

## Implementasi Data Mining Klasterisasi Data Pasien Rawat Inap dengan Algoritma K-Means Clustering

Wismoyo Bagas Laksono<sup>1</sup>, Yuda Syahidin<sup>2</sup>, Yuyun Yunengsih<sup>3</sup>

Manajemen Informasi Kesehatan, Politeknik Piksi Ganesha, Jl. Gatot Subroto No. 301 Maleer, Batununggal, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40275  
e-mail: <sup>1</sup>bagaslaksono04.bl@gmail.com, <sup>2</sup>yudasy@gmail.com, <sup>3</sup>yoen1903@gmail.com

Submitted Date: April 15<sup>th</sup>, 2024  
Revised Date: April 26<sup>th</sup>, 2024

Reviewed Date: April 21<sup>st</sup>, 2024  
Accepted Date: April 30<sup>th</sup>, 2024

### Abstract

*Medical records are data about the history of patients who receive treatment at health care institutions. Along with the development of technology, most healthcare services in Indonesia have now switched from paper-based medical records to digital ones to speed up healthcare services. Despite the good impact of digital medical records, there are various problems, especially for handling huge medical record data. Efficient and effective processing of medical record data is essential to improve the quality of health services. This research utilizes inpatient medical record data into several groups by using the data mining clustering method using the k-means clustering algorithm to handle very large and complicated data by grouping inpatient data into several clusters. Data mining k-means clustering can help organize and analyze medical record data more effectively, so as to improve service quality. The results obtained from this study are inpatient data divided into 4 clusters with 2 variables, namely age category and diagnosis. The results of this analysis obtained data from each cluster, namely cluster 0 disease categories of arthritis, asthma, and cancer patients with adolescent and elderly age categories, cluster 1 disease categories of diabetes, hypertension, and obesity patients with adolescent and elderly age categories, cluster 2 disease categories of diabetes, hypertension, and obesity patients with adult age categories, cluster 3 disease categories of arthritis, asthma, and cancer patients with adult age categories, with a total of 10,000 patients. The findings of this study provide information about the spread of diseases based on the age range of patients, which can be the basis for minimizing the spread of diseases based on age range.*

*Keywords: Data Mining; K-means Clustering; Medical Record; Health Management*

### Abstrak

Rekam medis adalah data tentang riwayat pasien yang mendapatkan perawatan di institusi pelayanan kesehatan. Seiring dengan perkembangan teknologi, sebagian besar layanan kesehatan di Indonesia kini telah beralih dari rekam medis berbasis kertas menjadi digital untuk mempercepat layanan kesehatan. Terlepas dari dampak baik dari rekam medis digital, terdapat berbagai masalah, terutama untuk menangani data rekam medis yang sangat besar. Pengolahan data rekam medis yang efisien dan efektif sangat penting untuk meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan. Penelitian ini memanfaatkan data rekam medis pasien rawat inap menjadi beberapa kelompok dengan menggunakan metode data *mining clustering* menggunakan algoritma *k-means clustering* untuk menangani data yang sangat besar dan rumit dengan cara mengelompokkan data pasien rawat inap ke dalam beberapa *cluster*. Data *mining k-means clustering* dapat membantu mengorganisir dan menganalisis data rekam medis dengan lebih efektif, sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah data pasien rawat inap dibagi menjadi 4 *cluster* dengan 2 variabel, yaitu kategori usia dan diagnosis. Hasil analisis ini diperoleh data dari masing-masing *cluster* yaitu cluster 0 kategori penyakit *arthritis*, *asthma*, dan *cancer* pasien dengan kategori usia remaja dan lansia, *cluster 1* kategori penyakit *diabetes*, *hypertension*, dan *obesity* pasien dengan kategori usia remaja dan lansia, *cluster 2* kategori penyakit *diabetes*, *hypertension*, dan

*obesity* pasien dengan kategori usia dewasa, *cluster* 3 kategori penyakit *arthritis*, *asthma*, dan *cancer* pasien dengan kategori usia dewasa, dengan jumlah pasien sebanyak 10.000 pasien. Temuan dari penelitian ini memberikan informasi mengenai penyebaran penyakit berdasarkan rentang usia pasien, yang dapat menjadi dasar untuk meminimalisir penyebaran penyakit berdasarkan rentang usia.

Kata kunci: Data Mining; K-means Clustering; Rekam Medis; Manajemen Informasi Kesehatan

## 1 Pendahuluan

Di era digital saat ini, teknologi telah berkembang dengan pesat dan memberikan dampak signifikan pada profesi Rekam Medis dalam pelayanan kesehatan.. Data rekam medis menjadi sangat besar dan kompleks (Adiyanti et al., 2021), Rekam Medis ini berisikan catatan, dan dokumen tentang identitas pasien, pemeriksaan, pengobatan, tindakan dan pelayanan lain kepada pasien pada sarana pelayanan kesehatan (Rosdyana et al., 2023). Sebagian besar rumah sakit di Indonesia kini telah menggunakan *Electronic Medical Record* untuk menyimpan data diri pasien dan data perawatan pasien secara digital dengan sekala yang besar guna menunjang pelayanan rumah sakit agar lebih cepat dan efektif (Melania et al., 2024), oleh karena itu Data Rekam Medis yang sangat besar ini perlu adanya pengolahan data yang baik, hal ini dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan.

Pengolahan data rekam medis yang sangat besar ini menjadi tantangan untuk rumah sakit, karena data ini merupakan informasi penting dalam memberi layanan kepada pasien (Purba et al., 2023).

Maka dari itu, pengolahan data Rekam Medis ini harus dilakukan secara efektif dengan cara memanfaatkan teknologi *data mining* dengan metode *clustering* guna mendapatkan informasi yang sulit.

Peneliti memilih data Pasien rawat inap sebagai proses penelitian, data ini berisikan data-data mengenai data diri pasien, kondisi pasien, dan tanggal pasien masuk serta keluar Rumah Sakit (Adiyanti et al., 2021), data ini yang nantinya akan diolah untuk menemukan informasi dan solusi di dalamnya.

Data *mining* adalah proses pengolahan data dengan menggunakan pendekatan statistik, matematika, kecerdasan buatan, dan pembelajaran mesin yang mengekstrak dan menemukan informasi yang relevan dan pengetahuan terkait dari basis data yang sangat besar. Metode data

*mining* meliputi *prediction*, *classification*, *clustering*, dan *association*.

Metode *clustering* adalah membagi data ke beberapa kelompok dengan karakteristik yang sama. *Clustering* bertujuan untuk mengurangi variasi di dalam suatu kelompok data (*cluster*) dan meningkatkan variasi antara kelompok data (*cluster*) yang berbeda. (Adiputra, 2022).

*K-means clustering* adalah metode data *mining* yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan titik pusat klaster (*centeroid*) guna menganalisis data yang kompleks untuk mengelompokkan objek-objek data ke dalam beberapa kelompok atau klaster berdasarkan kemiripan karakteristiknya. *K-means clustering* dapat membantu mengelola data yang kompleks dengan mengelompokkan objek-objek data ke dalam kelompok yang terpisah, kita dapat memahami perbedaan serta kesamaan antara kelompok tersebut (Nanda, dkk., 2023).

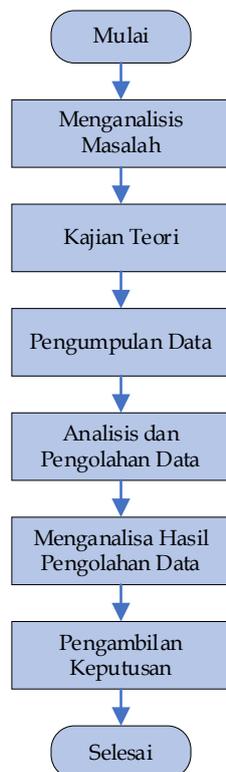
Implementasi data *mining* dengan pendekatan algoritma *k-means clustering* telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, terutama dalam menangani data rekam medis. Adapun penelitian lainnya adalah sebagai berikut: Penggunaan data *mining* dalam mengelola data rekam medis menggunakan pendekatan *k-means clustering*, data yang digunakan adalah data pasien yang sedang dirawat berdasarkan jenis terapi dan jenis kelamin, pada penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa 91,4% atau sebanyak 18217 dari total 19936 data pasien termasuk dalam *cluster* 1. Sebanyak 1016 (5,1%) total data pasien dalam *xcluster* 2 sebanyak 396 (2%) dan total pasien yang ada dalam *cluster* 3 sebanyak 307 (1,5%). Adapun contoh lain mengenai *k-means clustering* dalam rekam medis yaitu, data yang digunakan adalah data identitas pasien dan perawatan pasien berdasarkan jenis kelamin, usia, kecamatan, dan penyakit. Investigasi tersebut menghasilkan pembagian 4 *cluster* untuk menciptakan informasi baru mengenai pola pengelompokan sebaran penyakit di setiap kecamatan.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, data *mining* dapat digunakan untuk menggali informasi dan nilai-nilai tersembunyi dari suatu kumpulan data, di mana informasi ini akan sulit ditemukan apabila dilakukan secara manual (Ideal, 2022).

## 2 Metode

Metode merupakan langkah dalam menyelesaikan sebuah masalah dalam penelitian agar penelitian dapat terselesaikan dengan baik dan sesuai dengan hasil yang diharapkan (Nanda, dkk., 2023). Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian menggunakan *k-means clustering* yang dapat dilihat sebagai berikut (Fajri & Purnamasari, 2022) :

### 2.1 Pengumpulan Data



Gambar 1. Kerangka kerja penelitian

#### a. Menganalisis Masalah

Peneliti menganalisis permasalahan yang terjadi sebagai langkah untuk memahami masalah tersebut. Dalam masalah ini peneliti mengambil permasalahan data pasien rawat inap untuk di klasifikasi berdasarkan umur dan jenis

penyakit menggunakan data *mining* dengan metode *k-means clustering*.

#### b. Mempelajari Teori

Mempelajari teori berupa buku, jurnal, dan artikel yang berkaitan dengan *k-means clustering* guna menjadi solusi untuk permasalahan tersebut (Saputra Sy, 2022).

#### c. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data dari permasalahan, dalam penelitian ini peneliti mengumpulkan informasi serta data melalui *library search* dan *field research* dilakukan mengumpulkan informasi yang bersumber dari internet yang berkaitan dengan permasalahan (Sari & Asmendri, 2020), dataset ini di unduh melalui *website* Kaggle.

Tabel 1. Data set pasien rawat inap

Variabel	Tipe Data	Keterangan
Age	Int	Umur pasien yang berobat
Gender	Varchar	Jenis kelamin pasien yang berobat
Medical Condition	Varchar	Hasil akhir diagnosa pasien
Date of Admission	Date	Tanggal pasien masuk ruangan
Discharge Date	Date	Tanggal pasien pulang

#### d. Analisis dan Pengolahan Data

Dalam pengolahan data *k-means clustering* memiliki beberapa tahapan meliputi:

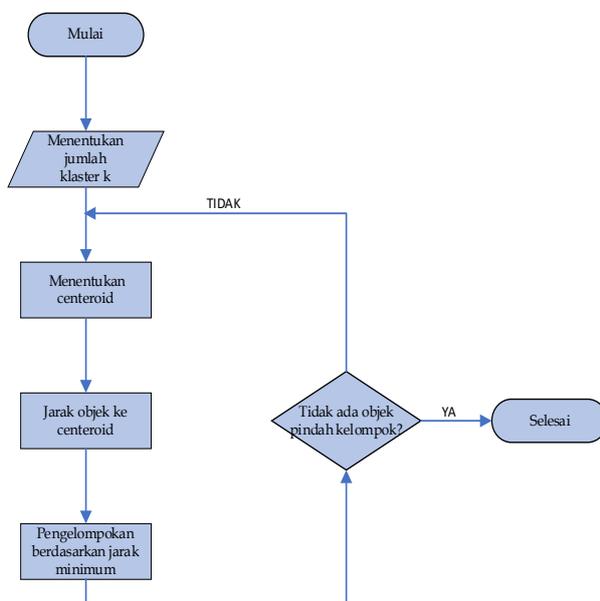
- Analisis dan pengolahan data Dalam melakukan analisis dan pengolahan data untuk algoritma *k-means clustering* ini terdapat beberapa tahap meliputi *Data cleaning*, identifikasi data yang tidak akurat, atau tidak relevan, menangani nilai yang hilang (Yuda Syahidin et al., 2022).
- Data selection*, pemilihan kolom di dalam data yang relevan digunakan untuk *clustering* dan penyesuaian skala data jika diperlukan.
- Data transformation*, transformasi data ke dalam format sesuai untuk *k-means clustering*.
- K-means clustering*, penerapan algoritma *k-means clustering* untuk

mengelompokkan data menjadi kluster-kluster

- e. Menganalisis Hasil Pengolahan dData  
 Menganalisis hasil dari *k-means clustering* berupa kluster-kluster yang berguna untuk mencari informasi di dalamnya.
- f. Pengambilan Keputusan  
 Mengambil keputusan yang relevan dari hasil *clustering*.

## 2.2 K-means Clustering

Objek-objek dikelompokkan dalam *clustering* berdasarkan informasi dari data yang memperjelas hubungan di antara mereka k (Tambuwun et al., 2020). Proses *K-means Clustering* dapat dilihat pada gambar 3 (Azhari et al., 2023).



Gambar 2. Flowchart *k-means clustering*

Pada gambar 3 menjelaskan bagaimana proses *k-means clustering* berlangsung.

## 3 Hasil dan Pembahasan

Data yang dipakai dalam penelitian ini merupakan data rawat inap pasien dari tahun 2018 hingga 2020 yang berjumlah 10.000 data, data ini mencakup nama, umur, jenis kelamin, golongan darah, diagnosa, tanggal masuk pasien, dokter, asuransi, tagihan biaya, nomor ruangan, cara masuk, dan tanggal keluar pasien. Atribut yang akan digunakan untuk *clustering* adalah atribut

umur dan diagnosa Pasien, adapun tahapan dalam proses algoritma *k-means clustering* sebagai berikut.

### 3.1 Pembersihan Data

Pembersihan data bermanfaat untuk menghapus data yang tidak diperlukan, atau data kosong. Data set dalam penelitian ini tidak mengandung data kosong seperti yang terlihat pada Gambar 3.

```

    Data columns (total 6 columns):
    #  Column          Non-Null Count  Dtype
    ---  ---
    0  Age                10000 non-null  int64
    1  Gender             10000 non-null  object
    2  Medical Condition  10000 non-null  object
    3  Date of Admission  10000 non-null  datetime64[ns]
    4  Discharge Date    10000 non-null  datetime64[ns]
    5  Days Hospitalized  10000 non-null  int64
    dtypes: datetime64[ns](2), int64(2), object(2)
    memory usage: 468.9+ KB
  
```

Gambar 3. Hasil data yang sudah di bersihkan

### 3.2 Seleksi Data

Pada tahap data ini memilih atribut yang paling relevan untuk analisis *clustering*, pada penelitian ini peneliti mengambil kolom *medical condition* atau diagnosa dan kolom *age* atau umur pasien sebagai variabel untuk dianalisis lebih lanjut, seperti terlihat pada gambar 3 dan gambar 4.

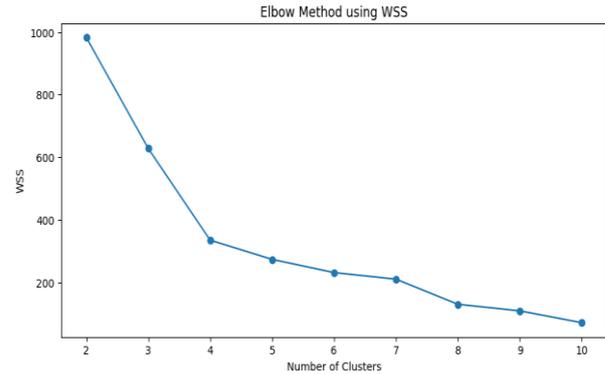
```

    df["Medical Condition"]
    ✓ 0.0s
    0    Diabetes
    1    Asthma
    2    Obesity
    3    Asthma
    4    Arthritis
    ...
    9995  Obesity
    9996  Arthritis
    9997  Arthritis
    9998  Arthritis
    9999  Arthritis
    Name: Medical Condition, Length: 10000, dtype: object
  
```

Gambar 4. Tampilan data diagnosa pasien

```
df["Age"]
0.0s
0      81
1      35
2      61
3      49
4      51
..
9995   83
9996   47
9997   54
9998   84
9999   20
Name: Age, Length: 10000, dtype: int64
```

Gambar 5. Tampilan data umur pasien



Gambar 6. Tampilan grafik *elbow*

### 3.3 Transformasi Data

Proses memodifikasi data untuk memudahkan pengolahan data dan merupakan data yang siap untuk dilakukan data *mining*. Transformasi data ini menggunakan *Label Encoder* untuk mengubah data, hasil dari *encoded* didapatkan pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Hasil transformasi data diagnosa

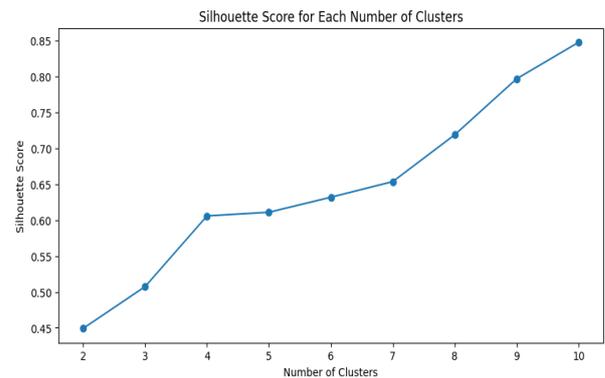
Diagnosa	Inisialisasi
Arthritis	0
Asthma	1
Cancer	2
Diabetes	3
Hypertension	4
Obesity	5

Tabel 3. Hasil transformasi data kategori usia

Kategori Usia	Inisialisasi
Dewasa	0
Lansia	1
Remaja	2

### 3.4 Menentukan Jumlah Cluster

Untuk menemukan nilai *k* dalam proses *k-means clustering*, *silhouette score* dan *within-cluster sum of squares* (WSS) harus dihitung dan direpresentasikan secara visual.



Gambar 7. Tampilan grafik skor *silhouette*

Dari pemahaman gambar 5 menunjukkan adanya penurunan tajam pada *cluster* 4 ini merupakan angka yang ideal untuk menentukan *cluster*, pada gambar 6 terlihat skor *silhouette* pada *cluster* 4 bernilai 0,60.

### 3.5 Menentukan *Centroid*

Menentukan *centroid* digunakan untuk memperoleh koordinat pusat dari setiap kluster yang ditentukan.

Pusat Cluster 0 : [0.52280702 0.2014673 ]  
 Pusat Cluster 1 : [0.52510666 0.79921234]  
 Pusat Cluster 2 : [5.55111512e-16 8.01797040e-01]  
 Pusat Cluster 3 : [3.88578059e-16 2.03115265e-01]

Gambar 8. Koordinat dari setiap pusat *cluster*

### 3.6 Jarak Objek Ke *Centroid*

Peneliti menghitung jarak setiap data pada setiap *centroid*. Gambar di bawah merupakan hasil hitungan jarak tiap objek terhadap *centroid*, dan memilih objek berdasarkan *centroid* terdekat.



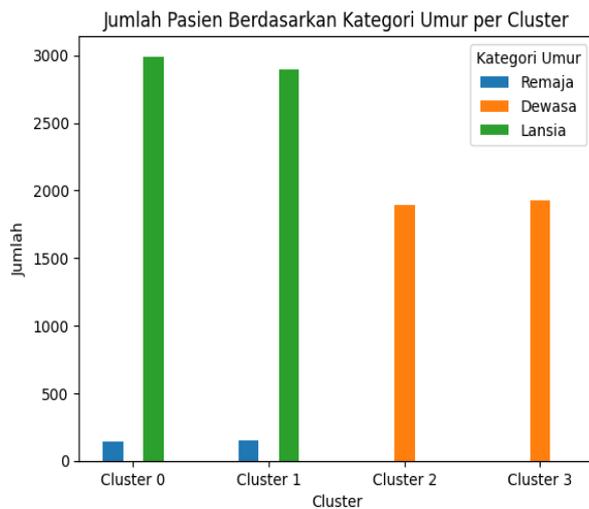
Objek 0: [0.65751938 1.62810761 1.13149318 2.51577489]  
 Objek 1: [1.58849222 3.70502639 2.52941176 0.81513307]  
 Objek 2: [2.63272316 0.43011827 1.77837841 4.50495049]  
 Objek 3: [1.39047914 3.62166634 2.71991248 0.60304863]  
 Objek 4: [2.38411042 4.62053389 3.66834396 0.61720323]  
 Objek 5: [2.50476701 4.68615908 3.52941176 0.8256598 ]

Gambar 9. Hasil perhitungan jarak objek terhadap *centroid*

Dari hasil perhitungan jarak tersebut di simpulkan bahwa objek 0 berada di *cluster* 0 dengan nilai jarak terdekat 0.65751938 pada *cluster* 0, objek 1 berada di *cluster* 3 dengan nilai jarak terdekat 0.81513307 pada *cluster* 3, objek 2 berada di *cluster* 1 dengan nilai jarak terdekat 0.43011827 pada *cluster* 1, begitu pun seterusnya.

### 3.7 Visualisasi Pembagian Cluster

Setelah menyelesaikan proses algoritma *k-means clustering*, langkah selanjutnya adalah memahami data yang telah dibagi ke dalam beberapa klaster.



Gambar 10. Visualisasi jumlah pasien berdasarkan kategori umur dari tiap *cluster*

Berdasarkan gambar 9 terlihat bahwa *cluster* 0 dan *cluster* 1 terdapat data pasien dengan kategori umur remaja dan lansia, sedangkan untuk *cluster* 2 dan *cluster* 3 terdapat data pasien dengan kategori umur dewasa.

### 3.8 Hasil K-means Clustering

Hasil dari *k-means clustering* di tampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Hasil data pada *cluster* 0

Cluster 0			
Diagnosa	Kategori Umur		
	Remaja	Dewasa	Lansia
Arthritis	46	0	981
Asthma	53	0	1005
Cancer	44	0	1006
Diabetes	0	0	0
Hypertension	0	0	0
Obesity	0	0	0

Tabel 5. Hasil data pada *cluster* 1

Cluster 1			
Diagnosa	Kategori Umur		
	Remaja	Dewasa	Lansia
Arthritis	0	0	0
Asthma	0	0	0
Cancer	0	0	0
Diabetes	50	0	973
Hypertension	58	0	955
Obesity	45	0	966

Tabel 6. Hasil data pada *cluster* 2

Cluster 2			
Diagnosa	Kategori Umur		
	Remaja	Dewasa	Lansia
Arthritis	0	0	0
Asthma	0	0	0
Cancer	0	0	0
Diabetes	0	600	0
Hypertension	0	675	0
Obesity	0	617	0

Tabel 7. Hasil data pada *cluster* 3

Cluster 3			
Diagnosa	Kategori Umur		
	Remaja	Dewasa	Lansia
Arthritis	0	623	0
Asthma	0	650	0
Cancer	0	653	0
Diabetes	0	0	0
Hypertension	0	0	0
Obesity	0	0	0

## 4 Kesimpulan

peneliti menunjukkan bahwa data rekam medis pasien rawat inap dapat diklasifikasikan ke dalam 4 kelompok berdasarkan usia dan kategori

diagnosa. Dari hasil analisis tersebut didapatkan data dari masing-masing *cluster* yaitu *cluster* 0 kategori pasien *arthritis*, *asthma*, dan *cancer* dengan kategori usia remaja dan lansia, *cluster* 1 kategori pasien diabetes, *hypertension*, dan *obesity* dengan kategori usia remaja dan lansia, *cluster* 2 kategori pasien diabetes, *hypertension*, dan *obesity* pasien dengan kategori usia dewasa, *cluster* 3 kategori pasien *arthritis*, *asthma*, dan *cancer* dengan kategori usia dewasa dari total 10.000 pasien, dari hasil tersebut didapatkan informasi dan solusi. Dengan memahami pola penularan penyakit pada usia tertentu, hal ini dapat membantu meminimalisir penyebaran penyakit sesuai dengan rentang usia.

## 5 Saran

Saran dari peneliti diharuskan untuk membandingkan hasil peneliti sebelumnya seputar pengolahan data rekam medis menggunakan data mining dengan metode yang lain untuk menemukan informasi yang beragam di dalam nya. Saran lain untuk penelitian selanjutnya agar mencari data rekam medis yang lebih beragam seperti data pasien berobat rawat jalan yang nantinya dapat mengelompokkan pasien dengan penyakit yang sedang banyak di derita pada jangka waktu tertentu, agar nantinya dapat mengetahui penyakit yang sedang banyak terjadi di suatu wilayah hal ini dapat membantu pelayanan pelayanan kesehatan nantinya.

## Referensi

- Adiputra, I. N. M. (2022). Clustering Penyakit Dbd Pada Rumah Sakit Dharma Kerti Menggunakan Algoritma K-Means. *INSERT: Information System and Emerging Technology Journal*, 2(2), 99. <https://doi.org/10.23887/insert.v2i2.41673>
- Adiyanti, R., Sulaksana, P. T., Syahidin, Y., & Hidayati, M. (2021). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika Perancangan Sistem Informasi Indeks Penyakit Rawat Inap Menggunakan Microsoft Visual Studio*. 7(1), 10–19.
- Azhari, R., Hartama, D., Lubis, M. R., Nasution, D. F., & Windarto, A. P. (2023). Analisis Penerapan Data Mining Terhadap Kasus Positif Covid-19 Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering*, 3(2), 221–235. <https://doi.org/10.47065/jieee.v3i2.1760>
- Fajri, M. B., & Purnamasari, S. D. (2022). Klasterisasi Pola Penyebaran Penyakit Pasien Berdasarkan Usia Pasien Menggunakan K-Means Clustering. *Journal of Information Technology Ampera*, 3(3), 317–334. <https://journal-computing.org/index.php/journal-ita/index>
- Ideal, M. A. V. (2022). Classification of Patient Complaints against Patient Medical Record Data Using the K Means Method. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 5, 1–6. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v5i1.151>
- Melania, R., Abdussalaam, F., Yunengsih, Y., Info, A., & Kunci, K. (2024). Tata Kelola Rekam Medis Berbasis Elektronik Pengelolaan Laporan Harian Rawat Inap Dengan Metode Waterfall. *DECODE: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(1), 167–178.
- Nanda, dkk.,. (2023). Analisis Data Mining Untuk Klasterisasi Data Rekam Medis Menggunakan Algoritma K-Means Pada Rumah Sakit Sylvani Binjai. *Indonesian Journal of Education And Computer Science*, 1(3), 82–88.
- Purba, W., Sembiring, G. A., Saputra, A., Turnip, T., Jua, B., Manihuruk, I., Sains, F., & Teknologi, D. (2023). Penerapan Data Mining untuk Pengelolaan Data Rekam Medis Menggunakan Metode K-Means Clustering pada Rumah Sakit Royal Prima Medan. *Jurnal TEKINKOM*, 6(1). <https://doi.org/10.37600/tekinkom.v6i1.857>
- Rosdyana, A., Khaira, K. N., Syahidin, Y., & Yunengsih, Y. (2023). Governance of Online Electronic Patient Medical Records Distribution. *PIKSEL: Penelitian Ilmu Komputer Sistem Embedded and Logic*, 11(2), 221–232. <https://doi.org/10.33558/piksel.v11i2.6997>
- Saputra Sy, Y. (2022). Klasterisasi Pasien Rawat Inap Peserta BPJS Berdasarkan Jenis Penyakit Menggunakan Algoritma K-Means. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 5, 33–37. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v5i2.162>
- Sari, M., & Asmendri, A. (2020). Penelitian Kepustakaan (Library Research) dalam Penelitian Pendidikan IPA. *Natural Science*, 6(1), 41–53. <https://doi.org/10.15548/nsc.v6i1.1555>
- Tambuwun, C. H., Langi, Y. A. R., & Rindengan, A. J. (2020). Estimasi Bobot Parameter M Pada Fuzzy C-Means Menggunakan Analisis Robust Dengan Simulasi Data Spasial. *D'CARTESIAN*, 9(1), 50. <https://doi.org/10.35799/dc.9.1.2020.27600>
- Yuda Syahidin, Aditya Pratama Ismail, & Fawwaz Nafis Siraj. (2022). Application of Artificial Neural Network Algorithms to Heart Disease Prediction Models with Python Programming. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 6(2), 292–302. <https://doi.org/10.37339/e-komtek.v6i2.932>

