



## Algoritma K-Means Clustering dalam Optimalisasi Komposisi Pakan Ternak Ayam Petelur

Felka Andini<sup>1✉</sup>, Della Zilfitri<sup>2</sup>, Yosep Filki<sup>3</sup>, Muhammad Ridho<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Lintau Buo

<sup>4</sup>Sekolah Menengah Kejuruan Negeri Negeri 1 Tanjung Raya

[dienileover@gmail.com](mailto:dienileover@gmail.com)

### Abstract

In Indonesia, the laying hens business sector experiences many obstacles, farmers often face instability between the price of chicken eggs and the price of feed which tends to always increase. The income received by farmers is not proportional to the cost of feed incurred. The production cost of laying hens can be reduced if there is an increase in feed efficiency. Maintenance of laying hens lies in the provision of feed, water, physical conditions and the state of the cage. Feed is the main source of energy for laying hens. The problem of feed in laying hens must meet the quality and quantity of the feed itself so that the effect is very real and clear on egg production. Feed nutrition must also meet the needs of laying hens. Feeding laying hens without paying attention to the quality of the feed can result in the growth and productivity of chickens being not optimal. Combining feed is an effort that can be made to produce a quality feed composition. This research was conducted to compile the composition of laying hens' feed using the K-Means Clustering algorithm. The K-Means Clustering method is an algorithm used by researchers to group or cluster data on laying hens feed into several clusters by using the nutritional content of each feed as an attribute. In this study, the data analyzed was data on the nutritional content of laying hens feed consisting of attributes such as protein, fat, crude fiber, calcium and phosphorus. This study will produce 3 clusters of feed types consisting of highly optimal clusters, optimal clusters and less than optimal clusters. This research is expected to be used as a recommendation by laying hens in compiling the composition of laying hens to maintain the quality of the eggs produced.

Keywords: Data Mining, K-Means, Clustering, Laying Chicken Feed, Composition Optimization.

### Abstrak

Di Indonesia sektor usaha ayam petelur mengalami banyak kendala, peternak sering menghadapi tidak stabilnya antara harga telur ayam dengan harga pakan yang cenderung selalu meningkat. Pendapatan yang diterima oleh peternak tidak sebanding dengan biaya pakan yang dikeluarkan. Biaya produksi ayam petelur dapat ditekan apabila terdapat peningkatan efisiensi pada pakan. Pemeliharaan ayam petelur terletak pada pemberian pakan, air, keadaan fisik dan keadaan kandang. Pakan merupakan sumber energi yang utama bagi ayam petelur. Masalah pakan pada ayam petelur memang harus memenuhi kualitas dan kuantitas pakan itu sendiri sehingga pengaruhnya sangat nyata dan jelas terhadap produksi telur. Nutrisi pakan juga harus mencukupi kebutuhan hidup ayam petelur. Memberikan pakan ayam petelur tanpa memperhatikan kualitas pakan dapat mengakibatkan pertumbuhan maupun produktivitas ayam menjadi tidak maksimal. Mengkombinasikan pakan adalah upaya yang dapat dilakukan untuk dapat menghasilkan komposisi pakan yang berkualitas. Penelitian ini dilakukan untuk menyusun komposisi pakan ternak ayam petelur dengan menggunakan algoritma K-Means *Clustering*. Metode K-Means *Clustering* adalah algoritma yang digunakan oleh peneliti untuk mengelompokkan atau mengklasterisasi data pakan ternak ayam petelur ke beberapa kluster dengan menggunakan kandungan nutrisi yang ada pada masing-masing pakan sebagai atributnya. Pada penelitian ini data yang dianalisa adalah data kandungan nutrisi pakan ayam petelur yang terdiri dari atribut seperti protein, lemak, serat kasar, kalsium dan fosfor. Penelitian ini akan menghasilkan 3 *cluster* jenis pakan yang terdiri dari *cluster* sangat optimal, *cluster* optimal dan *cluster* kurang optimal. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai rekomendasi oleh peternak ayam petelur dalam penyusunan komposisi pakan ternak ayam petelur untuk tetap mempertahankan kualitas telur yang dihasilkan.

Kata kunci: Data Mining, K-Means, *Clustering*, Pakan Ayam Petelur, Optimalisasi Komposisi.

JSISFOTEK is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



### 1. Pendahuluan

Pakan yang berkualitas diperlukan untuk menunjang performa ternak yang optimal. Pemberian pakan pada ayam petelur juga bervariasi tergantung dari umur ayamnya [1]. Ayam mengonsumsi pakan jadi sampai umur 12 minggu pada masa pullet. Sementara pada masa produksi ada perbaikan pakan dibanding masa

pullet. Perbandingan jenis pakannya 50:50. Perbaikan sistem pakan ini bertahap sampai ayam berproduksi [2]. Kekurangan pakan ini berarti kekurangan unsur-unsur gizi yang dibutuhkan tubuh untuk menghasilkan sebutir telur. Untuk itu, pakan harus mengandung semua unsur zat gizi dalam komposisi yang seimbang [3].

Produksi telur mencapai optimal, apabila jumlah protein dalam campuran pakan sebaiknya berkisar 17-18%, bergantung keadaan cuaca [4]. Bila cuaca panas, protein yang dibutuhkan berkisar 18% dan bila cuaca dingin, hanya berkisar 17%. Protein tersebut harus terdiri dari 1/3 bagian protein hewani dan 2/3 protein nabati.

*Knowledge Discovery in Database* (KDD) adalah keseluruhan proses dari pencarian informasi yang berguna dari data, dan Data Mining dianggap sebagai langkah tertentu pada proses ini [5]. Tahapan-tahapan yang dilakukan pada proses KDD diantaranya data *selection*, data *cleaning*, data *transformation*, data mining dan interpretasi atau evaluasi [6]. Data Mining merupakan suatu metode pengolahan data untuk menemukan pola yang tersembunyi dari data tersebut [7]. Hasil dari pengolahan data dengan metode Data Mining ini dapat digunakan untuk mengambil keputusan di masa depan [8]. Dari beberapa metode yang ada pada Data Mining, metode yang digunakan adalah Algoritma K-Means *Clustering*.

*Clustering* adalah suatu proses pengelompokan beberapa data ke dalam kelompok data yang memiliki karakteristik yang sama, dan data tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dengan data lainnya [9]. *Clustering* adalah suatu proses pemisahan suatu data ke dalam sejumlah kelompok data yang memiliki karakteristik data yang sama [10]. K-Means merupakan algoritma yang bersifat unsupervised learning [11]. Algoritma K-Means adalah algoritma iteratif yang mencoba membagi kumpulan data menjadi  $k$  yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga kumpulan datanya tidak tumpang tindih [12].

Penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas tentang K-Means *Clustering* adalah The application of K-means clustering for province clustering in Indonesia of the risk of the COVID-19 pandemic based on COVID-19 data [13]. Penerapan Algoritma K-Means untuk *Clustering* Tempat Makan Di Batubara [14]. Evaluating performance of health care facilities at meeting HIV-indicator reporting requirements in Kenya: an application of K-means clustering algorithm [15].

Pada penelitian sebelumnya yang juga menggunakan metode K-Means *Clustering*. Hutagalung dkk (2022) pada penelitian tersebut dikatakan bahwa penerapan algoritma K-Means, mampu mempercepat dalam menentukan pengelompokan siswa kelas unggulan dengan menginputkan nilai *centroid* dan mencari nilai terdekat sehingga menghasilkan 3 *cluster* [16]. Marpaung & Siahaan (2021) yang meneliti tentang pemetaan penduduk berdasarkan jumlah penduduk dengan menggunakan algoritma K-Means *Clustering*, yang menghasilkan daerah di kota Medan yang memiliki penduduk sangat padat ada 121 kelurahan, daerah yang penduduk padat ada 30 kelurahan dan daerah yang penduduknya sedang tidak ada lagi di

kota Medan [17]. Berdasarkan dari beberapa penelitian di atas yang menggunakan metode K-Means *Clustering*, didapatkan hasil yang baik dan metode ini dapat diterapkan.

Penelitian ini bertujuan untuk bisa mendapatkan komposisi pakan yang optimal dengan menggunakan algoritma K-Means *Clustering* untuk mengelompokkan jenis pakan ayam petelur berdasarkan nilai kandungan nutrisi yang ada pada masing-masing pakan.

## 2. Metodologi Penelitian

Kerangka kerja yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Berdasarkan kerangka kerja penelitian pada Gambar 1 di atas, maka peneliti menguraikan masing-masing langkah-langkah dari kerja penelitian tersebut dengan rincian sebagai berikut:

### a. Mengidentifikasi Masalah pada Pakan Ayam Petelur

Identifikasi masalah adalah langkah awal untuk menemukan permasalahan dalam penelitian ini. Dalam tahapan identifikasi masalah ini memiliki tujuan untuk mengetahui permasalahan secara tepat dan memberikan solusi yang tepat terhadap permasalahan tersebut.

### b. Menentukan Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah bagaimana penentuan komposisi pakan yang optimal untuk pakan ternak ayam petelur dengan menggunakan algoritma K-Means *Clustering*.

### c. Mengumpulkan Data Pakan Ayam Petelur

Dalam pengumpulan data peneliti melakukan studi pustaka dan dokumentasi ke lapangan. Sumber data utama yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah data kandungan nutrisi pakan ternak ayam petelur. Dalam pengumpulan data ini penulis melakukan observasi dan wawancara dengan peternak yang

ada di daerah Lintau Buo dan Bapak Dr. Randi Mulianda, S. PT., M. Pt selaku Dosen Peternakan di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai Riau.

dengan kandungan nutrisinya yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pakan dan Kandungan Nutrisi

#### d. Mengolah Data Pakan Menggunakan Metode K-Means Clustering

Dalam pengolahan data pakan dengan menggunakan algoritma K-Means Clustering ada beberapa langkah-langkah yang digunakan untuk melakukan algoritma K-Means Clustering yang dijelaskan pada Gambar 2.

##### Algoritma K-Means Clustering:

- Menentukan jumlah *cluster* yang akan di bentuk
- Menentukan titik pusat *cluster* (centroid) awal
- Menghitung jarak data dari *centroid* (titik pusat *cluster*) awal, dengan menggunakan rumus *Euclidian Distance*
- Menempatkan data dalam *cluster* terdekat, yang dihitung dari pusat *cluster*
- Menentukan pusat *cluster* baru apabila semua data telah ditempatkan pada *cluster* terdekat
- Proses akan terus berulang dari langkah ke-c sampai tidak ada perubahan pada anggota *cluster* untuk setiap kelompok

Gambar 2. Algoritma K-Means Clustering

#### e. Mengimplementasikan Algoritma K-Means Clustering dengan Software RapidMiner

Pada tahapan implementasi ini data yang diolah menggunakan metode K-Means Clustering akan diimplementasikan kembali menggunakan aplikasi yang mendukung Data Mining, adapun *software* yang digunakan adalah *RapidMiner*.

#### f. Melakukan Pengujian Hasil Perhitungan Algoritma K-Means Clustering

Pada tahapan pengujian hasil ini pengujian akan melakukan perhitungan algoritma K-Means Clustering untuk optimalisasi pakan ternak ayam petelur yang dilakukan dengan menggunakan *software*:

- Windows 10 64-bit
- Microsoft Office Excel 2010 yang digunakan untuk melakukan pengujian metode K-Means Clustering
- RapidMiner* Studio 9.10 merupakan tool yang digunakan untuk pengujian metode K-Means Clustering.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Mempersiapkan Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data jenis pakan ayam petelur beserta dengan kandungan nutrisinya sebanyak 40 jenis pakan. Data yang akan diolah adalah data yang telah melalui tahapan KDD diantaranya: *seleksi*, *cleaning*, *transformasi*. Setelah tiga tahapan diatas maka data akan diolah ke dalam bentuk Data Mining, yaitu Algoritma K-Means Clustering. Berikut ini data pakan ayam petelur beserta

Pakan	Protein (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Kalsium (%)	Fosfor (%)
Bekatul	1200	1200	300	4	140
Beras Merah	800	170	900	9	36
Beras Putih	750	40	40	3	12
Bungkil Kacang Kedele	4500	90	600	32	67
Bungkil Kacang Tanah	4200	190	1700	20	60
Bungkil Biji Kapas	4100	190	1300	20	120
Bungkil Kelapa	2100	180	1500	20	60
Bungkil Biji Bunga Matahari	4300	280	1400	40	100
Bungkil Wijen	4500	500	500	200	150
Buttermilk dikeringkan	3200	500	40	130	90
Dedak Gandum	1500	400	1000	14	110
Dedak halus	1200	1300	1200	12	150
Dedak Jagung	1060	600	500	4	50
Dedak Lunteh	1350	1300	1200	12	150
Dedak Terigu	1500	400	1000	14	110
Gabah	730	230	900	4	26
Gandum	1270	220	300	5	36
Jagung Kuning	860	390	200	2	30
Kacang Buncis	2350	140	450	13	60
Kacang Hijau	2350	120	450	13	60
Kacang Kapri	2200	110	600	15	30
Kacang Kedele	3800	1800	500	25	60
Ragi Bir dikeringkan	3500	500	300	13	140
Ragi Torula dikeringkan	4800	500	200	57	170
Sorghum	1000	280	200	3	30
Susu Skim dikeringkan	3300	90	20	130	100
Tetes (Molase dari beet)	650	20	0	16	30
Tetes (Molase dari tebu)	300	10	0	90	10
Tepung Bulu Ayam	8500	250	150	22	80
Tepung Daging	5500	800	200	800	400
Tepung Daging dan Tulang	5100	1000	200	1060	510
Tepung Darah	8500	160	100	28	22
Tepung Daun Alfalfa	2000	360	2200	150	27
Tepung Hati dan Kelenjer	6500	1600	200	70	110
Tepung ikan Ancovetta	6500	400	100	400	260
Tepung ikan Herring	7200	1000	100	200	150
Tepung ikan menhaden	6100	900	100	550	280
Tepung Kepiting	3100	200	1100	1500	160
Tepung Tapioka	180	130	180	30	35
Whey dikeringkan	1300	80	0	90	80

#### 3.2. Mengolah Data

Berdasarkan Tabel 1, maka data pakan ayam petelur beserta nutrisinya sebanyak 40 data dengan atribut protein (%), lemak (%), serat kasar (%), kalsium (%) dan fosfor (%) akan diolah menggunakan algoritma K-Means Clustering.

- Menentukan jumlah *Cluster* [18], jumlah *cluster* yang akan dibentuk ada 3 *cluster*, yaitu C0, C1, C2.
- Menentukan titik pusat *Cluster* (*Centroid*) awal secara acak (*random*) [19]. Titik pusat *Cluster* awal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Titik Pusat Cluster Awal

Cluster	Protein (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Kalsium (%)	Fosfor (%)
C0	2100	180	1500	20	60
C1	3800	1800	500	25	60
C2	5100	1000	200	1060	510

c. Menghitung jarak dari dari *Centroid* awal dengan tiap objek menggunakan rumus *Euclidian Distance*. Adapun perhitungan *centroid* awal secara manual dengan Rumus (1).

$$F(b,c)=\sqrt{(G_{1,b} - G_{1,c})^2 + (G_{2,b} - G_{2,c})^2 + \dots + (G_{d,b} - G_{d,c})^2} \quad (1)$$

Di mana  $F_{(b,c)}$  adalah jarak data ke-b ke pusat *cluster* c,  $G_{d,b}$  adalah data ke b pada attribute data ke d,  $G_{d,c}$  adalah titik pusat ke c pada attribute ke d. Dari perhitungan dengan Rumus (1) diatas, maka didapatkan hasil perhitungan dataset pada iterasi 1.

Dari hasil perhitungan iterasi 1 pada Tabel 3 dapat dikelompokkan sebagai berikut : C0 terdiri dari 22 item, C1 terdiri dari 7 item dan C2 terdiri dari 11 item.

Setelah didapatkan hasil klaster pada iterasi 1, maka proses akan dilanjutkan pada iterasi 2, yang diawali dengan menentukan pusat *cluster* baru. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan pusat *cluster* baru secara manual dapat dilihat pada Rumus (2).

$$v = \sum_{i=1}^n xi; i = 1,2,3, \dots, n \quad (2)$$

Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan tadi, maka didapatkan hasil perhitungan untuk titik pusat *cluster* baru. Dari perhitungan dengan pusat *cluster* baru, maka didapatkan hasil perhitungan dataset pada iterasi 2.

Dari hasil perhitungan iterasi 2 dapat dikelompokkan sebagai berikut : C0 terdiri dari 21 item, C1 terdiri dari 11 item dan C2 terdiri dari 8 item. Dari hasil perhitungan pada iterasi 2, hasil *cluster* yang didapatkan ada perubahan, maka proses akan dilanjutkan ke iterasi 3. Dari perhitungan dengan pusat *cluster* baru, maka didapatkan hasil perhitungan dataset pada iterasi 3.

Dari hasil perhitungan iterasi 3 pada Tabel 7 dapat dikelompokkan sebagai berikut : C0 terdiri dari 21 item, C1 terdiri dari 12 item dan C2 terdiri dari 7 item.

Dari hasil perhitungan pada iterasi 3, hasil *cluster* yang didapatkan ada perubahan, maka proses akan dilanjutkan ke iterasi 4. Dari perhitungan dengan pusat *cluster* baru, maka didapatkan hasil perhitungan dataset pada iterasi 4.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan jumlah data yang di uji sebanyak 40 data jenis pakan beserta dengan kandungan nutrisinya, diperoleh kesimpulan dalam penelitian ini adalah jumlah *cluster* yang terbentuk ada 3, yaitu *cluster* 1 (C0) untuk kategori sangat optimal, *cluster* 2 (C1) untuk kategori optimal, dan *cluster* 3 (C2) untuk kategori kurang optimal. Dari hasil perhitungan yang terjadi *cluster* yang terbentuk adalah 21 jenis pakan untuk (C0), 13 jenis pakan untuk (C1) dan 6 jenis pakan untuk (C2). Dari hasil klasterisasi yang terbentuk akan dijadikan sebagai rekomendasi kepada para peternak ayam

petelur untuk dijadikan acuan dalam penyusunan komposisi pakan ternak ayam petelur.

#### Daftar Rujukan

- [1] Putri, A. F. L., & Bintari, S. H. (2021). Pengaruh Pemberian Pakan Dengan Penambahan Overripe Tempeh Terhadap Konsumsi Pakan, Pertambahan Bobot Badan Dan Konversi Pakan Pada Ayam Petelur. *Life Science*, 10(1), 33-41. DOI: <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i1.47168>
- [2] Palupi, R., Lubis, F. N. L., Sandi, S., Arjuna, A. R., Satori, C., & Nurrahmadani, M. (2022). Pengaruh suplementasi kalsium butirat dalam ransum terhadap kecernaan nutrisi, performa produksi dan kualitas telur ayam umur 75 minggu. *Livestock and Animal Research*, 20(1), 59-68. DOI: <https://doi.org/10.20961/lar.v20i1.55949>
- [3] Utiah, W., Paputungan, U., & Tangkau, L. M. S. (2021). Analisis Faktor Konsentrat Pakan Komersil Berbeda Terhadap Sifat-Sifat Produksi Ayam Ras Petelur. *ZOOTEC*, 41(2), 525-533. DOI: <https://doi.org/10.35792/zot.41.2.2021.36928>
- [4] Fadhlurrohman, R., Suarman, D. F., Umar, M. Z., & Atifah, Y. (2022, May). Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Reproduksi Ayam Ras Petelur. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 709-714). DOI: <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/181>
- [5] Nuraliza, H., Pratiwi, O. N., & Hamami, F. (2022). Analisis Sentimen IMDb Film Review Dataset Menggunakan Support Vector Machine (SVM) dan Seleksi Feature Importance. *Jurnal Mirai Management*, 7(1), 1-17. DOI: <https://doi.org/10.37531/mirai.v7i1.2222>
- [6] Putri, H., Purnamasari, A. I., Dikananda, A. R., Nurdiawan, O., & Anwar, S. (2021). Penerima Manfaat Bantuan Non Tunai Kartu Keluarga Sejahtera Menggunakan Metode NAÏVE BAYES dan KNN. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 3(3), 331-337. DOI: <https://doi.org/10.47065/bits.v3i3.1093>
- [7] Hasanah, M. A., Soim, S., & Handayani, A. S. (2021). Implementasi CRISP-DM Model Menggunakan Metode Decision Tree dengan Algoritma CART untuk Prediksi Curah Hujan Berpotensi Banjir. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 5(2), 103-108. DOI: <https://doi.org/10.30871/jaic.v5i2.3200>
- [8] Putri, S. U., Irawan, E., & Rizky, F. (2021). Implementasi Data Mining Untuk Prediksi Penyakit Diabetes Dengan Algoritma C4.5. Kesatria: *Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer dan Manajemen)*, 2(1), 39-46. DOI: <https://doi.org/10.30645/kesatria.v2i1.56>
- [9] Muningsih, E., Maryani, I., & Handayani, V. R. (2021). Penerapan Metode K-Means dan Optimasi Jumlah Cluster dengan Index Davies Bouldin untuk Clustering Propinsi Berdasarkan Potensi Desa. *EVOLUSI: Jurnal Sains dan Manajemen*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.31294/evolusi.v9i1.10428>
- [10] 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), 99-105. DOI: <https://doi.org/10.23887/insert.v2i2.41673>
- [11] Nabila, Z., Isnain, A. R., Permata, P., & Abidin, Z. (2021). Analisis Data Mining Untuk Clustering Kasus Covid-19 Di Provinsi Lampung Dengan Algoritma K-Means. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(2), 100-108. DOI: <https://doi.org/10.33365/jtsi.v2i2.868>
- [12] Jananto, A. (2022). Penerapan Algoritma K-Means Clustering Untuk Perencanaan Kebutuhan Obat Di Klinik Citra Medika.

- Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer, 18(1), 69-76. DOI : <https://doi.org/10.35889/progresif.v18i1.769>
- [13] Abdullah, D., Susilo, S., Ahmar, A. S., Rusli, R., & Hidayat, R. (2022). The application of K-means clustering for province clustering in Indonesia of the risk of the COVID-19 pandemic based on COVID-19 data. *Quality & Quantity*, 56(3), 1283-1291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01176-w>
- [14] Kurniawan, R. A., Hasibuan, M. S., Piramida, P., & Ramadhan, R. S. (2022). Penerapan Algoritma K-Means Untuk Clustering Tempat Makan Di Batubara. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (CoSIE)*, 10-18. DOI: <https://doi.org/10.55537/cosie.v1i1.27>
- [15] Gesicho, M. B., Were, M. C., & Babic, A. (2021). Evaluating performance of health care facilities at meeting HIV-indicator reporting requirements in Kenya: an application of K-means clustering algorithm. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01367-9>
- [16] Hutagalung, J. (2022). Pemetaan Siswa Kelas Unggulan Menggunakan Algoritma K-Means Clustering. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 9(1), 606-620. DOI: <https://doi.org/10.35957/jatisi.v9i1.1516>
- [17] Marpaung, P., & Siahaan, R. F. (2021). Penerapan Algoritma K-Means Clustering Untuk Pemetaan Kepadatan Penduduk Berdasarkan Jumlah Penduduk Kota Medan. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 5(1), 503-521. DOI: <http://dx.doi.org/10.30645/j-sakti.v5i1.343>
- [18] Sulistiyawati, A., & Supriyanto, E. (2021). Implementasi Algoritma K-means Clustering dalam Penentuan Siswa Kelas Unggulan. *Jurnal Tekno Kompak*, 15(2), 25-36. DOI: <https://doi.org/10.33365/jtk.v15i2.1162>
- [19] Dwitri, N., Tampubolon, J. A., Prayoga, S., Zer, F. I. R., & Hartama, D. (2020). Penerapan algoritma K-Means dalam menentukan tingkat penyebaran pandemi COVID-19 di Indonesia. (JurTI) *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1), 128-132. DOI: <https://doi.org/10.36294/jurti.v4i1.1266>
- [20] Hidayati, R., Zubair, A., Pratama, A. H., & Indana, L. (2021). Analisis Silhouette Coefficient pada 6 Perhitungan Jarak K-Means Clustering. *Techno. Com*, 20(2), 186-197. DOI: <https://doi.org/10.33633/tc.v20i2.4556>