

Penerapan Metode K-Means Pada Sistem Informasi Geografis Penyebaran Penyakit Tuberkulosis Di Kota Gorontalo

Musdalifah Dwi Putri Ngabito^{a*}, Budiyanto Ahaliki^b, Arip Mulyanto^c

^{a, b, c} Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

Email: musdalifah_s1sisfo@mahasiswa.ung.ac.id^a, budyanto@ung.ac.id^b, arip.mulyanto@ung.ac.id^c

Abstract

The increasing number of tuberculosis in Gorontalo City has become a serious concern, thus requiring intensive attention. However, the Health Office of Gorontalo City faces difficulties in managing the cases, and public awareness regarding the spread of the disease remains low. This study aims to design a geographic information system (GIS) for mapping tuberculosis spread utilizing the K-means method in Gorontalo City. By applying K-Means clustering, tuberculosis cases can be classified based on distribution area, age, and gender. Each group is divided into three clusters: high, medium and low. The system development follows the prototype method. System validity testing confirmed that the results matches (were valid) with the K-means outcomes generated by the system. Functional testing demonstrated that the system operates smoothly without issues. The final output of this study is a web-based GIS of tuberculosis spread, which provides valuable information on disease distribution in Gorontalo City. This system can assist the government in monitoring, preventing, and making informed decisions for tuberculosis control in the region.

Keywords: Geographic Information System, K-Means Clustering, Tuberculosis.

Abstrak

Perkembangan kasus tuberkulosis di Kota Gorontalo menjadi masalah yang serius sehingga dibutuhkan perhatian intensif, namun Dinas Kesehatan Kota Gorontalo mengalami kesulitan dalam melakukan penanganan terhadap penyakit tuberkulosis dan masyarakat masih kurang mengetahui informasi terkait penyebaran penyakit tuberkulosis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem informasi geografis penyebaran penyakit tuberkulosis menggunakan metode *k-means* di Kota Gorontalo. Dengan menerapkan metode *k-means clustering*, dapat dilakukan pengelompokkan kasus tuberkulosis berdasarkan daerah penyebaran, usia, dan jenis kelamin. *Cluster* pada setiap kelompok terdiri dari 3 *cluster* yaitu *cluster* tinggi, *cluster* sedang, dan *cluster* rendah. Metode yang digunakan dalam pengembangan sistem informasi geografis adalah metode *prototype*. Berdasarkan pengujian validitas sistem, mendapatkan hasil yang sama (*valid*) dengan hasil *k-means* yang dihasilkan oleh sistem, dan pengujian fungsional sistem, menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik tanpa mengalami kendala. Hasil dari penelitian ini adalah sistem informasi geografis penyebaran penyakit tuberkulosis berbasis *web* yang dapat memberikan informasi penyebaran penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo, dan sistem ini dapat membantu pemerintah dalam melakukan pemantauan, pencegahan serta pengambilan keputusan dalam penanggulangan penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo.

Keywords: Sistem Informasi Geografis, K-Means Clustering, Tuberculosis

1. Pendahuluan

Tuberkulosis (TBC) ialah penyakit menular yang disebabkan karena infeksi bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*. TBC menjadi penyakit yang bisa menjangkit berbagai organ tubuh, tetapi paling sering menyerang paru-paru. Penyakit ini dapat ditularkan dari orang ke orang dengan perantara udara melalui sumber penularan yakni pasien TB yang positif ketika batuk ataupun bersin, pasien melakukan penyebaran akan kuman ke udara

dalam wujud percikan dahak yang selanjutnya akan terhisap oleh orang yang dalam keadaan sehat. Percikan dahak tersebut masuk menuju paru-paru yang memicu penyakit tuberkulosis (Kemenkes, 2022). Perkembangan kasus tuberkulosis di Kota Gorontalo menjadi masalah yang serius yang harus cepat ditangani, karena tuberkulosis merupakan salah satu penyakit menular yang dampaknya dapat memicu kematian. Berdasarkan hasil data Dinas Kesehatan Kota Gorontalo jumlah penderita penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo pada tahun 2022 sebanyak 574 penderita. Jumlah tersebut mengalami peningkatan sekitar 136 penderita dari jumlah kasus di tahun 2021 sebanyak 438 penderita (Dinas Kesehatan Kota Gorontalo, 2023).

Banyaknya data kasus penderita penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo menyebabkan Dinas Kesehatan Kota Gorontalo mengalami kesulitan dalam melakukan penanganan terhadap penyebaran penyakit tuberkulosis yaitu dalam memprioritaskan daerah yang akan dilakukan penanganan terlebih dahulu. Untuk menangani masalah tersebut, penelitian ini akan menggunakan suatu metode yang mampu melakukan pengelompokan terkait dengan wilayah persebaran penyakit tuberkulosis yaitu menggunakan metode *k-means clustering*. Metode *k-means* adalah sebuah algoritma yang berfungsi untuk melakukan pengelompokan akan data kedalam *cluster*/kelompok, dan dapat menerima data tanpa ada label kategori (Agusta, 2007). Pengelompokan ini akan membagi daerah persebaran akan penyakit tuberkulosis ke dalam 3 *cluster* yakni, *cluster* tinggi, *cluster* menengah, dan *cluster* rendah. Dengan menggunakan metode *k-means*, dapat membantu Dinas Kesehatan Kota Gorontalo untuk memprioritaskan penanganan pada daerah yang merupakan daerah *cluster* tinggi dalam penyebaran penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo.

Kenaikan kasus tuberkulosis di Kota Gorontalo juga menjadi masalah dan jelas tidak baik bagi masyarakat. Namun masyarakat di Kota Gorontalo masih kurang mengetahui informasi terkait persebaran penyakit tuberkulosis dan daerah penyebaran dengan jumlah kasus yang tinggi. Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan sistem informasi geografis dengan menggunakan metode pengembangan sistem *prototype*. Sistem Informasi Geografis ialah sebuah sistem informasi yang berbasis komputer yang berguna dalam memberi bantuan untuk mengumpulkan, memelihara, menyimpan, menganalisa, menghasilkan *output*, serta distribusi berkaitan dengan data beserta informasi spasial (Prahasta, 2005). *Prototyping* yakni suatu metode dalam mengembangkan perangkat lunak yang mempergunakan pendekatan guna menghasilkan perancangan secara cepat serta bertahap yang menjadikannya mampu untuk dengan cepat dilakukan pengevaluasiannya melalui calon pengguna/*klien* (Pressman, 2010). Sistem informasi geografis yang dirancang ini diharapkan mampu membantu Dinas Kesehatan Kota Gorontalo dalam melakukan pemantauan terhadap penyebaran kasus tuberkulosis, dan pengambilan keputusan dalam melakukan penanggulangan penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo. Dalam penelitian ini terlibat beberapa penelitian terkait yang digunakan sebagai bahan dan acuan dari penelitian sebelumnya, diantaranya penelitian dari Marwan dkk tahun 2022, Sulistyono tahun 2022, dan Putri dkk tahun 2021.

2. Metode

Metode analisis sistem pada penelitian ini menggunakan algoritma *K-means clustering*. Langkah-langkah dalam melakukan *Clustering* menggunakan algoritma *K-Means*, sebagai berikut :

- 1) Melakukan penetapan jumlah *cluster* yang akan dibentuk.

- 2) Menetapkan *centroid* (pusat klaster) secara acak (*random*) berdasarkan jumlah *cluster*.
- 3) Melakukang penghitungan akan jarak kepala *centroid* menggunakan rumus *Euclidean Distance*, sebagai berikut:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^n (x_{il} - x_{jl})^2} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $d(x_i, x_j)$ = Jarak antara objek ke i dengan objek ke j
- x_{il} = Nilai objek ke i pada variabel k
- x_{jl} = Nilai objek ke j pada variabel k
- n = Banyaknya variabel

- 4) Menggabungkan data berdasarkan jarak terpendek dengan *centroid*.
- 5) Menentukan nilai *centroid* baru menggunakan rumus berikut:

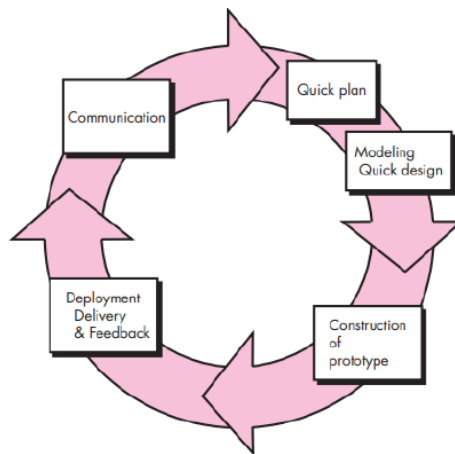
$$C_{kl} = \frac{x_{1l} + x_{2l} \dots + x_{pl}}{p} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- C_{kl} = Nilai *centroid* ke- k pada variabel ke- l
- p = Banyaknya Data

- 6) Mengulangi tahap ke-3 sampai ke-5 sampai keanggotaan setiap *cluster* tetap.

Adapun metode pengembangan sistem menggunakan metode *prototype*. Model pengembangan metode *prototype* terbagi menjadi lima tahap, terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Metode Prototype (Pressman, 2010)

- a. **Communication.** Tahap mengumpulkan data dengan cara observasi langsung dan melakukan wawancara. Pada tahap ini, peneliti melakukan observasi dan wawancara pada Dinas Kesehatan Kota Gorontalo untuk mengumpulkan data kasus penderita penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo pada tahun 2019-2023.
- b. **Quick Plan.** Tahap menganalisa data dan informasi untuk kebutuhan awal termasuk rencana yang dilakukan. Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi spesifikasi kebutuhan pengguna dalam perancangan sistem informasi geografis ini.

- c. **Modeling Quick Design.** Tahap memberikan gambaran secara singkat mengenai sistem apa yang akan dibuat. Pada tahap ini, peneliti merancang desain sistem yang mencakup DAD (Diagram Alir Data), struktur database, hingga desain *interface* sistem.
- d. **Construction of prototype.** Tahap pembangunan *prototype* sistem yang telah disepakati sesuai keinginan. Pada tahap ini, peneliti menggunakan bahasa pemrograman *Golang* dan *Javascript* untuk membuat sistem informasi geografis ini.
- e. **Deployment Delivery & Feedback.** Tahap penunjukkan hasil *prototype* kepada pengguna, dan pemberian saran dan masukan kekurangan terhadap rancangan sistem. Pada tahap ini, peneliti melakukan uji validitas sistem dan fungsional sistem untuk memastikan sistem dapat diimplementasikan dan berjalan dengan baik.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil Pengelohan Data

Berikut adalah perhitungan manual algoritma *K-Means Clustering* menggunakan data kasus penderita penyakit Tuberkulosis Tahun 2023 Kota Gorontalo. Data kasus TB dapat dilihat pada tabel 1, data ini diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Gorontalo.

Tabel 1 Kasus TBC Tahun 2023

No.	Puskesmas	Kasus 2023
1.	Dumbo Raya	60
2.	Dungingi	51
3.	Hulonthalangi	32
4.	Kota Barat	43
5.	Kota Selatan	50
6.	Kota Tengah	76
7.	Kota Timur	19
8.	Kota Utara	74
9.	Pilolodaa	30
10.	Sitapana	45
TOTAL		480

Tahap selanjutnya adalah menghitung jarak pada setiap cluster. Pertama ditentukan terlebih dahulu nilai centroid untuk setiap cluster. Nilai centroid pertama diambil dari data ke-1 sampai data ke-3 seperti pada tabel 2. Selanjutnya dihitung jarak dari masing-masing data dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance*.

Tabel 2 Nilai Centroid

Centroid	Puskesmas	Kasus 2023
C1	Dumbo Raya	60
C2	Dungingi	51
C3	Hulonthalangi	32

Dari perhitungan jarak data dari setiap *cluster* yang ada menggunakan rumus *Euclidean Distance*, maka dapat ditentukan kelompok untuk masing-masing data tersebut memilih jarak terkecil seperti pada tabel 3.

Tabel 3 Pengelompokkan dengan Jarak Terdekat

No.	Puskesmas	C1	C2	C3	Jarak Terdekat	Cluster
1.	Dumbo Raya	0	9	28	0	C1
2.	Dungingi	9	0	19	0	C2
3.	Hulonthalangi	28	19	0	0	C3
4.	Kota Barat	17	8	11	8	C2
5.	Kota Selatan	10	1	18	1	C2
6.	Kota Tengah	16	25	44	16	C1
7.	Kota Timur	41	32	13	13	C3
8.	Kota Utara	14	23	42	14	C1
9.	Pilolodaa	30	21	2	2	C3
10.	Sipatana	15	6	13	6	C2

Selanjutnya untuk melanjutkan ke iterasi kedua, terlebih dahulu menentukan nilai centroid kedua. Untuk menentukan nilai *centroid* baru dengan cara menghitung rata-rata tiap *cluster* dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance*, nilai centroid baru dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Nilai Centroid Baru

<i>Centroid</i>	Kasus 2023
C1	70
C2	47,25
C3	27

Setelah dilakukan perhitungan iterasi kedua, anggota dalam tiap *cluster* tidak ada yang mengalami perpindahan *cluster* lagi, maka perhitungan iterasi dihentikan dengan hasil akhir seperti terlihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil K-means Tahun 2023

No.	Puskesmas	Keanggotaan Cluster
1.	Dumbo Raya	C1
2.	Dungingi	C2
3.	Hulonthalangi	C3
4.	Kota Barat	C2

5.	Kota Selatan	C2
6.	Kota Tengah	C1
7.	Kota Timur	C3
8.	Kota Utara	C1
9.	Pilolodaa	C3
10.	Sipatana	C2

Hasil dari *K-means clustering* pada kasus tuberkulosis tahun 2023, terdapat tiga puskesmas yaitu puskesmas Dumbo Raya, Kota Tengah, dan Kota Utara termasuk pada *cluster 1* yaitu *cluster* tinggi, terdapat empat puskesmas yaitu puskesmas Duingingi, Kota Barat, Kota Selatan, dan Sipatana termasuk pada *cluster 2* yaitu *cluster* sedang, dan terdapat tiga puskesmas yaitu puskesmas Hulonthalangi, Kota Timur, dan Pilolodaa termasuk pada *cluster 3* yaitu *cluster* rendah.

b. Hasil Pemodelan Sistem

Visualisasi pemodelan sistem ini mencakup pembuatan desain yang terdiri dari identifikasi *external entity*, diagram konteks, *hierarchy chart*, diagram alir data, dan rancangan database.

1. External Entity

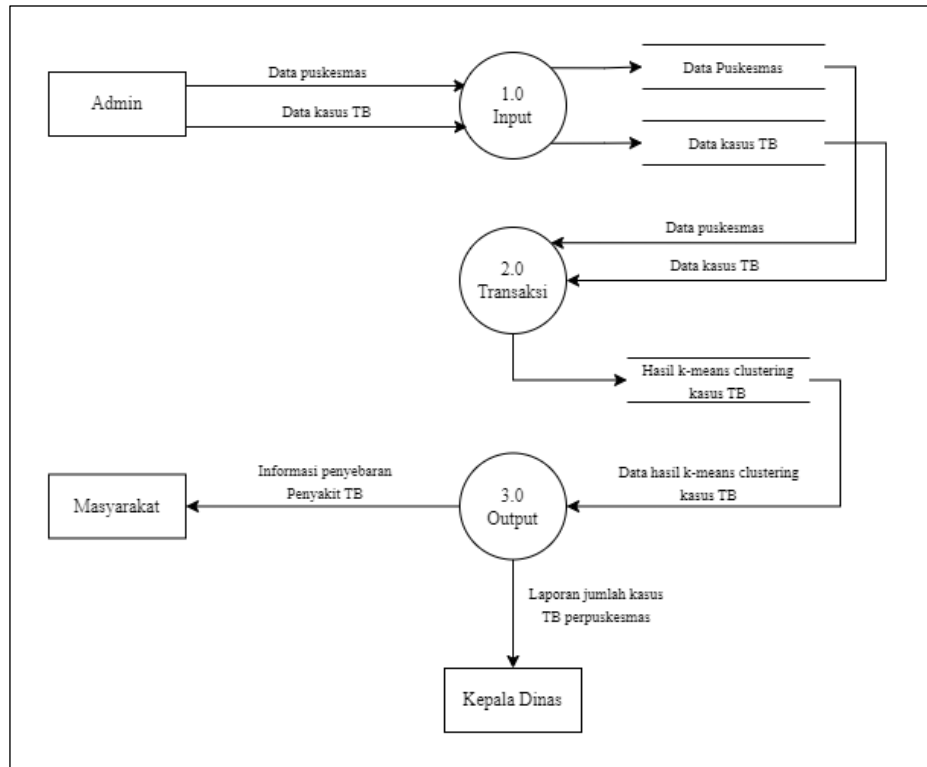
Identifikasi *external entity* seperti yang terlihat pada tabel 6, yang berfungsi untuk mengidentifikasi entitas atau pengguna yang berada di luar sistem yang akan menggunakan sistem tersebut, dimana dapat memberikan data kepada sistem maupun informasi dari sistem.

Tabel 6 *External Entity*

Entitas	Input	Output
Staff (Admin)	- Data puskesmas - Data kasus tuberkulosis	
Masyarakat		Informasi penyebaran penyakit tuberkulosis
Kepala Dinas		Laporan jumlah kasus tuberkulosis perpuskesmas

2. Diagram Alir Data (DAD)

Diagram Alir Data (DAD) Level 0 seperti yang terlihat pada gambar 2, memetakan tiga aliran utama yang menggambarkan sistem yang dirancang secara umum. Aliran pertama menunjukkan proses *input* data yang diperlukan oleh sistem. Aliran kedua merepresentasikan transaksi atau proses yang terjadi setelah data diinputkan ke dalam sistem. Sedangkan aliran ketiga menggambarkan *output* yang dihasilkan dari pengolahan data dalam sistem.



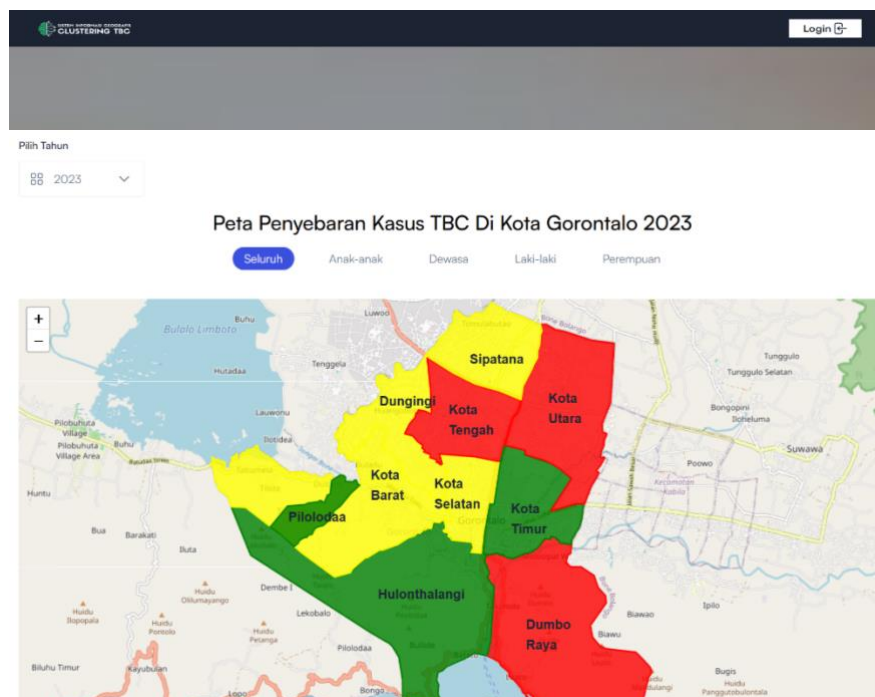
Gambar 2 DAD SIG Penyebaran Penyakit TB

c. Hasil Perancangan Sistem

1. Pengkodean Sistem

a) Tampilan Halaman Utama

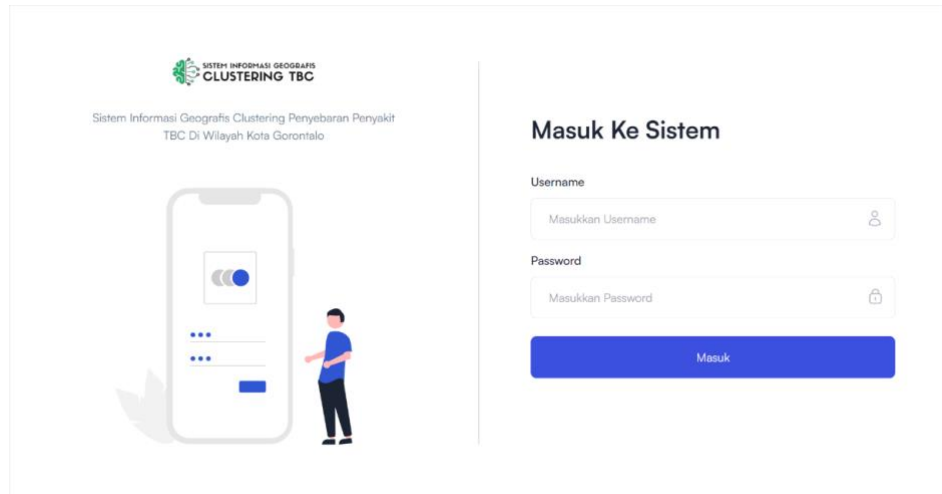
Halaman utama yang dapat dilihat pada gambar 3 adalah halaman pertama yang dapat dilihat oleh masyarakat ketika mengakses *website*. Pada halaman ini masyarakat bisa langsung melihat peta penyebaran penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo.



Gambar 3 Halaman Utama SIG Penyebaran Penyakit TB

b) Tampilan Halaman Login

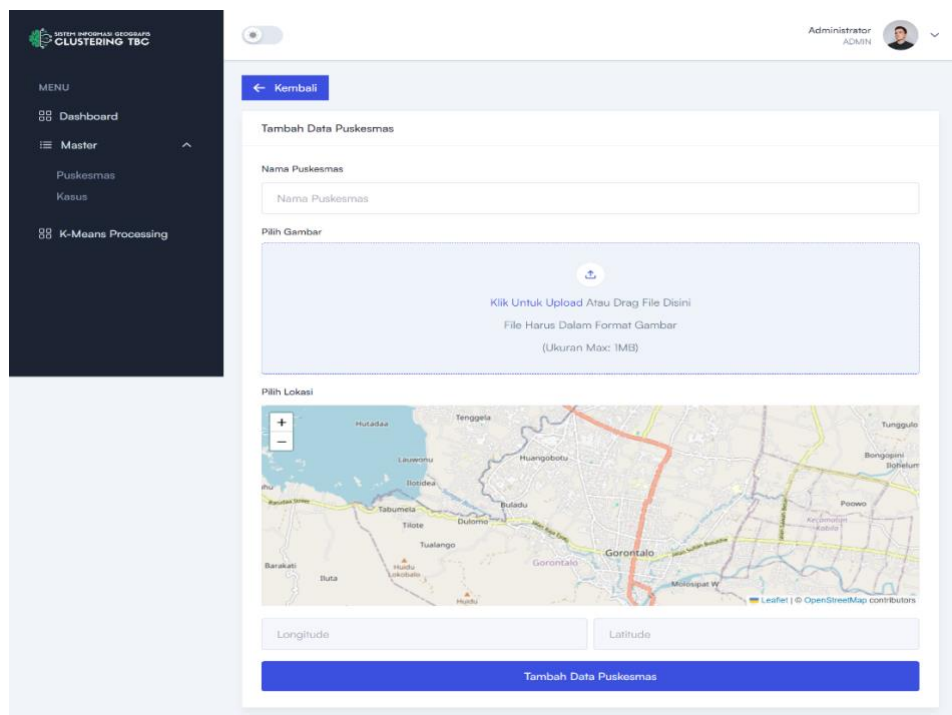
Halaman *login* yang dapat dilihat pada gambar 4 adalah halaman yang digunakan untuk melakukan proses *login* untuk mengolah data yang terdapat pada sistem. Halaman *login* ini digunakan admin untuk memasukkan data puskesmas dan data kasus TB, dan digunakan kepala dinas untuk melihat laporan terkait jumlah kasus TB di Kota Gorontalo.



Gambar 4 Halaman Login SIG Penyebaran Penyakit TB

c) Tampilan Halaman Tambah Data Puskesmas

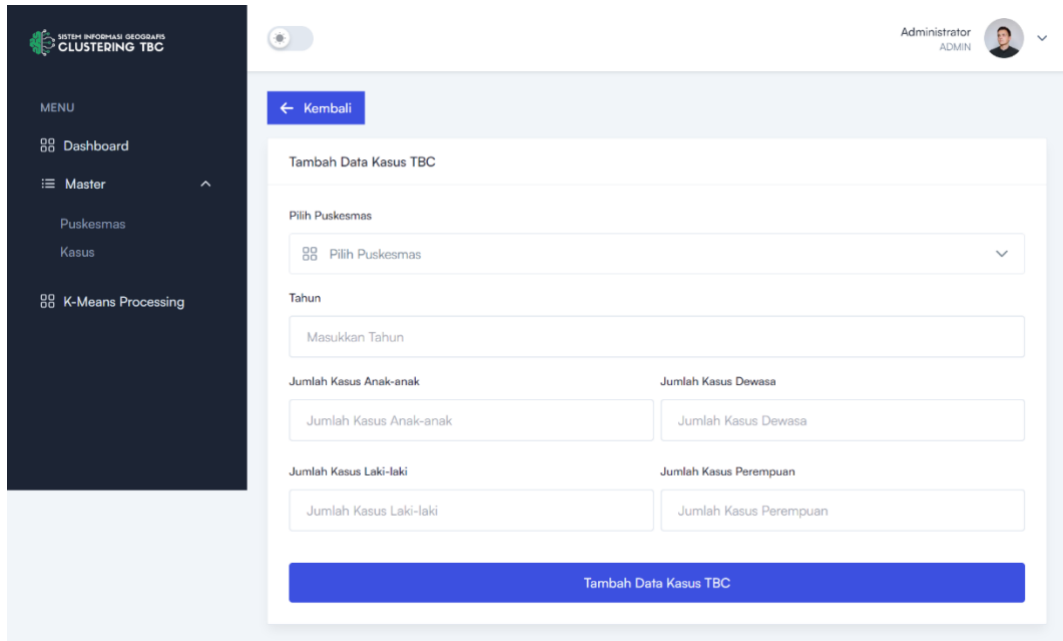
Halaman input data puskesmas yang dapat dilihat pada gambar 5 adalah halaman yang digunakan admin untuk memasukkan data baru terkait data puskesmas yang di Kota Gorontalo.



Gambar 5 Halaman Tambah Data Puskesmas

d) Tampilan Halaman Tambah Data Kasus TB

Halaman input data puskesmas yang dapat dilihat pada gambar 6 adalah halaman yang digunakan admin untuk memasukkan data baru terkait data kasus TB disetiap puskesmas yang di Kota Gorontalo.



Gambar 6 Halaman Tambah Data Kasus TB

2. Pengujian Sistem

Pada penelitian ini dilakukan pengujian untuk memastikan sistem informasi yang telah dibuat sesuai dengan kebutuhan. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *blackbox testing* dan *performance testing*. *Blackbox testing* dilakukan dengan membandingkan antara hasil yang diharapkan dengan hasil keluaran sistem. *Performance Testing* dilakukan menggunakan aplikasi *Apache JMeter* dengan menambahkan 100 virtual user yang menguji performa sistem tersebut, setelah dilakukan pengujian tidak terdapat masalah yang terjadi selama pengujian.

Pembahasan

Penelitian ini dilatarbelakangi permasalahan penanganan terhadap penyebaran penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo oleh Dinas Kesehatan, dan masyarakat yang masih kurang mengetahui informasi terkait penyebaran penyakit tubekulosis di Kota Gorontalo. Berdasarkan permasalahan tersebut, solusi yang ditawarkan berupa sistem informasi geografis penyebaran penyakit tuberkosis menggunakan metode *k-means clustering* berbasis web. Penggunaan metode *k-means clustering* pada penelitian ini dapat mengelompokan daerah penyebaran kasus TB, sehingga dapat ditentukan daerah yang akan dilakukan penanganan terlebih dahulu. Dengan *k-means* ini telah ditentukan *cluster* daerah penyebaran kasus TB yang terdiri dari 3 *cluster* yaitu *cluster* tinggi yang ditandai oleh warna merah pada peta, sedang yang ditandai oleh warna kuning pada peta, dan rendah yang ditandai oleh warna hijau pada peta.

Sistem informasi geografis ini dibuat dengan menggunakan metode *prototype* yang dimulai dari tahap komunikasi kebutuhan oleh pengguna, dilanjutkan dengan tahap pengumpulan dan pengolahan data, selanjutnya tahap perencanaan, desain dan pemodelan sistem, pembuatan *prototype* serta penyerahan kepada pengguna untuk mendapatkan umpan balik dalam penyempurnaan sistem. Dengan penggunaan metode *prototype* dalam pengembangan sistem ini dapat menghasilkan sistem informasi geografis yang dapat membantu Dinas Kesehatan dalam menginput dan mengelola data puskesmas dan data kasus TB Kota Gorontalo yang menghasilkan pemetaan digital.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Penerapan Metode K-Means Pada Sistem Informasi Geografis Penyebaran Penyakit Tuberkulosis di Kota Gorontalo, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu: Implementasi metode k-means clustering dengan penentuan pemetaan daerah penyebaran penyakit tuberkulosis dibagi menjadi 3 *cluster* yaitu *cluster* tinggi, *cluster* sedang, dan *cluster* rendah. Dari hasil perhitungan K-means *Clustering* menghasilkan 3 kelompok *cluster* yaitu *clustering* berdasarkan daerah penyebaran, *clustering* berdasarkan jenis kelamin, dan *clustering* berdasarkan usia. *Clustering* ini dilakukan untuk membantu Pemerintah Dinas Kesehatan Kota Gorontalo dalam memprioritaskan daerah yang akan dilakukan penanganan terlebih dahulu. Berdasarkan hasil *K-means Clustering* pada kasus tuberkulosis tahun 2023 di Kota Gorontalo, *cluster* tinggi ditandai oleh warna merah, terdiri dari tiga puskesmas, yaitu puskesmas Dumbo Raya, Kota Tengah, dan Kota Utara. *Cluster* sedang ditandai oleh warna kuning, terdiri dari empat puskesmas yaitu puskesmas Duingi, Kota Barat, Kota Selatan, dan Sibatana. *Cluster* rendah ditandai oleh warna hijau, terdiri dari tiga puskesmas yaitu puskesmas Hulonthalangi, Kota Timur, dan Pilolodaa. Dengan adanya sistem informasi ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat kepada masyarakat tentang penyebaran penyakit tuberkulosis dan daerah penyebarannya di Kota Gorontalo. Selain itu, sistem informasi ini dapat membantu Dinas Kesehatan Kota Gorontalo dalam melakukan pemantauan terhadap penyebaran kasus tuberkulosis, dan pengambilan keputusan dalam melakukan penanggulangan penyakit tuberkulosis di Kota Gorontalo.

Daftar Pustaka

- Adil, A. (2017). *Sistem Informasi Geografis* (P. Christian, Ed.; I). Penerbit Andi.
- Agusta, Y. (2007). K-Means-Penerapan, Permasalahan dan Metode Terkait. Dalam *Jurnal Sistem dan Informatika* (Vol. 3).
- Dinas Kesehatan Kota Gorontalo. (2023). *Laporan Kasus Tuberkulosis di Kota Gorontalo*.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). *Strategi Nasional Penanggulangan Tuberkulosis di Indonesia*.
- Marwan, F., Zakir, A., & Rahayu, E. (2022). Sistem Informasi Geografis Capaian Vaksinasi Covid-19 Kabupaten Labuhanbatu Utara Berbasis Webgis Menggunakan Algoritma K-Means. *Teknologi Informasi & Komunikasi*, 9, 183–190.
- Prahasta, E. (2005). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar* (2 ed.). Informatika.
- Pressman, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (VIII). Elizabeth A. Jones.
- Putri, E. L. G., Widaningrum, I., & Mustikasari, D. (2021). Sistem Informasi Persebaran Penyakit Demam Berdarah di Kota Madiun Menggunakan Algoritma K-Means. 6(4), 2622–4615.
- Sulistyo, A., Nariswaria, N. H., & Rohman, H. (2022). Pemetaan Penyakit Tuberkulosis Dengan Sistem Informasi Geografis Di Wilayah Bantul. *Ilmu Kesehatan Bhakti Setya Medika*, 7(2), 26–37.
- World Health Organization. (2022). *Global Tuberculosis Report 2022*. <http://apps.who.int/bookorders>.