

MODEL DINAMIKA PERTUMBUHAN PENDUDUK TERHADAP KEBUTUHAN LAHAN PERMUKIMAN DAN RUANG TERBUKA HIJAU DI KECAMATAN TANAH GROGOT KABUPATEN PASER

Rina Ratna Sari AR

Universitas Terbuka, Banten, Indonesia

Korespondensi: rinandilo@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan penduduk di Kecamatan Tanah Grogot, Kabupaten Paser, meningkatkan kebutuhan lahan permukiman dan ruang terbuka hijau (RTH) yang berpotensi menimbulkan tekanan pada daya dukung dan daya tampung lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis dinamika pertumbuhan penduduk terhadap kebutuhan lahan menggunakan pendekatan sistem dinamis. Metode penelitian meliputi penyusunan *Causal Loop Diagram* (CLD) untuk mengidentifikasi hubungan umpan balik antar variabel dan pengembangan *Stock and Flow Diagram* (SFD) untuk simulasi berbagai skenario kebijakan. Variabel yang dianalisis mencakup jumlah penduduk, laju pertumbuhan, kebutuhan lahan permukiman, dan luas RTH. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tanpa intervensi kebijakan, pada tahun 2075 kebutuhan lahan permukiman diproyeksikan mencapai 1.469,75 ha dan RTH mencapai 226,23 ha, dengan defisit lahan sebesar 412,44 ha. Kebutuhan lahan baru mulai terjadi pada tahun 2050 akibat terlampauinya kapasitas ruang yang tersedia, yang mengindikasikan potensi *overshoot* dan degradasi fungsi ekologis. Skenario penurunan laju pertumbuhan penduduk dari 1,74% menjadi 1% mampu menekan kebutuhan lahan permukiman menjadi 1.097,07 ha dan RTH menjadi 172,10 ha, serta menunda kebutuhan lahan baru hingga tahun 2060. Sementara itu, penurunan laju pertumbuhan hingga 0,5% per tahun dengan penundaan dua tahun juga mengurangi tekanan spasial dan menunda defisit hingga 2065. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengendalian pertumbuhan penduduk berperan penting dalam menjaga keseimbangan antara kebutuhan pembangunan dan kapasitas lingkungan. Integrasi kebijakan kependudukan dengan pengelolaan tata guna lahan dan peningkatan RTH diperlukan untuk mempertahankan stabilitas fungsi ekologis dan mendukung keberlanjutan lingkungan perkotaan.

Kata kunci: lahan permukiman; pertumbuhan penduduk; ruang terbuka hijau; sistem dinamis; Tanah Grogot

Abstract

Population growth in Tanah Grogot District, Paser Regency, increases the need for residential land and green open space (RTH), which has the potential to put pressure on the environmental carrying capacity and capacity. This study aims to analyze the dynamics of population growth on land needs using a dynamic systems approach. The research method includes the preparation of a Causal Loop Diagram (CLD) to identify feedback relationships between variables and the development of a Stock and Flow Diagram (SFD) to simulate various policy scenarios. The variables analyzed include population size, growth rate, residential land needs, and green open space area. The simulation results show that without policy intervention, in 2075 the need for residential land is projected to reach 1.469,75 ha and green open space to reach 226,23 ha, with a land deficit of 412,44 ha. New land needs begin to occur in 2050 due to exceeding the capacity of available space, which indicates the potential for overshoot and degradation of ecological functions. The scenario of reducing the population growth rate from 1,74% to 1% is able to reduce the need for residential land to 1.097,07 ha and green open space to 172,10 ha, and delay the need for new land until 2060. Meanwhile, reducing the growth rate to 0,5% per year with a two-year delay also reduces spatial pressure and delays the deficit until 2065. This study concludes that controlling population growth plays an important role in maintaining the balance between development needs and environmental capacity. Integration of population policies with land use management and increasing green open space is needed to maintain the stability of ecological functions and support the sustainability of the urban environment.

Keywords: dynamic system; green open space; population growth; residential land; Tanah Grogot

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi perubahan penggunaan lahan dan kualitas lingkungan di kawasan perkotaan. Peningkatan jumlah penduduk mendorong kebutuhan lahan permukiman, infrastruktur, dan fasilitas publik, yang akhirnya berimplikasi pada konversi lahan serta tekanan pada daya dukung dan daya tampung lingkungan. Fenomena ini terjadi di Kecamatan Tanah Grogot, pusat pemerintahan Kabupaten Paser, yang dalam beberapa tahun terakhir mengalami pertumbuhan penduduk dan dinamika urbanisasi yang signifikan. Laju pertumbuhan penduduk yang tinggi berpotensi mempercepat perubahan tutupan lahan, terutama dari lahan tidak terbangun menjadi kawasan permukiman sehingga memunculkan tantangan dalam menjaga keseimbangan ekologis wilayah. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Tanah Grogot antara tahun 2022-2023 adalah sebesar 8,61%. Angka ini meningkat drastis dibanding tahun 2021-2022 yang laju pertumbuhan penduduknya hanya 1,74%. Pertumbuhan penduduk yang tidak mampu dikendalikan menyebabkan perubahan dalam struktur ruang yang dapat berakibat pada status kualitas hidup masyarakat, seperti meningkatnya kebutuhan lahan untuk tempat tinggal, fasilitas umum, serta area Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang merupakan bagian krusial dalam terwujudnya lingkungan yang sehat dan berkelanjutan (Christiani et al., 2014).

Dinamika pertumbuhan penduduk yang mencakup perubahan jumlah, struktur, dan distribusi penduduk dipengaruhi oleh faktor kelahiran, kematian, dan migrasi. Pertumbuhan alami mengacu pada selisih antara angka kelahiran dan angka kematian, sementara migrasi melibatkan perpindahan penduduk antar wilayah yang dapat mempercepat atau memperlambat laju pertumbuhan penduduk suatu daerah (Rosa & Karyana, 2023). Tingkat kelahiran dan kematian serta migrasi dapat berpengaruh positif dan negatif terhadap demografi (Bagaskoro et al., 2022). Di wilayah perkotaan yang berkembang, faktor migrasi sering menjadi penentu utama meningkatnya jumlah penduduk karena adanya konsentrasi aktivitas pemerintahan, ekonomi, dan layanan sosial (Cahaya, 2021). Pertumbuhan tersebut tidak hanya berdampak pada aspek sosial ekonomi, tetapi juga pada lingkungan, khususnya peningkatan kebutuhan lahan terbangun. Pola kehidupan keluarga dan tingkat pendidikan masyarakat juga berpengaruh terhadap angka kelahiran dan preferensi terhadap pemukiman (Nugroho et al., 2022). Kondisi lingkungan yang mendukung (misalnya, ketersediaan lahan dan air bersih) atau bencana alam dapat mempengaruhi keputusan penduduk untuk berpindah tempat atau menetap di suatu daerah (Hidayati et al., 2020). Perluasan permukiman tanpa perencanaan dapat mengakibatkan

fragmentasi habitat, menurunnya kualitas tanah, berkurangnya area resapan air, meningkatnya risiko banjir, dan fenomena *urban heat island*.

Pembangunan wilayah harus mempertimbangkan prinsip keberlanjutan lingkungan sebagaimana diamanatkan dalam Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menekankan pentingnya menjaga daya dukung dan daya tampung lingkungan. Salah satu elemen kunci dalam menjaga keseimbangan ekologis kawasan perkotaan adalah ketersediaan RTH (Dewiyanti, 2011). RTH memiliki fungsi ekologis sebagai penyerap karbon, pengendali iklim mikro, pereduksi limpasan permukaan, dan habitat bagi keanekaragaman hayati (Syamsiar et al., 2024). Selain itu, RTH berkontribusi pada peningkatan kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Proporsi minimal RTH di wilayah perkotaan diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008, yang mensyaratkan ketersediaan paling sedikit 30% dari luas wilayah kota, terdiri dari 20% RTH publik dan 10% RTH privat. Pada tahun 2021 penggunaan lahan permukiman di Kabupaten Paser seluas 5.786 ha (Satu Data Kaltim). Data luasan RTH hanya sebesar 33,54 ha pada tahun 2021 (Indeks Kualitas Lingkungan Hidup, 2021). Batudoka (2005) menyatakan dua pertiga bagian kota adalah perumahan dan permukiman, karenanya arah perkembangan permukiman kota perlu dicermati (Nurhidayati, 2016). Peningkatan kebutuhan lahan permukiman sering kali terjadi lebih cepat dibandingkan penyediaan RTH, sehingga dapat memicu ketimpangan spasial dan ekologis. Ketidakseimbangan ini berpotensi menurunkan kualitas lingkungan hidup, yang tercermin dalam indikator seperti Indeks Kualitas Lahan (IKL) dan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) (Dotulong et al., 2020). Salah satu perwujudan tercapainya kesejahteraan rakyat dibuktikan dengan meningkatnya taraf kualitas kehidupan yang memadai dan bermartabat melalui pemenuhan kebutuhan papan sebagai salah satu hajat dasar manusia (Fahmi & Widyawati, 2020).

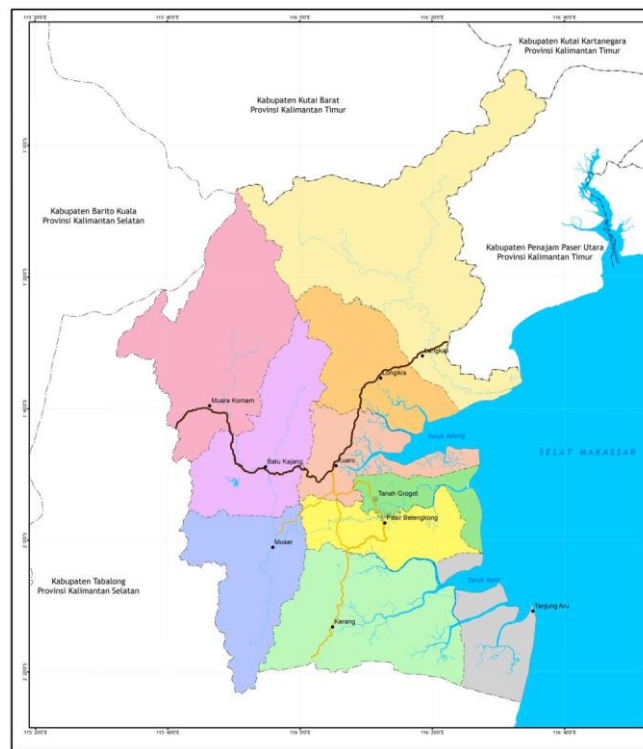
Permasalahan kompleks tersebut memerlukan pendekatan analitis yang mampu menggambarkan keterkaitan dinamis antara pertumbuhan penduduk, kebutuhan lahan permukiman, dan ketersediaan RTH. Model sistem dinamis menjadi salah satu pendekatan yang relevan karena dapat merepresentasikan hubungan sebab-akibat, umpan balik (*feedback loop*), serta proyeksi perubahan dalam jangka waktu tertentu. Melalui simulasi model, dapat diestimasi skenario kebutuhan lahan permukiman dan RTH berdasarkan variasi laju pertumbuhan penduduk, sehingga diperoleh gambaran potensi tekanan terhadap lingkungan di masa depan. Penelitian ini bertujuan membangun model dinamika pertumbuhan penduduk di Kecamatan Tanah Grogot dan menganalisis implikasinya terhadap kebutuhan lahan permukiman

dan RTH. Hasil kajian diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan perencanaan berbasis lingkungan, serta menjadi dasar pertimbangan kebijakan pembangunan wilayah yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Tanah Grogot yang merupakan bagian dari wilayah Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Kabupaten Paser adalah salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Timur yang terletak paling selatan, tepatnya pada posisi $0^{\circ} 48' 29,44''$ - $2^{\circ} 37' 24,21''$ Lintang Selatan dan $115^{\circ} 37' 0,77''$ - $118^{\circ} 1' 19,82''$ Bujur Timur. Ibukota kabupaten ini terletak di Tana Paser. Luas wilayah Kabupaten Paser adalah $11.603,94 \text{ km}^2$, sedangkan luas wilayah Kecamatan Tanah Grogot adalah $335,58 \text{ km}^2$. Lokasi ini dipilih secara sengaja (*purposive*) karena merupakan ibukota kabupaten dengan wilayah yang memiliki penduduk terbanyak.



Gambar 1. Peta wilayah Kabupaten Paser (Sumber: Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Tahun 2024)

2.2. PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dilakukan pada Oktober s.d. Desember 2024. Data yang diinventarisasi adalah data sekunder, yaitu jumlah penduduk, laju pertumbuhan penduduk, luas penggunaan

lahan permukiman, dan luas RTH pada tahun 2021 s.d. 2023. Kecamatan Tanah Grogot memiliki luas wilayah 335,58 km² dengan kepadatan penduduk mencapai 229,38 jiwa/ km². Pertumbuhan penduduk di Kecamatan Tanah Grogot menunjukkan tren yang sejalan dengan pola urbanisasi yang berlangsung di banyak daerah lain di Indonesia.

Tabel 1. Jumlah penduduk Kecamatan Tanah Grogot tahun 2021-2023

Tahun	Jumlah Penduduk Kecamatan Tanah Grogot (jiwa)	Laju Pertumbuhan (%)
2021	76.976	0,83
2022	78.339	1,74
2023	85.087	8,61

Sumber: Kabupaten Paser Dalam Angka (2024)

Pada tahun 2021 diketahui penggunaan lahan permukiman di Kabupaten Paser seluas 5.786,72 ha. Khususnya di wilayah Kecamatan Tanah Grogot penggunaan lahan permukiman seluas 1.604,59 ha, 95,15 ha diantaranya termasuk kawasan permukiman kumuh yang masuk dalam program Kotaku (Kota Tanpa Kumuh). Sedangkan luas RTH dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan data ditetapkan simulasi model untuk tingkat kebutuhan lahan permukiman, kebutuhan lahan fasilitas umum (fasum) dan fasilitas sosial (fasos), dan kebutuhan lahan RTH.

Tabel 2. Luas RTH Kecamatan Tanah Grogot tahun 2021-2023

Tahun	Luas RTH (ha)	Laju Pertumbuhan (%)
2021	33,5462	0
2022	46,1062	4,04
2023	48,6982	3,38

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Paser (2024)

2.3. PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

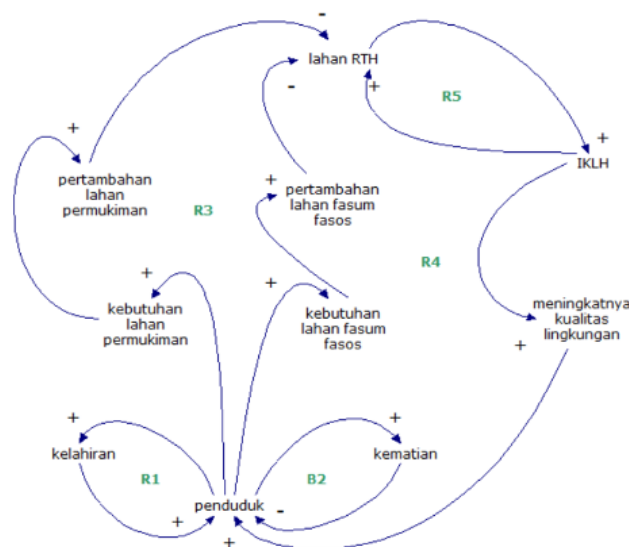
Sistem dinamis adalah sebuah metode pendekatan yang holistik, yang mampu membuat simpel masalah yang rumit tanpa kehilangan inti atau unsur utama dari obyek yang menjadi penelitian (Musfira, 2019). Pendekatan sistem dinamis digunakan untuk analisis hubungan antara pertumbuhan penduduk, kebutuhan lahan permukiman, dan ketersediaan RTH. Tahap awal disusun *Causal Loop Diagram* (CLD) dengan variabel jumlah penduduk, laju pertumbuhan penduduk, kebutuhan lahan permukiman, luas lahan tersedia, dan luas RTH. Selanjutnya *Stock and Flow Diagram* (SFD) akan menggambarkan aliran sistem. Tahapan pembangunan model yaitu sebagai berikut.

2.3.1. Pembuatan Model *Causal Loop Diagram* (CLD)

Pemodelan dilakukan untuk menganalisis proyeksi jumlah penduduk beberapa tahun ke depan, kebutuhan lahan permukiman, kebutuhan RTH yang berbanding lurus dengan lajunya

pertumbuhan penduduk. CLD menggambarkan variabel yang mempunyai relasi bertautan antara satu dengan yang lain berupa hubungan sebab akibat (*feedback loop*). Berikut keterkaitan antar variabel.

- Loop R1 hubungan antara variabel penduduk dengan kelahiran digambarkan sebagai *positive feedback loop* karena peningkatan variabel kelahiran menyebabkan jumlah penduduk juga meningkat. Jumlah penduduk yang bertambah berbanding lurus dengan kebutuhan lahan untuk tempat tinggal.
- Loop B2 hubungan antara variabel penduduk dengan kematian digambarkan sebagai *negative feedback loop* karena peningkatan variabel kematian menyebabkan menurunnya jumlah penduduk.
- Loop R3 hubungan antara variabel penduduk yang meningkat, akan meningkatkan kebutuhan lahan permukiman. Hal ini berdampak pada turunnya luasan RTH karena lahan beralih fungsi menjadi lahan permukiman.
- Loop R4 hubungan antara variabel penduduk yang meningkat, akan meningkatkan kebutuhan lahan fasum dan fasos. Hal ini berdampak pada turunnya luasan RTH karena lahan beralih fungsi menjadi lahan fasum dan fasos.
- Loop R5 hubungan antara variabel lahan RTH dengan IKLH digambarkan sebagai *positive feedback loop* karena peningkatan luasan lahan RTH menyebabkan semakin baiknya nilai IKLH.



Gambar 2. Causal Loop Diagram

2.3.2. Pembuatan Model *Stock and Flow Diagram* (SFD)

SFD adalah instrumen grafis yang dimanfaatkan untuk menggambarkan aliran (*flow*) dan stok (*stock*) dalam suatu sistem dinamis. Dalam konteks sistem dinamis, istilah stok merujuk pada jumlah akumulasi suatu variabel yang ada dalam skema pada suatu titik waktu tertentu, sementara aliran menggambarkan perubahan stok tersebut dari waktu ke waktu. Stok utama model ini adalah jumlah penduduk, luas lahan permukiman, luas fasum-fasos, dan luas RTH. Sedangkan aliran yang memengaruhi stok penduduk adalah laju kelahiran sebagai aliran masuk dan laju kematian sebagai aliran keluar. Peningkatan stok penduduk akan memicu aliran kebutuhan lahan permukiman dan aliran kebutuhan fasum-fasos, yang akan mengurangi stok lahan terbangun.

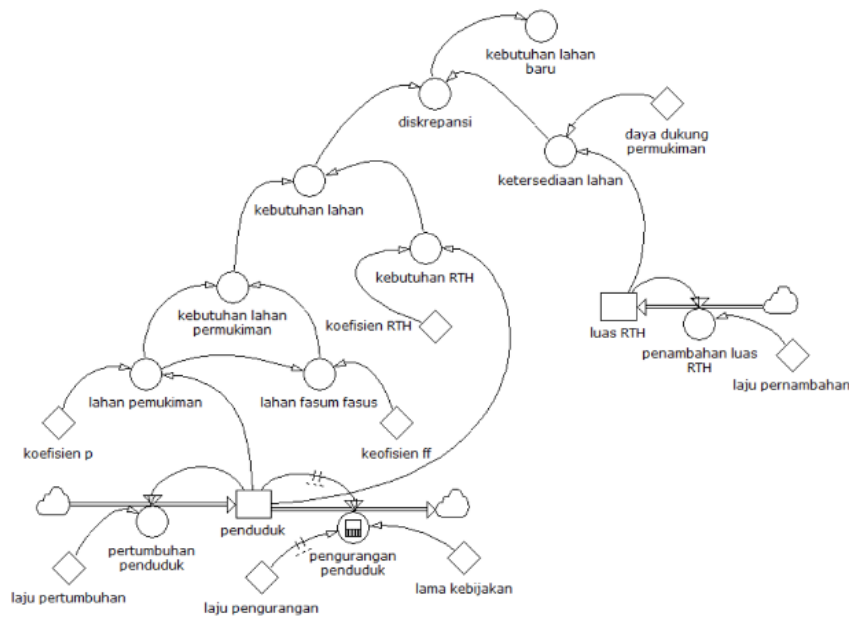
2.3.3. Uji Kecocokan Model

Uji kecocokan model menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) . Jika nilai MAPE dibawah 10% maka dianggap tingkat kecocokan baik dan layak digunakan untuk simulasi skenario jangka panjang.

2.3.4. Penyusunan Skenario Kebijakan

Skenario kebijakan yang akan diuji untuk memproyeksikan kondisi hingga 2075 adalah:

- a. *Bussiness as Usual* (BAU) mengikuti pola saat ini.
- b. Skenario A yaitu menggunakan fungsi *IF* untuk merepresentasikan perubahan kondisi secara langsung berdasarkan kriteria tertentu, sehingga ketika syarat terpenuhi, nilai variabel dapat berubah secara instan sesuai kebijakan yang ditetapkan. Fungsi *IF* diterapkan dengan mensimulasikan penurunan laju pertumbuhan menjadi 1%.
- c. Skenario B yaitu menggunakan fungsi *DELAY*, yang digunakan untuk merepresentasikan jeda waktu antara penerapan kebijakan dan dampaknya terhadap sistem, sehingga perubahan tidak terjadi secara instan tetapi bertahap. Fungsi *DELAY* diterapkan dengan menekan laju pertumbuhan penduduk menjadi 0,5% per tahun yang akan efektif setelah dua tahun. Selama periode tersebut, laju pertumbuhan menurun secara gradual menuju target.



Gambar 3. *Stock Flow Diagram*

2.4. PERANGKAT LUNAK

Software Powersim digunakan untuk membangun dan melakukan simulasi suatu model dinamis yang terdiri dari variabel-variabel yang saling mempengaruhi antara satu dan lainnya dalam suatu kurun waktu (Irianto et al., 2011). Pemodelan menggunakan sistem dinamis yang dibuat melalui aplikasi Powersim Studio 10. Analisis simulasi model dinamis dapat digunakan sebagai alat dalam penentuan kebijakan pembatasan laju pertumbuhan penduduk atau laju pembukaan lahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL SIMULASI MODEL

3.1.1. Sub Model Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk di Kecamatan Tanah Grogot menjadi salah satu pemicu adanya alih fungsi lahan atau bukaan lahan baru untuk permukiman. Sub model menghitung proyeksi jumlah penduduk beberapa tahun ke depan. Dalam konteks pertumbuhan penduduk, stoknya (*stock*) adalah jumlah total individu dalam suatu wilayah pada suatu masa tertentu. Sedangkan aliran (*flow*) masuk yang menggambarkan penambahan jumlah penduduk melalui kelahiran. Proyeksi penduduk Kecamatan Tanah Grogot menggunakan tahun dasar 2021, yang kemudian dilakukan proyeksi ke tahun perencanaan 2050. Hasil perhitungan proyeksi penduduk menggunakan pemodelan diprediksi pada tahun 2050 akan berjumlah 94.330 jiwa, seperti yang tersaji pada Tabel 3. Jenis model pertumbuhan penduduk adalah eksponensial. Model

eksponensial cocok untuk menggambarkan situasi dimana tidak ada pembatasan terhadap pertumbuhan, seperti dalam kondisi awal populasi yang masih sangat kecil atau belum ada faktor-faktor penghambat seperti kelangkaan sumber daya atau peningkatan angka kematian.

Tabel 3. Hasil proyeksi pemodelan

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Lahan Permukiman (ha)	Kebutuhan RTH (ha)
2025	76.976	824,75	153,95
2030	80.171	858,98	160,34
2035	83.498	894,62	167,00
2040	86.963	931,75	173,93
2045	90.572	970,42	181,14
2050	94.330	1.010,69	188,66

3.1.2. Sub Model Kebutuhan Lahan Permukiman

Kaitan antara pemodelan pertumbuhan penduduk dengan kebutuhan lahan permukiman sangat erat, karena pertumbuhan populasi yang pesat cenderung meningkatkan permintaan terhadap lahan untuk tempat tinggal. Semakin banyak individu dalam suatu wilayah, kebutuhan akan lahan untuk permukiman (baik untuk perumahan, infrastruktur, maupun fasilitas publik) juga meningkat. Sub model menghitung proyeksi jumlah kebutuhan lahan permukiman beberapa tahun ke depan. Kebutuhan lahan permukiman adalah penjumlahan kebutuhan lahan permukiman per Kepala Keluarga (KK) dengan kebutuhan lahan untuk fasilitas pendukungnya. Jika menggunakan data penduduk Kecamatan Tanah Grogot pada tahun 2021, maka diperoleh kebutuhan lahan kavling permukiman seluas 1.010,69 ha pada tahun 2050 seperti disajikan pada Tabel 3.

3.1.3. Sub Model Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau (RTH) memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas hidup penduduk perkotaan, terutama dalam konteks kesehatan fisik dan mental. Dalam model pertumbuhan penduduk, keberadaan ruang hijau yang memadai dapat membantu mengurangi efek stres, meningkatkan kesehatan mental, dan menyediakan area untuk aktivitas fisik seperti olahraga. Kurangnya RTH di kota-kota yang berkembang pesat dapat memperburuk masalah kesehatan yang terkait dengan polusi udara, kurangnya aktivitas fisik, dan stres. Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (*Green Open Space*) dapat dihitung berdasarkan jumlah penduduk. Pada tahun 2021, jumlah penduduk Kecamatan Tanah Grogot 76.976 jiwa. Sedangkan kebutuhan RTH dihitung berdasarkan jumlah penduduk dengan standar sebesar 20 m² per penduduk. Dengan menggunakan perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa berdasarkan jumlah penduduk pada tahun 2021, kebutuhan RTH seharusnya mencapai 153,95 Ha. Namun

kenyataannya, ketersediaan RTH tahun 2021 hanya sebesar 33,5462 Ha. Keadaan ini jelas masih jauh dari harapan untuk memenuhi kebutuhan RTH di Kecamatan Tanah Grogot. Proyeksi kebutuhan RTH jika diiringi oleh pertumbuhan penduduk maka akan dibutuhkan 188,66 ha RTH pada tahun 2050.

3.2. ANALISIS HASIL SIMULASI MODEL

Dokumen Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kawasan Perkotaan Tana Paser mencatat ketersediaan lahan permukiman seluas 1.217,19 ha. Data tersebut dianalisis dengan mempertimbangkan kebutuhan RTH, sehingga diperoleh estimasi ketersediaan lahan efektif untuk pengembangan permukiman pada periode proyeksi. Kebutuhan lahan akibat pertumbuhan penduduk dibatasi oleh daya dukung ruang serta kewajiban mempertahankan fungsi ekologis wilayah. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk di Kecamatan tanah Grogot berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan lahan permukiman dan RTH. Jumlah penduduk diproyeksikan meningkat dari 76.976 jiwa pada tahun 2025 menjadi 94.330 jiwa pada tahun 2050. Sejalan dengan itu, kebutuhan lahan permukiman meningkat dari 824,75 ha menjadi 1.010,69 ha, dan kebutuhan RTH dari 153,95 ha menjadi 188,66 ha. Dalam periode yang sama, total ketersediaan lahan efektif menurun dari 1.183,64 ha menjadi 1.143,96 ha. Perbandingan antara total kebutuhan lahan dan ketersediaannya menunjukkan bahwa hingga tahun 2045 kebutuhan masih dapat diakomodasi, meskipun dengan cadangan ruang yang makin terbatas. Pada tahun 2050 terjadi defisit, sehingga diperlukan tambahan lahan permukiman baru seluas 55,40 ha. Kondisi ini mengindikasikan adanya titik ambang (*threshold*) ketika tekanan pertumbuhan penduduk melampaui kapasitas ruang yang tersedia.

Tabel 4. Proyeksi perbandingan antar variabel

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Lahan Permukiman (ha)	Kebutuhan an RTH (ha)	Total Ketersediaan Lahan (ha)	Proyeksi Kebutuhan Lahan Permukiman Baru (ha)
2025	76.976	824,75	153,95	1.183,64	(204,94)
2030	80.171	858,98	160,34	1.177,97	(158,66)
2035	83.498	894,62	167,00	1.171,35	(109,73)
2040	86.963	931,75	173,93	1.163,60	(57,92)
2045	90.572	970,42	181,14	1.154,54	(2,98)
2050	94.330	1.010,69	188,66	1.143,96	55,40

Pertumbuhan penduduk di suatu wilayah akan berefek pada meningkatnya kebutuhan ruang dan perkembangan struktur spasial wilayah. Pengembangan suatu kawasan fisik dapat

mengakibatkan intensifikasi penggunaan lahan dan ekstensifikasi penggunaan lahan (Nugroho et al., 2022). Dinamika ini berpotensi meningkatkan tekanan daya dukung lingkungan apabila tidak diimbangi dengan pengendalian pemanfaatan ruang secara terencana. Model dinamik disimulasikan dalam periode 50 tahun (2025-2075) untuk menggambarkan kecenderungan jangka panjang hubungan antara pertumbuhan penduduk dan kebutuhan lahan. Berdasarkan perhitungan simulasi pada Tabel 5 diketahui bahwa pertumbuhan jumlah penduduk secara konsisten diikuti oleh peningkatan luas kebutuhan lahan permukiman dan RTH. Apabila tidak diiringi upaya menekan jumlah penduduk, maka pertumbuhan penduduk akan terus bertambah dan menyebabkan kondisi *overshoot* yang merugikan (Walukow, 2011). Pada awal periode simulasi, total kebutuhan lahan (permukiman dan RTH) tercatat sebesar 978,70 ha, lalu meningkat signifikan menjadi 1.469,75 ha pada tahun 2075. Sementara itu, ketersediaan lahan permukiman adalah 1.217,19 ha. Perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan lahan menunjukkan bahwa pada akhir periode simulasi terjadi defisit lahan sebesar 412,44 ha. Kondisi ini mengindikasikan terlampauinya daya dukung wilayah. Jika tidak dilakukan intervensi kebijakan, tren ini akan mendorong ekspansi ke lahan tidak terbangun atau kawasan dengan fungsi ekologis penting, sehingga meningkatkan risiko degradasi lingkungan.

Tabel 5. Simulasi model tanpa skenario kebijakan

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Total Kebutuhan Lahan (ha)	Total Ketersediaan Lahan (ha)	Diskrepansi BAU (ha)	Kebutuhan Lahan Baru (ha)
2025	76.976	978,70	1.183,64	(204,94)	0
2030	80.171	1.019,32	1.177,97	(158,66)	0
2035	83.498	1.062,62	1.171,35	(109,73)	0
2040	86.963	1.105,68	1.163,60	(57,92)	0
2045	90.572	1.151,56	1.154,54	(2,98)	0
2050	94.330	1.199,35	1.143,96	55,40	55,40
2055	98.245	1.249,13	1.131,58	117,55	117,55
2060	102.322	1.300,96	1.117,11	183,85	183,85
2065	106.569	1.354,95	1.100,20	254,76	254,76
2070	110.991	1.411,18	1.080,43	330,76	330,76
2075	115.597	1.469,75	1.057,31	412,44	412,44

3.3. UJI KECOCOKAN MODEL

Evaluasi model sistem dinamis dapat dilakukan dengan uji kecocokan model (*goodness-of-fit*). Validasi prediktif idelanya menggunakan data observasi yang tidak terlibat dalam proses pembentukan model. Namun, jika pengujian dilakukan menggunakan data yang sama dengan periode penyusunan model, maka evaluasi tersebut masuk dalam uji kecocokan, bukan validasi prediktif.

Tabel 6. Perbandingan data referensi dengan data simulasi

Tahun	Penduduk Referensi	Penduduk Simulasi
2021	76.976	76.976
2022	78.339	77.614
2023	85.087	78.259
Rata-rata	80.134	77.616

Data penelitian ini menggunakan data penduduk tahun 2021-2023 untuk membangun struktur model dan memperkirakan parameter pertumbuhan. Pengukuran tingkat kesalahan pada periode tersebut adalah uji kecocokan model. Tingkat kesalahan dihitung menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dengan rumus:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{X_r - X_s}{X_r} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

X_r = data referensi

X_s = data simulasi

n = jumlah periode pengamatan

Tanda $| |$ berarti harga mutlak yang digunakan untuk meniadakan tanda minus hasil pengurangan

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai MAPE sebesar 2,98%. Nilai ini berada di bawah ambang 10% yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kecocokan yang baik dan layak digunakan untuk simulasi skenario jangka panjang. Validasi prediktif terhadap data di luar periode kalibrasi direkomendasikan untuk penelitian lanjutan guna menguji kemampuan proyektif model secara lebih kuat.

3.4. SKENARIO KEBIJAKAN

3.4.1. Penurunan Laju Pertumbuhan Penduduk Skenario A

Skenario kebijakan dibutuhkan sebagai informasi tentang cara-cara yang taktis dalam memengaruhi sistem untuk memperoleh tujuan yang diinginkan (Walukow, 2011). Skenario kebijakan diawali dengan intervensi fungsional terhadap parameter penduduk yaitu dengan strategi kebijakan menurunkan laju pertumbuhan penduduk dari 1,74% menjadi 1% (fungsi *IF*). Strategi ini bertujuan untuk menguji sejauh mana pengendalian pertumbuhan penduduk dapat mengurangi tekanan terhadap kebutuhan lahan permukiman. Perhitungan simulasi menyajikan

informasi bahwa penurunan laju pertumbuhan penduduk dapat mengurangi jumlah total kebutuhan lahan dari 1.469,75 ha menjadi 1.094,07 ha pada tahun 2075. Kebutuhan lahan tersebut terdiri dari lahan permukiman seluas 921,97 ha dan lahan RTH seluas 172,10 ha. Laju pertumbuhan penduduk jika ditekan menjadi 1% meskipun menunjukkan efek penurunan yang nyata terhadap level (*stock*) dan laju (*rate*) tetapi tidak mengubah perilaku pola pertumbuhan penduduk. Perhitungan simulasi menyajikan informasi bahwa jumlah penduduk dapat ditekan dari 115.597 jiwa menjadi 86.049 jiwa pada tahun 2075.

Tabel 7. Simulasi model dengan skenario A

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Lahan Permukiman (ha)	Kebutuhan RTH (ha)	Total Kebutuhan Lahan (ha)	Total Ketersediaan Lahan (ha)	Kebutuhan Lahan Baru (ha)
2025	76.976	824,75	153,95	978,70	1.183,64	0
2030	80.171	858,98	160,34	1.019,32	1.177,97	0
2035	83.498	894,62	167,00	1.061,62	1.171,35	0
2040	86.963	931,75	173,93	1.105,68	1.163,60	0
2045	86.224	923,83	172,45	1.096,28	1.154,54	0
2050	85.491	915,98	170,98	1.086,96	1.143,96	0
2055	84.764	908,19	169,53	1.077,72	1.131,58	0
2060	88.282	945,88	176,56	1.122,44	1.117,11	5,33
2065	87.531	937,84	175,06	1.112,90	1.100,20	12,70
2070	86.787	929,87	173,57	1.103,44	1.080,43	23,01
2075	86.050	921,97	172,10	1.094,07	1.057,31	36,76

Secara teknis penurunan laju pertumbuhan penduduk dapat dilakukan dengan melalui beberapa strategi kebijakan, misalnya membatasi usia nikah dan melakukan sosialisasi program KB secara masif. Kebijakan penurunan laju pertumbuhan penduduk berefek pada perlambatan habisnya ketersediaan lahan permukiman. Pada tahun 2060 mulai dibutuhkan tambahan lahan permukiman baru seluas 5,34 ha sehingga pada tahun 2075 dibutuhkan seluas 36,75 ha. Apabila tanpa intervensi fungsional maka kebutuhan lahan permukiman akan dimulai pada tahun 2050 sebesar 55,40 ha sehingga pada tahun 2075 sebesar 412,44 ha.

3.4.2. Penurunan Laju Pertumbuhan Penduduk Skenario B

Skenario berikutnya dengan menggunakan fungsi *DELAY*. Penurunan laju pertumbuhan penduduk ditekan menjadi 0,5% per tahun tetapi membutuhkan waktu 2 tahun untuk menurunkannya. Jika menggunakan kebijakan dengan penundaan waktu seperti ini maka kebutuhan lahan permukiman baru akan dimulai pada tahun 2065. Pada tahun 2065 mulai

dibutuhkan tambahan lahan permukiman baru seluas 18,59 ha sehingga pada tahun 2075 dibutuhkan seluas 99,65 ha.

Tabel 8. Simulasi model dengan skenario B

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Lahan Permukiman (ha)	Kebutuhan RTH (ha)	Total Kebutuhan Lahan (ha)	Total Ketersediaan Lahan (ha)	Kebutuhan Lahan Baru (ha)
2025	76.976	824,75	153,95	978,70	1.183,64	0
2030	78.246	838,36	156,49	994,85	1.177,97	0
2035	79.569	852,53	159,14	1.011,67	1.171,35	0
2040	80.915	866,95	161,83	1.028,78	1.163,60	0
2045	82.284	881,62	164,57	1.046,19	1.154,54	0
2050	83.676	896,53	167,35	1.063,88	1.143,96	0
2055	85.091	911,70	170,18	1.081,88	1.131,58	0
2060	86.530	927,12	173,06	1.100,18	1.117,11	0
2065	87.994	942,80	175,99	1.118,79	1.100,20	18,59
2070	89.483	958,75	178,97	1.137,72	1.080,43	57,29
2075	90.996	974,97	181,99	1.156,96	1.057,31	99,65

Kebutuhan lahan permukiman dengan proyeksi pertumbuhan penduduk tanpa intervensi sampai dengan tahun 2075 adalah 1.238,55 ha. Pada skenario pengurangan laju pertumbuhan penduduk 1% maka kebutuhan lahan permukiman menjadi 921,97 ha. Skenario lain dengan penundaan pengurangan laju pertumbuhan penduduk selama 2 tahun diketahui akan membutuhkan lahan permukiman seluas 974,97 ha. Kebutuhan lahan RTH meningkat seiring laju pertumbuhan penduduk (Syamsiar et al., 2024). Jika suatu wilayah mampu memenuhi kebutuhan RTH maka akan dapat meningkatkan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) (Dotulong et al., 2020). Dengan proyeksi pertumbuhan penduduk sampai dengan tahun 2075 tanpa intervensi dibutuhkan 226,23 ha lahan RTH. Pada saat skenario pengurangan laju pertumbuhan penduduk 1% maka kebutuhan lahan RTH menjadi 172,10 ha. Skenario lain dengan penundaan pengurangan laju pertumbuhan penduduk selama 2 tahun diketahui akan membutuhkan lahan RTH seluas 181,99 ha. Sedangkan total luas RTH di Kecamatan Tanah Grogot sampai dengan akhir tahun 2023 hanya 48,6982 ha. Kekurangan luas lahan RTH ini merupakan pekerjaan rumah yang besar bagi pemerintah. Perlu dilakukan penambahan RTH secara bertahap setiap tahun. Jika luas RTH tersebut terpenuhi, maka dapat dikatakan bahwa peraturan mengenai kebutuhan RTH di Kecamatan Tanah Grogot telah terpenuhi dengan baik.

3.5. IMPLIKASI PERTUMBUHAN PENDUDUK TERHADAP KUALITAS LINGKUNGAN DAN KETERSEDIAAN RTH

Kebutuhan lahan permukiman dan RTH akibat pertumbuhan penduduk perlu dianalisis sebagai faktor penekan kualitas lingkungan. Data Indeks Kualitas Udara (IKU) Kabupaten Paser masih dalam kategori Baik, yaitu 90,59 (2021), 89,53 (2022), dan 90,46 (2023). Nilai ini menunjukkan bahwa kualitas udara masih terjaga, meski ada dinamika pertumbuhan penduduk yang signifikan. Luasan RTH yang meningkat dari 33,54 ha (2021) menjadi 48,69 ha (2023) menunjukkan tren positif, meskipun capaian tersebut masih jauh dari kebutuhan RTH hingga tahun 2075, yang diproyeksikan berkisar 172,10-226,23 ha tergantung skenario kebijakan. Kesenjangan ini akan berpotensi menekan ekologis bila pertumbuhan penduduk dan ekspansi permukiman tidak diimbangi dengan peningkatan RTH. Oleh karena itu, pengendalian penduduk dan percepatan penyediaan RTH perlu mendapat dukungan strategis untuk menjaga daya dukung lingkungan dan keberlanjutan kawasan perkotaan di Kecamatan Tanah Grogot.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi model, tanpa adanya kebijakan pengendalian pertumbuhan penduduk, kebutuhan lahan permukiman dan RTH akan terus meningkat secara signifikan hingga melampaui ketersediaan ruang. Pada tahun 2075, diperkirakan kebutuhan lahan permukiman adalah 1.469,75 ha dengan defisit permukiman sebesar 412,44 ha dan kebutuhan RTH sebesar 226,23 ha, dengan titik awal kekurangan lahan terjadi pada tahun 2050. Kondisi ini menunjukkan potensi terjadinya *overshoot* terhadap daya dukung wilayah. Penerapan skenario kebijakan dengan mengurangi laju pertumbuhan penduduk dapat menekan kebutuhan lahan dan menundanya menjadi defisit. Penurunan laju pertumbuhan penduduk menjadi 1% merupakan skenario paling efektif, menurunkan kebutuhan lahan secara signifikan serta memperlambat tekanan terhadap ruang. Sementara itu, skenario penurunan hingga 0,5% dengan penundaan dua tahun tetap memberikan dampak positif, meskipun efektivitasnya lebih rendah karena adanya akumulasi pertumbuhan pada fase awal. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pengendalian pertumbuhan penduduk adalah instrumen strategis untuk menjaga keseimbangan antar kebutuhan permukiman dan penyediaan RTH. Kebijakan kependudukan perlu diintegrasikan dengan perencanaan tata guna lahan dan percepatan penyediaan RTH agar lingkungan perkotaan di Kecamatan Tanah Grogot dapat terjaga secara berkelanjutan dan adaptif terhadap dinamika pertumbuhan wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Paser. (2021). Kabupaten Paser Dalam Angka.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Paser. (2022). Kabupaten Paser Dalam Angka.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Paser. (2023). Kabupaten Paser Dalam Angka.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Paser. (2024). Kabupaten Paser Dalam Angka.
- Bagaskoro, D. S., Alamsyah, F. A., & Ramadhan, S. (2022). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Demografi: Fertilitas, Mortalitas dan Migrasi (Literature Review Perilaku Konsumen). *Jurnal Ilmu Hukum Humaniora Dan Politik*, 2(3), 294–303. <https://doi.org/10.38035/jihhp.v2i3>
- Cahaya, A. (2021). *Analisis Faktor-Faktor Penyebab Migrasi Penduduk Jawa Barat Akibat Pertumbuhan Penduduk yang Tinggi*.
- Christiani, C., Tedjo, P., & Martono, B. (2014). Analisis Dampak Kepadatan Penduduk Terhadap Kualitas Hidup Masyarakat Provinsi Jawa Tengah. *Serat Acitya - Jurnal Ilmiah*, 3, 102–114.
- Dewiyanti, D. (2011). Ruang Terbuka Hijau Kota Bandung Suatu Tinjauan Awal Taman Kota Terhadap Konsep Kota Layak Anak. *Majalah Ilmiah UNIKOM*, 7, 13–26.
- Dinas Lingkungan Hidup. (2024). Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah.
- Dotulong, J. R. G., Polii, B. J. V., & Pakasi, S. E. (2020). Analisis Indeks Kualitas Lingkungan Hidup di Kota Manado. *Jurnal Administrasi Publik*, 6(97), 9–21.
- Fahmi, & Widyawati, R. (2020). Analisis Kebutuhan Pengembangan Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Pesisir Barat Tahun 2018 – 2037. *Jurnal Profesi Insinyur*, 1(2), 40–53.
- Hidayati, N., Putra, A., Dewita, M., & Framujiastri, N. E. (2020). Dampak Dinamika Kependudukan Terhadap Lingkungan. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan*, 2, 33–42.
- Irianto, E. W., Triweko, R., & Yudianto, D. (2011). Estimasi Dinamik Jangka Panjang Terhadap Kualitas Air Untuk Pengendalian Eutrofikasi Pada Waduk Jatiluhur. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 3(1), 1–16. <http://www.pusair-pu>.
- Musfira. (2019). Rancangan Model Pengelolaan Air Bersih Dalam Upaya Pemanfaatan Sumber Daya Air Secara Berkelanjutan. *Jurnal DINAMIS*, 17(1), 111–125.

- Nugroho, C., Agustang, A., & Pertiwi, N. (2022). Dinamika Pertumbuhan Kawasan Permukiman Kota Jambi. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 8(1), 462–467. <https://doi.org/10.36312/jime.v8i1.2664>
- Nurhidayati, E. (2016). Prediksi Perkembangan Lahan Permukiman Terhadap Kerentanan Bencana Banjir dan Kebakaran di Permukiman Tepian Sungai Kapuas Kota Pontianak. *Prodising Seminar Nasional Sustainable Architecture and Urbanism*, 152–165.
- Rosa, I. D., & Karyana, Y. (2023). Perkiraan Angka Migrasi Neto Perkelompok Umur Provinsi Jawa Barat Tahun 2020 dan 2021. *Jurnal Riset Statistik*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.29313/jrs.v3i1.1773>
- Syamsiar, N. R., Saputra, A. G., & Suriadi, N. A. (2024). Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Di Kota Majene. *Bandar: Journal of Civil Engineering*, 6(1), 43–48.
- Walukow, A. F. (2011). Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Beban Sumber Pencemar di Danau Sentani dengan Model Sistem Dinamik Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Purifikasi*, 12(2), 63–74.