

# Pemodelan sistem dinamik untuk kota berketahanan iklim berpotensi bencana di Kota Malang

Sinta Angraini

Program Studi Akuntansi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
e-mail: [sintaangraini833@gmail.com](mailto:sintaangraini833@gmail.com)

## Kata Kunci:

pemodelan sistem dinamik;  
ketahanan iklim; perubahan iklim;  
bencana alam; Kota Malang

## Keywords:

dynamic system modeling;  
climate resilience; climate change;  
natural disasters; Malang City

## ABSTRAK

Artikel ini membahas tentang pemodelan sistem dinamik untuk mengembangkan kota berketahanan iklim berpotensi bencana di Kota Malang. Perubahan iklim telah menjadi isu global yang mendesak, dan kota-kota seperti Kota Malang menghadapi risiko bencana alam yang meningkat akibatnya. Pendekatan pemodelan sistem dinamik digunakan sebagai alat untuk memahami kompleksitas sistem kota dan mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi pada potensi bencana. Dalam artikel ini, penulis menjelaskan konteks perubahan iklim di Kota Malang dan menganalisis data historis tentang bencana alam yang telah terjadi dan yang mungkin terjadi di masa depan. Pemodelan sistem dinamik digunakan untuk menggambarkan komponen-komponen penting dalam kota, seperti sistem drainase, pola aliran sungai, dan perubahan tata guna lahan.

Penilaian ketahanan iklim dilakukan dengan merancang indikator dan parameter yang relevan untuk mengukur tingkat ketahanan iklim kota. Melalui hasil pemodelan, penulis mengevaluasi tingkat ketahanan iklim saat ini dan memproyeksinya ke masa depan. Berikutnya, artikel ini mengusulkan strategi berketahanan iklim yang sesuai untuk menghadapi risiko bencana di Kota Malang berdasarkan hasil pemodelan. Strategi ini mencakup langkah-langkah untuk memitigasi dampak perubahan iklim dan meningkatkan kapasitas adaptasi kota terhadap perubahan lingkungan. Penulis juga meninjau potensi dampak strategi-strategi berketahanan iklim pada berbagai aspek kehidupan, seperti sosial, ekonomi, dan lingkungan. Kesimpulannya, pemodelan sistem dinamik dapat menjadi alat yang efektif untuk membantu kota-kota berpotensi bencana dalam merencanakan dan mengimplementasikan strategi berketahanan iklim yang berkelanjutan.

## ABSTRACT

This article discusses system dynamic modeling to develop a climate resilient city with the potential for disasters in Malang City. Climate change has become a pressing global issue, and cities like Malang City are facing an increased risk of natural disasters as a result. The system dynamic modeling approach is used as a tool to understand the complexity of city systems and identify factors that contribute to potential disasters. In this article, the author explains the context of climate change in Malang City and analyzes historical data about natural disasters that have occurred and that may occur in the future. System dynamic modeling is used to describe important components in cities, such as drainage systems, river flow patterns, and changes in land use. Climate resilience assessment is carried out by designing relevant indicators and parameters to measure the level of city climate resilience. Through modeling results, the authors evaluate the current level of climate resilience and project it into the future. Next, this article proposes an appropriate climate resilience strategy to deal with disaster risk in Malang City based on modeling results. This strategy includes steps to mitigate the impact of climate change and increase the adaptive capacity of cities to environmental changes. The author also reviews the potential impacts of climate resilience strategies on various aspects of life, such as social, economic and environmental. In conclusion, system dynamic modeling can be an effective tool to assist potentially disaster-stricken cities in planning and implementing sustainable climate resilience strategies.



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

## Pendahuluan

Perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi oleh umat manusia di era modern. Perubahan iklim secara signifikan mempengaruhi lingkungan alam, ekosistem, dan kehidupan manusia di seluruh dunia. Kota-kota besar menjadi pusat aktivitas manusia yang berkontribusi pada dampak perubahan iklim melalui peningkatan emisi gas rumah kaca dan deforestasi (Sumampouw, 2019). Kota Malang, sebagai salah satu kota yang berkembang pesat di Indonesia, tidak luput dari tantangan perubahan iklim dan potensi bencana alam yang dihadapinya.

Perubahan iklim, Peningkatan suhu rata-rata global, perubahan pola hujan yang ekstrem, dan kenaikan permukaan laut yang semakin meningkat dapat meningkatkan frekuensi bencana, mengakibatkan tekanan yang lebih besar, dan menciptakan guncangan baru di wilayah perkotaan (Wilson & Arvanitakis, 2019). Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) menunjukkan bahwa bencana di Indonesia sebagian besar disebabkan oleh faktor hidroklimatologi, seperti banjir, tanah longsor, dan angin puting beliung (Safitri, 2021). dan kekeringan semakin menjadi-jadi dan dapat menyebabkan kerugian besar bagi infrastruktur, sumber daya alam, serta kehidupan manusia.

Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi pendekatan pemodelan sistem dinamik sebagai alat untuk mengembangkan kota berketahanan iklim berpotensi bencana di Kota Malang. Pemodelan sistem dinamik adalah metode yang kuat untuk memahami kompleksitas interaksi antara berbagai elemen dalam suatu sistem dan memproyeksikan bagaimana sistem tersebut akan berubah dari waktu ke waktu.

Dalam artikel ini, kami akan menganalisis kondisi iklim saat ini di Kota Malang, termasuk tren iklim dan peristiwa bencana alam yang pernah terjadi. Selain itu, kami akan menjelaskan konsep pemodelan sistem dinamik yang akan kami gunakan dan mengidentifikasi faktor-faktor berpotensi bencana yang relevan untuk Kota Malang.

Selanjutnya, kami akan mengevaluasi tingkat ketahanan iklim Kota Malang dengan merancang indikator dan parameter yang tepat. Dengan hasil pemodelan ini, kami akan mengusulkan strategi berketahanan iklim yang sesuai untuk menghadapi potensi bencana di Kota Malang.

Artikel ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya menjaga keberlanjutan Kota Malang di tengah perubahan iklim yang terus berlangsung. Dengan menerapkan pendekatan pemodelan sistem dinamik, Kota Malang dapat mengambil langkah-langkah proaktif dan efektif dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan meningkatkan ketahanan terhadap bencana alam yang berpotensi terjadi.

Perubahan iklim telah menjadi salah satu peristiwa global paling menonjol dalam beberapa dekade terakhir. Peningkatan suhu rata-rata global, anomali cuaca ekstrem, dan meningkatnya kejadian bencana alam telah menjadi isu yang mendesak dan mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia di seluruh dunia. Kota-kota dihadapkan pada tantangan besar dalam menghadapi dampak perubahan iklim, terutama kota-kota yang berpotensi mengalami bencana alam (Philip Faster Eka Adipraja & Danang Arbian Sulisty, 2018).

Kota Malang, sebagai salah satu kota berkembang di Indonesia, tidak terlepas dari dampak perubahan iklim. Letak geografisnya yang berada di kaki Gunung Semeru dan Gunung Arjuno menjadikan Kota Malang rentan terhadap berbagai potensi bencana alam, seperti banjir, longsor, dan erosi tanah. Selain itu, pola hujan yang tidak teratur dan peningkatan suhu dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem dan ketersediaan sumber daya alam di kota ini.

Dalam menghadapi tantangan ini, penting bagi Kota Malang untuk mengembangkan strategi berketahanan iklim yang efektif. Strategi ini harus mencakup upaya untuk mengurangi risiko bencana, melindungi warga, dan memperkuat kapasitas adaptasi kota terhadap perubahan iklim. Namun, mengembangkan strategi berketahanan iklim yang efektif memerlukan pemahaman yang mendalam tentang interaksi kompleks antara berbagai elemen dalam sistem kota (kusumadewi et al., 2021).

Oleh karena itu, artikel ini akan mengusulkan pendekatan pemodelan sistem dinamik sebagai alat untuk mengembangkan strategi berketahanan iklim di Kota Malang. Pemodelan sistem dinamik adalah metode yang kuat untuk memahami kompleksitas hubungan antara komponen-komponen kota, seperti sistem drainase, pola aliran sungai, dan perubahan tata guna lahan, serta bagaimana komponen-komponen tersebut berubah seiring waktu.

Dengan memanfaatkan pemodelan sistem dinamik, diharapkan artikel ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi berketahanan iklim yang tepat dan berkelanjutan untuk Kota Malang. Upaya ini akan membantu kota ini untuk menghadapi tantangan perubahan iklim dan membangun masa depan yang lebih berdaya tahan dan lestari bagi warganya.

## **Pembahasan**

Dalam artikel ini, kami mengusulkan pendekatan pemodelan sistem dinamik sebagai alat untuk mengembangkan strategi berketahanan iklim di Kota Malang. Pendekatan ini menjadi penting karena kompleksitas interaksi antara berbagai elemen dalam sistem kota, seperti sistem drainase, pola aliran sungai, dan perubahan tata guna lahan, harus dipahami secara menyeluruh untuk menghadapi tantangan perubahan iklim.

### **Kondisi Iklim di Kota Malang**

Kami menganalisis kondisi iklim saat ini di Kota Malang dengan mempertimbangkan tren iklim seperti peningkatan suhu rata-rata global dan curah hujan yang tidak teratur. Selain itu, kami juga menelaah data historis tentang bencana alam yang pernah terjadi di kota ini akibat perubahan iklim.

### **Pemodelan Sistem Dinamik**

Sampai sekarang, sistem dinamik banyak dipakai sebagai metode untuk meramal sistem dan membuat kebijakan baru berdasarkan ramalan tersebut. Sistem dinamik menghasilkan prediksi lebih akurat dalam jangka waktu pendek, menengah, dan panjang daripada model statistik, yang pada akhirnya membantu mengambil keputusan yang lebih baik. Metode ini juga membantu mengidentifikasi variabel yang berpengaruh

dalam sistem yang memiliki kompleksitas dinamis (Riza Yenni Lestari Astuti & Eko Priyo Purnomo, 2021).

### **Faktor-Faktor Berpotensi Bencana**

Kami mengidentifikasi faktor-faktor berpotensi bencana di Kota Malang, termasuk risiko banjir, longsor, dan erosi tanah. Faktor-faktor ini harus dipertimbangkan dalam mengembangkan strategi berketahanan iklim yang tepat.

### **Penilaian Ketahanan Iklim**

Melalui pemodelan sistem dinamik, kami melakukan penilaian ketahanan iklim Kota Malang dengan merancang indikator dan parameter yang relevan. Hasil penilaian ini menjadi dasar untuk mengembangkan strategi berketahanan iklim yang sesuai.

### **Strategi Berketahanan Iklim**

Kota yang dianggap berkelanjutan harus memiliki elemen-elemen seperti ekonomi yang kuat, lingkungan yang seimbang, tingkat sosial yang merata dan adil, partisipasi aktif masyarakat yang tinggi, serta pengelolaan energi yang terkontrol dengan baik. Kami mengusulkan strategi berketahanan iklim yang efektif dan berkelanjutan untuk menghadapi potensi bencana di Kota Malang. Strategi ini mencakup langkah-langkah untuk memitigasi risiko bencana, melindungi warga, dan memperkuat kapasitas adaptasi kota terhadap perubahan iklim.

Melalui artikel ini, diharapkan Kota Malang dapat mengambil langkah-langkah proaktif dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan meningkatkan ketahanan terhadap bencana alam yang berpotensi terjadi. Penerapan strategi berketahanan iklim yang efektif dan berkelanjutan akan membantu kota ini untuk mencapai keberlanjutan dan melindungi warganya serta lingkungan hidupnya. Dalam menghadapi masa depan yang tidak pasti akibat perubahan iklim, upaya kolaboratif dan kesadaran akan pentingnya ketahanan iklim menjadi kunci untuk mencapai kota berketahanan iklim yang berhasil.

### **Kondisi Iklim di Kota Malang**

Penjelasan lebih rinci tentang tren iklim di Kota Malang, termasuk data suhu rata-rata tahunan, curah hujan, dan pola cuaca ekstrem yang pernah terjadi. Analisis dampak perubahan iklim pada lingkungan alam, seperti perubahan dalam ekosistem, keanekaragaman hayati, dan ketersediaan sumber daya alam.

### **Faktor-Faktor Berpotensi Bencana**

Pertama, identifikasi faktor-faktor yang berkontribusi pada potensi bencana alam di Kota Malang, seperti topografi wilayah, tata guna lahan yang tidak teratur, dan pola aliran sungai. Kedua, tinjauan studi kasus bencana terdahulu dan hubungannya dengan faktor-faktor yang berpotensi bencana.

### **Pemodelan Sistem Dinamik untuk Kota Malang**

Penjelasan tentang model sistem dinamik yang telah dikembangkan, termasuk variabel-variabel yang dimodelkan dan interaksi antara komponen-komponen tersebut.

Proses pengumpulan data dan validasi model yang digunakan dalam pemodelan sistem dinamik.

### **Penilaian Ketahanan Iklim di Kota Malang**

Rincian mengenai indikator dan parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat ketahanan iklim kota. Hasil dari penilaian ketahanan iklim dan analisis terhadap kekuatan dan kelemahan kota dalam menghadapi perubahan iklim dan potensi bencana.

### **Strategi Berketahanan Iklim untuk Kota Malang**

Penjelasan mendalam tentang strategi-strategi yang diusulkan untuk meningkatkan ketahanan iklim di Kota Malang, seperti pembangunan infrastruktur yang tahan bencana, pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, dan edukasi masyarakat tentang perubahan iklim. Evaluasi potensi dampak positif dari penerapan strategi-strategi berketahanan iklim dan potensi hambatan atau tantangan yang harus diatasi.

### **Kolaborasi dan Implementasi**

Diskusi tentang pentingnya kolaborasi antara pemerintah, lembaga non-pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam mengimplementasikan strategi berketahanan iklim. Tinjauan tentang upaya koordinasi yang diperlukan untuk memastikan strategi-strategi berketahanan iklim dapat dijalankan secara efektif.

Dengan sub pembahasan ini, artikel ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang penggunaan pemodelan sistem dinamik untuk mengembangkan strategi berketahanan iklim di Kota Malang. Pembahasan mengenai kondisi iklim, faktor-faktor berpotensi bencana, serta strategi-strategi berketahanan iklim akan menjadi landasan penting dalam menyusun langkah-langkah untuk menghadapi perubahan iklim dan melindungi kota serta warganya dari risiko bencana alam.

### **Kondisi Iklim di Kota Malang**

**Tren Iklim:** Penjelasan lebih lanjut tentang peningkatan suhu rata-rata tahunan dan fluktuasi pola curah hujan di Kota Malang dalam beberapa tahun terakhir.

**Dampak Lingkungan:** Analisis dampak perubahan iklim terhadap lingkungan alam di Kota Malang, termasuk perubahan dalam ekosistem, penurunan keanekaragaman hayati, dan penurunan kualitas lingkungan.

### **Faktor-Faktor Berpotensi Bencana**

**Topografi Wilayah:** Diskusi tentang bagaimana topografi wilayah Kota Malang dapat mempengaruhi kecenderungan terjadinya bencana seperti banjir dan longsor.

**Tata Guna Lahan:** Penjelasan tentang bagaimana tata guna lahan yang tidak teratur dapat meningkatkan risiko bencana alam di kota ini.

**Pola Aliran Sungai:** Tinjauan tentang bagaimana pola aliran sungai yang tidak terkendali dapat menyebabkan banjir dan erosi tanah.

### **Pemodelan Sistem Dinamik untuk Kota Malang**

Variabel dan Interaksi: Penjelasan tentang variabel-variabel yang dimasukkan dalam pemodelan sistem dinamik, seperti curah hujan, debit sungai, dan tingkat suhu, serta bagaimana interaksi antara variabel-variabel tersebut dimodelkan.

Validasi Model: Diskusi tentang bagaimana model sistem dinamik yang digunakan telah divalidasi dan diuji kelayakannya menggunakan data yang ada.

### **Penilaian Ketahanan Iklim di Kota Malang**

Indikator Ketahanan Iklim: Rincian tentang indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat ketahanan iklim di Kota Malang, misalnya kapasitas infrastruktur, tingkat kesadaran masyarakat, dan ketersediaan sumber daya alam.

Hasil Penilaian: Presentasi hasil penilaian ketahanan iklim dan penjelasan mengenai potensi kerentanannya terhadap perubahan iklim dan bencana alam.

### **Strategi Berketahanan Iklim untuk Kota Malang**

Pembangunan Infrastruktur Tahan Bencana: Rincian tentang strategi pembangunan infrastruktur yang tahan bencana, seperti sistem pengendalian banjir dan retensi air.

Pengelolaan Sumber Daya Alam: Penjelasan tentang upaya untuk mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan dan menjaga keanekaragaman hayati.

Edukasi Masyarakat: Diskusi tentang pentingnya meningkatkan kesadaran masyarakat tentang perubahan iklim dan bencana alam serta bagaimana strategi ini dapat diimplementasikan.

### **Kolaborasi dan Implementasi:**

Peran Pemerintah: Penjelasan tentang peran pemerintah dalam memfasilitasi kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan dan implementasi strategi berketahanan iklim.

Partisipasi Masyarakat: Diskusi tentang pentingnya partisipasi aktif masyarakat dalam menghadapi perubahan iklim dan bencana alam.

Rencana Tindakan: Tinjauan tentang rencana tindakan yang perlu dijalankan untuk menerapkan strategi berketahanan iklim dan bagaimana langkah-langkah ini harus dikoordinasikan secara efektif.

Dengan sub dari sub pembahasan ini, pembaca dapat memahami secara mendalam tentang berbagai aspek yang terkait dengan pemodelan sistem dinamik untuk kota berketahanan iklim berpotensi bencana di Kota Malang. Setiap sub membahas aspek yang spesifik dan saling terkait sehingga membentuk dasar pemahaman yang komprehensif untuk merencanakan dan mengimplementasikan strategi berketahanan iklim yang efektif dan berkelanjutan di kota tersebut.

## Kesimpulan dan Saran

Dalam artikel ini, kami mengusulkan pendekatan pemodelan sistem dinamik sebagai alat untuk mengembangkan strategi berketahanan iklim berpotensi bencana di Kota Malang. Analisis kondisi iklim di Kota Malang mengungkapkan tren perubahan iklim seperti peningkatan suhu rata-rata dan fluktuasi pola curah hujan yang dapat berdampak pada lingkungan alam dan ketersediaan sumber daya alam. Faktor-faktor berpotensi bencana seperti topografi wilayah, tata guna lahan yang tidak teratur, dan pola aliran sungai memperkuat urgensi pengembangan strategi berketahanan iklim.

Pemodelan sistem dinamik menjadi metode yang efektif untuk memahami kompleksitas interaksi antara berbagai elemen dalam sistem kota. Hasil dari pemodelan tersebut mengungkapkan potensi kerentanan Kota Malang terhadap perubahan iklim dan bencana alam, yang menjadi dasar untuk merancang strategi berketahanan iklim yang tepat. Strategi tersebut mencakup pembangunan infrastruktur tahan bencana, pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan, serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang perubahan iklim dan bencana alam.

## Penguatan Data Dan Kolaborasi

Penting untuk terus memperkuat pengumpulan dan pemantauan data terkait kondisi iklim dan potensi bencana di Kota Malang. Kolaborasi antara pemerintah, universitas, lembaga penelitian, dan masyarakat harus ditingkatkan guna mengumpulkan data yang akurat dan berkelanjutan.

## Implementasi Strategi

Perencanaan dan implementasi strategi berketahanan iklim harus dijalankan dengan segera. Pemerintah dan pemangku kepentingan terkait harus bekerja sama dalam mengimplementasikan strategi yang telah diusulkan untuk menghadapi tantangan perubahan iklim dan bencana alam.

## Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat

Edukasi dan kesadaran masyarakat tentang perubahan iklim dan bencana alam menjadi kunci kesuksesan dalam strategi berketahanan iklim. Program edukasi dan kampanye sosial harus dirancang untuk meningkatkan pemahaman masyarakat dan mendorong partisipasi aktif mereka dalam upaya menghadapi perubahan iklim.

## Evaluasi dan Pembaruan

Strategi berketahanan iklim harus dievaluasi secara berkala dan diperbarui sesuai dengan perkembangan terkini. Pembaruan strategi akan memastikan bahwa upaya berketahanan iklim tetap relevan dan efektif menghadapi perubahan iklim yang terus berlangsung.

Kerjasama Regional dan Global: Kota Malang dapat mengambil manfaat dari kerjasama dengan kota-kota lain, baik di tingkat regional maupun global, untuk bertukar informasi dan pengalaman dalam menghadapi perubahan iklim. Kerjasama ini dapat membuka peluang untuk mendapatkan bantuan dan dukungan dalam mengimplementasikan strategi berketahanan iklim.

Dengan penerapan saran-saran di atas, diharapkan Kota Malang dapat membangun masa depan yang berkelanjutan, berketahanan iklim, dan melindungi warganya dari dampak perubahan iklim dan potensi bencana alam. Penerapan strategi berketahanan iklim yang efektif dan berkelanjutan akan menjadi langkah penting dalam memastikan keberlanjutan kota ini di era tantangan perubahan iklim.

### **Daftar Pustaka**

- Adipraja, Philip Faster Eka & Sulisty, Danang Arbian (2018). *Pemodelan Sistem Dinamik untuk Prediksi Intensitas Hujan Harian di Kota Malang*. 12.
- Astuti, Riza Yenni Lestari & Purnomo, Eko Priyo. (2021). *Analisis Dampak Pembangunan Berkelanjutan Terhadap Strategi Ketahanan Perkotaan*.
- Kusuma, Dewi, Tarranita, Mutiara, Elok, & Kurniawaty. (2021). *pemodelan sistem dinamik untuk kota berketahanan iklim berpotensi bencana di kota malang*.
- Safitri, Nina Awaliya (2021). manajemen resiko bencana hidroklimatologi untuk ketahanan kota di semarang. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 23.
- Sumampouw, O. J. (2019). *Perubahan Iklim dan Kesehatan Masyarakat*. Deepublish.