

Eksplorasi Teknik Berbasis K-Means Clustering Untuk Penilaian Prestasi Siswa

Hikmahrus Gunandaru¹, Paramitha Nerisafitra²

^{1,2} Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

¹hikmahrus.20064@mhs.unesa.ac.id

²paramithanerisafitra@unesa.ac.id

Abstrak—Perkembangan teknologi dapat diterapkan ke dalam pekerjaan sehari-hari, salah satunya adalah proses presensi, proses rekapitulasi dan analisis data siswa. Proses presensi siswa yang simpel, repetitif dan lama dapat diubah untuk mempercepat proses presensi siswa sedangkan untuk proses rekapitulasi data dapat dibuat menjadi otomatis. Sebuah sistem diperlukan untuk memproses presensi siswa dan rekapitulasi hasil presensi siswa tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi absensi siswa online berbasis website. Selain proses absensi sistem informasi ini juga akan melakukan proses rekapitulasi hasil presensi siswa. Sistem informasi ini akan dibangun menggunakan bahasa pemrograman GO dengan menggunakan framework GIN data-data yang ada akan disimpan ke dalam database PostgreSQL. Sedangkan proses analisis data siswa dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *machine learning*. Variabel seperti nilai rata-rata semester, kehadiran siswa, tingkah laku siswa, prestasi non akademik dapat digunakan sebagai kriteria menentukan prestasi siswa. Hasil pengujian pada sistem informasi ini menunjukkan sistem ini dapat digunakan untuk mempermudah dan mempercepat pekerjaan yang umumnya lama dan rawan terjadi kesalahan sedangkan pada model *machine learning* menunjukkan model dapat mengelompokkan siswa berdasarkan prestasinya.

Kata Kunci— Prestasi Belajar, Perilaku Siswa, Analisis Prestasi, Algoritma Clustering, K Means Clustering

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia prestasi dapat dijabarkan sebagai hasil yang telah dicapai (dari yang telah dilakukan, dikerjakan, dan sebagainya), sedangkan kata berprestasi memiliki arti; mempunyai prestasi dalam suatu hal (dari yang telah dilakukan, dikerjakan, dan sebagainya). Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan pengertian dari siswa berprestasi yaitu siswa yang berhasil mencapai suatu prestasi baik dalam bidang akademik maupun non akademik yang ditekuni di sekolah sehingga patut dibanggakan. Pada umumnya sekolah menyediakan sebuah kriteria yang digunakan sebagai landasan untuk menilai prestasi belajar siswa. Setiap sekolah memiliki kriteria masing-masing untuk menilai prestasi belajar siswa, tetapi kriteria tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut; nilai rata-rata semester, kehadiran siswa, tingkah laku siswa. Poin-poin yang baru saja

disebutkan merupakan beberapa variabel yang dapat digunakan untuk menilai prestasi belajar siswa.

SMK Negeri 1 Petarukan yang berlokasi di Jalan Raya Petarukan Pegundan Kilometer 3 Pemalang adalah salah satu sekolah menengah kejuruan yang memiliki cukup banyak siswa dan diantara siswa tersebut terdapat siswa yang berprestasi yang harus mempertahankan prestasinya, siswa yang memiliki potensi untuk berprestasi sehingga membutuhkan pembelajaran yang lebih dan juga siswa yang tertinggal dan bermasalah yang harus mendapat penanganan khusus. Untuk mengatasi permasalahan di atas akan dibuat sebuah sistem informasi penilaian prestasi siswa berbasis website. Dengan menggunakan sistem informasi tersebut proses penilaian prestasi siswa dapat dilakukan secara otomatis dan dalam waktu yang relatif singkat, dan dengan menggunakan website baik guru maupun siswa tidak perlu menginstall suatu aplikasi sehingga masalah *compatibility* jadi terhindarkan. Proses penilaian prestasi belajar siswa akan menggunakan teknologi *machine learning* dan dengan menggunakan algoritma K Means Clustering dikarenakan algoritma ini adalah algoritma yang cepat untuk memproses data-data dengan variabel yang sedikit dan sederhana. Adapun di dalam sistem informasi ini akan disediakan *subsistem* untuk melakukan proses absensi dan rekapitulasi data absensi sehingga proses absensi dan rekapitulasi data absensi dapat dilakukan dengan cepat dan dapat mengurangi terjadinya *human error*, dan juga data absensi yang disimpan dapat menjadi dataset untuk proses penilaian prestasi siswa. Siswa juga dapat melakukan absensi secara mandiri dan guru hanya perlu mengecek hasil dari absensi tersebut.

Berdasarkan pemaparan masalah di atas akan diadakan penelitian dengan judul “EKSPLORASI TEKNIK BERBASIS K-MEANS CLUSTERING UNTUK PENILAIAN PRESTASI SISWA”. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan untuk melakukan penilaian prestasi siswa diantaranya yaitu; nilai rata-rata semester, kehadiran siswa per semester, sopan santun, kegiatan ekstrakurikuler yang diikuti dan prestasi di luar sekolah. Untuk dataset yang digunakan akan diambil dari dua sumber, yang pertama untuk dataset kehadiran siswa akan didapatkan dari sistem absensi dari website ini sendiri sedangkan yang kedua untuk dataset nilai siswa, sikap, ekstrakurikuler dan prestasi di luar sekolah didapatkan dari guru SMK Negeri 1 Petarukan. Penelitian ini diharapkan dapat menciptakan sistem informasi yang dapat digunakan oleh guru-guru di SMK Negeri 1 Petarukan Pemalang untuk mempermudah proses absensi, rekapitulasi dan penilaian prestasi siswa.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengembangan Sistem

Pada proses pengembangan sistem ini akan digunakan metode pengembangan waterfall. Metode waterfall ini merupakan metode pengembangan yang linier dimana proses pengembangan perangkat lunak dilakukan secara berurutan. Dimulai dengan menganalisis kebutuhan sistem, dilanjutkan mendesain sistem, lalu mengembangkan sistem dan diakhiri dengan melakukan testing sistem.

Adapun untuk pola arsitektur sistem yang digunakan yaitu menggunakan arsitektur MVC (Model View Controller). Kode dari sistem yang menggunakan arsitektur ini akan dibagi menjadi 3 bagian yaitu : Model, View dan Controller, dimana masing-masing bagian tersebut memiliki tanggung jawab tersendiri dan saling berkomunikasi satu sama lain. Pemisahan dari kode ini bertujuan untuk membuat kode menjadi lebih terstruktur sehingga mudah untuk dibaca dan dipahami.

B. Data Sampel

Data yang akan digunakan dalam proses pengelompokan terdiri dari beberapa tipe data dan terpisah menjadi beberapa data set. Berikut ini variabel yang akan digunakan sebagai penilaian prestasi siswa :

1. Nilai Rata-Rata Semester
2. Persentase Kehadiran
3. Sikap
4. Kegiatan Ekstrakurikuler
5. Prestasi non akademik

Untuk data persentase kehadiran akan didapatkan dari hasil sistem absensi online siswa. Sedangkan untuk data-data yang lainnya dikumpulkan dengan menggunakan metode dokumentasi dimana data-data tersebut didapat dari pihak sekolah.

Untuk data presensi siswa didapatkan dari sub sistem absensi digital yang ada di aplikasi ini. Data presensi ini dapat dilihat pada tabel 1, berikut ini :

TABEL I
DATASET PRESENSI

Nama Kolom	Tipe Data
NIS	int32
Nama Siswa	varchar
Hadir	Int32
Sakit	Int32
Izin	Int32
Alfa	Int32

Untuk details data nilai siswa dapat dilihat pada tabel 2, berikut ini :

TABEL III
DATASET NILAI SISWA

Nama Kolom	Tipe Data
NIS	int32

Nama Siswa	varchar
Nilai Pendidikan Agama	float64
Nilai Pendidikan Pancasila	float64
Nilai Bahasa Indonesia	float64
Nilai Pendidikan Jasmani	float64
Nilai Sejarah	float64
Nilai Seni	float64
Nilai Bahasa Daerah	float64
Nilai Matematika	float64
Nilai Bahasa Inggris	float64
Nilai Informatika	float64
Nilai Projek IPAS	float64
Nilai TKJ	float64
Nilai Total	float64
Nilai Rata Rata	float64
Ranking Kelas	int32
Nilai Sikap	float64
Prestasi_Non_Akademik	float64

Untuk dataset ekstrakurikuler masing-masing ekstra dikelompokkan kedalam masing-masing file xls/xlsx. Berikut ini adalah details dari data ekstrakurikuler :

TABEL IIIII
DATASET EKSTRAKURIKULER SISWA

Nama Kolom	Tipe Data
Nama Siswa	varchar
NIS	Int32
Jenis Kelamin	char
Tempat Tanggal Lahir	varchar
Agama	varchar
Ekstrakurikuler	varchar

C. Preprocessing Data

Preprocessing data merupakan salah satu tahapan dalam melakukan mining data. Sebelum data dianalisis oleh model *machine learning* data tersebut akan diproses terlebih dahulu.

1) Data Cleaning

Pada dataset presensi siswa akan dihapus beberapa kolom yang tidak diperlukan yaitu kolom NIS dan Nama_Siswa sedangkan untuk kolom yang dihapus pada dataset nilai siswa yaitu kolom NIS, Nama_Siswa, Nilai_Total, Nilai_Rata_Rata dan Ranking_Kelas sedangkan untuk dataset ekstrakurikuler akan menghapus kolom Jenis_Kelamin, Tempat_Tanggal_Lahir dan Agama.

Setelah penggabungan dataset akan terdapat data duplikasi dikarenakan terdapat siswa yang mengikuti lebih dari satu kegiatan ekstrakurikuler dan juga terdapat data ekstrakurikuler yang kosong dikarenakan siswa yang tidak mengikuti ekstrakurikuler. Maka setelah proses data integration akan dilakukan proses data cleaning untuk yang kedua kalinya.

2) Data Integration

Setelah melakukan data cleaning data akan diolah lebih lanjut dengan cara menggabungkan dataset yang ada. Pada penelitian ini terdapat beberapa dataset yang perlu digabungkan yaitu data presensi siswa dan data nilai siswa.

TABEL IVV
DATASET YANG TELAH DIGABUNGAN

Nama Kolom	Tipe Data
Hadir	Int32
Sakit	Int32
Izin	Int32
Alfa	Int32
Nilai_Pendidikan_Agama	float64
Nilai_Pendidikan_Pancasila	float64
Nilai_Bahasa_Indonesia	float64
Nilai_Pendidikan_Jasmani	float64
Nilai_Sejarah	float64
Nilai_Seni	float64
Nilai_Bahasa_Daerah	float64
Nilai_Matematika	float64
Nilai_Bahasa_Inggris	float64
Nilai_Informatika	float64
Nilai_Projek_IPAS	float64
Nilai_TKJ	float64
Nilai_Sikap	float64
Prestasi_Non_Akademik	float64
Ekstrakurikuler	varchar

3) Data Transformation

Pada tahapan ini data yang ada akan diproses dengan menggunakan *standard scaler*. Dan dilanjutkan dengan mengubah data pada kolom hadir (H), sakit (S), izin (I) dan alfa (A) menjadi nilai persentase kehadiran siswa dan dilanjutkan dengan mengelompokkan data ekstrakurikuler siswa menjadi 3 kategori yaitu: Seni, Olahraga dan Kepanduan.

4) Data Reduction

Pada metode data reduction yang akan digunakan adalah t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE). t-SNE adalah sebuah algoritma reduksi dimensi yang bersifat non-linier yang bekerja dengan cara mengukur kemiripan antar-objek dalam dimensi yang tinggi dan mencoba mempertahankan kemiripan tersebut dalam dimensi yang lebih rendah. Dengan menggunakan teknik ini maka visualisasi data dari hasil clustering yang sudah dilakukan dapat ditampilkan dengan lebih akurat.

D. Analisis Data

Proses analisis data dimulai dengan menentukan jumlah cluster yang akan digunakan di dalam algoritma K-Means clustering. Untuk menentukan jumlah cluster akan digunakan

metode silhouette. Proses analisis data dilanjutkan dengan proses clustering yang dimulai dengan menentukan centroid awal secara random dan diikuti dengan menghitung jarak titik data point ke masing-masing centroid dan mengelompokkannya ke centroid terdekat. Berikut ini adalah rumus menghitung jarak kedua titik :

$$\sqrt{\sum(X_i - C_j)^2}$$

Keterangan :

X_i : Koordinat titik data point i

C_j : Koordinat titik centroid pada cluster j

Setelah dikelompokkan proses dilanjutkan dengan menghitung lokasi centroid terbaru dengan menghitung posisi rata-rata dari semua titik data di suatu centroid. Berikut ini adalah rumus menghitung rata-rata :

$$C_x = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)}{|N_i|}$$

Keterangan :

C_x = Nilai centroid baru dari atribut 'X' di cluster 'i'

N_i = Jumlah titik di cluster 'i'

X_i = Nilai atribut dataset (rata-rata, persentase kehadiran, dll) di cluster 'i'

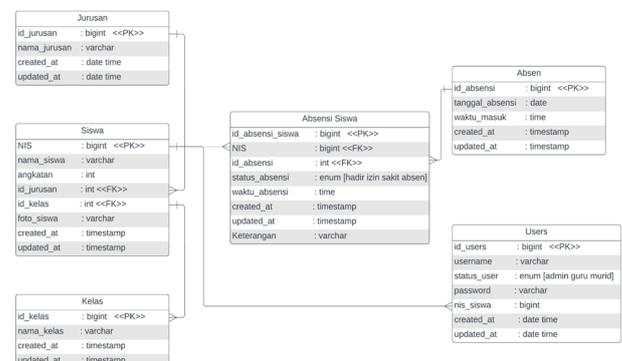
E. Evaluasi Hasil

Evaluasi dilakukan untuk mengukur kualitas model atau temuan yang diperoleh dari data mining. Pengujian hasil clustering dilakukan dengan menggunakan teknik evaluasi internal, seperti menggunakan Silhouette Score, Davies-Boulding Index dan Calinski-Harabasz Index.

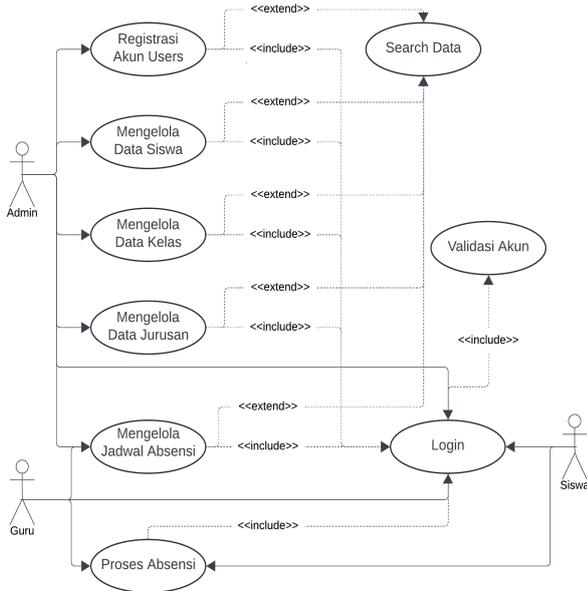
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Absensi Online

Website ini akan dibuat menggunakan bahasa pemrograman Golang (dengan menggunakan framework Gin), tailwind css (framework CSS) dan database postgresql. Berikut ini adalah desain PDM dan Use Case Diagram dari website absensi online ini :



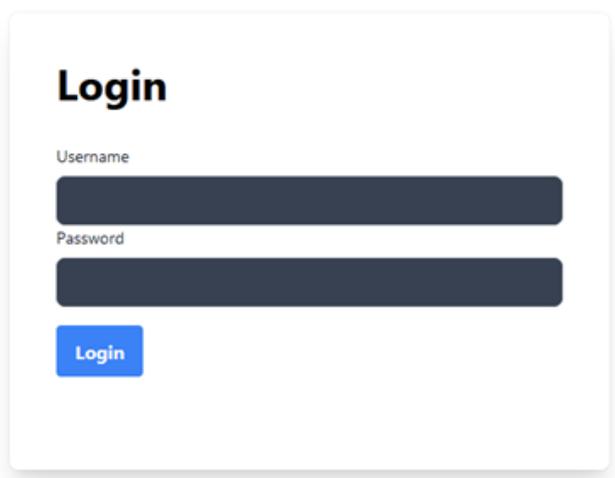
Gbr. 1 Desain PDM dari website absensi online.



Gbr. 2 Desain use case diagram dari website absensi online.

Berikut ini adalah tampilan frontend dari website absensi digital :

1) Login



Gbr. 3 Desain login page dari website absensi online.

Di halaman ini pengguna dapat login menggunakan akun yang telah dibuatkan oleh admin. Pengguna diharuskan memasukkan username dan password lalu sistem akan mengecek status dari akun tersebut dan mengarahkan pengguna ke landing page yang sesuai.

2) Dashboard Admin dan Guru



Gbr. 4 Desain dashboard admin & guru dari website absensi online.

Di halaman ini akan ditampilkan data-data dari website absensi digital, mulai dari jumlah pengguna, murid, guru, data kehadiran siswa selama satu minggu, dll.

3) Form Absensi

Nama	Angkutan	Absensi	Nilai	Status Absensi	Keterangan
Dani	2021	Hadir	100	Pilih Absensi	Lakukan Absen Terlebih Dahulu
Dani	2021	Hadir	100	Pilih Absensi	Lakukan Absen Terlebih Dahulu
Dani	2021	Hadir	100	Pilih Absensi	Lakukan Absen Terlebih Dahulu

Gbr. 5 Desain form absensi dari website absensi online.

Di halaman ini baik admin maupun guru dapat melakukan proses absensi. Status absensi terbagi menjadi 4, yaitu : Hadir, Izin, Sakit dan Tanpa Keterangan. Selain status absensi yang sudah disediakan guru juga dapat mengisi keterangan yang dapat diberikan setelah mengisi status absensi.

4) Input Absensi

Gbr. 6 Desain form input absensi dari website absensi online.

Di halaman ini baik admin maupun guru dapat menambahkan jadwal absensi yang berisikan tanggal absensi dan waktu masuk sekolah. Untuk membuat jadwal absensi baik admin maupun guru perlu memasukkan tanggal absensi dan waktu masuk. Setelah jadwal absensi dibuat barulah proses absensi dapat dilakukan.

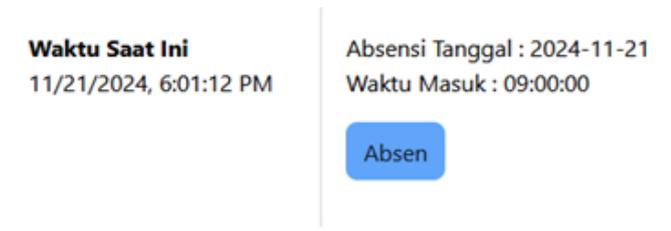
5) Dashboard Siswa



Gbr. 7 Desain dashboard siswa dari website absensi online.

Di halaman ini akan ditampilkan data diri siswa dan juga waktu dan status absensi yang ada pada hari ini.

6) Absensi Siswa



Gbr. 8 Desain tampilan proses absensi siswa dari website absensi online.

Di halaman ini murid dapat melakukan proses absensi secara mandiri berdasarkan jadwal yang sudah ditetapkan. Jadwal absensi siswa akan ditampilkan dan siswa dapat melakukan absen dengan menekan tombol “Absensi”. Jika tidak ada jadwal absensi untuk hari ini akan ditampilkan “Tidak ada jadwal untuk hari ini”.

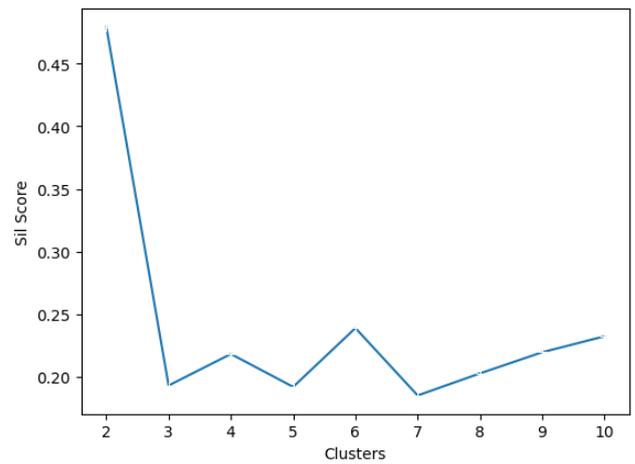
B. Hasil Analisis Data

Setelah siswa melakukan proses absensi melalui website ini baik guru maupun admin dapat melakukan proses rekapitulasi, dimana sistem akan menghasilkan file *xlsx* yang berisikan data absensi selama sebulan. Data tersebut akan digunakan untuk proses clustering Bersama dengan data yang lainnya. Berikut ini adalah details dari data hasil *export*:

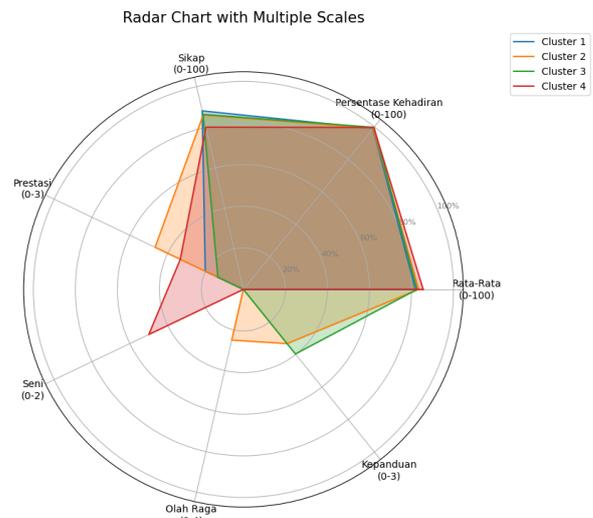
TABEL V
DETAIL DATASET ABSENSI SISWA

Nama Kolom	Tipe Data
NIS	Int32
Nama Siswa	Varchar
Hadir	Int32
Sakit	Int32
Izin	Int32
Tanpa Keterangan	Int32

Berdasarkan hasil perhitungan metode silhouette jumlah cluster yang terbaik di antara 2 - 10 cluster adalah 6 cluster diikuti dengan 4 dan 5 cluster.



Gbr. 8 Hasil silhouette score



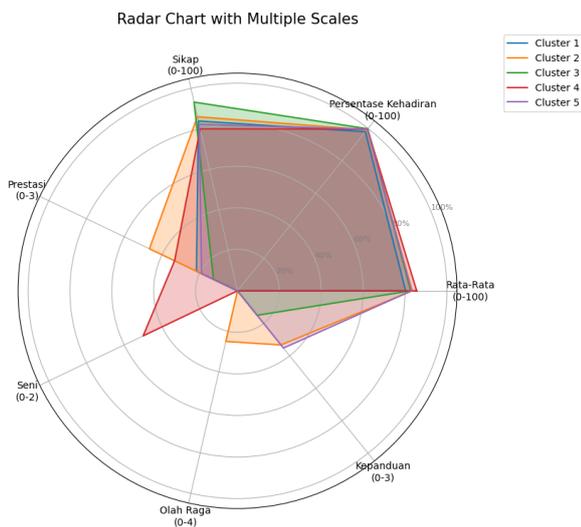
Gbr. 9 Diagram hasil clustering 4 cluster

Cluster 1 = Seimbang di sikap, persentase kehadiran dan nilai rata-rata. Tidak mengikuti ekskul. Memiliki sedikit prestasi.

Cluster 2 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung mengikuti ekskul kepanduan dan olahraga. Unggul di prestasi.

Cluster 3 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung mengikuti ekskul kepanduan. Memiliki sedikit prestasi.

Cluster 4 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung memilih ekskul seni. Memiliki prestasi.



Gbr. 10 Diagram hasil clustering 5 cluster

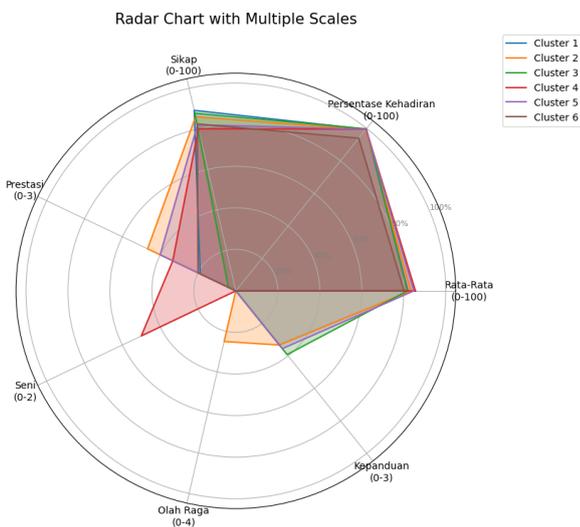
Cluster 1 = Seimbang di sikap, persentase kehadiran dan nilai rata-rata. Tidak mengikuti ekskul. Memiliki sedikit prestasi.

Cluster 2 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung mengikuti ekskul kepanduan dan olahraga. Unggul di prestasi.

Cluster 3 = Unggul di sikap. Seimbang di kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung mengikuti ekskul kepanduan. Memiliki sedikit prestasi.

Cluster 4 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung memilih ekskul seni. Memiliki prestasi.

Cluster 5 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung mengikuti kepanduan. Memiliki sedikit prestasi.



Gbr. 11 Diagram hasil clustering 6 cluster

Cluster 1 = Seimbang di sikap, persentase kehadiran dan nilai rata-rata. Tidak mengikuti ekskul, dan memiliki sedikit prestasi.

Cluster 2 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung mengikuti ekskul kepanduan dan olahraga. Unggul di prestasi.

Cluster 3 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung mengikuti ekskul kepanduan. Hampir tidak memiliki prestasi.

Cluster 4 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung memilih ekskul seni. Memiliki prestasi.

Cluster 5 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Cenderung memilih ekskul kepanduan. Memiliki prestasi.

Cluster 6 = Seimbang di sikap, kehadiran dan nilai rata-rata. Tidak mengikuti ekskul. Memiliki prestasi.

C. Validasi

TABEL VI
HASIL VALIDASI

Metode	4 Cluster	5 Cluster	6 Cluster
Silhouette	0.218	0.192	0.239
Davies-Bouldin	1.237	1.260	1.098
Calinski-Harabasz	26.458	26.229	29.994

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil silhouette tertinggi dimiliki oleh model 6 cluster dengan nilai score 0.239 dimana semakin dengan dengan score 1 semakin baik, sedangkan hasil davies-bouldin terendah dimiliki oleh model 6 cluster dengan nilai score 1.098 dimana semakin rendah nilai score semakin baik pembagiannya dan hasil calinski-harabasz tertinggi dimiliki oleh model 6 cluster dengan nilai score 29.994 dimana semakin tinggi semakin baik. Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengelompokan siswa berdasarkan prestasi diatas dapat disimpulkan jika model dengan 6 cluster merupakan model terbaik yang terbukti dari hasil evaluasi dari Silhouette Score, Davies-Bouldin Index dan Calinski-Harabasz Index.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengelompokan siswa berdasarkan prestasi diatas dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Pembuatan website absensi dimulai dengan melakukan *planning/requirement analysis* untuk menentukan keperluan dari sistem dan juga model dari pola arsitektur sistem yang akan digunakan. Tahapan berikutnya yaitu tahapan mendesain sistem, pada tahapan ini akan didesain use case dari masing-masing subsistem dan hubungan antar table di dalam database. Dilanjutkan dengan proses implementasi sistem berdasarkan desain yang sudah dibuat, dan diakhiri dengan melakukan testing.

2. Memproses data nilai rata-rata, persentase kehadiran, sikap, prestasi dan kegiatan ekstrakurikuler siswa dapat digunakan untuk mengelompokkan siswa berdasarkan prestasi yang dimiliki.

Penelitian ini mempunyai keterbatasan, dan berikut ini adalah diantaranya:

1. Menggunakan dataset yang berasal dari satu kelas saja (kelas 10 TKJ).
2. Proses testing pada sistem yang minimal.

REFERENSI

- [1] Suad A. Alasadi dan Wesam S. Bhaya. "Review of Data Preprocessing Techniques in Data Mining". *Journal of Engineering and Applied Sciences* 12, 2017: 4102-4107
- [2] Mohamed Nafuri, A.F.; Sani, N.S.; Zainudin, N.F.A.; Rahman, A.H.A.; Aliff, M. "Clustering Analysis for Classifying Student Academic Performance in Higher Education". *Appl. Sci.* 2022, 12, 9467. <https://doi.org/10.3390/app12199467>
- [3] Md. Hedayetul Islam Shovon dan Mahfuza Haque. "An Approach of Improving Student's Academic Performance by using K-means clustering algorithm and Decision tree". *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* Vol.3, 2012: 146-149
- [4] Rakesh Kumar Arora dan Dr. Dharmendra Badal. "Evaluating Student's Performance Using k-Means Clustering". *International journal of computer science and technology* Vol.4, 2013: 553-557
- [5] Danny Matthew SAPUTRA, Daniel SAPUTRA dan Liniyanti D. OSWARI. "Effect of Distance Metrics in Determining K-Value in K-Means Clustering Using Elbow and Silhouette Method". *Advances in Intelligent Systems Research*, Vol.172, 2019: 341-346
- [6] Shefia Natalia Br Sembiring, Hendryan Winata dan Sri Kusnasari. "Pengelompokan Prestasi Siswa Menggunakan Algoritma K-Means". *Jurnal Sistem Informasi TGD* Vol.1, Nomor 1, 2022: 31 - 40
- [7] Laurens van der Maaten dan Geoffrey Hinton. "Visualizing Data using t-SNE". *Journal of Machine Learning Research* 9, 2008: 2579-2605
- [8] Edy Umargono, Jadmiko Endro Suseno and Vincensius Gunawan S. K. "K-Means Clustering Optimization using the Elbow Method and Early Centroid Determination Based-on Mean and Median". In *Proceedings of the International Conferences on Information System and Technology*, 2019: 234-240
- [9] Nadia Annisa Maori dan Evanita. "METODE ELBOW DALAM OPTIMASI JUMLAH CLUSTER PADA K-MEANS CLUSTERING". *Jurnal SIMETRIS*, Vol 14 No 2, 2023: 277-287
- [10] Ratna Patria. 2024, 8 Januari. Dashboard adalah: Pengertian, Jenis dan Fungsi Dashboard. Diakses pada 20 November 2024. Dari <https://www.domainsia.com/berita/dashboard-adalah/>
- [11] Dagang Wei. 2024, 3 Februari. Essential Math for Machine Learning: Kernel Density Estimation. Diakses pada 20 November 2024. Dari <https://medium.com/@weidagang/essential-math-for-machine-learning-kernel-density-estimation-d014df073770>
- [12] Rendi Juliarto. 2021, 19 Mei. Contoh Use Case Diagram Lengkap dengan Penjelasannya. Diakses pada 20 November 2024. Dari <https://www.dicoding.com/blog/contoh-use-case-diagram/>
- [13] Samhita Alla. 2022. Evaluation Metrics for Machine Learning Model. Diakses pada 11 Januari 2025. Dari <https://blog.paperspace.com/ml-evaluation-metrics-part-2/>