

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) masih menjadi penyakit menular yang menyebabkan banyak kematian di dunia. Menurut *World Health Organization* (WHO), pada 2023 Indonesia mencatat sekitar 10,8 juta kasus TB paru dengan sekitar 1,09 juta kematian pada pasien yang tidak terinfeksi HIV [1]. Dibandingkan tahun 2022, Jumlah kasus TB mengalami peningkatan, namun angka kematiannya mengalami penurunan pada tahun 2023. Kasus Tuberkulosis paru di Indonesia masih menjadi tantangan kesehatan yang signifikan. Menurut data Kementerian Kesehatan, kasus TB paru masih tinggi dan distribusinya bervariasi di setiap provinsi. Indonesia menempati posisi kedua di dunia untuk jumlah penderita Tuberkulosis setelah India, dengan total 1.090.000 kasus dan sekitar 125.000 kematian setiap tahun yang berarti sekitar 14 orang meninggal setiap jam [2]. Selain itu, di tahun 2024, Indonesia sukses menemukan 889 ribu kasus, dengan 802 ribu kasus yang berhasil ditangani [3]. Untuk mendukung pencapaian SDGs 2030, WHO menetapkan target pengurangan kematian akibat tuberkulosis sebesar 90% dan menurunkan insiden TB per 100.000 penduduk per tahun hingga 80%.

Jumlah kasus tuberkulosis tertinggi di Indonesia Provinsi Jawa Barat, dengan kepadatan penduduk 1.359 jiwa/km², mencatat jumlah TB tertinggi di Indonesia, yakni 234.710 kasus. Selanjutnya, Jawa Tengah menempati peringkat kedua dengan kepadatan penduduk sekitar 1.104 jiwa/km² dengan jumlah kasus TB yaitu 90.500 kasus. Kemudian Jawa Timur berada pada urutan ketiga dengan kepadatan penduduk sekitar 870 jiwa/km² dan jumlah kasus TB yaitu 88.733 kasus. Kepadatan penduduk yang tinggi di ketiga daerah ini meningkatkan risiko penyebaran tuberkulosis, karena jarak antar warga lebih dekat dan interaksi lebih sering berlangsung [4]. Di Jawa Timur permasalahan tuberkulosis masih menjadi tantangan yang serius karena jumlah kasusnya terus meningkat setiap tahun. Berdasarkan informasi yang di publish oleh Badan Pusat Statistik Jawa Timur, total kasus TB di tahun 2023 mencapai 84.628. Angka penemuan kasus TB tercatat

sebesar 91,20%, sementara tingkat keberhasilan pengobatan mencapai 88,5%. Selanjutnya pada tahun 2024, jumlah kasus TB meningkat menjadi 88.733 kasus, namun angka penemuan pada kasus TB menurun 15,2% dari tahun sebelumnya yaitu menjadi 76%, sedangkan angka keberhasilan pengobatan juga mengalami penurunan yaitu 87,92%. Tingginya kasus tuberkulosis di Jawa Timur menunjukkan potensi terjadinya endemi, yaitu penyakit TB menetap dan terus terjadi secara berkelanjutan dari waktu ke waktu [5]. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah kasus TB meningkat, upaya penemuan kasus TB mengalami penurunan yang mengindikasikan bahwa masih ada kasus TB yang belum terdeteksi di beberapa wilayah di Jawa Timur. Selain itu, jumlah kasus TB yang jumlahnya yang berbeda-beda di setiap wilayah seperti Kota Surabaya dengan jumlah penderita tertinggi di Jawa Timur yaitu 11.742, Kabupaten Sidoarjo dengan jumlah penderita yaitu 6.165 dan Kabupaten Malang dengan jumlah penderita yaitu 3.419. ketiga wilayah tersebut merupakan wilayah yang menunjukkan jumlah kasus penderita tuberkulosis jauh lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya yang menggambarkan adanya perbedaan variasi faktor penyebab TB antar wilayah.

Menurut Kepala Dinas Kesehatan Surabaya, Ibu Nanik Sukristina menyatakan tercatat sekitar 1.300 kasus TB pada anak-anak dengan rentang usia yaitu 1-14 tahun. Tuberkulosis merupakan jenis penyakit menular melalui percikan droplet penderita ketika sedang batuk, bersin dan berbicara yang kemudian terhirup oleh orang lain [6]. Menurut WHO penyakit TB mudah menular pada orang dengan kondisi imun yang lemah seperti penderita diabetes melitus, HIV, orang yang kekurangan gizi dan orang yang merokok [7]. Penelitian yang dilakukan oleh [8] menyatakan bahwa kondisi hiperglikemia pada penderita diabetes melitus dapat menurunkan kemampuan sistem kekebalan tubuh, sehingga tubuh lebih rentan terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Penurunan jumlah serta fungsi limfosit T juga menyebabkan individu dengan diabetes melitus memiliki risiko lebih tinggi untuk menderita tuberkulosis. Penelitian yang dilakukan oleh [9] menyatakan bahwa insiden tuberkulosis signifikan dipengaruhi oleh empat variabel yaitu kepadatan penduduk, presentase rumah tangga luas lantai per kapita $\leq 7,2 m^2$, rata-rata konsumsi batang rokok per minggu dan jumlah OD-HIV.

Penelitian yang dilakukan oleh [10] menyatakan bahwa seseorang yang terkena HIV meningkatkan risiko seseorang terkena TB aktif karena sistem imun yang melemah memungkinkan TB berkembang menjadi TB aktif. Kemudian hasil dari penelitian yang dilakukan oleh [11] menyatakan bahwa variabel yang sangat berpengaruh terhadap kejadian tuberkulosis yaitu jumlah penduduk laki-laki.

Selanjutnya berdasarkan hasil survey penelitian yang dilakukan oleh [12] menunjukkan bahwa perokok memiliki risiko 118,774 kali lebih tinggi untuk menderita penyakit tuberkulosis. Hasil penelitian yang dilakukan oleh [13] menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif dan signifikan antara perilaku merokok dan kejadian tuberkulosis, dengan risiko sebesar 3,81 kali lebih tinggi pada perokok dibandingkan dengan individu yang tidak merokok. Selain itu, seseorang yang merokok lebih dari 10 tahun dengan konsumsi lebih dari 10 batang per hari memiliki risiko hingga tiga kali lebih tinggi untuk menderita tuberkulosis dibandingkan dengan non-perokok. Hubungan antara merokok dan peningkatan angka tuberkulosis ini semakin jelas dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan tingginya prevalensi kebiasaan merokok pada kelompok usia produktif [14].

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [15] menghasilkan bahwa jumlah penduduk miskin dan kepadatan penduduk memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TBC di seluruh Kabupaten/Kota di Jawa Timur pada tahun 2021. Hal ini menunjukkan bahwa upaya pengurangan kemiskinan dan pemerataan lapangan pekerjaan diharapkan dapat menurunkan risiko penularan TBC, sekaligus mengurangi kepadatan penduduk di daerah tertentu. Selain itu, Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan sistem imun adalah status gizi. Penelitian yang dilakukan oleh [16] menyatakan bahwa gizi balita yang buruk berperan dalam meningkatkan kemungkinan terjadinya tuberkulosis. Balita dengan gizi buruk memiliki pertahanan tubuh yang lemah, sehingga lebih berisiko terinfeksi *Mycobacterium tuberculosis* dibandingkan dengan balita yang memiliki status gizi yang baik [17]. Berdasarkan penelitian terdahulu mengenai faktor penyebab TB, kondisi kesehatan yang menurunkan sistem kekebalan atau imun seperti penderita diabetes melitus, penderita HIV, serta balita dengan gizi buruk terbukti meningkatkan risiko tuberkulosis. Kemudian hal lain seperti jumlah penduduk laki-

laki, penduduk miskin, perokok usia produktif, merupakan faktor penyebab tuberkulosis.

Pemerintah Provinsi Jawa Timur telah menjalankan berbagai langkah untuk menekan jumlah kasus TBC, antara lain dengan menyediakan layanan pengobatan, memperluas deteksi dini, serta meningkatkan edukasi kepada masyarakat. Namun angka kasus Tuberkulosis di provinsi Jawa Timur masih tergolong tinggi. Pemerintah terus melakukan langkah strategis dalam menanggulangi kasus TBC sebagai bagian dari komitmen menuju eliminasi TBC di Indonesia. Upaya tersebut meliputi pencegahan melalui penyediaan imunisasi BCG, pengendalian infeksi TBC, serta pemberian Terapi Pencegahan (TPT) bagi kontak serumah, dan edukasi. Selain itu, Dinas Kesehatan Jawa Timur memperkuat aspek deteksi dan *surveilans* melalui investigasi kontak (*contact tracing*), penemuan kasus aktif (*Active Case Finding*), penyediaan sarana diagnosis laboratorium (TCM), dan peningkatan kapasitas tenaga kesehatan melalui program pertemuan rutin. Namun, sejumlah daerah seperti Kota Batu, kesadaran masyarakat mengenai pentingnya deteksi dini dan pengobatan TBC masih tergolong rendah. Wali Kota Batu, H. Nurochman menyatakan bahwa sebagian warga batu masih enggan melaporkan kondisi kesehatannya atau menolak apabila dinyatakan sebagai penderita Tuberkulosis[17]. Kondisi tersebut menghambat proses skrining pada keluarga berisiko dan memperlambat penanganan kasus di lapangan. Tuberkulosis masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan yang perlu mendapat perhatian serius, khususnya di Provinsi Jawa Timur. Jumlah kasus tuberkulosis pada setiap kabupaten/kota menunjukkan kondisi yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut tidak hanya berkaitan dengan banyaknya kasus, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik faktor risiko di masing-masing wilayah, seperti jumlah penderita HIV, diabetes melitus, balita gizi buruk, serta jumlah perokok aktif pada berbagai kelompok usia.

Adanya perbedaan karakteristik faktor risiko tersebut menunjukkan bahwa setiap kabupaten/kota memiliki tingkat kerentanan dan kondisi penyebab penularan tuberkulosis yang tidak sama. Apabila seluruh wilayah diberikan strategi penanganan yang sama, maka upaya intervensi berpotensi menjadi kurang tepat sasaran, terutama bagi wilayah yang memiliki risiko penularan lebih tinggi. Oleh

karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu mengelompokkan wilayah berdasarkan kemiripan karakteristik berdasarkan pada faktor risiko tuberkulosis[18]. Pengelompokan wilayah bertujuan untuk membagi kabupaten/kota ke dalam beberapa kelompok yang memiliki karakteristik relatif serupa di dalam kelompoknya, tetapi berbeda dengan kelompok lainnya. Melalui pengelompokan tersebut, wilayah dengan faktor risiko tinggi dapat lebih mudah diidentifikasi, sehingga pemerintah atau pihak terkait dapat menentukan prioritas penanganan secara lebih terarah dan intensif.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengelompokan wilayah adalah analisis kluster. Dalam penelitian ini, pendekatan klusterisasi dipilih karena tujuan penelitian bukan untuk melakukan prediksi maupun membangun hubungan sebab-akibat antarvariabel, melainkan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan kesamaan karakteristik faktor risiko penularan tuberkulosis. Dengan demikian, hasil klusterisasi diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kelompok wilayah yang membutuhkan perhatian dan intervensi prioritas dalam upaya pengendalian tuberkulosis. Hasil pengelompokan ini memberikan informasi bagi pemerintah daerah dalam menentukan strategi yang tepat, seperti penentuan prioritas lokasi, penyuluhan kesehatan, maupun pengawasan surveilans.

Hal ini sejalan dengan program pengendalian TBC merupakan intervensi pencegahan yang memiliki potensi besar untuk dilaksanakan secara lebih efektif apabila didukung oleh pemetaan wilayah yang terstruktur. Berdasarkan pertimbangan tersebut, metode klusterisasi *Fuzzy Gustafson Kessel* (FGK) dipilih dalam pengelompokan wilayah yang dapat membantu pemerintah dalam memberikan gambaran lebih jelas mengenai wilayah yang memerlukan intervensi khusus terkait penyebaran tuberkulosis di Jawa Timur. Wajar jika program pengendalian TBC dianggap sebagai intervensi pencegahan yang memiliki potensi besar untuk dilaksanakan[19].

Penelitian yang dilakukan oleh [20] Pengelompokan penyebaran penyakit menular TB paru menggunakan algoritma *K-Means* dan *Fuzzy C-Means* menunjukkan bahwa *Fuzzy C-Means* lebih unggul, ditunjukkan oleh nilai validitas

DBI yang lebih tinggi. Namun, meskipun FCM memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan *K-Means*, metode ini tetap memiliki keterbatasan, yakni hanya mampu merepresentasikan klaster dengan asumsi bahwa jarak antara pusat klaster dan semua titik data bersifat seragam atau sama, sehingga klaster dianggap memiliki variansi yang serupa. Oleh karena itu, FCM kurang fleksibel dalam menangkap variasi bentuk klaster yang lebih kompleks. Selain itu, FCM juga sensitif terhadap nilai awal pusat klaster dan dapat terpengaruh oleh *outlier*, sehingga hasil klasterisasi berisiko kurang stabil. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini menerapkan metode *Fuzzy Gustafson-Kessel* sebagai pendekatan dalam analisis klaster. Analisis klaster sendiri merupakan proses pengelompokan data ke dalam beberapa kelompok berdasarkan tingkat kesamaan karakteristik antar data [21].

Fuzzy clustering merupakan metode analisis yang memasukkan derajat keanggotaan setiap data sebagai bobot dalam proses pengelompokan, dengan memanfaatkan konsep himpunan *fuzzy*. Keunggulan utama *fuzzy clustering* yaitu kemampuan mengelompokkan data meskipun sebarannya tidak teratur atau bentuk kelompoknya tidak ideal [22]. Hal ini disebabkan karena suatu titik data bisa saja memiliki karakteristik yang mirip dengan lebih dari satu kelompok, sehingga diperlukan pembobotan untuk menunjukkan sejauh mana kecenderungan data tersebut terhadap masing-masing kelompok. *Fuzzy clustering* adalah metode analisis yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* untuk menetapkan tingkat keanggotaan setiap data sebagai bobot dalam proses pengelompokan. Keunggulan utama metode ini terletak pada kemampuannya mengelompokkan data meskipun sebaran datanya tidak teratur atau bentuk klasternya tidak ideal dan tahan terhadap *outlier*[23].

Penelitian yang dilakukan oleh [5] melakukan perbandingan antara *Fuzzy C-Means* dan *Fuzzy Gustafson-Kessel* untuk mengidentifikasi klaster tingkat risiko penularan Tuberkulosis serta memvalidasi hasil klaster menggunakan *Dunn Index* (DI). Hasil penelitian menunjukkan metode yang unggul dalam mengidentifikasi yaitu *Fuzzy Gustafson Kessel* memiliki kualitas klaster terbaik dengan nilai validasi sebesar 0,9746. Temuan dari penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan

karakteristik risiko penularan TBC antarwilayah, sehingga diperlukan strategi pengendalian yang berbeda pada setiap klaster. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh [24] melakukan perbandingan antara algoritma *Fuzzy C-Means* dan *Fuzzy Gustafson-Kessel* yang menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Gustafson-Kessel* lebih unggul dibandingkan *Fuzzy C-Means* ditandai dengan nilai SW (*Within-cluster variance*) terkecil sebesar 0,83, SB(*Between-cluster variance*) terbesar sebesar 0,15, dan rasio terkecil 5,53 dengan membentuk 5 klaster.

Dengan demikian, penelitian ini memilih metode *Fuzzy Gustafson-Kessel* (FGK) karena memungkinkan setiap data masuk kedalam lebih dari satu klaster berdasarkan nilai derajat keanggotaannya [5]. Metode ini juga dapat merepresentasikan ketika kondisi suatu wilayah memiliki kemiripan karakteristik dengan lebih dari satu klaster. Selanjutnya, untuk menilai kualitas hasil pengelompokan digunakan *Modified Partition Coefficient* (MPC). Indeks MPC dikembangkan untuk memperbaiki kelemahan dari *Partition Coefficient* (PC) yang dapat mengurangi perubahan nilai yang terus menurun seiring bertambahnya jumlah klaster [25]. Validasi hasil klaster menggunakan MPC dilakukan untuk mengukur sejauh mana data terbagi dengan baik ke dalam klaster tertentu berdasarkan perbedaan derajat keanggotaan. Penelitian yang dilakukan oleh [26] membandingkan indeks validitas PC, PE, dan MPC untuk menentukan jumlah klaster optimal tingkat kemiskinan. Berdasarkan hasil analisis, indeks validitas yang menunjukkan nilai paling stabil dan konsisten dalam penentuan jumlah klaster optimal adalah validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC) karena memiliki nilai stabil dan konsisten dalam menentukan jumlah klaster yang optimal.

Hasil dari pengelompokan ini diharapkan dapat membantu pemerintah dalam menentukan merancang intervensi berbasis pemodelan data untuk angka kasus TBC di Jawa Timur dengan mempertimbangkan karakteristik faktor risiko pada masing-masing klaster. Selain itu, luaran dari penelitian ini berupa aplikasi berbasis web menggunakan Streamlit yang menampilkan hasil pemodelan klaster, visualisasi peta, serta informasi tingkat risiko tuberkulosis pada tiap wilayah, sehingga dapat digunakan untuk menunjang proses analisis dan pengambilan

keputusan dalam perencanaan program pengendalian TBC secara lebih tepat sasaran dan efektif di provinsi Jawa Timur.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi fokus utama pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *Fuzzy Gustafson Kessel* menghasilkan kelompok kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan faktor-faktor risiko penularan tuberkulosis menggunakan indeks validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC)?
2. Bagaimana mengidentifikasi karakteristik setiap kelompok wilayah yang terbentuk di Provinsi Jawa Timur berdasarkan faktor risiko penularan tuberkulosis?
3. Bagaimana menghasilkan *Fuzzy Gustafson-Kessel* dalam bentuk GUI interaktif untuk menghasilkan mengelompokkan wilayah dan memvisualisasikan wilayah risiko penularan tuberkulosis di 38 kabupaten/kota provinsi jawa timur?

1.3. Batasan Masalah

Batasan yang ditetapkan pada masalah yang diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya fokus mengelompokkan 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur.
2. Eksperimen kluster hanya melakukan 2 jumlah kluster yaitu $k=2$ dan $k= 3$, dengan nilai pembobot (m) yang diuji $m = 2,2.5,3,3.5$ dan 4.
3. Penelitian ini menggunakan data sekunder mengenai faktor-faktor penyebab tuberkulosis pada tingkat kabupaten/kota di Jawa Timur yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Dinas Kesehatan (DINKES) tahun 2024
4. Hasil akhir kluster di evaluasi dan di validkan menggunakan indeks *Modified Partittion Coefficient* (MPC).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab rumusan masalah serta memberikan arahan yang lebih jelas bagi penelitian ini. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan kelompok kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan faktor-faktor risiko penularan tuberkulosis menggunakan metode *Fuzzy Gustafson-Kessel* dengan indeks validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC).
2. Mengidentifikasi karakteristik dari setiap klaster yang terbentuk di Jawa Timur berdasarkan faktor risiko penularan tuberkulosis.
3. Mengembangkan GUI interaktif yang menerapkan metode *Fuzzy Gustafson-Kessel* untuk mengelompokkan wilayah dan memvisualisasikan tingkat risiko penularan di 38 Kabupaten/Kota di Jawa Timur sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi daerah yang membutuhkan intervensi lebih lanjut.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Memberikan kontribusi literatur mengenai penggunaan metode *Fuzzy Gustafson Kessel* dalam analisis kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan faktor penyebab tuberkulosis.
 - b. Menjadi referensi untuk memberikan wawasan atau informasi dalam memahami distribusi wilayah berdasarkan faktor-faktor penyebab tuberkulosis di Provinsi Jawa Timur melalui implementasi model machine learning berbasis klustering.
2. Manfaat praktis
 - a. Penelitian ini memberikan manfaat bagi penulis dalam memperluas pemahaman terkait penerapan metode *Fuzzy Gustafson Kessel*, mengasah keterampilan dalam analisis data khususnya data faktor tuberkulosis dan meningkatkan menginterpretasikan hasil.

- b. Bagi Pemerintah Provinsi Jawa Timur melalui analisis klustering ini dapat mengetahui distribusi faktor tuberkulosis pada masing-masing kabupaten/kota. Hasil penelitian dapat digunakan untuk perencanaan strategi untuk menurunkan angka risiko penularan TBC di wilayah yang membutuhkan intervensi lebih lanjut.
- c. Bagi peneliti selanjutnya, diharapkan lebih mengeksplorasi variabel tambahan yang menyebabkan tingginya kasus tuberkulosis.