian ini menunjukkan bahwa urbanisasi memiliki dampak signifikan pada penyusutan lahan pertanian dan menegaskan pentingnya kebijakan tata ruang yang bijaksana. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi landasan untuk menyusun kebijakan-kebijakan yang tepat guna menjaga keseimbangan antara pertumbuhan penduduk dan keberlanjutan lahan sawah, serta meningkatkan ketahanan pangan di Kabupaten Bantul. Sistem dinamis dalam konteks ketahanan pangan adalah pendekatan yang digunakan untuk memahami, menganalisis, dan memodelkan interaksi kompleks antara berbagai komponen yang mempengaruhi ketersediaan, akses, pemanfaatan, dan stabilitas pangan.

Pendekatan ini melibatkan penggunaan model matematis untuk mensimulasikan bagaimana perubahan dalam satu komponen sistem dapat mempengaruhi komponen lainnya dalam jangka waktu tertentu. Dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, pola konsumsi, dan perubahan ekonomi. Sistem dinamis dapat memodelkan bagaimana perubahan dalam jumlah penduduk

atau pendapatan dapat mempengaruhi permintaan terhadap berbagai jenis pangan. Sistem dinamis memungkinkan proyeksi masa depan berdasarkan skenario yang berbeda, seperti perubahan kebijakan, perkembangan teknologi, atau perubahan iklim. Ketahanan pangan melibatkan banyak komponen yang saling terkait. Sistem dinamis membantu memahami interaksi antar komponen tersebut, yang mungkin tidak terlihat jika dianalisis secara terpisah. Dengan memodelkan berbagai skenario, risiko-risiko yang mungkin timbul terhadap ketahanan pangan dapat diidentifikasi dan strategi mitigasi dapat direncanakan. Dengan demikian, pendekatan sistem dinamis sangat berharga untuk mengembangkan strategi yang efektif dan berkelanjutan dalam menjaga ketahanan pangan, terutama di tengah tantangan global seperti perubahan iklim, pertumbuhan penduduk, dan degradasi sumber daya alam. Pentingnya penelitian ini tidak hanya terletak pada tingkat lokal, namun juga relevan secara nasional dan global dalam konteks pengelolaan sumber daya alam dan ketahanan pangan di tengah tantangan pertumbuhan penduduk yang terus berlangsung. Dengan demikian, proyeksi pertumbuhan penduduk di Kabupaten Bantul dapat dijadikan sebagai studi kasus yang memberikan kontribusi nyata dalam pemahaman dan formulasi kebijakan di tingkat lebih luas. Dalam konteks penggunaan lahan pertanian, Geist dan Lambin (2002) mengidentifikasi bahwa pertumbuhan penduduk dapat menjadi pendorong utama perubahan penggunaan lahan. Penelitian ini mencakup faktor-faktor seperti perubahan kebutuhan pangan dan permintaan lahan untuk pemukiman.

### **Tinjauan Pustaka**

Urbanisasi seringkali menjadi pendorong utama pertumbuhan penduduk di daerah perkotaan. Penelitian oleh Setiawan et al. (2018) menunjukkan bahwa urbanisasi yang cepat dapat memberikan tekanan besar pada lahan pertanian, khususnya lahan sawah, karena adanya konversi lahan untuk pembangunan permukiman dan infrastruktur perkotaan. Penelitian proyeksi pertumbuhan penduduk oleh Dyson dan Censuses (2010) memberikan dasar metodologi untuk melakukan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti tingkat kelahiran, tingkat kematian, dan migrasi. Penelitian oleh Lambin et al. (2001) membahas tentang hubungan kompleks antara urbanisasi dan penyusutan lahan pertanian. Hasil studi ini menunjukkan bahwa urbanisasi dapat menjadi penyebab langsung dari penyusutan lahan pertanian, dan kebijakan tata ruang yang tidak tepat dapat meningkatkan risiko tersebut. Penelitian oleh Rozaki et al. (2019) memberikan pandangan tentang strategi

pengelolaan lahan sawah untuk meningkatkan ketahanan pangan. Studi ini mencakup analisis dampak urbanisasi dan pertumbuhan penduduk terhadap lahan sawah serta memberikan rekomendasi kebijakan untuk menjaga keberlanjutan pertanian. Penelitian oleh Foltz et al. (2002) membahas peran faktor ekonomi dalam penggunaan lahan pertanian. Studi ini memberikan wawasan tentang bagaimana kebijakan ekonomi dan perkembangan ekonomi regional dapat mempengaruhi penggunaan lahan pertanian. Pendekatan sistem dinamis menekankan konsep umpan balik yang mempengaruhi perilaku sistem seiring waktu. Umpan balik dapat bersifat positif, memperkuat perubahan, atau negatif, mengendalikan perubahan. Penelitian oleh Sterman, J. D. (2000) dalam konteks proyeksi penduduk, umpan balik dapat mewakili efek yang mempercepat atau memperlambat pertumbuhan populasi.

## Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pemodelan simulasi dengan pendekatan sistem dinamis. Model simulasi dikembangkan berdasarkan data kajian pertumbuhan penduduk dan pengurangan luas hutan, serta faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhinya. Teknik sistem dinamis sering digunakan untuk menganalisis sistem yang memiliki ketergantungan dalam jumlah besar antara komponen. Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bantul biasanya mencakup berbagai aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan yang relevan untuk analisis, terutama dalam konteks penelitian tentang ketahanan pangan, pertumbuhan penduduk, dan penggunaan lahan. Data proyeksi pertumbuhan penduduk dan penyusutan lahan sawah di Kabupaten Bantul dikumpulkan dari [bantulkabs.bps.go.id](http://bantulkabs.bps.go.id) untuk periode tahun 2013 hingga 2020. Pemodelan sistem dalam pendekatan sistem dinamis berfokus pada mengidentifikasi dan memodelkan hubungan sebab akibat dan sering kali melibatkan koneksi dalam bentuk putaran umpan balik. Perulangan ini menunjukkan bagaimana perubahan dalam elemen sistem mempengaruhi perubahan di masa depan pada elemen yang sama melalui serangkaian hubungan sebab dan akibat.

Pertumbuhan penduduk dan laju penyusutan lahan sawah dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

1. Pertumbuhan Penduduk

$$PP = (TK - TM) + JP + M$$

Keterangan:

PP = Pertumbuhan Penduduk (% per tahun)

TL= Tingkat Kelahiran (%)

TM = Tingkat Kematian (%)

JP = Jumlah Penduduk (%)

M = Migrasi (%)

## 2. Penyusutan Lahan Sawah

$$PSH = KP + JP$$

Keterangan:

PSH = Penyusutan Lahan Sawah (%)

KP = Koefisien penyusutan lahan sawah (%)

JP = Jumlah Penduduk (%)

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan metode system dinamik Hal ini mengacu pada tahap pemodelan di mana variabel dikelompokkan menjadi dua jenis: level (stok) dan harga. Level menunjukkan keadaan suatu sistem pada waktu tertentu (keadaan sistem variabel). Level adalah hasil akumulasi dalam suatu sistem, dan tarif menunjukkan aktivitas dalam sistem. Level adalah jumlah yang terakumulasi seiring waktu, dan rate adalah aktivitas, pergerakan, atau aliran yang berkontribusi terhadap perubahan level per unit waktu. Setiap variabel ditentukan oleh persamaan: persamaan level, persamaan laju, persamaan bantu, atau persamaan konstanta.

Variable dan hubungan antar variable sebagai berikut:

1. Level: Penduduk, Urbanisasi, Produksi Pangan dan Penyusutan Lahan Sawah.
2. Auxiliary: Pertumbuhan Penduduk dan Luas Lahan Sawah.
3. Kostanta: Kelahiran, Kematian dan Migrasi.

Hasil pengelompokan variabel dan jenis variabel dimasukkan dalam tahapan membangun model system dinamis sebagai berikut:

1. Membuat konsep dengan model CLD (Causal Loop Diagram).
2. Membuat model SFD (Stock Flow Diagram).
3. Memasukkan data.
4. Menggunakan simulasi yang berupa diagram waktu dan juga table waktu.

## Hasil dan Pembahasan

### Pertumbuhan Penduduk

Rata-rata pertumbuhan penduduk di Kabupaten Bantul selama periode tersebut adalah 2.795 jiwa per km<sup>2</sup> pada tahun 2013 dan 2.925 jiwa per km<sup>2</sup> pada tahun 2020. Tren pertumbuhan penduduk menunjukkan kenaikan. Analisis distribusi penduduk berdasarkan wilayah menunjukkan bahwa pusat pertumbuhan terdapat di kecamatan Bantul. Kondisi pertumbuhan penduduk di kabupaten Bantul dengan rentang waktu 2013 sampai dengan 2020 disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Penduduk di Kabupaten Bantul

Tahun	Penduduk	Rata-rata jiwa per km <sup>2</sup>
2013	61.344	2 795
2014	61.960	2 823
2015	62.128	2 829
2016	62.667	2 854
2017	63.183	2 877
2020	64.355	2 925

Sumber: BPS Kabupaten Bantul 2013-2020

Tabel 1 menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk di Kabupaten Bantul meningkat dari tahun 2013 sampai dengan 2020 peningkatan sebesar 5% pertahunnya dari factor migrasi, kelahiran maupun urbanisasi. BPS Kabupaten Bantul rentang waktu 2013 sampai dengan 2020 diketahui jumlah penduduk di Kabupaten Bantul pada Tahun 2020 sebanyak 63.355 jiwa.

### Penyusutan Lahan Sawah

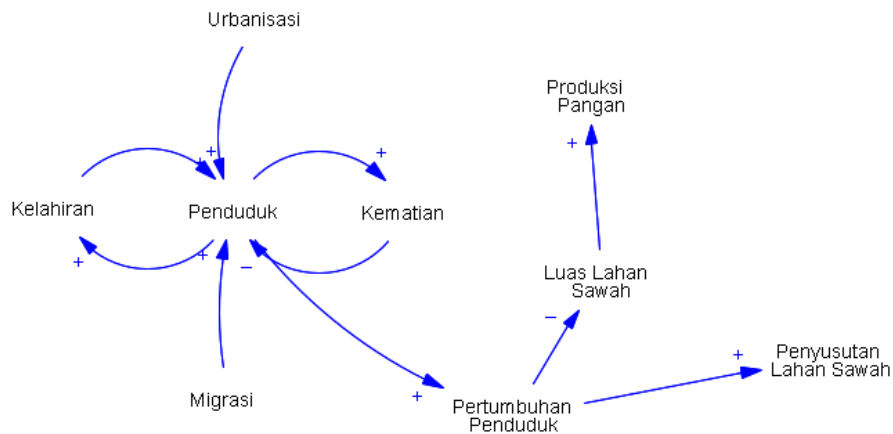
Luas lahan pertanian di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta semakin menyusut setiap tahunnya. Salah satu penyebabnya adalah konversi lahan pertanian. Menurut data Dinas Pertanahan dan Tata Ruang Bantul, luas lahan pertanian di Bantul berkurang rata-rata 50 hektar per tahun ("Harian Jogja,"2023). Penurunan ini disebabkan adanya alih fungsi lahan terutama di daerah penyangga perkotaan seperti Kapanewon-Banguntapan, Sewon, Kasihan, dan Sedayu. Dari Pemkab Bantul berupaya menertibkan alih fungsi lahan melalui Peraturan Bupati Nomor 463/2021 tentang Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B). Keputusan tersebut menetapkan bahwa sekitar 19.000 hektar lahan pertanian tidak boleh diubah menjadi penggunaan lain. Data penyusutan lahan sawah dengan rentang waktu 2013 sampai dengan 2016 di tampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penyusutan Luas Lahan Sawah di Kabupaten Bantul

Tahun	Luas Lahan Sawah (Hektar)
2013	15.471
2014	15.191
2015	15.225
2016	15.150

Sumber: BPS Daerah Istimewa Yogyakarta 2013-2016

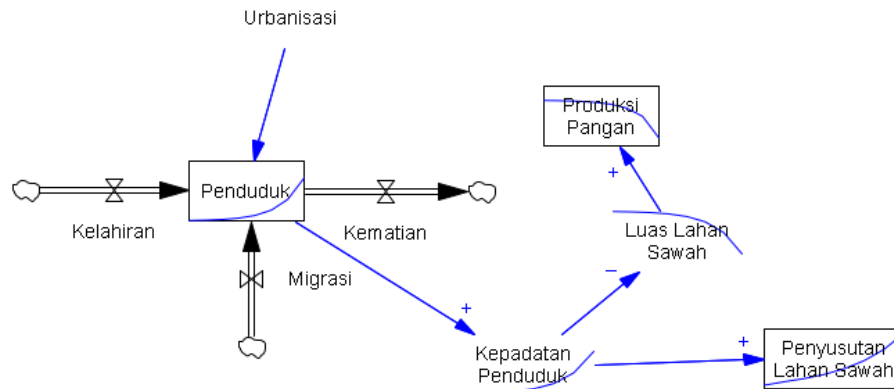
Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa luas lahan sawah menurun sering taun yang mana pada tahun 2013 dengan luas lahan sawah sebesar 15.471 hektar, luas lahan sawah mengalami penurunan pada tahun 2016 dengan jumlah luas lahan sawah 15.150 hektar yang mana mengalami penurunan sebesar 20% antara tahun 2013 dengan 2016. Model Causal Loop hubungan antara laju pertumbuhan penduduk dengan penyusutan luas lahan sawah disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Causal Loop Diagram Pertumbuhan Penduduk dan Penyusutan Luas Lahan Sawah

Model Causal Loop yang disajikan pada Gambar 1 menjelaskan bahwa pertumbuhan penduduk di kabupaten Bantul dipengaruhi oleh laju kelahiran, laju kematian, migrasi dan urbanisasi, dimana pada laju kelahiran dan migrasi berkorelasi positif terhadap penambahan penduduk dan pada laju kematian berkorelasi negatif pada pertumbuhan penduduk yang mengakibatkan meningkatnya penyusutan luas lahan sawah. Pertumbuhan penduduk berkorelasi negatif pada luas lahan sawah dan berkorelasi positif terhadap penyusutan luas lahan sawah, untuk model Stock Flow pertumbuhan penduduk terhadap penyusutan luas lahan sawah disajikan pada gambar 2.





Gambar 2. Stock Flow Diagram Pertumbuhan Penduduk dan Penyusutan Luas Lahan Sawah

Model diagram stock flow yang di ditampilkan pada gambar 2 rate kelahiran, kematian, migrasi dan migrasi mempengaruhi jumlah penduduk seiring waktu. Penyusutan lahan sawah di pengaruhi oleh kepadatan penduduk, yang mana apabila kepadatan penduduk semakin meningkat maka penyusutan lahan sawah juga ikut meningkat. Pada luas lahan sawah juga dipengaruhi oleh kepadatan penduduk, semakin meningkat kepadatn penduduk maka luas lahan sawah akan menurun yang mana akan mempengaruhi produksi pangan, produksi pangan akan terus menurun seiring menurunnya luas lahan sawah.

### Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Penyusutan Luas Lahan Sawah Terhadap Produksi Pangan

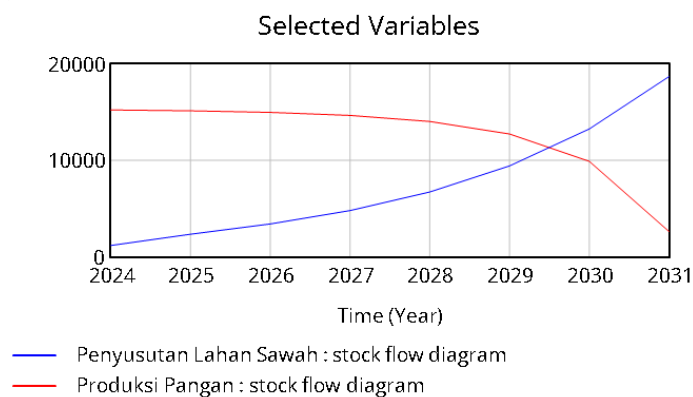
Tabel di bawah merupakan hasil dari simulasi proyeksi pertumbuhan penduduk dan luas lahan sawah terhadap produksi pangan di kabupaten Bantul.

Tabel 3. Proyeksi Model Sistem Dinamis Pertumbuhan Penduduk dan Penyusutan Luas Lahan Sawah Terhadap Produksi Pangan di Kabupaten Bantul

Tahun	Pertumbuhan Penduduk (jiwa)	Penyusutan Lahan Sawah (Hektar)	Produksi pangan padi (Ton)
2024	1.092.647	1.184	15.236
2025	2.213.800	2.354.51	15.146
2026	4.456.150	3.419.3	14.981,50
2027	8.940.910	4.808.29	14.665,50
2028	17.910.600	6.728.76	14.036,90
2029	35.850.100	9.434.14	12.741,10
2030	71.729.700	13.265.3	9.905,55
2031	143.490.000	18.694.7	2.636,10

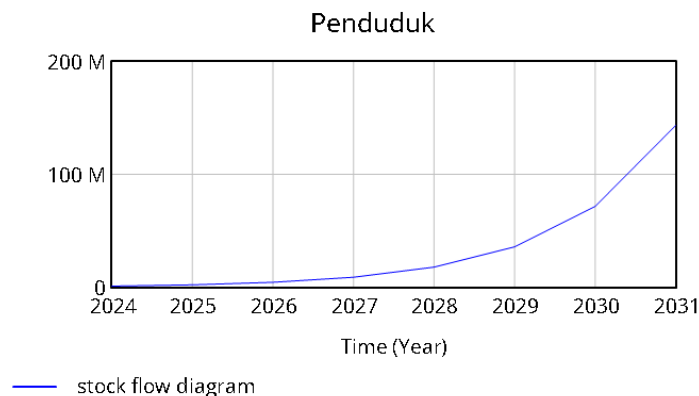
Sumber: Hasil Simulasi Sistem Dinamis Menggunakan Vensim

Hasil simulasi model system dinamis yang ditunjukkan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah penduduk di kabupaten Bantul diperkirakan akan terus bertambah dengan laju pertumbuhan yang relatif tinggi hingga tahun 2031. Pertumbuhan Penduduk meningkat seiring bertambahnya tahun, tepatnya pada tahun 2028 sampai 2031 pertumbuhan penduduk mengalami peningkatan secara signifikan.



Gambar 3. Grafik Model Sistem Dinamis Penyusutan Lahan Sawah dan Produksi Pangan

Laju pada penyusutan lahan sawah meningkat seiring berjalannya tahun, penyusutan lahan mengalami kenaikan yang yang signifikan, 2024 penyusutan luas lahan sebanyak 1.184 hektar lalu. penyusutan luas lahan mengalami peningkatan pada tahun 2031 sebanyak 18.694,7 hektar ini merupakan penyusutan yang sangat besar pada 2031. pada tahun 2024 produksi pangan sebanyak 15.236ton beras dan mengalami penurunan yang sangat signifikan pada tahun 2031 dengan jumlah sebesar 2.636,10ton beras.



Gambar 4. Grafik Model system Dinamis Pertumbuhan Penduduk

Pada gambar 3 dan gambar 4 dapat di ketahui bahwa pertumbuhan penduduk di kabupaten Bantul berdampak pada meningkatnya Penyusutan Lahan Sawah Meningkatnya kebutuhan lahan memicu terjadinya penyusutan luas lahan sawah yang mengakibatkan penurunan produksi pangan.

### Kesimpulan

Pertumbuhan penduduk di kabupaten Bantul mengakibatkan kebutuhan lahan yang mana penyusutan lahan sawah semakin meningkat yang mengakibatkan menurunnya jumlah produksi pangan di daerah tersebut. Proyeksi pertumbuhan penduduk Kabupaten Bantul menunjukkan kenaikan sebesar 10% per tahun, yang dapat memberikan gambaran tentang beban yang dihadapi oleh wilayah ini dalam menyediakan layanan dan infrastruktur bagi penduduk yang semakin bertambah. Faktor-faktor seperti urbanisasi, perubahan penggunaan lahan, dan faktor ekonomi memainkan peran penting dalam proses ini. Analisis menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara pertumbuhan penduduk dan penyusutan lahan sawah. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan penduduk dapat menjadi salah satu penyebab penyusutan lahan sawah. Penyusutan lahan sawah dapat memiliki dampak serius terhadap produksi pangan di Kabupaten Bantul. Meningkatnya kebutuhan pangan akibat pertumbuhan penduduk yang cepat dapat menimbulkan tekanan signifikan terhadap ketahanan pangan di tingkat lokal.

## Daftar Pustaka

- Aryani, R. P. (2022). Causal Loop Diagram Kepuasan Pelanggan terhadap Layanan Publik: Studi Kasus Direktorat Registrasi Pangan Olahan, BPOM. *Eruditio: Indonesia Journal of Food and Drug Safety*, 2(2), 56-72.
- Bayer, S. (2004). Sterman, John. 2000. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. *Interfaces*, 34(4), 324-327.
- Dyson, T., & Censuses. (2010). "Population and Development Review, 2010 Revision of the World Urbanization Prospects." *Population and Development Review*, 36(1), 177-181.
- Dyson, T., & Censuses. (2010). "World Urbanization Prospects: The 2010 Revision." *Population and Development Review*, 36(1), 177-181.
- Foltz, J. D., et al. (2002). "The Role of Economic Factors in Land-Use Decisions: Implications for the Conservation Reserve Program." *Land Economics*, 78(2), 245-256.
- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2), 143-150.
- Harahap, S. R. (2017). Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Penyusutan Luas Hutan Dengan Pendekatan Dinamika Sistem di Kawasan Penyangga Suaka Margasatwa Bukit Rimbang Bukit Baling. *Prosiding Seminar Nasional "Mitigasi Dan Strategi Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Di Indonesia,"* 99–106. <http://registrasi.seminar.uir.ac.id/prosiding/index.php?kate=sains#>
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., ... & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change*, 11(4), 261-269.
- Nations, U. (2013). *World population prospects: the 2012 revision highlights and advance tables*. New York: Department of Economic & Social Affairs.
- Rozaki, A., et al. (2019). "Rice field utilization optimization to increase food security in urban fringe area." *Journal of Physics: Conference Series*, 1374(1), 012064.
- Setiawan, B., et al. (2018). "Impacts of Urbanization on Agricultural Land Conversion in Suburban Areas." *Sustainable Cities and Society*, 42, 350-360
- Setiawan, B., et al. (2018). "Urbanization impact on land use change in suburban areas." *Journal of Land Use Science*, 13(4), 374-391.
- Sukmawati, A. M. A., & Utomo, P. (2020). *Dinamika Spasial Perkembangan Kawasan Perkotaan Di Kabupaten Bantul, Provinsi DI Yogyakarta*.
- Susilastuti, D., Putrawan, I. M., & Wijaya, C. H. (2009). Model Hubungan Penduduk dan Konversi Lahan dengan Ketersediaan Air Bersih untuk Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Air melalui Metode System Dynamics di Kabupaten Bekasi. *Jurnal Bumi Lestari*, 9(2), 138-150.
- Trenggonowati, D. L., Safi'i, I., & Umyati, A. (2020). Pemodelan sistem dinamis dalam menentukan supplier menggunakan simulasi Powersim. *Journal Industrial Services*, 5(2), <https://doi.org/10.36055/jiss.v5i2.7994>