

Prediksi Kenaikan Penduduk Jawa Timur Menggunakan Metode Long Short Term Memory

Atiqur Rozi^{a1}, Muhammad Rohman Irsyadia^{a2}, Sandy Nicholas^{a3}, Anggraini Puspita Sari^{a4}

^aProgram Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

¹ 22081010010@student.upnjatim.ac.id

² 22081010024@student.upnjatim.ac.id

³ 22081010237@student.upnjatim.ac.id

⁴ anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id

Abstract

This research aims to develop a prediction model for population increase in East Java using the Long Short Term Memory (LSTM) method. Historical population data from the previous period will be used as input to train the LSTM model. This approach is expected to produce accurate predictions about population growth in the East Java region. The LSTM method was chosen due to its ability to handle sequential data and long-term memory, which is in line with the characteristics of demographic data. This research will involve data pre-processing, LSTM model building, and model performance evaluation using relevant metrics. The results of this research are expected to contribute to a better understanding of population growth trends in East Java and provide a basis for more informed decision-making in future regional development planning and social policy.

Keywords: Population Prediction, East Java, LSTM

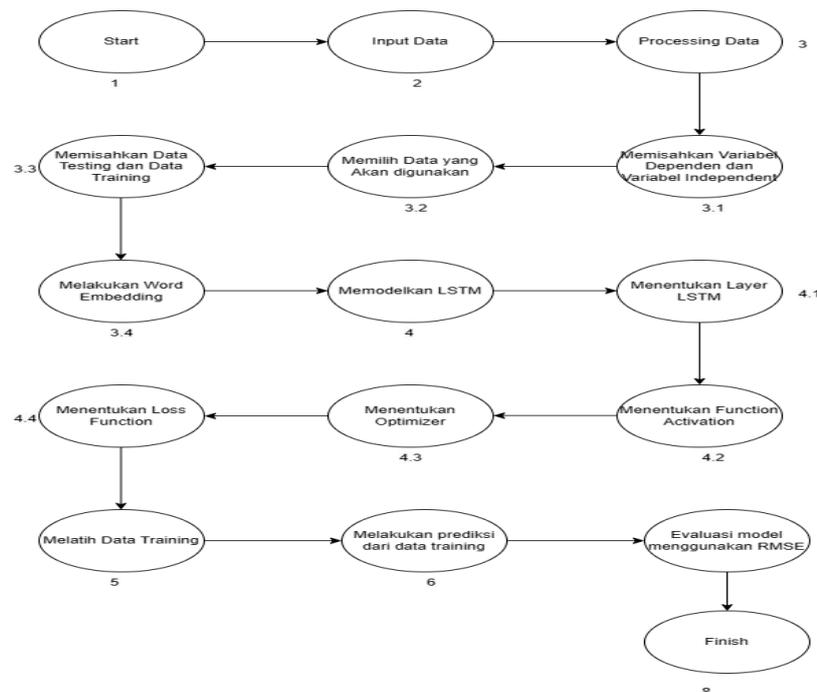
1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk adalah perubahan suatu populasi dari waktu ke waktu dan dapat dihitung sebagai perubahan jumlah individu yang diukur [1]. Pertumbuhan penduduk sebenarnya ditentukan oleh keseimbangan yang dinamis antara dua kekuatan yang dapat menambah ataupun mengurangi jumlah penduduk, baik itu oleh jumlah bayi yang dilahirkan, sekaligus dikurangi oleh jumlah kematian yang dapat terjadi pada semua kelompok umur [2]. Dengan jumlah penduduk 248,8 juta jiwa berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2013 menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki penduduk terbesar keempat di dunia [3]. Wilayah Jawa Timur, salah satu provinsi terpadat di Indonesia, menunjukkan pertumbuhan penduduk yang cepat, menjadikannya fokus utama dalam penelitian ini. Pertumbuhan populasi yang cepat di Jawa Timur mendorong perlunya pengembangan model prediksi yang dapat membantu pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya dalam merencanakan infrastruktur, layanan publik, dan kebijakan sosial yang efektif. Pada saat yang sama, kemajuan dalam bidang kecerdasan buatan, khususnya dalam jaringan saraf tiruan, telah membuka peluang baru dalam memprediksi tren demografis. LSTM merupakan salah satu pengembangan dari metode RNN (Recurrent Neural Network) yang sangat baik untuk menganalisa data deret waktu dan juga memiliki kestabilan yang bagus untuk mempelajari ketergantungan dalam jangka waktu yang panjang, hal ini dikarenakan metode LSTM ini sendiri didukung dengan strukturnya yang terdiri dari tiga gerbang utama yakni : gerbang masukan, gerbang lupa dan gerbang keluaran [4]. Gerbang lupa digunakan untuk mengontrol sejauh mana nilai tetap berada di sel memori, gerbang masukan untuk mengontrol berapa banyak informasi yang harus disimpan, dan gerbang keluaran untuk menentukan nilai yang digunakan untuk menghitung keluaran dari hasil penelitian [5]. Dalam konteks demografi, khususnya dalam pemodelan pertumbuhan penduduk, LSTM menjanjikan pendekatan yang kuat. Karena arsitektur LSTM dapat menangani penyimpanan memori untuk jangka waktu yang lama yang disebabkan oleh faktor sel memori yang diperbesar untuk menangani terjadinya gradien yang hilang di RNN saat memproses data kontinu yang panjang [6]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji model prediksi

menggunakan metode LSTM untuk memproyeksikan pertumbuhan penduduk di Jawa Timur. Data historis jumlah penduduk dari periode sebelumnya akan digunakan sebagai masukan untuk melatih model LSTM. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan prediksi yang akurat terkait pertumbuhan penduduk di wilayah tersebut. Selain memberikan kontribusi pada pemahaman kita tentang tren pertumbuhan penduduk di Jawa Timur, penelitian ini juga memiliki implikasi praktis yang signifikan. Hasilnya dapat digunakan oleh pemerintah daerah, lembaga penelitian, dan organisasi non-pemerintah dalam perencanaan pembangunan wilayah, alokasi sumber daya, dan pengambilan keputusan kebijakan. Dengan memiliki prediksi yang lebih akurat tentang pertumbuhan penduduk, pihak berkepentingan dapat mengantisipasi kebutuhan infrastruktur, layanan kesehatan, pendidikan, dan sosial lainnya, serta mengelola sumber daya secara efisien. Penelitian ini akan terstruktur dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah pengumpulan data dari sumber data terpercaya seperti Badan Pusat Statistik dan pusat data lainnya. Berikutnya melakukan pre-processing data, dimana data historis tentang jumlah penduduk akan disiapkan untuk analisis. Lalu setelah itu, kami melakukan word embedding untuk mengubah data format teks menjadi data format numerik. Langkah selanjutnya adalah pembangunan model LSTM, di mana data yang telah diproses akan digunakan untuk melatih model guna menghasilkan prediksi pertumbuhan penduduk. Terakhir, kami melakukan evaluasi performa model akan dilakukan menggunakan metrik yang relevan, seperti Root Mean Squared Error (RMSE). Metode evaluasi performa model berguna untuk mengukur akurasi prediksi, prediksi yang baik adalah dengan memilih metode yang memberikan prediksi dengan tingkat keakuratan yang besar dan tingkat kesalahan yang kecil, keakuratan model prediksi tidak terlepas dari faktor-faktor pengukuran akurasi prediksi [7]. RMSE adalah ukuran tingkat kesalahan untuk menentukan keakuratan hasil prediksi, semakin kecil nilai dari RMSE (mendekati 0), maka hasil prediksi akan semakin akurat [8]. Diharapkan bahwa temuan dari penelitian ini akan memberikan wawasan yang berharga bagi pemangku kepentingan dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam perencanaan dan pengelolaan pembangunan wilayah di Jawa Timur.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian menurut Sugiono (2008), merupakan suatu cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan fungsionalitas tertentu [9]. Berikut alur metode yang kami lakukan dalam mengerjakan penelitian kami untuk memprediksi kenaikan penduduk Jawa Timur:



Gambar 1. Alur Program

2.1 Melakukan Pengumpulan Data

Langkah pertama kelompok kami adalah dengan melakukan pengumpulan data atau dataset untuk melakukan metode penelitian. Kumpulan data atau dataset sendiri merupakan objek-objek yang mewakili data dan hubungannya dalam memori, strukturnya terlihat seperti dengan data yang ada dalam database, dataset berisi sekumpulan data dan catatan tabel [10]. Kami menggunakan data yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Indonesia, yaitu jumlah penduduk menurut jenis kelamin dari berbagai Kabupaten dan Kota yang ada di Provinsi Jawa Timur.

2.2 Melakukan Preprocessing Data

Setelah melakukan pengumpulan data, langkah selanjutnya adalah melakukan preprocessing data. Preprocessing data merupakan suatu bentuk proses dalam mempersiapkan sekumpulan data yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Preprocessing data bertujuan untuk membersihkan data yang tidak perlu, menormalisasikan data yang ada, dan mempersiapkan data supaya dapat dikelola secara efisien oleh metode penelitian yang digunakan [11]. Memproses awal data mencakup langkah-langkah berikut.

a. Memisahkan Variabel Independen dengan Variabel Dependen

Variabel Independen merupakan variabel yang menyebabkan terjadinya atau menjadi faktor terpengaruhnya variabel yang terikat [12]. Sedangkan Variabel Dependen adalah variabel yang menjadi fokus utama penelitian dan dapat dipengaruhi oleh variabel bebas [13].

b. Memilih Data yang Akan Digunakan Dalam Penelitian

Memilah dan memilih data mana saja yang diperlukan dalam penelitian, karena memang tidak semua data benar benar dibutuhkan, hanya data tertentu saja yang penting untuk dipakai selama melakukan penelitian, sehingga proses pengolahan data akan jauh lebih efisien dan menghasilkan hasil penelitian yang lebih akurat sesuai dengan tujuan dan manfaat dari penelitian yang sedang dikerjakan oleh kelompok kami.

c. Memisahkan Data Training dan Data Testing

Memisahkan antara data data dari BPS yang akan digunakan untuk training menggunakan metode LSTM dengan data dari BPS yang akan digunakan untuk testing atau untuk prediksi. Hal ini untuk memudahkan dalam memprogram data sesuai dengan data yang akan dilakukan training dengan data yang akan dilakukan testing.

d. Melakukan Word Embedding

Setelah melakukan preprocessing data, selanjutnya kami melakukan proses word embedding, dimana kami mengubah format data berupa teks menjadi berupa format numerik. Pada tahun 2003, Bengio dkk, memperkenalkan istilah word embedding. Word embedding sendiri merupakan suatu fungsi parameter yang memetakan setiap teks ke vektor numerik berdimensi tinggi [14].

2.3 Memodelkan LSTM

Pemodelan Long Short Term Memory (LSTM) merupakan pendekatan yang cukup akurat dalam teori jaringan syaraf tiruan (JST) terkhususnya dalam metode jaringan saraf berulang atau biasa disebut dengan Recurrent Neural Network (RNN) [15].

Berikut beberapa langkah yang kami lakukan dalam membuat pemodelan LSTM dari program kami :

a. Menentukan Layer LSTM

Layer pada metode LSTM ini merupakan sebuah komponen yang memiliki fungsi mengolah data sekuensial dan mempertahankan informasi dalam jangka panjang. Dimana pemodelan kami ini menggunakan enam belas layer secara keseluruhan.

b. Menentukan Function Activation

Function activation merupakan sebuah fungsi yang digunakan untuk mengubah sinyal masukan menjadi sinyal keluaran yang akan menjadi sebuah masukan untuk layer selanjutnya [16]. Pada penelitian ini kami menggunakan function activation ReLU, dimana function ini sendiri merupakan function activation yang sederhana namun efektif. Pada function ReLU ini sendiri mengubah semua nilai negatif menjadi nol dan mempertahankan nilai positif. Adapun kelebihan function ini sendiri yakni mampu mengatasi masalah vanishing gradient [17].

c. Menentukan Function Optimizer

Function optimizer merupakan sebuah algoritma yang digunakan untuk mengurangi bias atau bobot atau lebih besarnya merubah atribut jaringan dalam neural network. Pada penelitian ini kami menggunakan function activation Adam (Adaptive Moment Estimation). Dimana Adam ini sendiri menghitung kecepatan pembelajaran adaptif untuk setiap parameter dengan memanfaatkan momen pertama dan momen kedua dari gradien, maksudnya ialah nilai rata-rata dari kuadrat Gradient [18].

d. Menentukan Loss Function

Loss function merupakan sebuah komponen penting dalam pemodelan LSTM dimana function ini berfungsi mengetes seberapa akurat pemodelan pada penelitian. Kami menggunakan Mean Squared Error (MSE) sebagai loss function pada program kami. MSE (Mean Squared Error) digunakan karena menghasilkan error yang sedang dan biasanya lebih disukai untuk prediksi yang menghasilkan error kecil, namun terkadang menghasilkan error yang sangat besar [19]. Berikut detail pemodelan LSTM dari program kami :

Parameter	Value	Parameter	Value
Layer 1 LSTM	-	Layer 6 LSTM	-
Jalur LSTM	50	Jalur LSTM	45
Function Activation	ReLU	Function Activation	ReLU
Bentuk input	(1,1) Input satu dimensi	Return Sequences	True
Return Sequences	True	Layer 7 LSTM	-
Layer 2 LSTM	-	Jalur LSTM	32
Jalur LSTM	45	Function Activation	ReLU
Function Activation	ReLU	Return Sequences	True
Return Sequences	True	Layer 8 LSTM	-

Parameter	Value	Parameter	Value
Layer 3 LSTM	-	Jalur LSTM	28
Jalur LSTM	20	Function Activation	ReLu
Function Activation	ReLu	Return Sequences	True
Return Sequences	True	Layer 9 LSTM	-
Layer 4 LSTM	-	Jalur LSTM	15
Jalur LSTM	30	Function Activation	ReLu
Function Activation	ReLu	Return Sequences	-
Return Sequences	True	Layer Dense I	50
Layer 5 LSTM	-	Layer Dense II	45
Jalur LSTM	25	Layer Dense III	30
Function Activation	ReLu	Layer Dense IV	6
Return Sequences	True	Function Optimize	Adam Optimizer
		Loss Function	MSE

2.4 Melatih Data Training

Setelah pada processing data melakukan pemisahan antara data training dan data testing, selanjutnya kita melakukan training terhadap pemodelan yang telah dibuat sebelumnya. Maksud dari melatih data training agar pemodelan yang telah dibuat sebelumnya dapat melakukan pemrosesan data sesuai dengan inputan yakni berupa data training yang telah dipisah sebelumnya dengan data testing.

2.5 Melakukan Prediksi dari Data Training

Setelah melakukan training dari pemodelan yang telah dibuat sebelumnya menggunakan data training, selanjutnya kami melakukan prediksi untuk mengetahui berapa jumlah penduduk Jawa Timur pada tahun 2023. Dimana jumlah penduduk di tahun 2023 ini merupakan data testing dari program yang diharapkan menjadi patokan dari hasil prediksi dari data training selanjutnya.

2.6 Evaluasi Menggunakan Metode RMSE

RMSE digunakan sebagai fitur untuk membedakan nilai prediksi dan nilai aktual. Semakin tinggi nilai RMSE yang dihasilkan maka semakin rendah akurasi, dan semakin rendah nilai RMSE yang dihasilkan maka semakin tinggi akurasi [20].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Melakukan Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang berasal dari BPS Provinsi Jawa Timur, yakni berupa data Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin dan Kabupaten Kota Provinsi Jawa Timur. Dalam dataset tersebut terdapat 19 label dan 38 data. Berikut dataset yang digunakan dalam penelitian ini akan ditampilkan pada gambar 2:

Kabupaten/Kota Se Jawa Timur	Penduduk Menurut Jenis Kelamin dan Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur (Jawa)	Unnamed: 2	Unnamed: 3	Unnamed: 4	Unnamed: 5	Unnamed: 6	Unnamed: 7	Unnamed: 8	Unnamed: 9	Unnamed: 10		
		NaN	Laki-laki	NaN	NaN	NaN	NaN	Perempuan	NaN	NaN	NaN	
		NaN	2018	2019.0	2020.0	2021.0	2022.0	2023.0	2018	2019.0	2020.0	2021.0
Kabupaten Pacitan		270708	271113.0	293714.0	295163.0	297014.0	298826.0	283686	284191.0	292396.0	293945.0	
Kabupaten Ponorogo		435169	435618.0	474257.0	477428.0	481540.0	485603.0	435536	435752.0	475061.0	478411.0	
Kabupaten Trenggalek		345282	346008.0	367372.0	369196.0	371527.0	373810.0	349620	350287.0	363753.0	365692.0	
Kabupaten Tulungagung		504804	506702.0	545254.0	548563.0	552835.0	557045.0	530486	532582.0	544521.0	548025.0	

Gambar 2. [Dataset Dari BPS](#)

3.2. Melakukan Preprocessing Data

Data di atas kemudian akan diprocessing agar menjadi sebuah data yang sesuai dengan metode LSTM yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam processing data ini sendiri terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan agar data mentah sebelumnya yang berasal dari BPS Provinsi Jawa Timur dapat digunakan dalam pemodelan LSTM yang digunakan dalam penelitian ini. Tahapannya antara lain sebagai berikut :

a. Memisahkan Variabel Independen dengan Variabel Dependen

Variabel Independen dalam penelitian ini berupa data Kabupaten Kota di Provinsi Jawa Timur. Dimana dari data kabupaten kota akan mempengaruhi data kependudukan di setiap kabupaten kotanya. Variabel dependen dalam penelitian ini berupa data kependudukan masing-masing kabupaten kota di Provinsi Jawa Timur dalam rentang periode 2001-2023. data kependudukan ini dependen atau terikat dengan data Kabupaten Kota yang telah dibuat sebelumnya.

b. Memilih Data yang Akan Digunakan Dalam Penelitian

Tidak semua data yang telah diproses sebelumnya akan digunakan dalam penelitian ini, data yang digunakan dalam penelitian ini yakni data kependudukan secara menyeluruh untuk satu Provinsi Jawa Timur. Jadi data Tersebut merupakan data penjumlahan masing-masing kabupaten atau kota yang terdapat di Jawa Timur. Adapun alasan mengapa menggunakan data tersebut karena data tersebutlah yang relevan dengan judul penelitian yang kami lakukan yakni memprediksi jumlah kependudukan untuk wilayah Provinsi Jawa Timur.

c. Memisahkan Data Training dan Data Testing

Dari data yang sudah terpilih sebelumnya sebagai data yang akan digunakan dalam penelitian ini selanjutnya kami memisahkan data tersebut menjadi data training dan data testing. Untuk meyakninkan metode ini sendiri kami memisahkan menjadi dua tahapan, yakni uji coba yang pertama dimana kami memisahkan data kependudukan untuk di provinsi Jawa Timur dari tahun 2001-2022 menjadi data training untuk pengujian yang pertama dan data kependudukan Provinsi Jawa Timur di tahun 2023 sebagai data testing. Kemudian di pengujian kedua untuk data training yang digunakan yakni data kependudukan provinsi Jawa Timur dari tahun 2001 sampai 2021 dan data kependudukan Provinsi Jawa Timur di tahun 2022 sebagai data testing.

3.3 Melakukan Word Embedding

Kelompok kami juga perlu melakukan word embedding terhadap data pada tahun 2018 dikarenakan dari excel milik Badan Pusat Statistik Jawa Timur disediakan data berformat teks atau string, sehingga dalam program prediksi buatan kelompok kami, perlu diubah dalam format

numerik atau float agar dapat dilakukan proses penghitungan prediksi yang akurat dan sesuai. Berikut data 2018 sebelum di Embedding:

2	270708
3	435169
4	345282
5	504804
6	579925
7	787023
8	1302771
9	507781

Gambar 3. Data Tahun 2018 Sebelum di Embedding

Berikut data 2018 setelah di Embedding:

2	283686.0
3	435536.0
4	349620.0
5	530486.0
6	577575.0
7	781090.0
8	1289024.0
9	532013.0

Gambar 4. Data Tahun 2018 Setelah di Embedding

3.4 Pemodelan Menggunakan LSTM

Dari pemodelan LSTM yang telah dibuat sebelumnya mendapatkan hasil yang cukup bagus dalam pemodelan ini. Dimana dari dua uji coba yang telah dilakukan mendapatkan hasil sebagai berikut:

Uji coba 1 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2022) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2023).

Prediksi jumlah penduduk di Provinsi Jawa Timur untuk tahun 2023: 41416408.0

Gambar 5. Hasil Prediksi Untuk Uji Coba 1

Uji coba 2 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2021) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2022).

Prediksi jumlah penduduk di Provinsi Jawa Timur untuk tahun 2022: 41149968.0

Gambar 6. Hasil Prediksi Untuk Uji Coba 2

Pada penelitian ini kami juga menggunakan optimizer yang lain yakni nadam sebagai perbandingan pemodelan mana yang menghasilkan prediksi paling baik dalam studi kasus ini dan berikut hasil uji cobanya:

Uji coba 3 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2022) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2023).

Prediksi jumlah penduduk di Provinsi Jawa Timur untuk tahun 2023: 75240136.0

Gambar 7. Hasil Prediksi Untuk Uji Coba 3

Uji coba 4 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2021) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2022).

Prediksi jumlah penduduk di Jawa Timur untuk tahun 2022: 77469376.0

Gambar 8. Hasil Prediksi Untuk Uji Coba 4

Dari Hasil uji coba yang sudah dilakukan dapat ditemukan hasil bahwa function optimizer adam lah yang cocok dengan studi kasus kami ini.

3.5 Evaluasi Menggunakan Metode RMSE

Root Mean Squared Error (RMSE) merupakan salah satu metode matriks evaluasi yang merupakan pengembangan dari MSE yang telah digunakan dalam pemodelan LSTM sebelumnya. Adapun penggunaan metode RMSE ini kami gunakan sebagai final checking bagi pemodelan LSTM yang telah dibuat sebelumnya, Berikut Hasil RMSE dari Sistem Prediksi Kami:

Uji coba 1 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2022) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2023).

RMSE: 1.0

Gambar 9. Hasil RMSE Uji Coba 1

Uji coba 2 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2021) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2022).

RMSE: 6.0

Gambar 10. Hasil RMSE Uji Coba 2

Untuk uji coba yang menggunakan optimizer nadam dalam pemodelannya mendapatkan hasil RMSE sebagai berikut :

Uji coba 3 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2022) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2023).

RMSE: 33823729.0

Gambar 11. Hasil RMSE Uji Coba 3

Uji coba 4 : data training (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2001-2021) data testing (data kependudukan Provinsi Jawa Timur tahun 2022).

RMSE: 36319402.0

Gambar 12. Hasil RMSE Uji Coba 4

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan model prediksi kenaikan penduduk Jawa Timur menggunakan metode Long Short Term Memory (LSTM), yang menggabungkan prinsip-prinsip jaringan saraf tiruan dengan kemampuan untuk menangani data sekuensial. Melalui proses pre-processing data, pembangunan model LSTM, pelatihan model, dan evaluasi performa model, berbagai temuan penting telah dihasilkan yang dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pemangku kepentingan dalam perencanaan pembangunan wilayah dan pengambilan keputusan kebijakan. Hasil analisis penelitian kami menunjukkan bahwa model LSTM mampu menghasilkan prediksi yang cukup akurat tentang kenaikan penduduk di Jawa Timur. Dengan menggunakan data historis jumlah penduduk sebagai masukan, model mampu menangkap pola-pola kompleks dalam data sekuensial dan memprediksi tren pertumbuhan penduduk dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah. Evaluasi performa model menggunakan metrik Root Mean Squared Error (RMSE) menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang memadai, meskipun masih ada ruang untuk perbaikan. Pembahasan atas hasil analisis menunjukkan bahwa model LSTM dapat menjadi alat yang berguna dalam mendukung perencanaan pembangunan wilayah di Jawa Timur. Prediksi yang dihasilkan oleh model dapat digunakan oleh pemerintah daerah, lembaga penelitian, dan organisasi non-pemerintah dalam merencanakan infrastruktur, alokasi sumber daya, dan pengambilan keputusan kebijakan yang lebih efektif. Dengan memiliki gambaran yang lebih akurat tentang pertumbuhan penduduk di masa depan, pemangku kepentingan dapat mengantisipasi kebutuhan masyarakat dan mengalokasikan sumber daya dengan lebih efisien. Kesimpulan umum dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan metode LSTM dalam memprediksi kenaikan penduduk di Jawa Timur memiliki potensi besar untuk mendukung perencanaan pembangunan wilayah dan pengambilan keputusan kebijakan. Meskipun masih ada beberapa batasan dan ruang untuk perbaikan, model LSTM telah terbukti efektif dalam menangkap pola-pola dalam data sekuensial dan memprediksi tren pertumbuhan penduduk dengan tingkat akurasi yang memadai.

Daftar Pustaka

- [1] N. C. Putri, N. Nurwati, "Pengaruh Laju Pertumbuhan Penduduk Berdampak Pada Tingginya Angka Kemiskinan Yang Menyebabkan Banyak Eksploitasi Anak Di Indonesia", *Jurnal Ilmu Kesejahteraan Sosial HUMANITAS*, vol. 3, no. 1, pp.1-15, March 2021.
- [2] E. Rochaida, "Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Dan Keluarga Sejahtera", *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Akuntansi*, vol. 18, no. 1, pp. 14-24, March 2016.
- [3] S. Devi, A. Fatchiya, D. Susanto, "Kapasitas Kader dalam Penyuluhan Keluarga Berencana di Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan", *Jurnal Penyuluhan*, vol. 12, no. 2, pp. 144-156, March 2016.
- [4] A. P. Sari, H. Suzuki, T. Kitajima, T. Yasuno, D. A. Prasetya, and R. Arifuddin, "Short-Term Wind Speed and Direction Forecasting by 3DCNN and Deep Convolutional LSTM," **IEEEJ Trans. Elec. Electron. Eng.**, vol. 17, pp. 1620-1628, 2022.
- [5] L. Wiranda, M. Sadikin, "Penerapan Long Short Term Memory Pada Data Tme Series Untuk Memprediksi Penjualan Produk Pt. Metiska Farma", *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, vol. 8, no. 3, pp. 184-196, December 2019.
- [6] D. I. Puteri, "Implementasi Long Short Term Memory (LSTM) dan Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM) Dalam Prediksi Harga Saham Syariah", *Jurnal Ilmiah Matematika Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 35-43, June 2023.
- [7] L. Aryani, Fatmasari, Afriyudi, N. Hadinata, "Prediksi Jumlah Siswa Baru Dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing (Studi Kasus : Smk Ethika Palembang)", *Bina Darma Conference on Computer Science*, vol. 2, no. 3, pp. 237-244, June 2021.
- [8] I. Suprayogi, Trimajon, Mahyudin, "Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Studi Kasus: Sub DAS Siak Hulu)", *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 1, pp. 1-18, February 2014.
- [9] W. P. Han, Erviriani, A. R. A. Siregar, Ivone, Lisa, "Analisis Kepuasan Kerja Dan Lingkungan Kerja Karyawan Di Sekolah En Mandarin – Medan", *Jurnal Ilmiah Maksitek*, vol. 4, no. 2, pp. 11-30, June 2019.
- [10] Suhartini, L. K. Wijaya, N. A. Pratiwi, "Algoritma K-Means Untuk Pendataan Obat

- Berdasarkan Laporan Bulanan Pada Dinas Kesehatan Kabupaten Lombok Timur”, *Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 147-156, July 2020.
- [11] F. Putra, H. F. Tahiyat, R. M. Ihsan, Rahmaddeni, L. Efrizoni, “Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor Menggunakan Wrapper Sebagai Preprocessing untuk Penentuan Keterangan Berat Badan Manusia”, *Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, pp. 273-281, January 2024.
- [12] C. Christalisana, “Pengaruh Pengalaman Dan Karakter Sumber Daya Manusia Konsultan Manajemen Konstruksi Terhadap Kualitas Pekerjaan Pada Proyek Di Kabupaten Pandeglang”, *Jurnal Fondasi*, vol. 7, no. 1, pp. 87-98, April 2018.
- [13] T. S. Darmawan, S. Sutopo, “Pengaruh Persepsi Tentang Harga, Promosi, Dan Kualitas Pelayanan Terhadap Volume Penjualan Paket Wisata Karimunjawa Di Biro Tour Dan Travel Karimunjawa Beach Adventure”, *Diponegoro Journal Of Management*, vol. 4, no. 2, pp. 1-11, May 2015.
- [14] A. Nurdin, B. A. S. Aji, A. Bustamin, Z. Abidin, “Perbandingan Kinerja Word Embedding Word2vec, Glove, Dan Fasttext Pada Klasifikasi Teks”, *Jurnal TEKNOKOMPAK*, vol. 14, no. 2, pp. 74-79, August 2020.
- [15] A. Rahmawati, W. Sulandarim, S. Subanti, Y. Yudhanto, “Penerapan Metode Recurrent Neural Network dengan Pendekatan Long Short-Term Memory (LSTM) untuk Meramalkan Harga Saham Hybe Corporation”, *Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)*, vol. 5, no. 1, pp. 65-76, June 2023.
- [16] Siddharth Sharma, Simone Sharma, Anidhya Athaiya, “ACTIVATION FUNCTIONS IN NEURAL NETWORKS”, *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, Vol. 4, Issue 12, ISSN No. 2455-2143, Pages 310-316, April 2020
- [17] Mesran, S. R. Yahya, F. Nugroho, A. P. Windarto, “Investigating the Impact of ReLU and Sigmoid Activation Functions on Animal Classification Using CNN Models”, *Jurnal Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 111-118, February 2024.
- [18] M. S. Haqqi, B. Kusumoputro, “Komparasi Metode Optimasi Adam dan SGD dalam Skema Direct Inverse Control untuk Sistem Kendali Data Sikap dan Ketinggian Quadcopter”, *Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 2, pp. 458-469, April 2022.
- [19] M. A. Maricar, “Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ”, *Jurnal Sistem Dan Informatika*, vol. 13, no. 2, pp. 36-45, May 2019.
- [20] S. Sautomo, H. F. Pardede, “Prediksi Belanja Pemerintah Indonesia Menggunakan Long Short Term Memory (LSTM)”, *Jurnal Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 99-106, February 2021.