

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TBC) adalah penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, yang umumnya menginfeksi paru-paru. Penularan penyakit ini berlangsung melalui partikel udara yang dilepaskan ketika penderita batuk atau berbicara [1]. Sampai saat ini, TBC tetap menjadi permasalahan kesehatan masyarakat baik di tingkat global maupun nasional, karena jumlah kasusnya yang terus berubah serta dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan [2]. Tuberkulosis merupakan masalah kesehatan masyarakat yang serius dan berkaitan dengan beban sosial yang signifikan [3]. Walaupun berbagai upaya pengendalian telah diterapkan, tingkat prevalensi dan insiden TBC tetap berada pada angka yang cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan strategi intervensi yang lebih optimal dan didukung oleh analisis data yang kuat [1]. Kelangsungan Tuberkulosis (TBC) juga bisa dipengaruhi oleh Variabilitas iklim seperti curah hujan, kelembapan, suhu rata-rata dan kecepatan angin [4].

Tuberkulosis (TB) masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan masyarakat yang serius di Indonesia. Berdasarkan Laporan Global TB 2024, Indonesia menempati posisi kedua di dunia dalam hal beban kasus TB setelah India. Diperkirakan terdapat sekitar 1.090.000 kasus TB dengan angka kematian mencapai 125.000 jiwa setiap tahunnya, atau setara dengan sekitar 14 kematian per jam. Pada tahun 2024, jumlah kasus TB yang berhasil ditemukan mencapai sekitar 885.000 kasus, dengan distribusi kasus yang didominasi oleh laki-laki sebanyak 496.000 kasus, diikuti perempuan sebanyak 359.000 kasus, serta sekitar 135.000 kasus terjadi pada anak usia 0–14 tahun. Data tersebut menunjukkan bahwa TB masih menjadi ancaman serius sehingga diperlukan upaya yang lebih optimal dalam pencegahan dan penanggulangan penyakit ini di Indonesia [5].

Situasi tersebut juga berkaitan erat dengan kondisi Kabupaten Aceh Utara yang merupakan wilayah dengan tingkat mobilitas penduduk yang relatif tinggi serta aktivitas sosial dan ekonomi yang intens. Tingginya pergerakan penduduk, baik untuk keperluan pekerjaan, pendidikan, maupun aktivitas sosial lainnya, berpotensi meningkatkan frekuensi interaksi antarindividu sehingga memperbesar risiko penularan penyakit

menular, termasuk Tuberkulosis (TBC). Selain itu, karakteristik wilayah perkotaan yang ditandai dengan kepadatan penduduk dan variasi kondisi lingkungan turut memengaruhi dinamika penyebaran penyakit tersebut. Meskipun demikian, ketersediaan publikasi ilmiah yang secara khusus membahas jumlah dan pola kasus TBC di Kabupaten Aceh Utara masih relatif terbatas. Keterbatasan data dan kajian lokal tersebut menyulitkan upaya pemahaman yang komprehensif terhadap dinamika kasus TBC pada tingkat kabupaten.

Di sisi lain, ketidakstabilan pola kasus TBC secara nasional yang ditandai oleh fluktuasi jumlah kasus dari waktu ke waktu mengindikasikan bahwa perkembangan penyakit ini bersifat dinamis dan tidak linier. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya penerapan analisis prediktif untuk memproyeksikan perkembangan jumlah kasus TBC sebagai dasar perencanaan dan pengambilan keputusan kesehatan masyarakat yang lebih efektif. Secara umum, data historis TBC memperlihatkan karakteristik non-linier yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi lingkungan, tingkat kepadatan penduduk, perilaku kesehatan masyarakat, serta efektivitas program intervensi yang diterapkan [1]. Kerumitan pola data ditunjukkan oleh adanya berbagai fitur seperti kesalahan pengamatan, inflasi nol, dan overdispersi yang menyulitkan proses analisis [6]. Peramalan deret waktu (*time series forecasting*) merupakan suatu proses untuk memprediksi nilai di masa depan berdasarkan data historis yang tersusun secara berurutan [7]. Dalam konteks penyakit menular seperti Tuberkulosis (TBC), kemampuan untuk memproyeksikan tren jumlah kasus menjadi sangat penting, karena hasil proyeksi tersebut menjadi landasan strategis bagi pemerintah dan instansi kesehatan dalam merumuskan kebijakan preventif, mengoptimalkan alokasi sumber daya medis, serta merencanakan ketersediaan logistik obat-obatan secara lebih tepat sasaran. Hal ini menunjukkan bahwa data surveilans dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kejadian epidemi di masa mendatang. Berbagai studi epidemiologi global menunjukkan bahwa model deret waktu dan metode statistik banyak digunakan untuk memprediksi tren penyakit infeksi, termasuk insidensi dan mortalitas [8]. Penelitian terkait peramalan penyakit TBC terus mengalami perkembangan, meskipun sebagian besar masih mengandalkan model deret waktu klasik, yang dalam beberapa studi terbukti mampu menghasilkan prediksi yang cukup akurat pada tingkat kota. Model deret waktu klasik

seperti *Double Exponential Smoothing* merupakan salah satu metode prediksi yang banyak digunakan [9]. Peramalan tren penyakit memungkinkan dilakukannya intervensi yang tepat waktu serta alokasi sumber daya yang lebih efektif, sehingga dapat mengurangi tingkat kesakitan, kematian, dan beban pada sistem pelayanan kesehatan [10].

Generalized Additive Model (GAM) merupakan metode statistik yang menggunakan fungsi pemulus untuk memodelkan hubungan antara variabel secara fleksibel [11]. Metode ini memiliki keunggulan dalam menangkap pola data yang kompleks melalui fungsi pemulus (*smoothing function*), sehingga lebih fleksibel dibandingkan model linier konvensional. *Generalized Additive Model* (GAM) telah banyak digunakan untuk memodelkan hubungan nonlinier pada data kompleks [6]. Namun demikian, penerapannya dalam peramalan kasus TBC pada skala daerah di Indonesia masih relatif terbatas.

Selain pendekatan statistik seperti *Generalized Additive Model* (GAM), perkembangan deep learning telah melahirkan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang sangat unggul dalam memodelkan data deret waktu (time series) yang kompleks seperti kasus penyakit menular. LSTM mengatasi masalah *vanishing gradient* melalui mekanisme *memory gates*, sehingga mampu mempelajari ketergantungan temporal jangka panjang dan pola autokorelasi dalam data deret waktu [12]. Kemampuan ini sangat relevan untuk peramalan kasus Tuberkulosis (TBC), di mana pola penyebaran penyakit tidak hanya non-linear tetapi juga dipengaruhi oleh riwayat kasus dari periode sebelumnya dalam rentang waktu yang panjang. Dengan demikian, penerapan LSTM dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan proyeksi kasus TBC di Kabupaten Aceh Utara yang lebih adaptif terhadap pola lokal yang non-stasioner dan kompleks.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian berjudul “Peramalan Jumlah Kasus Penyakit Tuberkulosis (TBC) Menggunakan Metode *Generalized Additive Model* (GAM) Dan *Long Short-Term Memory* (LSTM)” dilakukan untuk menghasilkan model estimasi yang mampu menggambarkan pola fluktuasi dan tren perkembangan jumlah kasus TBC secara lebih presisi. Penelitian terkait Tuberkulosis di Indonesia sebagian besar masih bertumpu pada pendekatan regresi statistik klasik linear atau pemetaan spasial murni. Sementara itu, integrasi komparatif antara metode statistik non-linear *Generalized Additive Model* (GAM) yang mampu mengurai interaksi prediktor secara adaptif, dan

algoritma deep learning berbasis *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang dirancang khusus untuk menangkap dependensi waktu jangka panjang (*long-term dependencies*), masih sangat terbatas diterapkan pada kasus epidemiologi.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki nilai kebaruan (*novelty*) yang kuat melalui pendekatan komparasi empiris antara kekuatan inferensi statistik non-linear dan kapasitas prediktif jaringan saraf tiruan multivariat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran proyeksi yang akurat mengenai perkembangan jumlah kasus TBC di masa mendatang, sekaligus menjadi bahan pertimbangan ilmiah (*data-driven decision*) bagi instansi kesehatan dalam menyusun kebijakan intervensi serta strategi pengendalian penyakit yang lebih efektif, responsif, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana penerapan metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam meramalkan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) berdasarkan data historis?
2. Seberapa baik tingkat akurasi hasil peramalan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) menggunakan metode GAM dan LSTM berdasarkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan MAPE
3. Bagaimana perbandingan kinerja metode GAM dan LSTM dalam meramalkan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC)?
4. Bagaimana pola dan tren perkembangan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) berdasarkan hasil peramalan menggunakan metode GAM dan LSTM?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan di bahas pada penelitian ini adalah :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) yang bersifat deret waktu (*time series*) pada wilayah Kabupaten Aceh Utara.
2. Data yang dianalisis merupakan data historis jumlah kasus Tuberkulosis (TBC)

dalam periode waktu tertentu, sesuai dengan ketersediaan data yang diperoleh dari instansi kesehatan terkait.

3. Metode peramalan yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada dua metode, yaitu *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM), tanpa melibatkan metode peramalan lainnya.
4. Variabel yang digunakan dalam pemodelan dibatasi pada variabel waktu, sehingga faktor lain di luar data historis, seperti kondisi lingkungan, sosial, dan ekonomi, tidak dimasukkan secara eksplisit dalam model.
5. Evaluasi kinerja model peramalan dilakukan menggunakan metrik akurasi *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).
6. Hasil penelitian difokuskan pada analisis hasil peramalan serta pola dan tren perkembangan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC), tanpa membahas perancangan atau implementasi sistem pendukung keputusan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menerapkan metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam meramalkan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) berdasarkan data historis.
2. Mengetahui tingkat akurasi hasil peramalan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) menggunakan metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) berdasarkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).
3. Menganalisis pola dan tren perkembangan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) berdasarkan hasil peramalan yang dihasilkan oleh metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah khazanah keilmuan serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam bidang peramalan penyakit menular menggunakan metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) pada data deret waktu kasus Tuberkulosis (TBC).

2. Manfaat Praktis

Hasil peramalan jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pola, tren, dan potensi perkembangan kasus di masa mendatang, sehingga dapat dimanfaatkan oleh instansi kesehatan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan, pengambilan keputusan, serta penyusunan strategi pencegahan dan pengendalian penyakit.

3. Manfaat Metodologis

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penerapan dan analisis metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) sebagai pendekatan peramalan pada data epidemiologi yang bersifat non-linear dan fluktuatif, serta dapat menjadi alternatif metode peramalan untuk analisis kasus penyakit menular di tingkat daerah.