

**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI TIANG ODP
BERDASARKAN CLUSTERING PELANGGAN
MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS**

SKRIPSI

OLEH:

MHD. RAMADHAN SAPUTRA

218160004



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/1/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repositori.uma.ac.id)19/1/26

OPTIMASI PENENTUAN LOKASI TIANG ODP BERDASARKAN CLUSTERING PELANGGAN MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area**

OLEH:

MHD. RAMADHAN SAPUTRA

218160004

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/1/26

Access From (repositori.uma.ac.id)19/1/26

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Optimasi Penentuan Lokasi Tiang ODP Berdasarkan *Clustering*
Pelanggan Menggunakan Algoritma K-Means

Nama : Mhd. Ramadhan Saputra
NPM : 218160004
Fakultas : Teknik



Tanggal Lulus: 17 September 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mhd. Ramadhan Saputra
NPM : 218160004
Program Studi : Teknik Informatika
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Optimasi Penentuan Lokasi Tiang ODP Berdasarkan *Clustering* Pelanggan Menggunakan Algoritma K-Means

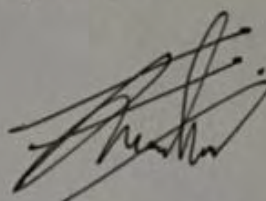
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 17 September 2025

Yang menyatakan

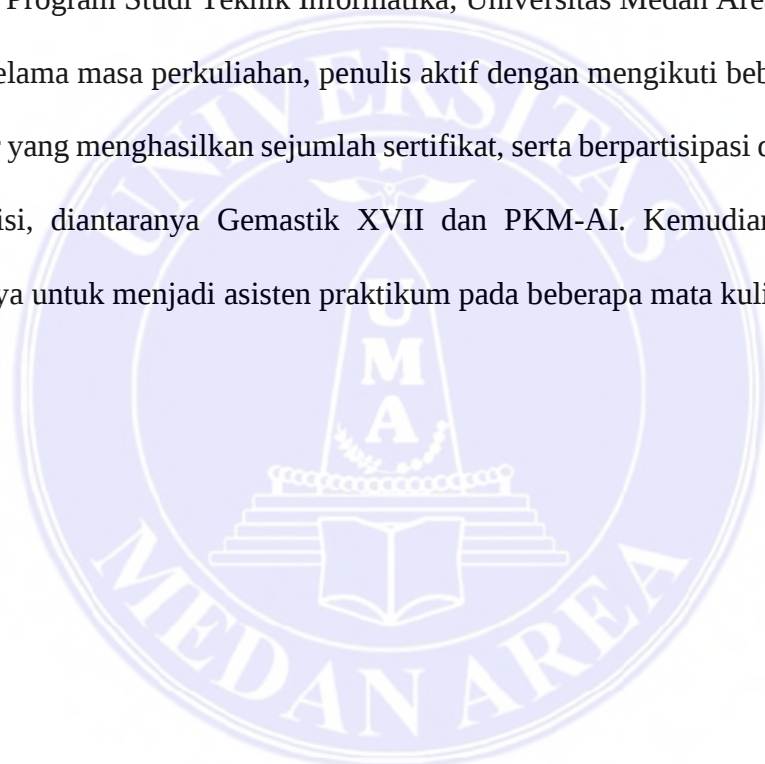


(Mhd. Ramadhan Saputra)

RIWAYAT HIDUP

Mhd. Ramadhan Saputra lahir pada tanggal 12 November 2003 di Kota Medan. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Abdul Rahman Hakim dan Almh. Ibu Sumini. Pada tahun 2021, penulis lulus dari SMK Cerdas Murni Tembung. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Medan Area.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dengan mengikuti beberapa kegiatan seminar yang menghasilkan sejumlah sertifikat, serta berpartisipasi dalam beberapa kompetisi, diantaranya Gemastik XVII dan PKM-AI. Kemudian penulis juga dipercaya untuk menjadi asisten praktikum pada beberapa mata kuliah.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin dengan mengucap syukur atas kehadiran Allah Subhaanahu wa Ta'aala yang mana telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "**Optimasi Penentuan Lokasi Tiang ODP Berdasarkan Clustering Pelanggan Menggunakan Algoritma K-Means**". Adapun tujuan dalam penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S1) di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Medan Area. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

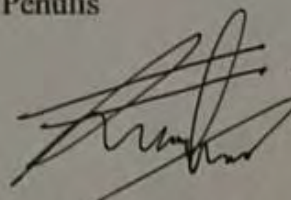
1. Ayahanda Abdul Rahman Hakim dan Ibunda Almh. Sumini tercinta serta kedua adik penulis yaitu Cinta Kabirina dan Bunga Aprilia yang telah memberikan rasa cinta dan kasih sayang serta mendidik dan mendukung penulis dalam pembuatan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Rizki Muliono, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Medan Area sekaligus sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang membantu penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Bapak Dr. M. Khahfi Zuhanda, S.Si., M.Si, Bapak Andre Hasudungan Lubis, S.Ti., M.Sc, serta Ibu Nurul Khairina, S.kom., M.kom, selaku panitia pelaksanaan pengujian skripsi yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.
6. Bang Robby Kurniawan Sari Damanik S.T., selaku *IT Support* yang meringankan segala urusan terkait berkas pada pengurusan skripsi ini.
7. Seluruh Staff Dosen Pengajar dan Staff Biro Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah memberikan pengarahan dan pembelajaran kepada penulis serta membantu dalam proses kelancaran urusan administrasi.
8. Kepada seluruh sahabat terbaik penulis yang memberikan semangat kepada penulis khususnya yang sama-sama berjuang di Universitas Medan Area, Abdullatif, Bambang Saktiawan, Evindo Amanda Riza, Haris, Khairul Amali, Luthfi Chaidar Ikhrum, Muhammad Imam Ali, Olovian Boan Artha Malau, Faisal Razaq, dan Fadilah Alhafiz.

Akhirnya penulis memohon maaf jika terdapat banyak kekurangan serta kesalahan dalam teknik penyajian dan pembahasan pada skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi siapa saja yang membacanya demi kemajuan ilmu pendidikan di Indonesia.

Medan, 17 September 2025

Penulis



MHD. RAMADHAN SAPUTRA

NPM. 218160004

ABSTRAK

Teknologi dan informasi yang terus berkembang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk meningkatnya ketergantungan terhadap layanan internet. ISP (*Internet Service Provider*) menjadi penyedia layanan internet melalui berbagai metode distribusi jaringan, salah satunya adalah *Wireless Fidelity* (Wi-Fi). Untuk mendukung penyediaan Wi-Fi, diperlukan infrastruktur berupa ODP (*Optical Distribution Point*) sebagai pendistribusian jaringan ke masing-masing pelanggan. Agar memastikan keamanan ODP, diperlukan tiang sebagai tumpuannya. Namun, lokasi tiang ODP yang tidak strategis mengakibatkan teknisi kesulitan melakukan pengecekan sebelum pemasangan baru dan melakukan pemeliharaan terhadap jaringan tersebut. Teknisi diharuskan untuk mencari tiang ODP di daerah alamat pelanggan agar memproses pemasangan baru serta pemeliharaan. Selain itu, teknisi juga tidak dapat memastikan lokasi tiang ODP tanpa mengecek ODP yang berada disisi tiang. Berdasarkan permasalahan tersebut, diusulkan penelitian ini yang mengelompokkan data pelanggan melalui metode *k-means*. Kemudian untuk mengoptimalkan proses *clustering*, diperlukan metode *elbow* dalam menentukan jumlah *cluster*. Selanjutnya DBI (*Davies-Bouldin Index*) dan *silhouette score* digunakan untuk mengukur kualitas hasil *cluster*. Hasil yang diperoleh, sistem mampu melakukan *clustering* dan penempatan tiang ODP dengan berbagai variasi jumlah data. Penentuan jumlah *cluster* dengan *elbow* menghasilkan *cluster* optimal berjumlah 5 dengan nilai DBI sebesar 0,55 dan *silhouette score* sebesar 0,42 pada 500 data yang dikategorikan cukup baik. Sementara itu, penentuan jumlah *cluster* menggunakan *k-means* (tanpa *elbow*) menghasilkan nilai DBI sebesar 0,78 dan *silhouette score* sebesar 0,34 pada 500 data. Hasilnya, metode *elbow* mampu melengkapi metode *k-means* dalam menghasilkan jumlah *cluster* optimal. Sehingga penelitian ini mampu memberikan kontribusi dalam penentuan lokasi tiang ODP yang diharapkan meminimalkan penggunaan sumber daya.

Kata Kunci: ISP, ODP, *elbow*, *k-means clustering*, DBI, *silhouette score*.

ABSTRACT

Technology and information that continues to develop affects various aspects of human life, including increasing dependence on internet services. ISP (Internet Service Provider) provides internet services through various network distribution methods, one of which is Wireless Fidelity (Wi-Fi). To support the provision of Wi-Fi, infrastructure is needed in the form of an ODP (Optical Distribution Point) to distribute the network to each customer. In order to ensure the safety of the ODP, a pole is needed as a support. However, the location of the ODP poles is not strategic, making it difficult for technicians to carry out checks before new installations and carrying out maintenance on the network. Technicians are required to look for ODP poles in the customer's address area to process new installations and maintenance. Apart from that, technicians cannot confirm the location of the ODP pole without checking the ODP on the side of the pole. Based on these problems, this research is proposed which groups customer data using the k-means method. Then, to optimize the clustering process, the elbow method is needed to determine the number of clusters. Furthermore, DBI (Davies-Bouldin Index) and silhouette score are used to measure the quality of cluster results. The results obtained show that the system is able to perform clustering and placement of ODP poles with various variations in the amount of data. Determining the number of clusters using elbows produces an optimal cluster of 5 with a DBI value of 0.55 and a silhouette score of 0.42 on 500 data which is categorized as quite good. Meanwhile, determining the number of clusters using k-means (without elbows) produces a DBI value of 0.78 and a silhouette score of 0.34 on 500 data. As a result, the elbow method is able to complement the k-means method in producing the optimal number of clusters. So this research is able to contribute to determining the location of ODP poles which is expected to minimize resource use.

Keywords: *ISP, ODP, elbow, k-means clustering, DBI, silhouette score.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. <i>Optical Distribution Point</i> (ODP).....	7
2.2. Optimasi	8
2.3. <i>Clustering</i>	8
2.4. <i>K-Means</i>	9
2.5. <i>Elbow</i>	10
2.6. <i>Davies-Bouldin Index</i> (DBI)	11
2.7. <i>Silhouette Score</i>	13
2.8. <i>Flowchart Diagram</i>	14
2.9. <i>Unified Modeling Language</i> (UML).....	15
2.9.1. <i>Use Case Diagram</i>	16
2.9.2. <i>Activity Diagram</i>	17
2.10. Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Kerangka Penelitian	21
3.2. Identifikasi Masalah	22
3.3. Studi Literatur	22
3.4. Pengumpulan Data	22

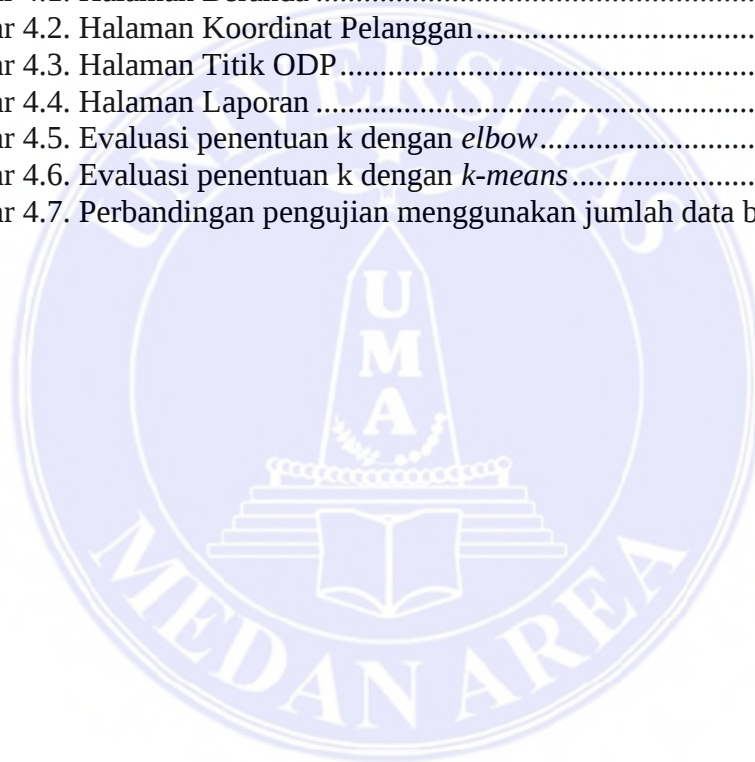
3.4.1. Bahan dan Alat.....	24
3.5. <i>Preprocessing</i> Data	24
3.6. <i>Elbow</i>	25
3.7. <i>K-Means</i>	26
3.7.1. Inisialisasi Pusat <i>Cluster</i> Awal	26
3.7.2. Jarak <i>Euclidian Distance</i>	27
3.7.3. Penentuan Pusat <i>Cluster</i> Baru.....	30
3.8. Evaluasi	31
3.8.1. <i>Davies-Bouldin Index</i> (DBI)	31
3.8.2. <i>Silhouette Score</i>	33
3.9. Perancangan	36
3.9.1. <i>Unified Modeling Language</i> (UML).....	36
3.9.2. <i>User Interface</i> (UI).....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Hasil	41
4.1.1. Implementasi	41
4.2. Pembahasan.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komponen <i>flowchart diagram</i>	15
Tabel 2.2. Komponen <i>use case diagram</i>	17
Tabel 2.3. Komponen <i>activity diagram</i>	18
Tabel 2.4. Penelitian terdahulu	19
Tabel 3.1. Data penelitian	23
Tabel 3.2. Data sampel	25
Tabel 3.3. Pusat (<i>centroid</i>) pada data sampel	27
Tabel 3.4. Pusat (<i>centroid</i>) <i>cluster</i> awal	27
Tabel 3.5. Jarak data terhadap <i>cluster</i>	29
Tabel 3.6. Data <i>cluster</i> C1	30
Tabel 3.7. Data <i>cluster</i> C2	30
Tabel 3.8. Data <i>cluster</i> C3	31
Tabel 3.9. Pusat (<i>centroid</i>) <i>cluster</i> baru	31
Tabel 4.1. Hasil <i>cluster</i> serta penempatan ODP	44
Tabel 4.1. Penentuan k menggunakan <i>elbow</i>	45
Tabel 4.2. Penentuan k menggunakan <i>k-means</i>	46
Tabel 4.3. Perbandingan waktu komputasi	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Kerangka penelitian.....	22
Gambar 3.2. Penentuan jumlah <i>cluster</i> dengan <i>elbow</i>	25
Gambar 3.3. <i>Use case diagram</i>	37
Gambar 3.4. <i>Activity diagram</i>	38
Gambar 3.5. Desain Antarmuka Beranda.....	39
Gambar 3.6. Desain Antarmuka Koordinat Pelanggan	39
Gambar 3.7. Desain Antarmuka Titik ODP	40
Gambar 3.8. Desain Antarmuka Laporan.....	40
Gambar 4.1. Halaman Beranda	41
Gambar 4.2. Halaman Koordinat Pelanggan.....	42
Gambar 4.3. Halaman Titik ODP.....	43
Gambar 4.4. Halaman Laporan	43
Gambar 4.5. Evaluasi penentuan k dengan <i>elbow</i>	45
Gambar 4.6. Evaluasi penentuan k dengan <i>k-means</i>	46
Gambar 4.7. Perbandingan pengujian menggunakan jumlah data bervariasi	47



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan informasi yang semakin pesat menjadikan internet sebagai bagian penting dalam kehidupan manusia. Hampir seluruh kegiatan masyarakat menggunakan layanan internet untuk memenuhi kebutuhan mereka. Berbagai cara dapat dilakukan agar dapat terhubung ke jaringan internet namun, salah satunya adalah dengan mengandalkan perusahaan penyedia jasa internet (Miraz dkk., 2020).

ISP (*internet service provider*) merupakan penyedia layanan internet kepada pelanggan melalui berbagai penerapan pada jaringan sesuai perusahaan yang dipilih oleh pelanggan seperti, melalui kabel, DSL, serat optik, ataupun nirkabel. (Akbar dkk., 2023). Salah satu bentuk distribusi jaringan internet adalah teknologi *Wireless Fidelity* (*Wi-Fi*), yang merupakan bagian dari komunikasi nirkabel berbasis *Wireless Local Area Network* (WLAN). Melalui *Wi-Fi*, pengguna dapat mengakses internet melalui berbagai perangkat keras yang dimiliki (Ariyanto dkk., 2020).

Dalam menyediakan layanan *Wi-Fi*, pihak penyedia memerlukan instalasi yang cukup rumit. Mulai dari pengecekan kondisi sekitar lokasi pemasangan hingga memastikan ketersediaan infrastruktur di area tersebut. Salah satu infrastruktur penting dalam menyediakan layanan internet adalah dengan adanya ODP (*Optical Distribution Point*) yang menjadi titik pendistribusian jaringan ke masing-masing pelanggan (Rahman dkk., 2021).

Untuk dapat memastikan keamanan ODP diperlukan tiang sebagai tumpuan dalam melindungi setiap komponen yang ada pada ODP dari berbagai gangguan yang tidak diinginkan. Penempatan tiang yang strategis juga mempermudah teknis untuk dapat melakukan pemeliharaan jika diperlukan. Sehingga setiap proses pelayanan dapat dilakukan dengan lebih optimal.

Lokasi tiang ODP yang tidak strategis mengakibatkan teknis kesulitan untuk melakukan pengecekan sebelum pemasangan baru dan melakukan pemeliharaan terhadap jaringan tersebut. Sehingga teknis diharuskan untuk mencari tiang ODP di daerah alamat pelanggan agar dapat memproses pemasangan baru serta pemeliharaan jika diperlukan. Selain itu, teknis juga tidak dapat memastikan lokasi tiang ODP yang sebenarnya tanpa melakukan pengecekan pada ODP yang berada disisi tiang. Hal ini tentu membuang waktu dan mengganggu efisiensi kerja teknis.

Permasalahan tersebut dapat diselesaikan melalui pendekatan informatika, salah satunya dengan menerapkan metode *cluster* (Rahmah, 2020). *Clustering* adalah proses yang dilakukan untuk membagi kumpulan objek data ke dalam kelompok yang disebut dengan *cluster*. Objek yang ada pada satu *cluster* memiliki kemiripan satu sama lain. Sedangkan pada *cluster* lain memiliki karakteristik yang berbeda (Zuhal, 2022).

Berbagai algoritma dapat digunakan untuk melakukan *clustering*, namun salah satunya adalah algoritma *k-means*. *K-means* merupakan sebuah algoritma yang dapat melakukan pengelompokan data dengan menentukan titik massa (*centroid*) dari kumpulan data yang berbeda secara acak. Prinsip *k-means* akan menentukan jumlah kelompok (K) yang diinginkan. Kemudian algoritma ini

memproses data berdasarkan kedekatan objek dengan *centroid* yang telah ditentukan (Setianingsih & Ali, 2023).

Untuk dapat mengukur performa *k-means* dalam melakukan *clustering*, beberapa metode evaluasi seperti *Davies-Bouldin Index (DBI)*, dan *silhouette score* digunakan untuk menganalisis hasil *clustering* yang telah dilakukan. Metode ini akan mengevaluasi seberapa baik data dalam setiap *cluster* terpisah dan seberapa dekat *cluster* yang terbentuk. Nilai yang diperoleh oleh metode ini akan dijadikan sebagai penentu kualitas *cluster* yang ada (Hasan, 2024).

Penelitian terdahulu yang dilakukan Salsabila dkk. (2020) *k-means* menghasilkan 22 titik pusat (ODP) dengan rumah calon pelanggan dalam tiap *cluster*. Penyesuaian terus dilakukan dalam penempatan posisi ODP hingga mencapai lokasi yang optimal, agar rumah disekitarnya dijangkau dan terhubung dengan ODP tersebut. Hasilnya pemetaan ODP berhasil memenuhi standar ketentuan, dimana nilai *link power budget* ≤ 25 dB, menunjukkan *k-means* mampu mengoptimalkan peletakan ODP dalam mengefisiensi jaringan, penggunaan kabel dan meminimalkan penggunaan biaya didalamnya.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan (Marini & Suhendra, 2023) dalam memetakan wilayah pariwisata yang ada di Teluk Wondama Provinsi Papua Barat dengan algoritma *k-means* dan distrik yang diambil berdasarkan jumlah kunjungan pada tahun 2022 terbagi dalam tiga *cluster* dengan analisis metode *elbow* dan *silhouette coefficient*. Pada metode *elbow cluster* 1 menunjukkan distrik yang memiliki jumlah pengunjung paling sedikit, *cluster* 2 adalah distrik dengan jumlah pengunjung terbanyak, dan *cluster* 3 menunjukkan distrik dengan jumlah pengunjung menengah. Pada metode *silhouette coefficient*, *cluster* 1 menunjukkan

distrik yang memiliki jumlah pengunjung paling sedikit, *cluster* 2 adalah distrik dengan jumlah pengunjung terbanyak pada rentang 500-800. Hasil dari analisis kedua metode diperoleh pada metode *elbow* $k=3$ dan *silhouette coefficient* $k=2$. Hasil ini kemudian di analisis dengan *k-means* untuk memetakan daerah pariwisata melalui pemetaan pada Teluk Wondama dengan *cluster* 1 diinisialisasikan dengan warna ungu, *cluster* 2 dengan warna biru dan *cluster* 3 menginisialisasikan distrik yang tidak memiliki jumlah wisatawan dengan warna putih.

Berdasarkan penelitian (Nasri, 2022) dalam menentukan lokasi *Rice Milling Unit* (RMU), *weight k-means clustering* berperan dalam penentuan *cluster* yang optimal yaitu $K=7$. Hasil ini diperoleh melalui analisis yang membandingkan variasi pengujian yaitu $K=5, 6, 7$, dan 8 . Evaluasi awal menunjukkan 5 lokasi RMU yang saat ini sudah ada, namun hasil analisis menyarankan penambahan 2 *cluster* baru yang direncanakan di wilayah Malang Utara dan Malang Tenggara. Hal ini bertujuan agar mampu mengakomodasi pendistribusian panen padi yang lebih merata di wilayah Malang. Dalam memilih *cluster* yang optimal, peran *elbow* diperlukan untuk menentukan apakah dengan jumlah tujuh *cluster* dapat mencapai distribusi RMU yang stabil atau tidak dengan perhitungan *Square Standard Error* (SSE) yang akan mengukur stabilitas jumlah *cluster* tersebut sehingga dapat dilanjutkan ke pengukuran jarak antar titik geospasial yang diproses oleh *haversine*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini *k-means* diharapkan dapat menentukan titik lokasi penempatan tiang ODP melalui *clustering* pelanggan dengan jumlah *cluster* optimal yang dihasilkan oleh *elbow* kemudian akan di evaluasi menggunakan metode *davies-bouldin index* (DBI), dan *silhouette score* yang akan menghasilkan titik koordinat tiang ODP yang berada di area *cluster*

lokasi pelanggan. Selain itu, dengan titik koordinat yang ada, para teknisi dapat meningkatkan kinerja mereka karena tidak memerlukan pencarian lokasi tiang ODP jika ingin melakukan pengecekan guna pemasangan jaringan pada pelanggan baru ataupun pemeliharaan terkait gangguan yang terjadi pada jaringan. Dengan begitu dapat mengefisiensikan penggunaan waktu ketika sedang bertugas.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah yang dipaparkan, rumusan masalah yang terbentuk yaitu:

1. Bagaimana menerapkan algoritma *k-means* untuk melakukan *cluster* terhadap data pelanggan?
2. Bagaimana metode *elbow* dapat menghasilkan jumlah *cluster* optimal?
3. Bagaimana algoritma *k-means* dapat menghasilkan pusat *cluster* yang mampu menjadi acuan dalam penempatan lokasi tiang ODP?
4. Bagaimana metode evaluasi *davies-bouldin index* (DBI), dan *silhouette score* dapat mengukur kualitas hasil *cluster*?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditentukan agar penelitian ini berfokus pada masalah yang ingin diselesaikan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 500 data pelanggan.
2. Metode *elbow* digunakan untuk menghasilkan jumlah *cluster*.
3. Algoritma yang digunakan adalah *k-means clustering*.

4. Metode evaluasi yang digunakan adalah *davies-bouldin index* (DBI) dan *silhouette score*.
5. Pengujian dan implementasi menggunakan bahasa pemrograman *python*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk melakukan *cluster* berdasarkan data pelanggan menggunakan algoritma *k-means*.
2. Untuk mengetahui seberapa optimal *elbow* dalam menghasilkan jumlah *cluster*.
3. Untuk menghasilkan pusat *cluster* yang dijadikan sebagai titik penempatan lokasi tiang ODP.
4. Untuk mengetahui seberapa baik kualitas hasil *cluster* melalui evaluasi *davies-bouldin index* (DBI), dan *silhouette score*.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat:

1. Memberikan petunjuk lokasi tiang ODP yang sesuai bagi teknisi dalam melakukan pemasangan ataupun pemeliharaan jaringan.
2. Menghemat waktu dalam pencarian tiang ODP serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya terutama dalam menempatkan tiang ODP.
3. Dapat dijadikan referensi bagi peneliti selanjutnya dalam menerapkan *k-means* untuk menentukan titik lokasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Optical Distribution Point (ODP)*

Optical Distribution Point (ODP) merupakan perangkat pendukung dalam jaringan *fiber optic* yang berfungsi sebagai pembagi jalur *core optic* dari pusat menuju beberapa pelanggan (Supriatin dkk., 2021). ODP adalah perangkat awal yang menjadi penghubung antara rumah pelanggan dengan ketersediaan jaringan melalui sebuah kabel (Asril dkk., 2023). ODP menjadi wadah yang mencegah kabel untuk mengalami korosi serta melindunginya dari cuaca ekstrem yang dapat mengganggu terminasi kabel dari penyedia ke pelanggan. ODP dipilih karena memiliki bahan yang kuat dan kokoh serta sesuai untuk pemasangan diluar ruangan. Perangkat ODP dilengkapi dengan berbagai komponen seperti *optical pigtail*, *connector adaptor*, dan *splitter* (Manjako & Suroto, 2020).

Penentuan ODP yang masih manual atau melalui pengecekan secara langsung di lapangan dinilai kurang optimal, terutama dalam hal pendataan rumah calon pelanggan yang akan terhubung pada tiang ODP tersebut (Salsabila dkk., 2020). Selain itu, cara manual ini juga seringkali menghasilkan distribusi kabel yang tidak beraturan dan kurang efisien. Seperti misalnya pelanggan yang dihubungkan dengan ODP yang berjarak cukup jauh sehingga dapat berpengaruh terhadap kualitas jaringan dan layanan yang disediakan (Adriel dkk., 2019).

2.2. Optimasi

Optimasi merupakan sebuah proses yang dilakukan untuk menemukan solusi terbaik melalui cara paling efektif dan efisien. Dengan memanfaatkan sumber daya sebaik mungkin optimasi dapat memaksimalkan penggunaan waktu, biaya dan energi lain untuk mencapai tujuan yang diinginkan (Sidabutar & Habibi, 2022). Melalui penerapan optimasi, penggunaan sumber daya dapat diminimalkan. Oleh karena itu, penting untuk mendefinisikan setiap fungsi dari variabel keputusan yang dapat diatur agar mampu menghasilkan keputusan terbaik (Sinaga, 2023).

Optimasi dapat dilakukan melalui dua pendekatan yaitu maksimisasi dan minimisasi. Maksimisasi berfokus pada penggunaan atau alokasi sumber daya yang dimiliki untuk memperoleh keuntungan sebesar mungkin. Sebaliknya, minimisasi akan mencapai hasil tertentu dengan meminimalkan *input* atau biaya yang tersedia. Maksimisasi berfokus pada peningkatan hasil, sementara minimisasi mengutamakan efisiensi penggunaan sumber daya agar tetap mencapai *output* yang diinginkan dengan pengeluaran seminimal mungkin (Sumadireja dkk., 2021).

2.3. Clustering

Clustering adalah sebuah teknik yang digunakan tanpa pengawasan (tidak ada label atau kelas tertentu). Tujuan utama dari *clustering* adalah mengelompokkan objek data yang memiliki kemiripan ke dalam satu kelompok (*cluster*) yang sama (Wadnare dkk., 2021). Objek data yang berada dalam satu *cluster* akan dijadikan satu berdasarkan kemiripan karakteristik mereka, sehingga akan berbeda dengan *cluster* lain yang memiliki karakteristik tersendiri (Vankayalapati dkk., 2021).

Prinsip utama dalam *clustering* adalah membuat setiap kelompok (*cluster*) sehomogen mungkin, sehingga data dalam setiap *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang tinggi. *Clustering* umumnya diterapkan pada data yang memiliki beberapa atribut yang kemudian akan direpresentasikan dalam ruang multidimensi guna mempermudah proses pengelompokkan (Sibatuara dkk., 2022).

2.4. *K-Means*

K-means adalah salah satu metode dari banyak teknik dalam *clustering* yang populer. *K-means* digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik pada sebuah data di setiap *cluster*. Titik inilah yang nantinya akan ditugaskan untuk membentuk sebuah *cluster* dengan mencari titik pusat (*centroid*) yang terdekat. Metode ini akan meminimalkan jarak setiap data menuju ke *centroid* yang terbentuk (Sibatuara dkk., 2022). *Centroid* akan diperbarui menjadi titik rata-rata dari seluruh data pada sebuah *cluster*. Proses ini akan terus berulang hingga mencapai kondisi stabil, dimana perubahan posisi *centroid* akan mengecil dan tidak terjadinya perpindahan titik pada *cluster* tersebut (Abdullah dkk., 2024).

Adapun proses dalam melakukan *clustering* dengan *k-means* adalah sebagai berikut (Waruwu dkk., 2023):

1. Menentukan jumlah *cluster* (*k*) yang akan dibentuk dari *dataset* yang dimiliki.
2. Memilih titik awal (*k*) sebagai *centroid*, umumnya dapat ditentukan secara acak.
3. Menghitung jarak setiap data ke *centroid* melalui persamaan *Euclidean Distance* dengan rumus (2.1):

$$d(P, Q) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j(P) - x_j(Q))^2} \quad (2.1)$$

4. Mengelompokkan setiap data melalui *cluster* yang memiliki *centroid* terdekat.
5. Memperbarui posisi *centroid* dengan menghitung rata-rata posisi titik data pada setiap *cluster*.
6. Ulangi langkah 3 jika posisi *centroid* masih berubah atau data mengalami perpindahan *cluster*. Proses akan berhenti hingga posisi *centroid* stabil (tidak berubah) atau hingga mencapai batas iterasi yang telah ditentukan.

2.5. Elbow

Elbow adalah salah satu teknik dalam analisa *clustering* yang mampu menentukan jumlah optimal terhadap sebuah *cluster*. Metode ini melibatkan pengamatan grafik yang menunjukkan persentase setiap *cluster*. Grafik akan membentuk siku jika terdapat titik optimal yang menandakan jumlah *cluster* ideal untuk digunakan (A. H. Lubis dkk., 2024). Metode *elbow* bertujuan untuk memilih nilai k yang relatif kecil tetapi tetap mempertahankan nilai rendah yang dihasilkan oleh *within-cluster sum of squares* (withinss) (Qusyairi dkk., 2024). Selanjutnya *elbow* akan membandingkan hasil penjumlahan *cluster* pada titik akhir grafik dengan nilai *cluster* yang dianggap paling baik sebagai model data dan memastikan pembagian *cluster* yang paling optimal (Sholeh & Aeni, 2023).

Langkah-langkah dalam menentukan jumlah *cluster* paling optimal dengan *elbow* adalah sebagai berikut (Sari dkk., 2022).

1. Memulai dengan menentukan jumlah *cluster* awal.
2. Menambah jumlah *cluster* secara bertahap hingga mencapai jumlah tertentu.
3. Menghitung nilai SSE (*Sum of Squares Error*) untuk setiap *cluster* melalui persamaan (2.2) berikut.

$$SSE = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in S_k} \|x_i - c_k\|^2 \quad (2.2)$$

4. Melakukan perhitungan SSE untuk setiap *cluster* hingga mencapai jumlah *cluster* yang telah ditentukan.
5. Mengamati hasil SSE untuk melihat apakah terdapat penurunan yang signifikan atau perubahan drastis pada nilai tersebut.
6. Menetapkan jumlah *cluster* optimal yang ditandai dengan terbentuknya titik siku pada grafik.

2.6. Davies-Bouldin Index (DBI)

Davies-Bouldin Index pertama kali diperkenalkan di tahun 1979 oleh David L. Davies dan Donald W. Bouldin. *Davies-Bouldin Index* (DBI) merupakan sebuah metode evaluasi yang mampu menilai hasil *clustering* pada sebuah metode. Penilaian ini didasari oleh tingkat kohesi dan separasi yang ada (Ferdiansyah & Chotijah, 2024). Kohesi merujuk pada kedekatan data dengan titik pusat (*centroid*), yang menunjukkan sejauh mana elemen dalam satu *cluster* saling berdekatan. Sedangkan separasi mengacu pada jarak antara *centroid* dari *cluster* yang berbeda-beda, bertujuan untuk menjadi pemisah antar *cluster* (Sholeh & Aeni, 2023). DBI berfungsi sebagai ukuran di mana semakin kecil nilai yang dihasilkan, evaluasi *cluster* akan menjadi baik. Sebaliknya, jika nilai DBI semakin tinggi, maka proses evaluasi *cluster* menjadi semakin buruk atau kurang optimal (Sholihah dkk., 2023).

Langkah dalam menentukan nilai *Davies-Bouldin Index* (DBI) adalah sebagai berikut.

1. *Sum Of Square Within-Cluster* (SSW)

Untuk mengetahui matrik kohesi dalam sebuah *cluster* ke-*i* yang dapat dilihat pada persamaan (2.3) berikut.

$$SSW = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} d(x_j, c_i) \quad (2.3)$$

Keterangan:

m_i : Jumlah titik data dalam *cluster* *i*.

x_j : Titik data ke-*j* dalam *cluster* *i*.

c_i : Pusat (*centroid*) dari *cluster* *i*.

$d(x_j, c_i)$: Jarak antara titik data x_j dan pusat *cluster* c_i

2. *Sum Of Square Between-Cluster* (SSB)

Untuk mengetahui nilai separasi atau jarak antara *cluster* dapat dilihat pada persamaan (2.4).

$$SSB_{i,j} = d(c_i, c_j) \quad (2.4)$$

Keterangan:

$d(c_i, c_j)$: Jarak antara titik data c_i dan data c_j pada *cluster* lain

3. *Ratio* (Rasio)

Setelah mendapat nilai kohesi dan separasi selanjutnya menghitung rasio untuk mengetahui nilai perbandingan antara *cluster* ke-*i* dan *cluster* ke-*j* sesuai pada persamaan (2.5) berikut.

$$R_{i,j} = \frac{SSW_i + SSW_j}{SSB_{i,j}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

SSW_i : *Sum Of Square Within-Cluster* pada *centroid* i

$SSB_{i,j}$: *Sum of Square Between Cluster* data ke i dan j pada *cluster* berbeda

4. *Davies-Bouldin Index (DBI)*

Selanjutnya nilai DBI dapat kita hitung menggunakan persamaan (2.6) dibawah ini.

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{i \neq j} (R_{i,j}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

k : Jumlah *cluster* yang digunakan

$R_{i,j}$: Rasio dari nilai SSW dan SSB

2.7. *Silhouette Score*

Silhouette score adalah sebuah metode yang diperkenalkan oleh Peter J. Rousseeuw pada tahun 1987. Metode ini merupakan gabungan dari metode *cohesion* dan *separation* yang menjadikan *silhouette* dapat mengukur kedekatan hubungan antar objek pada sebuah *cluster* dan mengukur seberapa jauh pula sebuah *cluster* terpisah dengan *cluster* lainnya. *Silhouette* akan memberi gambaran seberapa baik objek dikelompokkan dalam sebuah *cluster* (Sholeh & Aeni, 2023).

Silhouette memiliki rentang nilai dari -1 hingga 1. Jika nilainya mendekati 1 menandakan sampel yang digunakan sesuai dengan *cluster*. Sebaliknya, jika nilai yang diperoleh lebih dekat ke -1 maka sampel tersebut dapat dikelompokkan pada *cluster* yang salah. Sementara nilai yang mendekati 0 mengindikasikan bahwa sampel berada di area perbatasan antara dua *cluster* yang berdekatan, sehingga

posisinya tidak pasti (Ramayanti dkk., 2023). Untuk menilai seberapa baik hasil *clustering*, penggunaan *silhouette* dapat digunakan pada setiap *cluster* maupun keseluruhan *cluster* yang telah dihasilkan. Jumlah *cluster* k dapat disebut $sil(k)$, yang dihitung sebagai rata-rata nilai *silhouette* untuk tiap data dengan persamaan (2.7) berikut ini (Paembonan & Abduh, 2021).

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (2.7)$$

Dimana:

$s(i)$: Nilai *silhouette score* data i

$a(i)$: Jarak rata-rata antara data i dengan data lain dalam *cluster*-nya

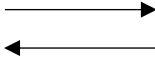
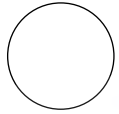
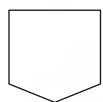
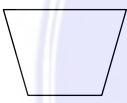
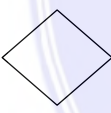
$b(i)$: Jarak rata-rata antara data i dan *cluster* terdekat yang bukan kelompoknya

$\max(a(i), b(i))$: Nilai maksimum dari $a(i)$ dan $b(i)$ untuk membatasi nilai dalam rentang -1 hingga 1

2.8. Flowchart Diagram

Menurut Zalukhu dkk. (2023) *Flowchart diagram* atau diagram alur merupakan representasi grafis yang menggambarkan setiap langkah berdasarkan urutan prosedur dari sebuah proses. *Flowchart diagram* dapat membantu memberikan visualisasi terhadap setiap langkah pada sebuah proses ke proses berikutnya sehingga membuat arah program mudah untuk dipahami (Hendriawan dkk., 2023). Dengan setiap langkah yang terstruktur, *flowchart* dapat memberikan pemahaman yang jelas bagi pengguna ataupun programmer dalam mengimplementasikan sistem. Berikut adalah komponen pada *flowchart diagram* yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komponen *flowchart diagram*

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
	<i>Flow direction:</i> penghubung antar simbol.		<i>Manual Input:</i> Menginput data secara manual menggunakan keyboard online.
	<i>Terminator symbol:</i> mulai atau akhir kegiatan.		<i>Preparation symbol:</i> mempersiapkan penyimpanan.
	<i>Connector symbol:</i> penyambungan keluar masuk dalam halaman yang sama.		<i>Predefine Process:</i> pelaksanaan sebuah sub program.
	<i>Connector symbol:</i> penyambungankeluar masuk dalam halaman yang berbeda.		<i>Display symbol:</i> peralatan output yang digunakan.
	<i>Processing symbol:</i> pengolahan yang diproses komputer.		<i>Disk and On-line storage:</i> menyatakan input berasal dari disk atau disimpan ke disk.
	<i>Manual operation symbol:</i> pengolahan yang tidak diproses oleh komputer.		<i>Magnetic tape unit:</i> input berasal dari pita magnet dan output akan disimpan.
	<i>Decision symbol:</i> proses pemilihan berdasar pada kondisi yang berlangsung.		<i>Punch Card:</i> inputan yang berasal dari kartu.
	<i>Input and Output:</i> menyatakan proses input dan output.		<i>Document symbol:</i> input berasal dari dokumen cetak. Output akan dicetak pada kertas.

2.9. Unified Modeling Language (UML)

Menurut (Pranoto dkk., 2024) *Unified Modeling Language (UML)* adalah pemodelan *visual* yang digunakan untuk mendokumentasikan, merancang, dan mengkomunikasikan desain sebuah sistem secara terstruktur dan sistematis.

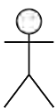
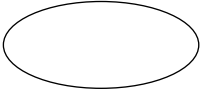
Konsep-konsep utama dalam UML meliputi:

1. UML menggunakan diagram untuk menyajikan berbagai aspek sistem secara *visual*.
2. Kelas adalah komponen utama yang mewakili entitas dalam sistem, dan dapat memiliki atribut (variabel) serta metode (fungsi) yang menggambarkan perilaku entitas tersebut.
3. Objek adalah *instance* dari kelas yang didefinisikan, yang memiliki nilai atribut berbeda sesuai kondisi pada sistem.
4. UML juga mengatur beberapa jenis hubungan antar kelas, seperti *association*, *aggregation*, dan *composition*, untuk menjelaskan bagaimana interaksi yang terjadi antar kelas dalam sistem.

2.9.1. Use Case Diagram

Use case diagram merupakan sebuah alat pemodelan yang menggambarkan perilaku (*behavior*) terhadap sistem yang akan dibangun. Diagram ini berguna dalam mendeskripsikan setiap fungsi dalam sistem serta menentukan kepemilikan hak akses pengguna berdasarkan fungsi yang telah dibentuk (Musthofa & Adiguna, 2022). *Use case* adalah seluruh proses yang ada dalam sistem, sementara *actor* adalah individu atau entitas yang berinteraksi dan memiliki keterkaitan dengan sistem yang berperan dalam semua hal yang berkaitan dengan *use case* di luar sistem (Wahyuddin & Saputra, 2021). Komponen pada *use case diagram* ditunjukkan pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2. Komponen *use case diagram*

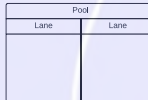
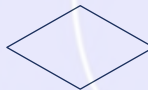
Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Actor</i>	Pengguna yang menjalin interaksi dengan <i>use case</i> .
	<i>Use Case</i>	Abstraksi dan interaksi antara sistem dan aktor.
	<i>Generalization</i>	Hubungan dimana objek anak (<i>descendent</i>) berperilaku dan struktur data dari objek induk (<i>ancestor</i>).
	<i>Include</i>	Mengidentifikasi hubungan antara dua <i>use case</i> .
	<i>Extend</i>	Mengidentifikasi <i>use case</i> target memperluas perilaku dari <i>use case</i> sumber.
	<i>Association</i>	Relasi yang terjalin antara <i>actor</i> dan <i>use case</i> .

2.9.2. Activity Diagram

Activity diagram adalah diagram yang menjelaskan langkah-langkah dari aliran kerja pada sistem serta fungsionalitas tiap komponen sistem yang mendeskripsikan pengalaman pengguna saat sedang mengakses sistem (Kurnia & Risyda, 2021). *Activity diagram* digunakan untuk menggambarkan serangkaian aktivitas yang terjadi dalam sebuah proses, serta menampilkan perpindahan terhadap tindakan-tindakan yang dilakukan oleh pengguna (F. A. S. Lubis dkk.,

2023). Berikut adalah komponen pada *activity diagram* yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Komponen *activity diagram*

No	Simbol	Nama	Keterangan
1		Status Awal	Menandakan tindakan awal pada diagram aktivitas.
2		Aktivitas	Aktivitas yang sedang dilakukan dan sedang terjadi.
3		Arah	Menunjukkan perpindahan dari suatu tindakan ke tindakan lainnya.
4		Penggabungan (<i>join</i>)	Menggabungkan beberapa aktivitas yang parallel.
5		<i>Swimlane</i>	Memisahkan tanggung jawab tiap objek terhadap aktivitas yang dilakukan.
6		Percabangan (<i>Decision</i>)	Menunjukkan pemilihan terhadap sebuah kondisi.
7		Status Akhir	Menandakan tindakan akhir pada diagram aktivitas.

2.10. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang memiliki keterkaitan hubungan dengan penelitian yang akan penulis lakukan saat ini. Berikut adalah hasil penelitian terdahulu mengenai penentuan lokasi dengan *k-means* yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Penelitian terdahulu

No	Penulis dan Tahun	Judul	Hasil
1	(Salsabila dkk., 2020)	Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home Dengan Algoritma K-Means Clustering Pada Perumahan Taman Anggrek Graha Padma	K-Means menghasilkan 22 titik pusat (ODP) dengan rumah calon pelanggan dalam tiap <i>cluster</i> . Penyesuaian terus dilakukan dalam penempatan posisi ODP hingga mencapai lokasi yang optimal, agar rumah disekitarnya dijangkau dan terhubung dengan ODP tersebut. Hasilnya pemetaan ODP berhasil memenuhi standar ketentuan, dimana nilai <i>link power budget</i> ≤ 25 dB, menunjukkan k-means mampu mengoptimalkan peletakan ODP dalam mengefisiensi jaringan, penggunaan kabel dan meminimalkan penggunaan biaya didalamnya.
2	(Marini & Suhendra, 2023)	Penggunaan Algoritma K-Means Pada Aplikasi Pemetaan Klaster Daerah Pariwisata	Dalam memetakan wilayah pariwisata di Teluk Wondama, Papua Barat, menggunakan algoritma <i>k-means</i> berdasarkan data kunjungan 2022. Melalui metode <i>elbow</i> , tiga <i>cluster</i> ditemukan yaitu: <i>cluster</i> 1 (pengunjung paling sedikit), <i>cluster</i> 2 (pengunjung terbanyak), dan <i>cluster</i> 3 (pengunjung menengah). Sementara itu, metode <i>silhouette coefficient</i> menunjukkan hasil optimal pada $k=2$. Hasil akhirnya memetakan distrik dengan warna ungu untuk <i>cluster</i> 1, biru untuk <i>cluster</i> 2, dan putih untuk distrik tanpa pengunjung.
3	(Nasri, 2022)	Determining The Location Of RMU, Using K-Means Clustering, Evaluate The Location Of Existing RMU, Using R-Programming	Metode <i>weight k-means clustering</i> berperan untuk menentukan lokasi optimal <i>Rice Milling Unit</i> (RMU) dengan jumlah <i>cluster</i> optimal $K=7$. Hasil ini diperoleh setelah membandingkan berbagai skenario $K=5, 6, 7$, dan 8 , serta dianalisis menggunakan metode <i>elbow</i> untuk mengukur stabilitas jumlah <i>cluster</i> melalui <i>Square Standard Error</i> (SSE). Penelitian ini menunjukkan perlunya penambahan 2 RMU baru di Malang Utara dan Malang Tenggara untuk mendukung distribusi panen padi yang lebih

			merata, dengan evaluasi jarak geospasial menggunakan perhitungan <i>haversine</i> .
4	(Suwirya dkk., 2022)	<i>Evaluation of ATM Location Placement Using the K-Means Clustering in BNI Denpasar Regional Office</i>	<i>K-means clustering</i> digunakan untuk mengevaluasi enam kriteria: penggunaan ATM, pendapatan bulanan, tingkat layanan (SLA), jarak antar ATM, jumlah ATM pesaing, dan jarak ke pusat bisnis. Dari 121 lokasi yang diteliti selama Januari hingga Juni 2021, hasilnya menunjukkan bahwa 27 lokasi (22,31%) tergolong sangat strategis, 77 lokasi (63,64%) strategis, dan 17 lokasi (14,05%) tidak strategis. Lokasi yang dikategorikan tidak strategis biasanya dipengaruhi oleh rendahnya performa ATM akibat kerusakan, jarak yang terlalu dekat dengan ATM serupa, dan persaingan tinggi dari ATM bank lain.
5	(Azmi dkk., 2022)	Implementasi Metode <i>K-Means</i> Sebagai Upaya Penentuan Lokasi Promosi Penerimaan Siswa Baru	Metode <i>k-means clustering</i> berhasil mengelompokkan sekolah-sekolah menjadi dua <i>cluster</i> : layak (C1) dan tidak layak (C2) untuk promosi penerimaan peserta didik baru. Sekolah dalam <i>cluster</i> layak, seperti SMK Negeri 1 Kisaran dan SMA Negeri 3 Kisaran, dianggap potensial untuk promosi, sementara <i>cluster</i> tidak layak meliputi sekolah seperti SMK Swasta Diponegoro Kisaran. Metode ini terbukti efektif dalam mengelompokkan data secara cepat dan akurat, membantu pengambilan keputusan promosi yang efisien.

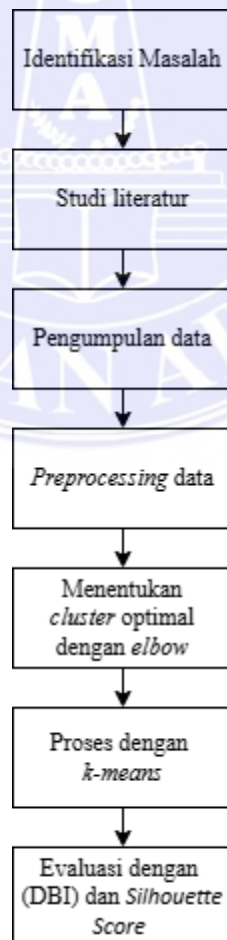
Berdasarkan penelitian terdahulu pada Tabel 2.4, terdapat perbedaan pada penelitian yang penulis lakukan dimana algoritma *k-means* akan menentukan titik lokasi penempatan tiang ODP yang sesuai berdasarkan jumlah *cluster* optimal dari *elbow* dan nantinya akan dievaluasi menggunakan *davies-bouldin index* (DBI), dan *silhouette score* untuk mengevaluasi hasil *cluster*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

Dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada penelitian ini, penyesuaian dilakukan agar setiap langkah penelitian terarah dan sistematis. Kerangka penelitian akan menggambarkan struktur yang perlu dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Berikut kerangka penelitian yang digunakan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka penelitian

Gambar 3.1. menunjukkan alur penelitian yang dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, proses pengumpulan data, *preprocessing* data, menentukan *cluster* optimal dengan metode *elbow*, proses data dengan *k-means*, dan evaluasi dengan DBI dan *silhouette score*.

3.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dibahas pada BAB I, penelitian ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan yang dialami dengan menghasilkan *cluster* yang mampu mempermudah penentuan titik lokasi optimal pada tiang ODP.

3.3. Studi Literatur

Tahap studi literatur penulis lakukan dengan menelusuri berbagai referensi terkait dengan konsep serta metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penentuan lokasi tiang ODP menggunakan algoritma *k-means*. Penulis mencari referensi dari berbagai sumber seperti Google Scholar, ResearchGate, IJETA, Hindawi, MDPI dan lainnya yang mendukung penelitian ini.

3.4. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui salah satu *platform* penyedia data berbasis *open source* yaitu www.kaggle.com. Data ini diperoleh melalui <https://www.kaggle.com/datasets/bagogo85/dataset-seler-wifi-customer?resource=download> dalam format (.xlsx) yang terdiri dari 500 baris pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1. Data penelitian

NO	INTERNET ID	NAMA PETUGAS	STATUS	STO	DATEL	NAMA PELANGGAN	ALAMAT	CP	TAGIHAN N1	TAGIHAN N	tgkpots n1	tgkpot sn	DISKON N1	NILAI DISKON
1	1112110XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXXX	HX BXXXX SXXXXXXXX	AXXXXXX XX	628XXXXXXXXXX	3XXXXX	3XXXXX	X	X	XX%	1XXXXX
2	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	LXXX NXX	AXXXXXX XX	628XXXXXXXXXX	3XXXXX	3XXXXX	5XXX X	5XXX X	XX%	1XXXXX
3	1112121XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	FXXX AX MXXXX	AXXXXXX	628XXXXXXXXXX	2XXXXX	2XXXXX	X	X	XX%	1XXXXX
4	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	NXXXXXXXX TXXXXXXXX	AX HXXXX XX	628XXXXXXXXXX	7XXXXX	7XXXXX	2XXX X	2XXX X	XX%	3XXXXX
5	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	RXXX RXXXXXXXX	AX HXXXX XX	628XXXXXXXXXX	3XXXXX	3XXXXX	X	X	XX%	1XXXXX
6	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	YXXXXXXXX	AX HXXXX XX	628XXXXXXXXXX	2XXXXX	2XXXXX	4XXX X	4XXX X	XX%	1XXXXX
7	1112121XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	MXXXX RXXXX T NXXXXXXXX	AXXX X XX	628XXXXXXXXXX	2XXXXX	2XXXXX	5XXX X	5XXX X	XX%	8XXXX
8	1112110XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	HXXXXX BX AXXXXXXXXX	AXXX X XX XX	628XXXXXXXXXX	2XXXXX	2XXXXX	1XXX X	1XXX X	XX%	6XXXX
9	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	CXXXXXXXX SXXXXXXXX RXXXXXXXX	AXXX, XX. XX	628XXXXXXXXXX	2XXXXX	2XXXXX	X	X	XX%	7XXXX
10	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	KXXX JXX SXX	AX XXXXX XX	628XXXXXXXXXX	2XXXXX	2XXXXX	4XXX X	4XXX X	XX%	1XXXXX
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
499	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	DXXXX DXXX PXXXXXX	BXXXX XX IXXXX	628XXXXXXXXXX	3XXXXX	3XXXXX	1XXX X	1XXX X	XX%	1XXXXX
500	1112120XXXXX	AXXXX RXXXXX	XXX	XXX	XXXXX XXX	FXXXXXXXX	BXXXX XX IXXXX	628XXXXXXXXXX	3XXXXX	3XXXXX	X	X	XX%	1XXXXX

3.4.1. Bahan dan Alat

Selama proses yang penulis lakukan dalam penelitian yang berjudul “Optimasi Penentuan Lokasi Tiang ODP Berdasarkan Clustering Pelanggan Menggunakan Algoritma K-Means” dibantu dengan beberapa diantaranya:

1. Perangkat Keras:
 - a. Laptop Asus Vivobook Go E1404FA
 - b. *Processor* AMD Ryzen 3 7320U, (8 CPUs), 2.4GHz
 - c. *Memory* (RAM) 8 Gigabyte (GB)
2. Perangkat Lunak:
 - a. *Microsoft Windows* 10
 - b. *Microsoft Word* 2021
 - c. *Microsoft Excel* 2021
 - d. Bahasa pemrograman *Python*
 - e. *Visual Studio Code*

3.5. Preprocessing Data

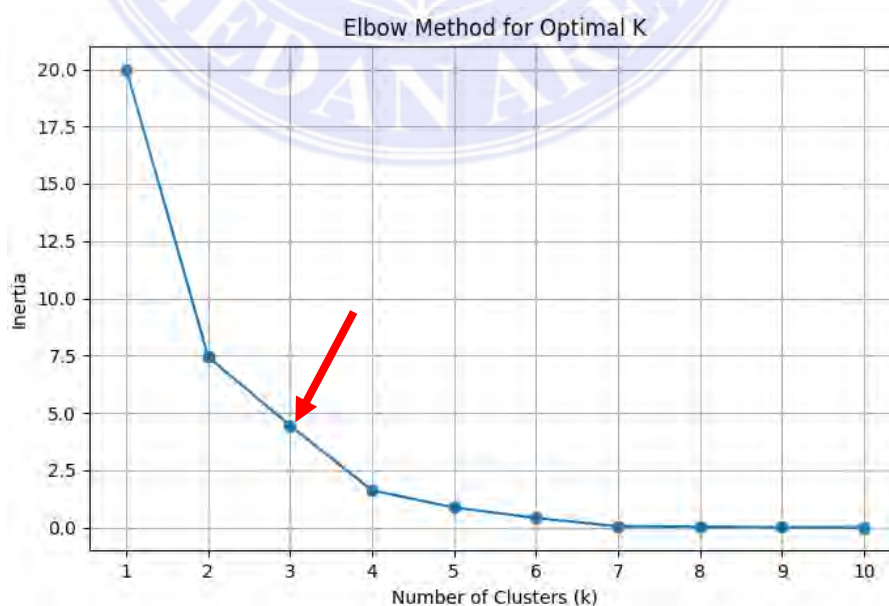
Pada tahap ini, data sebelumnya dilakukan pengecekan dan pembersihan terkait kelengkapan atribut, duplikat, dan *error* pada data serta melakukan pemilihan beberapa atribut yang ingin digunakan. Penulis menggunakan beberapa atribut seperti internet id, nama pelanggan, titik koordinat geografis berupa *latitude* dan *longitude* didasarkan oleh (Nasri, 2022) dan penelitian terdahulu pada Tabel 2.4. Berikut adalah sampel data yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan dengan Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Data sampel

NO	INTERNET ID	NAMA PELANGGAN	LATITUDE	LONGITUDE
1	1112110XXXXX	HX BXXXX SXXXXXXXX	3.57466993162865	98.69435106946710
2	1112120XXXXX	LXXX NXX	3.57627800163178	98.69946887116500
3	1112121XXXXX	FXXX AXX MXXXX	3.57649481117802	98.69007884232990
4	1112120XXXXX	NXXXXXXXX TXXXXXXXXXX	3.57231117579378	98.70362198650500
5	1112120XXXXX	RXXX RXXXXXXXX	3.58040014212611	98.70489337116500
6	1112120XXXXX	YXXXXXXXX	3.58043498950070	98.70506397116490
7	1112121XXXXX	MXXXX RXXXX X	3.56534408071084	98.69723324232990
8	1112110XXXXX	HXXXXX BX AXXXXXXXX	3.56384891324236	98.69735772883490
9	1112120XXXXX	CXXXXXXXX SXXXXXXXX	3.58681650166630	98.70640727116490
10	1112120XXXXX	KXXX JXX SXX	3.58650626431702	98.70531711349490

3.6. Elbow

Berikut adalah contoh perhitungan yang dilakukan dengan data pada Tabel 3.2 dimana *elbow* diimplementasikan sebagai metode yang melakukan perhitungan jarak *euclidean distance* pada setiap data dan mengujinya terhadap beberapa *cluster* yang berbeda sehingga nantinya hasil yang diperoleh melalui grafik yang membentuk siku akan dipilih sebagai *cluster* yang paling optimal. Berikut grafik yang dihasilkan pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2. Penentuan jumlah *cluster* dengan *elbow*

Berdasarkan Gambar 3.2, penurunan *inertia* terjadi cukup cepat dari $k=1$, $k=2$ hingga $k=3$. Namun pada $k=4$, $k=5$, hingga $k=10$ penurunan *inertia* mulai melambat sehingga disimpulkan bahwa *cluster* optimal berada pada $k=3$ yang membentuk titik “siku” yang cukup jelas.

3.7. *K-Means*

Setelah ditemukan *cluster* optimal yaitu $k=3$, *k-means* diimplementasikan sebagai metode dalam melakukan *clustering* dengan menghitung jarak dari masing-masing *centroid* dengan *euclidean distance*. Perhitungan akan terus dilanjutkan hingga objek yang ada pada sebuah *cluster* tidak mengalami perubahan posisi dan akan menghasilkan *cluster* data pelanggan berdasarkan koordinat alamat yang dimiliki. Berikut penerapan algoritma *k-means* dalam penelitian yang dilakukan.

3.7.1. Inisialisasi Pusat *Cluster* Awal

Data yang telah diperoleh melalui hasil *preprocessing* data selanjutnya akan dilakukan perhitungan menggunakan metode *k-means* dimana jumlah *cluster* yang telah ditentukan dengan metode *elbow* sebelumnya berjumlah 3. Dengan begitu pusat *centroid* awal juga akan berjumlah 3 yang ditentukan secara acak. Berikut adalah pusat *cluster* baru yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Pusat (*centroid*) pada data sampel

NO	INTERNET ID	NAMA PELANGGAN	LATITUDE	LONGITUDE
1	1112110XXXXX	HX BXXXX SXXXXXXXX	3.57466993162865	98.69435106946710
2	1112120XXXXX	LXXX NXX	3.57627800163178	98.69946887116500
3	1112121XXXXX	FXXX AXX MXXXX	3.57649481117802	98.69007884232990
4	1112120XXXXX	NXXXXXXXX TXXXXXXXX	3.57231117579378	98.70362198650500
5	1112120XXXXX	RXXX RXXXXXXXX	3.58040014212611	98.70489337116500
6	1112120XXXXX	YXXXXXXXX	3.58043498950070	98.70506397116490
7	1112121XXXXX	MXXXXX RXXXX X	3.56534408071084	98.69723324232990
8	1112110XXXXX	HXXXXXX BX AXXXXXXXX	3.56384891324236	98.69735772883490
9	1112120XXXXX	CXXXXXXXX SXXXXXXXX	3.58681650166630	98.70640727116490
10	1112120XXXXX	KXXX JXX SXX	3.58650626431702	98.70531711349490

Berdasarkan Tabel 3.3. pusat *centroid* telah ditentukan secara acak. Selanjutnya pusat *centroid* dikelompokkan menjadi berurut agar perhitungan dapat dilakukan dengan mudah pada Tabel 3.4. berikut.

Tabel 3.4. Pusat (*centroid*) cluster awal

No	Cluster	Latitude	Longitude
9	Centroid 1	3.58681650166630	98.70640727116490
1	Centroid 2	3.57466993162865	98.69435106946710
4	Centroid 3	3.57231117579378	98.70362198650500

3.7.2. Jarak Euclidian Distance

Perhitungan jarak diperlukan untuk mengukur jarak antara dua titik menggunakan rumus *euclidian distance*. Pengukuran jarak diawali dari data ke-1 terhadap pusat *cluster* berikut berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}
 d(1,1) &= \sqrt{(3.57466993162865 - 3.58681650166630)^2 + (98.69435106946710 - 98.70640727116490)^2} \\
 &= \sqrt{(-0.01214657003765)^2 + (-0.0120562016978)^2} \\
 &= \sqrt{0.0001475 + 0.0001453} \\
 &= \sqrt{0.0002928} \\
 &= 0.0171141
 \end{aligned}$$

$$d(1,2)$$

$$= \sqrt{(3.57466993162865 - 3.57466993162865)^2 + (98.69435106946710 - 98.69435106946710)^2}$$

$$= \sqrt{(0)^2 + (0)^2}$$

$$= 0$$

$$d(1,3)$$

$$= \sqrt{(3.57466993162865 - 3.57231117579378)^2 + (98.69435106946710 - 98.70362198650500)^2}$$

$$= \sqrt{(0.00235875583487)^2 + (-0.0092709170379)^2}$$

$$= \sqrt{0.0000055 + 0.0000859}$$

$$= \sqrt{0.0000914}$$

$$= 0.0095663$$

Perhitungan terus dilanjutkan untuk mengukur jarak dari data ke-2 hingga data ke-10 terhadap pusat *cluster* sehingga menghasilkan jarak setiap data ke pusat *cluster* baru yang ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Jarak data terhadap *cluster*

NO	INTERNET ID	NAMA PELANGGAN	LATITUDE	LONGITUDE	C1	C2	C3	JARAK TERDEKAT	CLUSTER	JT ²
1	1112110XXXXX	HX BXXXX SXXXXXXXX	3.57466993162865	98.69435106946710	0.0171141	0.0000000	0.0095663	0.0000000	2	0.0000000
2	1112120XXXXX	LXXX NXX	3.57627800163178	98.69946887116500	0.0126175	0.0053645	0.0057432	0.0053645	2	0.0000288
3	1112121XXXXX	FXXX AXX MXXXX	3.57649481117802	98.69007884232990	0.0193172	0.0046457	0.0141746	0.0046457	2	0.0000216
4	1112120XXXXX	NXXXXXXXX TXXXXXXXX	3.57231117579378	98.70362198650500	0.0147703	0.0095663	0.0000000	0.0000000	3	0.0000000
5	1112120XXXXX	RXXX RXXXXXXXX	3.58040014212611	98.70489337116500	0.0065925	0.0119990	0.0081883	0.0065925	1	0.0000435
6	1112120XXXXX	YXXXXXXXX	3.58043498950070	98.70506397116490	0.0065214	0.0121656	0.0082508	0.0065214	1	0.0000425
7	1112121XXXXX	MXXXXX RXXXX X	3.56534408071084	98.69723324232990	0.0233501	0.0097611	0.0094529	0.0094529	3	0.0000894
8	1112110XXXXX	HXXXXX BX AXXXXXXXX	3.56384891324236	98.69735772883490	0.0246861	0.0112310	0.0105286	0.0105286	3	0.0001109
9	1112120XXXXX	CXXXXXXXX SXXXXXXXX	3.58681650166630	98.70640727116490	0.0000000	0.0171141	0.0147703	0.0000000	1	0.0000000
10	1112120XXXXX	KXXX JXX SXX	3.58650626431702	98.70531711349490	0.0011334	0.0161355	0.0142959	0.0011334	1	0.0000013

3.7.3. Penentuan Pusat *Cluster* Baru

Penentuan pusat *cluster* baru dapat dilakukan setelah data dikelompokkan berdasarkan kedekatan jaraknya dengan pusat *cluster*. Kemudian, pusat *cluster* baru dapat terbentuk melalui rata-rata posisi dalam tiap *cluster* yang diperoleh dengan menjumlahkan seluruh data anggota dan membaginya dengan jumlah anggota *cluster*.

1. Pusat *Cluster* C1

Data yang diperoleh pada Tabel 3.4. sebelumnya dipisahkan sesuai dengan kelompoknya. Kemudian data yang ada dijumlahkan lalu dibagi dengan jumlah data dalam kelompok tersebut sehingga menghasilkan nilai rata-rata. Berikut adalah pusat *cluster* C1 yang dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Data *cluster* C1

Data	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
5	3.58040014212611	98.70489337116500
6	3.58043498950070	98.70506397116490
9	3.58681650166630	98.70640727116490
10	3.58650626431702	98.70531711349490
C1	3.58353947440253	98.70542043174740

2. Pusat *Cluster* C2

Pusat *cluster* C2 yang terbentuk juga akan dihasilkan melalui nilai rata-rata. Berikut adalah pusat *cluster* C2 yang dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Data *cluster* C2

Data	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
1	3.57466993162865	98.69435106946710
2	3.57627800163178	98.69946887116500
3	3.57649481117802	98.69007884232990
C2	3.57581424814615	98.69463292765400

3. Pusat *Cluster* C3

Pusat *cluster* C3 juga akan dihasilkan melalui nilai rata-rata. Berikut adalah pusat *cluster* C3 yang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Data *cluster* C3

Data	Latitude	Longitude
4	3.57231117579378	98.70362198650500
7	3.56534408071084	98.69723324232990
8	3.56384891324236	98.69735772883490
C3	3.56716805658233	98.69940431922330

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pusat *cluster* baru telah ditemukan melalui rata-rata data yang sebelumnya telah dikelompokkan dapat dilihat pada tabel 3.9. berikut.

Tabel 3.9. Pusat (*centroid*) *cluster* baru

No	Cluster	Latitude	Longitude
1	Centroid 1	3.58353947440253	98.70542043174740
2	Centroid 2	3.57581424814615	98.69463292765400
3	Centroid 3	3.56716805658233	98.69940431922330

3.8. Evaluasi

Data yang sebelumnya telah berhasil di kelompokkan menggunakan metode *k-means*, selanjutnya akan di evaluasi menggunakan dua metode. Metode yang dilakukan untuk mempertimbangkan hasil *clustering* yang telah terbentuk.

3.8.1. *Davies-Bouldin Index* (DBI)

Untuk menentukan nilai *Davies-Bouldin Index* (DBI), terlebih dahulu kita perlu menghitung *Sum of Squared Within-cluster* (SSW) sesuai dengan persamaan (2.3).

$$SSW_1 = \frac{1}{4}(0.0065925 + 0.0065214 + 0.0000000 + 0.0011334) = 0.0035618$$

$$SSW_2 = \frac{1}{3}(0.0000000 + 0.0053645 + 0.0046457) = 0.0033367$$

$$SSW_3 = \frac{1}{3}(0.0000000 + 0.0094529 + 0.0105286) = 0.0066605$$

$$SSW_{Total} = 0.0035618 + 0.0033367 + 0.0066605 = 0.013559$$

Kemudian menghitung *Sum Of Squared Between-Cluster* (SSB) dengan menghitung jarak antar pusat *cluster* melalui persamaan (2.1) terhadap C1 dengan C2, C1 dengan C3, dan C2 dengan C3.

$$SSB_{1,2} =$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{(3.58353947440253 - 3.57581424814615)^2 + (98.70542043174740 - 98.69463292765400)^2} \\ &= \sqrt{(0.00772522625638)^2 + (0.0107875040934)^2} \\ &= \sqrt{0.00005967912071 + 0.00011637024456} \\ &= \sqrt{0.00017604936527} = 0.01326835955459 \end{aligned}$$

$$SSB_{1,3}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(3.58353947440253 - 3.56716805658233)^2 + (98.70542043174740 - 98.6994043192233)^2} \\ &= \sqrt{(0.0163714178202)^2 + (0.0060161125241)^2} \\ &= \sqrt{0.0002680233214 + 0.0000361936099} \\ &= \sqrt{0.0003042169313} = 0.01744181559643 \end{aligned}$$

$$SSB_{2,3}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(3.57581424814615 - 3.56716805658233)^2 + (98.69463292765400 - 98.6994043192233)^2} \\ &= \sqrt{(0.00864619156382)^2 + (-0.0047713915693)^2} \\ &= \sqrt{0.00007475662855 + 0.00002276617750} \end{aligned}$$

$$= \sqrt{0.00009752280605} = 0.00987536359077$$

$$SSB_{Total} = SSB_{1,2} + SSB_{1,3} + SSB_{2,3}$$

$$SSB_{Total} = 0.01326835955459 + 0.01744181559643 + 0.00987536359077$$

$$SSB_{Total} = 0.04058553874179$$

Selanjutnya menentukan nilai *ratio* dengan melakukan pembagian nilai SSW dan SSB sebelumnya menggunakan persamaan (2.5).

$$Ratio = \frac{SSW}{SSB}$$

$$Ratio = \frac{0.013559}{0.040586}$$

$$Ratio = 0.334081$$

Setelah menemukan nilai *ratio*, DBI dapat diperoleh melalui hasil pengolahan sesuai dengan persamaan (2.6) berikut.

$$DBI = \frac{1}{k} \times (R_{i,j})$$

$$DBI = \frac{1}{3} \times 0.334081 = \frac{0.334081}{3}$$

$$DBI = 0.111360$$

3.8.2. Silhouette Score

Setiap titik yang ada pada data akan dihitung jarak *euclidian distance*, jarak rata-rata antara data *i* dengan data lain dalam *cluster*-nya (a_i), dan jarak rata-rata antara data *i* dan *cluster* terdekat yang bukan kelompoknya (b_i). Berikut adalah perhitungan yang dilakukan untuk menentukan nilai (a_i).

1. Data ke-5 dan ke-6 (5,6)

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{(3.58040014212611 - 3.5804349895007)^2 + (98.704893371165 - 98.7050639711649)^2} \\
&= \sqrt{(-0.00003484737459)^2 + (-0.0001705999999)^2} \\
&= \sqrt{0.00000000121434 + 0.00000002910436} \\
&= \sqrt{0.0000000303187} \\
&= 1.74122657916768
\end{aligned}$$

Perhitungan terus dilanjutkan untuk data selanjutnya berdasarkan data yang ada pada *cluster* 1 sehingga menghasilkan jarak setiap data di *cluster* yang sama.

2. Data ke-1 dan ke-2 (1,2)

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{(3.57466993162865 - 3.57627800163178)^2 + (98.6943510694671 - 98.699468871165)^2} \\
&= \sqrt{(-0.00160807000313)^2 + (-0.0051178016979)^2} \\
&= \sqrt{0.00000258588913 + 0.00002619189422} \\
&= \sqrt{0.00002877778335} \\
&= 0.00536449283250
\end{aligned}$$

Perhitungan terus berlanjut untuk data berikutnya yang ada pada *cluster* 2 sehingga menghasilkan jarak setiap data pada *cluster* yang sama.

3. Data ke-4 dan ke-7 (4,7)

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{(3.57231117579378 - 3.56534408071084)^2 + (98.703621986505 - 98.6972332423299)^2} \\
&= \sqrt{(0.00696709508294)^2 + (0.0063887441751)^2} \\
&= \sqrt{0.00004854041389 + 0.00004081605213} \\
&= \sqrt{0.00008935646602} \\
&= 0.00945285491373
\end{aligned}$$

Perhitungan terus berlanjut untuk data berikutnya yang ada pada *cluster* 3 sehingga menghasilkan jarak setiap data pada *cluster* yang sama. Selanjutnya perhitungan untuk menentukan nilai (b_i). Perhitungan akan dilakukan dengan menghitung jarak antara data ke-5 sebagai *cluster* 1 menuju *cluster* 2 dan *cluster* 3.

1. Data ke-5 dan ke-1 (5,1)

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(3.58040014212611 - 3.57466993162865)^2 + (98.704893371165 - 98.6943510694671)^2} \\
 &= \sqrt{(0.00573021049746)^2 + (0.0105423016979)^2} \\
 &= \sqrt{0.00003283531234 + 0.00011114012509} \\
 &= \sqrt{0.00014397543743} \\
 &= 0.01199897651594
 \end{aligned}$$

2. Data ke-5 dan ke-4 (5,4)

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(3.58040014212611 - 3.57231117579378)^2 + (98.704893371165 - 98.703621986505)^2} \\
 &= \sqrt{(0.00808896633233)^2 + (0.00127138466)^2} \\
 &= \sqrt{0.00006543137632 + 0.00000161641895} \\
 &= \sqrt{0.00006704779527} \\
 &= 0.00818827181217
 \end{aligned}$$

Perhitungan terus berlanjut untuk data berikutnya yang ada pada *cluster* 2 dan *cluster* 3 sehingga menghasilkan jarak setiap data pada *cluster* yang berbeda. Selanjutnya menghitung *silhouette score* sesuai dengan persamaan (2.7) berdasarkan nilai (a) dan (b) yang telah diperoleh sebelumnya.

1. Data ke-5

$$s(i) = \frac{0.0128999 - 0.0042958}{\max(0.0042958, 0.0128999)} = \frac{0.0086041}{0.0128999}$$

$$= 0.6669885$$

2. Data ke-1

$$s(i) = \frac{0.0125675 - 0.0050051}{\max(0.0050051, 0.0125675)} = \frac{0.0075624}{0.0125675}$$

$$= 0.6017443$$

3. Data ke-4

$$s(i) = \frac{0.0107128 - 0.0099907}{\max(0.0099907, 0.0107128)} = \frac{0.0007221}{0.0107128}$$

$$= 0.0674016$$

3.9. Perancangan

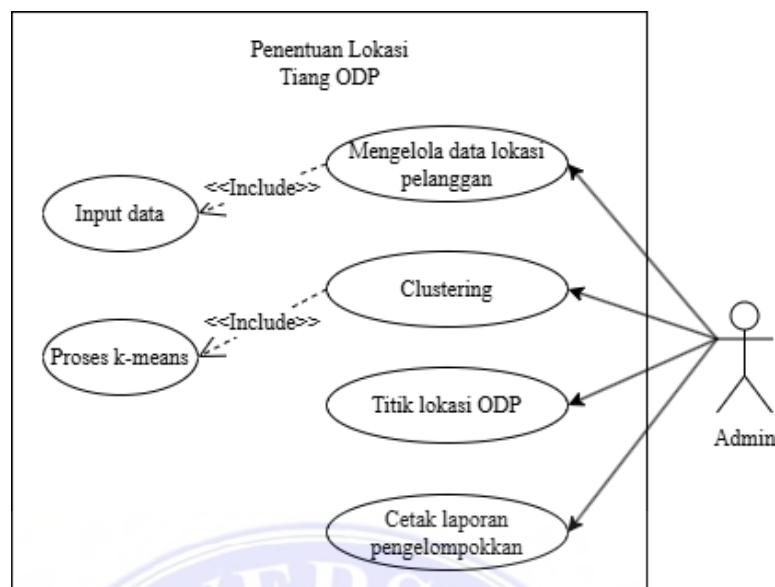
Perancangan yang akan dibangun didalamnya memuat UML (*Use Case Diagram* dan *Activity Diagram*) yang disesuaikan dengan kebutuhan.

3.9.1. Unified Modeling Language (UML)

Unified Modeling Language (UML) yang digunakan dalam memvisualisasikan penelitian ini meliputi *use case diagram* dan *activity diagram*.

1. *Use Case Diagram*

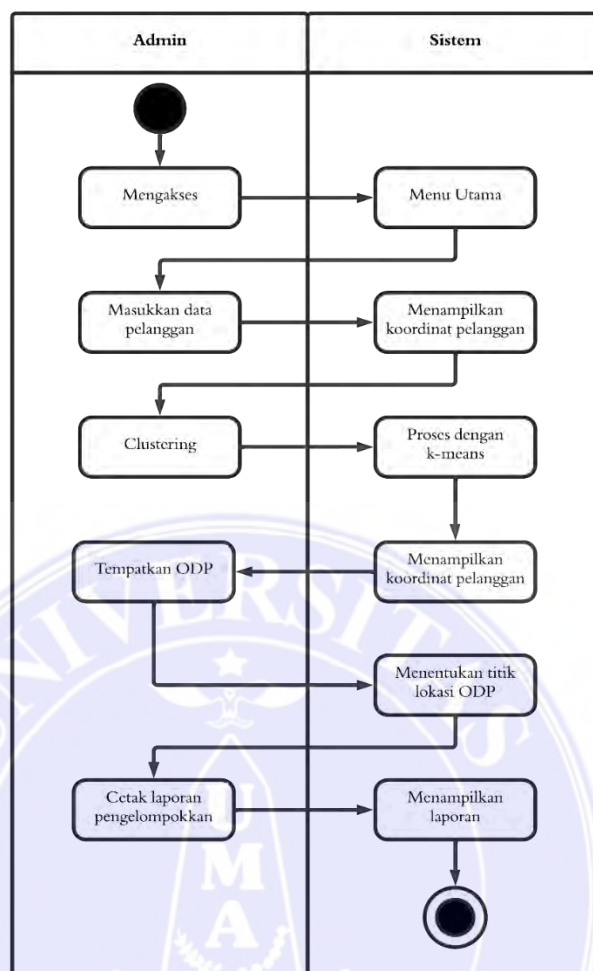
Pemodelan dalam penentuan lokasi tiang ODP dapat dilihat pada *use case diagram* berikut pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Use case diagram

2. Activity Diagram

Activity diagram pada penentuan lokasi tiang ODP menggambarkan langkah proses yang akan dilakukan. Berikut adalah *activity diagram* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Activity diagram

3.9.2. User Interface (UI)

Dalam penentuan lokasi tiang ODP berdasarkan *clustering* pelanggan perancangan *user interface* (UI) akan memberi gambaran terkait hasil penelitian ini.

1. Desain Antarmuka Beranda

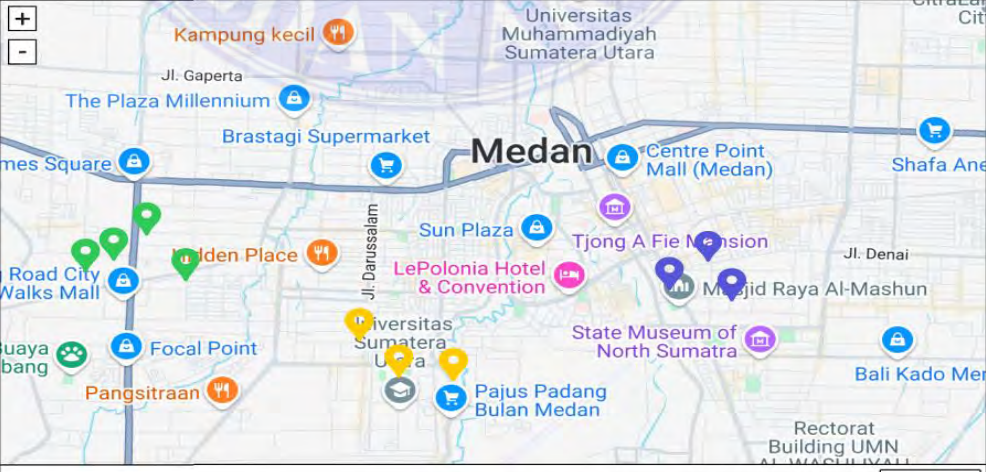
Desain antarmuka ini menampilkan *input box* dimana pengguna diminta melakukan *input* terhadap data pelanggann yang dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Beranda	Koordinat Pelanggan	Titik ODP	Laporan
Masukkan data koordinat  No file chosen Upload			
Footer			

Gambar 3.5. Desain Antarmuka Beranda

2. Desain Antarmuka Koordinat Pelanggan

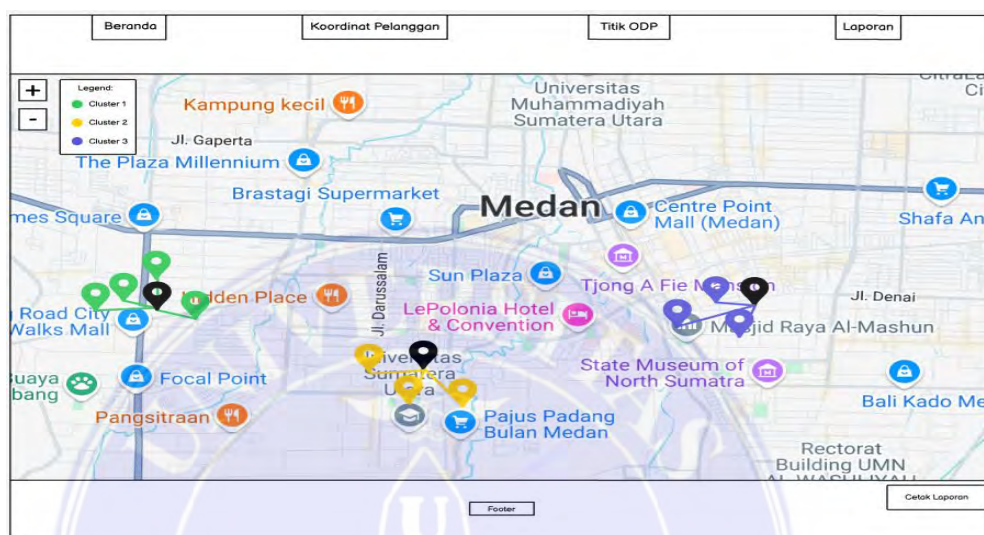
Desain antarmuka koordinat pelanggan akan memproses data yang berhasil di *input* pengguna dengan menampilkan koordinat yang ada. *Button* “Tempatkan ODP” untuk menempatkan lokasi tiang ODP yang sesuai berdasarkan koordinat pelanggan sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.

Beranda	Koordinat Pelanggan	Titik ODP	Laporan
			
Footer Tempatkan ODP			

Gambar 3.6. Desain Antarmuka Koordinat Pelanggan

3. Desain Antarmuka Titik ODP

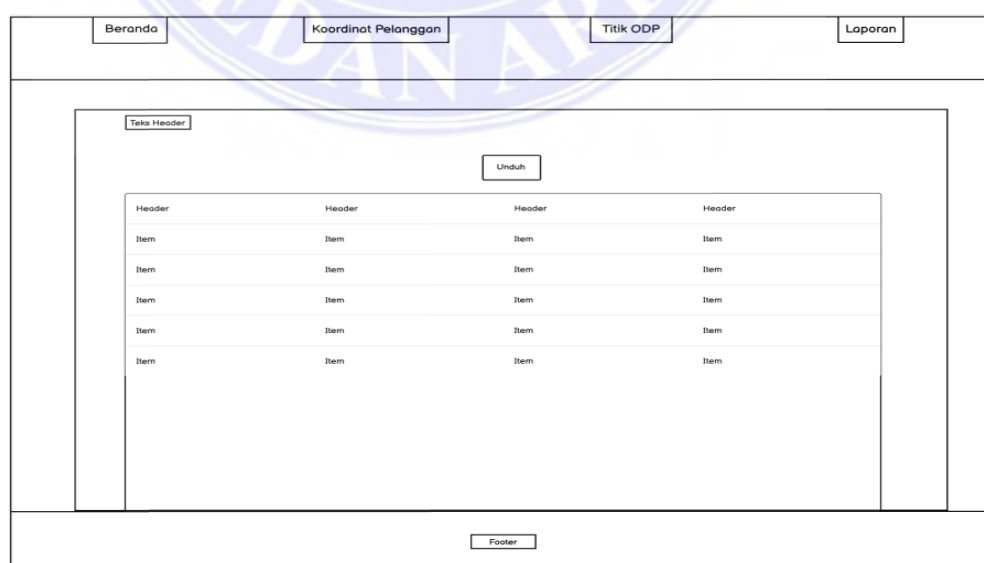
Antarmuka titik ODP akan menyajikan lokasi tiang ODP serta koordinat pelanggan. *Button* “Cetak” akan mengarahkan pengguna menuju halaman laporan untuk pembentukan laporan data yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Desain Antarmuka Titik ODP

4. Desain Antarmuka Laporan

Desain antarmuka ini menampilkan data koordinat pelanggan dan tiang ODP. *Button* “unduh” untuk menyimpan data dalam format pdf/xlxs di Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Desain Antarmuka Laporan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

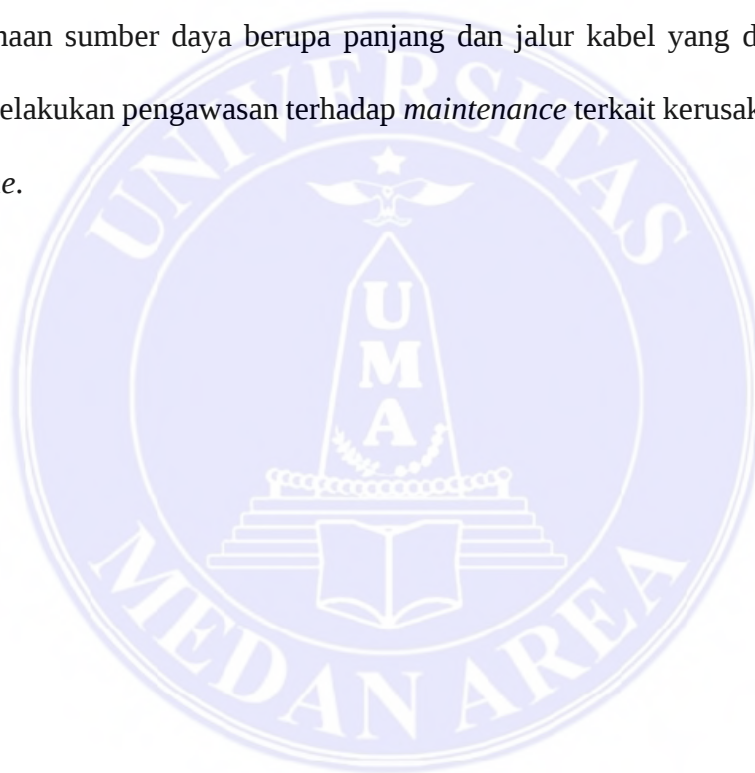
5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. *K-means* dapat melakukan pengelompokan data berdasarkan titik koordinat pelanggan yang berupa *latitude* dan *longitude* serta menyesuaikan penempatan lokasi tiang ODP dengan koordinat pelanggan. Namun dalam prosesnya algoritma *k-means* tidak mampu mempertimbangkan kondisi geografis lapangan seperti infrastruktur jalan dan hambatan fisik seperti sungai, hutan, dan jalan raya.
2. Metode *elbow* mampu menghasilkan jumlah *k* yang lebih optimal, hal ini dibuktikan melalui uji coba terhadap penentuan jumlah *cluster* dengan metode *elbow* dan *k-means*. Pada uji coba 500 data, metode *elbow* menghasilkan nilai evaluasi DBI = 0,55 (cukup rendah) dan *silhouette score* = 0,42 (cukup tinggi). Sedangkan penentuan jumlah *cluster* menggunakan *k-means* menghasilkan nilai DBI = 0,78 (cukup tinggi) dan *silhouette score* = 0,34 (cukup rendah).
3. Penelitian ini menggunakan metode evaluasi DBI dan *silhouette score* untuk menilai kualitas hasil *clustering*. Nilai yang diperoleh dari kedua metode ini menggambarkan seberapa baik data berhasil dikelompokkan.

5.2. Saran

Setelah penelitian selesai dilakukan, penulis menyarankan agar peneliti selanjutnya melakukan pengujian dengan algoritma atau metode yang mempertimbangkan faktor spasial dan hambatan fisik dalam penempatan lokasi tiang ODP, sehingga tiang ODP yang ditempatkan dapat menyesuaikan dengan *clustering* data pelanggan. Selanjutnya mengintegrasikan perhitungan dalam hal penggunaan sumber daya berupa panjang dan jalur kabel yang digunakan, serta dapat melakukan pengawasan terhadap *maintenance* terkait kerusakan kabel secara *real-time*.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. A., Ahmed, A. M., Rashid, T., Veisi, H., Rassul, H., Hassan, B., Fattah, P., Ali, S. A., & Shamsaldin, A. S. (2024). Advanced Clustering Techniques for Speech Signal Enhancement : A Review and Metanalysis of Fuzzy C-Means , K-Means , and Kernel Fuzzy C-Means Methods. *Computer Science*. <https://doi.org/DOI:10.48550/arXiv.2409.19448>
- Adriel, N. A., Prakoso, T., & Santosa, I. (2019). Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home Perumahan Harmony Residence Jangli Menggunakan Algoritma K-Means Clustering. *TRANSIENT, VOL. 8, NO. 2, JUNI 2019, e-ISSN:2685-0206*, 8(2), 1–8. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/download/23916/pdf>
- Agni, M., Rinaldi Dikananda, A., & Rifa'i, A. (2025). Optimalisasi Pengelompokan Jenis Produk dalam Penentuan Strategi Penjualan Menggunakan Algoritma K-Means di Toko Cirebon Vape Store. *Jurnal Multinetics*, 11(1), 1–10.
- Akbar, P., Sunandar, M. A., & Tamyiz, U. M. H. (2023). Analisis Quality of Service Jaringan Wireless Pada Penyedia Jasa Layanan Internet Service Provider (ISP) Indihome & Iconnet (Studi Kasus : Perumahan Sindang Jaya Permai Cijantung). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(3), 1742–1746.
- Ariyanto, K. M., Zainudin M. N, A., & Fajar, A. A. (2020). Media Promosi Animasi Motion Graphic Pada Pt.Tirta Karya Buana. *MAVIB Journal*, 1(2), 155–164. <https://doi.org/10.33050/mavib.v1i2.1068>
- Asril, A. A., Yustini, Dewi, R., Rifka, S., & Vitria, R. (2023). Installation and Activation of a Fiber To The Home (FTTH) Network With The Addition of Optical Distribution Point (ODP) Using The Branching Method. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 5(3), 298–304. <https://doi.org/10.62527/ijasce.5.3.183>
- Aulia, R., Julianti, N., Putri, S. F., Efrizoni, L., & Rahmadden, R. (2025). Optimalisasi Pengelompokan Gangguan Kecemasan dalam Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Menggunakan Algoritma K-Means dan K-Medoids. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 12(2), 348–360. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v12i2.11495>
- Azizah, F. P., Hilabi, S. S., Tukino, T., & Hananto, A. (2025). Perbandingan Algoritma K-Means dan Hierarchical Untuk Klasterisasi Data Kehadiran Karyawan. *Jutisi : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 14(1), 351–361.
- Azmi, N., Helmiah, F., & Sudarmin, S. (2022). Implementasi Metode K-Means Sebagai Upaya Penentuan Lokasi Promosi Penerimaan Siswa Baru. *Building*

- of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 3(4), 649–660.
<https://doi.org/10.47065/bits.v3i4.1456>
- Ferdiansyah, M., & Chotijah, U. (2024). Implementasi Algoritme K-Means++ Untuk Clustering Penjualan Bahan Bangunan. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Komunikasi*, 4(1), 181–193.
<https://doi.org/10.55606/juitik.v4i1.767>
- Hasan, Y. (2024). Pengukuran Silhouette Score dan Davies-Bouldin Index pada Hasil Cluster K-Means dan Dbscan. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 12(3), 3517–3536.
- Hendriawan, Subandi, Chandra, J. C., & Ferdiansyah. (2023). Prototype Sistem Alat Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Berbasis Web Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Esp8266. *Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, 2(1), 500–507.
- Hutagalung, J. U. S., Sihombing, K. T., Hutabarat, M. O., & Irviantina, S. (2024). Identifikasi Potensi Penipuan Pada Transaksi Bank Menggunakan Algoritma K-Means CLustering. *Majalah Ilmiah Methoda*, 14(3), 392–395.
- Kurnia, J. S., & Risyda, F. (2021). Rancang Bangun Penerapan Model Prototype Dalam Perancangan Sistem Informasi Pencatatan Persediaan Barang Berbasis Web. *Jurnal Sistem Informasi Universitas Suryadarma*, 8(2), 223–230.
<https://doi.org/10.35968/jsi.v8i2.737>
- Lubis, A. H., Muliono, R., Khairina, N., & Novita, N. (2024). The Impact of k-means on Association Rules Mining Algorithms Performance. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, 5(2), 640–653. <https://doi.org/10.30596/jcositte.v5i2.20907>
- Lubis, F. A. S., Lubis, S. S., & Hendrik, B. (2023). Perancangan Sistem Inventory Untuk Stok Barang Herbisida Pada UD. Anugrah Jaya Tani Dengan Bahasa Pemrograman PHP dan Database MySQL. *Jurnal Sains Informatika Terapan (JSIT)*, 2(2), 50–55. <https://doi.org/10.62357/jsit.v2i2.167>
- Manjako, E. B., & Suroto, S. (2020). Sistem Informasi Penyelsaian Gangguan ODP Loss Maintenance Telkom Akses Berbasis Android. *Zona Komputer*, 10(1), 51–62.
- Marini, L. F., & Suhendra, C. D. (2023). Penggunaan Algoritma K-Means Pada Aplikasi Pemetaan Klaster Daerah Pariwisata. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(2), 707–713. <https://doi.org/10.30865/mib.v7i2.5558>
- Miraz, M. H., Ali, M., & Excell, P. S. (2020). Cultural, economic and societal impacts on users' behaviour and mobile broadband adoption trends. *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, 1(1), 34–44.
<https://doi.org/10.33166/AETiC.2017.01.005>
- Mubarok, R., Syahputra, A. A., Permana, A. T., Sholiah, L., & Tarwoto. (2025). Implementasi Data Mining untuk Clustering Lowongan Pekerjaan

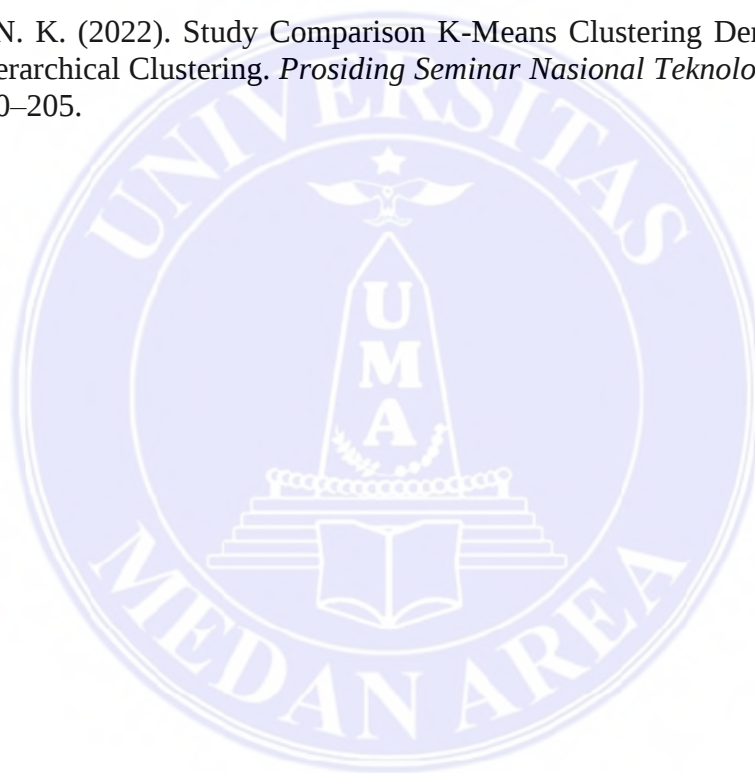
- Menggunakan Metode Algoritma K-Means. *Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 9(2), 703–712.
- Musthofa, N., & Adiguna, M. A. (2022). Perancangan Aplikasi E-Commerce Spare-Part Komputer Berbasis Web Menggunakan CodeIgniter Pada Dhamar Putra Computer Kota Tangerang. *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer dan Science*, 1(03), 199–207.
- Nasri, M. (2022). Determining The Location Of RMU, Using K-Means Clustering, Evaluate The Location Of Existing RMU, Using R-Programming. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, 6(1), 10–17. <https://doi.org/10.31289/jite.v6i1.6126>
- Paembonan, S., & Abduh, H. (2021). Penerapan Metode Silhouette Coefficient untuk Evaluasi Clustering Obat. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(2), 48–54. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v6i2.659
- Qusyairi, M., Hidayatullah, Z., & Sandi, A. (2024). Penerapan K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Prestasi Siswa Dengan Optimasi Metode Elbow Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi Perkembangan teknologi saat ini berkembang dengan sangat pesat ini terbukti. *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, 7(2), 500–510.
- Rahmah, S. A. (2020). Klasterisasi Pola Penjualan Pestisida Menggunakan Metode K-Means Clustering (Studi Kasus Di Toko Juanda Tani Kecamatan Hutabayu Raja). *Djtechno : Journal of Information Technology Research*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.46576/djtechno.v1i1.964>
- Rahman, N., Roza, I., Zulfin, M., & Andriana, L. (2021). Analisis Troubleshooting Pada Fiber To The Home (FTTH) Link STO Tanjung Morawa (TJR) Ke Perumahan Rivera Menggunakan Power Link Budget. *Jurnal Teknologi Rekayasa Jaringan Komunikasi*, 1(1), 65–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/rele.v1i1>
- Ramayanti, T., Haerani, E., Jasril, J., & Oktavia, L. (2023). Penerapan Algoritma K-Medoids Pada Clustering Penerima Bantuan Pangan Non Tunai (BPNT). *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(3), 1287–1296. <https://doi.org/10.30865/mib.v7i3.6475>
- Ritonga, P. K., & Hasibuan, M. S. (2025). Analisis Perbandingan Silhouette dengan Elbow pada Algoritma K-Means dan DBSCAN. *Metrik Jurnal*, 9(1), 64–71. <https://doi.org/10.47002/metik.v9i1.1027>
- Salsabila, J. F., Santoso, I., & Zahra, A. A. (2020). Perancangan Jaringan Akses Fiber To the Home Dengan Algoritma K-Means Clustering Pada Perumahan Taman Anggrek Graha Padma. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(3), 309–316. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i3.309-316>
- Sari, R. Y., Oktavianto, H., & Sulistyo, H. W. (2022). Algoritma K-Means Dengan Metode Elbow Untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah Berdasarkan Komponen Pembentuk Indeks Pembangunan Manusia. *Jurnal*

Smart Teknologi, 3(2), 104–108.

- Setianingsih, I., & Ali, I. (2023). Klasterisasi Pengeluaran Kas Di Desa Pamengkang Menggunakan Metode K-Means. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 784–787. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.6488>
- Sholeh, M., & Aeni, K. (2023). Perbandingan Evaluasi Metode Davies Bouldin, Elbow dan Silhouette pada Model Clustering dengan Menggunakan Algoritma K-Means. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 8(1), 56–65. <https://doi.org/10.30998/string.v8i1.16388>
- Sholihah, O. M., Suarna, N., Dwilestari, G., & R, N. (2023). Implementasi Metode K-Means Clustering Untuk Menganalisa Penerima Bantuan Di Desa Palasah. *Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, 1(2), 111–117. <https://doi.org/10.56854/jt.v2i1.123>
- Sibatuara, J. S., Khairina, N., Sembiring, Z., Muliono, R., & Muhathir. (2022). Clasterization of Student's Level of Understanding in Online Learning System with K-Means Clustering. *JRCS: Journal of Research Computer Science*, 2(1), 13–20.
- Sidabutar, A. F., & Habibi, R. (2022). *Sistem Optimasi Penjadwalan dan Biaya Transportasi Pengiriman Barang* (W. I. Rahayu (ed.); 1 ed.). Penerbit Buku Pedia.
- Sinaga, J. A. B. (2023). *Optimasi Pengelolaan Hutan Berkelanjutan dan Terpadu* (A. Adnan (ed.); 1 ed.). CV. Gita Lentera.
- Sumadireja, I., Prianto, C., & Saputra, M. H. K. (2021). *Optimasi Nilai Pendapatan Pada PT. XYZ Menggunakan Algoritma Genetika* (R. M. Awangga (ed.); 1 ed.). Kreatif Industri Nusantara.
- Supriatin, A., Fitri, I., & Ningsih, S. (2021). Sistem Informasi Persebaran ODP (Optical Distribution Point) Telkom Pemalang Berbasis WebGIS dengan Leaflet. *SMATIKA JURNAL*, 11(1), 1–7. <https://doi.org/10.32664/smatika.v11i02.531>
- Suwirya, I. P., Candiasa, I. M., & Dantes, G. R. (2022). Evaluation of ATM Location Placement Using the K-Means Clustering in BNI Denpasar Regional Office. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 4(2), 158–168. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v4i2.1580>
- Vankayalapati, R., Ghutugade, K. B., Vannapuram, R., & Prasanna, B. P. S. (2021). K-means Algorithm for Clustering of Learners Performance Levels Using Machine Learning Techniques. *International Information and Engineering Technology Association*, 35(1), 99–104. <https://doi.org/10.18280/ria.350112>
- Wadnare, R. J., Sherekar, D. S. S., & Thakare, D. V. M. (2021). Development of Text Clustering Method with K-Means for Analysis of Text Data. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 3307, 143–151.

<https://doi.org/10.32628/cseit217237>

- Wahyuddin, W., & Saputra, A. (2021). Aplikasi Schedule Pengerjaan Proyek Online Dinas PU Kab. Sidenreng Rappang. *Jurnal Sintaks Logika (JSilog)*, 1(2), 54–61. <https://doi.org/10.31850/jsilog.v1i2.769>
- Waruwu, A., Yetri, M., & Setiawan, F. (2023). Implementasi Data Mining Dalam Mengelompokkan Data penduduk Kurang Mampu Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 2(6), 945–955. <https://doi.org/10.53513/jursi.v2i6.8965>
- Zalukhu, A., Singly, P., & Darma, D. (2023). Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart. *Jurnal Teknologi, Informasi dan Industri*, 4(1), 61–70. <https://ejurnal.istp.ac.id/index.php/jtii/article/view/351>
- Zuhal, N. K. (2022). Study Comparison K-Means Clustering Dengan Algoritma Hierarchical Clustering. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sains*, 1, 200–205.



LAMPIRAN

1. Kode Program

```

from flask import Flask, render_template, request,
redirect, url_for, send_file, session, flash
import os
import time
import pandas as pd
import folium
import numpy as np
import matplotlib
from werkzeug.utils import secure_filename
from fpdf import FPDF
from docx import Document
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.metrics import davies_bouldin_score,
silhouette_score
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from haversine import haversine, Unit
import matplotlib.pyplot as plt

# Gunakan backend non-GUI untuk menghasilkan gambar
matplotlib.use('Agg')

# Membuat instance dari Flask
app = Flask(__name__)
app.secret_key = 'supersecretkey' # Kunci untuk
session Flask

# Menentukan folder untuk upload file dan folder
untuk menyimpan file statis (map)
UPLOAD_FOLDER = 'uploads'
STATIC_FOLDER = 'static/uploads'
app.config['UPLOAD_FOLDER'] = UPLOAD_FOLDER
app.config['STATIC_FOLDER'] = STATIC_FOLDER
TEMP_FOLDER = 'temp_folder'

# Membuat folder jika belum ada
os.makedirs(UPLOAD_FOLDER, exist_ok=True)
os.makedirs(STATIC_FOLDER, exist_ok=True)
os.makedirs(TEMP_FOLDER, exist_ok=True)

# Fungsi untuk mencari nama kolom berdasarkan
substring
def get_column(data, column_name):

```

```

        """Fungsi untuk mencari nama kolom berdasarkan
        substring"""
        return next((col for col in data.columns if
        column_name in col.lower()), None)

    # Fungsi untuk membuat peta menggunakan Folium
    def create_map(data, latitude_col, longitude_col,
    internet_id_col, nama_pelanggan_col, map_path):
        """Fungsi untuk membuat peta Folium"""
        m =
        folium.Map(location=[data[latitude_col].mean(),
        data[longitude_col].mean()], zoom_start=12)
        for _, row in data.iterrows():
            popup_text = f"<b>Internet ID:</b>
            {row[internet_id_col]}<br><b>Nama Pelanggan:</b>
            {row[nama_pelanggan_col]}<br><b>Latitude:</b>
            {row[latitude_col]}<br><b>Longitude:</b>
            {row[longitude_col]}"
            folium.Marker([row[latitude_col],
            row[longitude_col]], popup=popup_text).add_to(m)
            m.save(map_path)
            return m

    # Route utama untuk menampilkan halaman utama
    @app.route('/')
    def index():
        return render_template('index.html')

    # Route untuk meng-upload file Excel
    @app.route('/upload', methods=['POST'])
    def upload_file():
        file = request.files.get('file')

        # Jika tidak ada file yang diunggah, tampilkan
        pesan error
        if not file or file.filename == '':
            flash("Silakan pilih file sebelum
            mengunggah!", "error")
            return redirect(url_for('index'))

        # Mengamankan nama file dan menyimpannya di
        folder upload
        safe_filename = secure_filename(file.filename)
        file_path =
        os.path.join(app.config['UPLOAD_FOLDER'],
        safe_filename)
        file.save(file_path)
        session['filename'] = safe_filename # Simpan
        nama file ke session

```

```

try:
    data = pd.read_excel(file_path) # Membaca
file Excel
except Exception as e:
    flash(f"Error membaca file: {e}", "error") #
Jika file tidak dapat dibaca, tampilkan pesan error
    return redirect(url_for('index'))

# Mengecek apakah file kosong
if data.empty:
    flash("File Excel yang diunggah kosong!",
"error")
    return redirect(url_for('index'))

# Normalisasi nama kolom agar lebih mudah dicari
data.columns =
data.columns.str.strip().str.lower()

# Mencari kolom yang dibutuhkan
latitude_col = get_column(data, 'latitude')
longitude_col = get_column(data, 'longitude')
internet_id_col = get_column(data, 'internet
id') # Menyimpan kolom internet id
nama_pelanggan_col = get_column(data, 'nama
pelanggan') # Menyimpan kolom nama pelanggan

# Jika ada kolom yang tidak ditemukan, tampilkan
pesan error dan kembali ke halaman utama
missing_columns = []
if not latitude_col:
    missing_columns.append('latitude')
if not longitude_col:
    missing_columns.append('longitude')
if not internet_id_col:
    missing_columns.append('internet id')
if not nama_pelanggan_col:
    missing_columns.append('nama pelanggan')

if missing_columns:
    flash(f"Kolom yang hilang: {'',
'.join(missing_columns)}. Pastikan file memiliki kolom
tersebut.", "error")
    return redirect(url_for('index'))

# Simpan nama kolom ke dalam session
session['latitude_col'] = latitude_col
session['longitude_col'] = longitude_col
session['internet_id_col'] = internet_id_col

```

```

        session['nama_pelanggan_col'] =
nama_pelanggan_col

    # Hitung jumlah data yang berhasil terbaca
    num_data = len(data)

    # Flash pesan sukses, lalu trigger loading dan
    redirect lewat JavaScript di index.html
    flash(f"Data kamu berjumlah {num_data} dan sudah
    sesuai!", "success")
    session['redirect_url'] = url_for('display_map',
    filename=safe_filename)
    return redirect(url_for('index'))

    # Route untuk menampilkan peta berdasarkan data file
    yang di-upload
    @app.route('/titik-koordinat/<filename>')
    def display_map(filename):
        file_path =
os.path.join(app.config['UPLOAD_FOLDER'], filename)
        map_path =
os.path.join(app.config['STATIC_FOLDER'], 'map.html')

        try:
            data = pd.read_excel(file_path) # Membaca
file Excel
        except Exception as e:
            return f"Error reading file: {e}"

        if data.empty: # Mengecek apakah data kosong
            return "No data in the Excel file!"

        data.columns =
data.columns.str.strip().str.lower() # Menormalisasi
nama kolom

        # Mencari kolom yang dibutuhkan
        latitude_col = get_column(data, 'latitude')
        longitude_col = get_column(data, 'longitude')
        internet_id_col = get_column(data, 'internet
id')
        nama_pelanggan_col = get_column(data, 'nama
pelanggan')

        if not latitude_col or not longitude_col or not
internet_id_col or not nama_pelanggan_col:
            return "File must contain 'latitude',
'longitude', 'internet id', and 'nama pelanggan'
columns!"

```

```
        create_map(data, latitude_col, longitude_col,  
internet_id_col, nama_pelanggan_col, map_path)  
  
        # Menandai bahwa pengguna telah mengunjungi  
halaman Titik Koordinat  
        session['titik_koordinat'] = True  
  
        return render_template('titik_koordinat.html',  
map_path=f"/static/uploads/map.html",  
filename=filename)
```





UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate / Jalan Gedung PBSI, Medan 20223
Kampus II : Jalan Sei Serayu Nomor 70 A / Jalan Setia Budi Nomor 79 B, Medan 20112 Telepon : (061) 8225602, 8201994
Fax : (061) 8226331 HP : 0811 607 259 website: www.uma.ac.id Email : univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 3153/FT/01.10/XI/2024

14 November 2024

Lampiran : -

Hal : Pembimbing Tugas Akhir

Yth. Pembimbing Tugas Akhir

RIZKI MULIONO S.Kom, M.Kom (Sebagai Pembimbing)

di Tempat

Dengan hormat, sehubungan telah dipenuhinya persyaratan untuk memperoleh Tugas Akhir dari mahasiswa atas :

Nama : MHD RAMADHAN SAPUTRA

NIM : 218160004

Jurusan : TEKNIK INFORMATIKA

Maka dengan hormat kami mengharapkan kesediaan saudara :

RIZKI MULIONO S.Kom, M.Kom (Sebagai Pembimbing)

Adapun Tugas Akhir Skripsi berjudul :

**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI TIANG ODP BERDASARKAN CLUSTERING
PELANGGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS**

SK Pembimbing ini berlaku selama enam bulan terhitung sejak SK ini diterbitkan. Jika proses pembimbing melebihi batas waktu yang telah ditetapkan, SK ini dapat ditinjau ulang.

Demikian kami sampaikan, atas kesediaan saudara diucapkan terima kasih.

Dekan,



Dr Eng. Supriatno.ST, MT.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate ☎ (061) 7360168, Medan, 20223
 Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A ☎ (061) 42402994, Medan, 20122
 Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 040/FT.6/01.10/II/2025
 Lamp : -
 Hal : Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir

12 Februari 2025

Yth. Wakil Rektor Bidang Mutu Sumber Daya Manusia dan Perekonomian
 Jln. Kolam No.1
 Di
 Medan

Dengan hormat, kami mohon kesediaan bapak kiranya berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	N A M A	N P M	PRODI
1	Mhd. Ramadhan Saputra	218160004	Teknik Informatika

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir di **Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Medan Area**.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan Ilmiah dan Skripsi, yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul :

Optimasi Penentuan Lokasi Odp Berdasarkan Clustering Pelanggan Menggunakan Algoritma K-Means.

Mohon kiranya tanggal Surat Izin Pengambilan Data Tugas Akhir agar disesuaikan dengan tanggal Terbitnya Surat ini.

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.

Dekan

 Dr. Eng. Supriatno, ST, MT

Tembusan :
 1. Ka. BPMPP
 2. Mahasiswa
 3. File

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/1/26



UNIVERSITAS MEDAN AREA

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate ☎ (061) 7360168, Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A ☎ (061) 42402994, Medan 20122
Website: www.uma.ac.id E-Mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 302 /UMA/B/01.7/II/2025
Lamp. : -
Hal : Izin Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir

17 Februari 2025

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

di - M e d a n

Dengan hormat, sesuai dengan surat dari Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area nomor : 040/FT.6/01.10/II/2025 tertanggal 12 Februari 2025, perihal izin penelitian dan pengambilan data Tugas Akhir di Fakultas Teknik Universitas Medan Area oleh mahasiswa sebagai berikut :

Nama : Mhd Ramadhan Saputra
NPM : 218160004
Program Studi : Teknik Informatika

Dengan Judul Penelitian "**Optimasi Penentuan Lokasi Odp Berdasarkan Clustering Pelanggan Menggunakan Algoritma K-Means**".

Pada Prinsipnya disetujui yang bersangkutan untuk melaksanakan pengambilan data di Fakultas Teknik Universitas Medan Area guna penyusunan Skripsi untuk kepentingan Ilmiah dan Akademik.

Demikian surat ini diterbitkan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wakil Rektor Bidang Mutu SDM dan
Perekonomian,



Dr. Dedi Saputra, S.Sos, MA

Tembusan :

1. Mahasiswa
2. File

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/1/26



UNIVERSITAS MEDAN AREA

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate ☎ (061) 7360168, Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A ☎ (061) 42402994, Medan 20122
Website: www.uma.ac.id E-Mail: univ_medanarea@uma.ac.id

SURAT KETERANGAN Nomor : 456 /UMA/B/01.7/III/2025

Rektor Universitas Medan Area dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Mhd Ramadhan Saputra
No.Pokok Mahasiswa : 218160004
Program Studi : Teknik Informatika
Fakultas : Teknik

Benar telah selesai Pengambilan Data di Fakultas Teknik Universitas Medan Area dengan Judul Skripsi "**Optimasi Penentuan Lokasi ODP Berdasarkan Clustering Pelanggan Menggunakan Algoritma K-Means**".

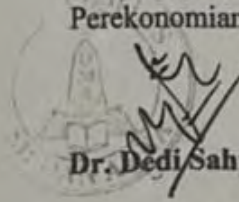
Dan kami harapkan Data tersebut kiranya dapat membantu yang bersangkutan dalam penyusunan skripsi dan dapat bermanfaat bagi mahasiswa khususnya Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Demikian surat ini diterbitkan untuk dapat digunakan seperlunya

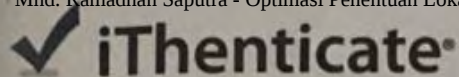
Medan, 11 Maret 2025.

a.n R e k t o r

Wakil Rektor Bidang Mutu SDM &
Perekonomian,


Dr. Dedi Sahputra, S.Sos, MA

CC :
-Arsip



Similarity Report ID: oid:29477:106678630



6% Overall Similarity

Top sources found in the following databases:

- 6% Internet database
- 2% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database

TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	repositori.uma.ac.id	Internet	<1%
2	repositori.usu.ac.id	Internet	<1%
3	repo.darmajaya.ac.id	Internet	<1%
4	Joang Ipmawati, Ilham Unggara. "Analisis Status Gizi Anak Mengguna...	Crossref	<1%
5	eprints.umg.ac.id	Internet	<1%
6	text-id.123dok.com	Internet	<1%
7	smart.stmikplk.ac.id	Internet	<1%
8	etheses.uin-malang.ac.id	Internet	<1%
9	repositori.usandisolo.ac.id	Internet	<1%

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/1/26

Access From (repositori.uma.ac.id)19/1/26