



Kualitas Pengelompokan Titik Kumpul Penjemputan Siswa Menuju Sekolah Menggunakan Algoritma K-Means Clustering

Lili Kartikawati

SMK Negeri 2 Yogyakarta, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

lili.kartikawati@smk2-yk.sch.id

Abstrak: Kebutuhan angkutan cerdas sekolah sangat mendesak untuk dapat dipikirkan bersama. Pelanggaran aturan berlalu lintas di SMK Negeri 4 Yogyakarta diantaranya pelanggaran aturan berlalu lintas yang dilakukan siswa tingkat X, usia belum memenuhi syarat untuk dapat menggunakan kendaraan bermotor sesuai UU no 22 tahun 2009 pasal 81. Data DAPODIK menunjukkan lebih dari 50% siswa menggunakan sepeda motor ke sekolah dari 1944 jumlah siswa di sekolah. Solusi untuk menghidupkan kembali sarana transportasi umum sangat dibutuhkan dengan metode yang dapat menghadirkan layanan bernilai efektif dan efisien. Bus sekolah sebagai salah satu alternatif solusi transportasi umum yang membutuhkan strategi optimasi titik kumpul siswa (halte cerdas). Penelitian sebelumnya yang terkait angkutan cerdas dan penyelesaian masalah rute bus sekolah diantaranya berjudul *Optimasi Travelling Salesman Problem Pada Angkutan Sekolah Menggunakan Algoritme Genetika* (Assayyis et al., 2020) dan penelitian berjudul *Shareability Network Based Decomposition Approach for Solving Large-scale Multi-modal School Bus Routing Problems* (Guo & Samaranayake, 2020) telah memanfaatkan beberapa algoritma *PROBLEM SOLVING OPTIMIZATION* (PSO), penelitian ini akan mengkombinasikan *clustering* dan optimasi untuk mendapatkan jumlah titik kumpul. Bahasa *python* dengan platform *anaconda* sebagai aplikasi *clustering* dan pengukuran kualitas algoritma *K-Means*. Pengukuran kualitas *clustering* menggunakan metode *DAVIES BOULDIN INDEX* (DBI) dan metode *elbow* untuk mendapatkan jumlah titik kumpul. Titik kumpul siswa berdasarkan metode *clustering* ini menggambarkan halte cerdas sebagai pemberhentian bus sekolah yang memberikan dampak transportasi umum bernilai efektif dan efisien.

Kata kunci: *Clustering K-Means; Davies Bouldin Index; Angkutan Cerdas Sekolah.*

Quality of Grouping Student Pick-up Points to School Using K-Means Clustering Algorithm

Abstract: The need for intelligent school transportation is very urgent to think about together. Violations of traffic rules at SMK Negeri 4 Yogyakarta include violations of traffic rules committed by level X students, who are not yet eligible to use motorized vehicles according to Law No. 22 of 2009 article 81. DAPODIK data shows more than 50% of students use motorbikes to school from 1944 the number of students in the school. Solutions to revive public transportation facilities are urgently needed with methods that can provide effective and efficient value services. School buses as an alternative to public transportation solutions that require an optimization strategy for student gathering points (smart stops). Relevant research related to smart transportation and problem solving of school bus routes and determining their stops such as the title *Optimization of Traveling Salesman Problems in School Transportation Using Genetic Algorithms* (Assayyis et al., 2020) and research entitled *Shareability Network Based Decomposition Approach for Solving Large-scale Multi-modal School Bus Routing Problems* (Guo & Samaranayake, 2020) have utilized several *PROBLEM SOLVING OPTIMIZATION* (PSO) algorithms, this research will combine *clustering* and optimization to get the number of assembly points. Python language with the *Anaconda* platform as a *clustering* application and measuring the quality of the *K-Means* algorithm. *Clustering* quality measurement uses the *DAVIES BOULDIN INDEX* (DBI) method and the *elbow* method to obtain the number of pick-up points. Student gathering points based on the *clustering* method describe smart stops that have an effective and efficient impact on public transportation.

Keywords: *Clustering K-Means; Davies Bouldin Index; Smart School Transport.*

1. Pendahuluan

Angkutan cerdas sekolah dibutuhkan di SMK Negeri 4 Yogyakarta untuk menekan pelanggaran aturan berlalu lintas, dikarenakan kelas x belum memenuhi syarat usia untuk mendapatkan izin berkendara motor seperti yang tertera pada UU No 22 Tahun 2009 Pasal 81. Penggunaan kendaraan bermotor milik pribadi telah menyumbang polusi udara yang berdampak kurang baik bagi lingkungan. Predikat sekolah berwawasan lingkungan yang diamankan harus dapat dipertanggungjawabkan, padahal berdasarkan data siswa tahun 2021 yang diambil dari DAPODIK sejumlah 71 % (393 dari 554) siswa ditingkat X terdapat menggunakan kendaraan bermotor ke sekolah. Hal tersebut berpotensi menyumbang polusi udara. Kapasitas parkir yang dimiliki sekolah berdaya tampung 500 motor dari 1944 jumlah siswanya, maka sudah dapat dipastikan sekolah menjadi kuwalahan untuk menyediakan fasilitas parkir siswa. Permasalahan tersebut dibutuhkan suatu terobosan baru angkutan cerdas sekolah di SMK Negeri 4 Yogyakarta.

Penelitian serumpun yang telah dilakukan dengan memanfaatkan data DAPODIK SMK Negeri 4 Yogyakarta dengan sumber data berupa nilai capaian tengah semester genap siswa untuk mendapatkan pengelompokan model pembelajaran setelah pemerintah menyelesaikan program vaksinasi Covid-19 masal menggunakan Teknik *clustering algoritma K-Means* (Kartikawati et al., 2022). Penelitian ini akan melakukan pengelompokan domisili yang telah siswa inputkan pada data DAPODIK berupa bujur dan lintang. Pengelompokan menggunakan teknik *clustering algoritma K-Means* dengan memanfaatkan bahasa *python* yang berjalan di aplikasi *anaconda* dan evaluasi kualitas *clustering algoritma K-Means* akan dilakukan menggunakan metode *DAVIES BOULDIN INDEX (DBI)* dan *elbow* sehingga didapatkan hasil *cluster* yang optimal. Jumlah *cluster optimal* akan dijadikan penentu jumlah titik kumpul yang akan direkomendasikan untuk dibangun. Hasil pengelompokan bujur dan lintang akan memberikan informasi pengelompokan domisili siswa dan *centroid* titik kumpul yang menjadi rekomendasi. Kemudian dilanjutkan dengan *optimasi* penentuan rute bus dengan jarak minimal menuju sekolah.

Penelitian sebelumnya yang relevan terkait angkutan cerdas dan penyelesaian masalah rute bus sekolah beserta penentuan titik kumpul diantaranya adalah *efisiensi algoritma* dari kualitas penanganan pada penentuan set titik kumpul yang akan dikunjungi siswa, pengelompokan siswa pada suatu titik kumpul

dan menghitung titik kumpul yang dikunjungi siswa. Pendekatan dititik beratkan pada pengalokasian siswa pada satu titik pemberhentian aktif yang dapat mereka capai dan mendapatkan set rute yang minimalis biaya *routingnya* (Calvete et al., 2020). Merancang sistem transportasi yang efisien dengan mempertimbangkan kemungkinan *prediksi respons* siswa melalui pendekatan model *metaheuristik hybrid* bernama GA-EX-TS dan SA-EX-TS berdasarkan strategi *Location-Allocation-Routing (LAR)* untuk menemukan *halte bus* yang sesuai dan mengidentifikasi rute *navigasi bus* (Shafahi et al., 2017). Penentuan jumlah minimal rute perjalanan, meminimalkan kebutuhan bus dan meminimalkan total waktu perjalanan tanpa memperhitungkan *kompatibilitas* perjalanan menggunakan *algoritma heuristik* (Guo & Samaranayake, 2020). *KOMBINASI SCHOOL BUS ROUTING PROBLEMS (SBRP)* dan *WEIGHTED SET COVERING PROBLEM (WSCP)* untuk menyederhanakan masalah yang mengarah pada *INTEGER LINEAR PROGRAMMING (ILP)* dengan dimensi tereduksi yang dapat diselesaikan secara *efisien* (Parvasi et al., 2017). *Optimasi* pada permasalahan rute pengantaran bus sekolah menggunakan data dari pelajar MI Salafiyah Kasim Blitar. *Algoritma* yang digunakan untuk *mengoptimasi* masalah *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP)* adalah *HYBRID DISCRETE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (HDPSO)* sehingga dihasilkan pengujian sistem yang dibandingkan dengan data aktual, didapatkan hasil selisih terbesar di hari kedua sebesar 2,69 Km (10,7%) di *kloter* pertama dan 22,8 (41%) Km di *kloter* kedua (Sani, 2018).

Pada penelitian - penelitian diatas telah memanfaatkan beberapa *ALGORITMA PROBLEM SOLVING OPTIMATION (PSO)*, sedangkan pada penelitian ini mengkombinasikan *clustering* dan *optimasi* untuk mendapatkan jumlah titik kumpul yang *efektif* dan rute jalur yang *efisien*. Berdasarkan kebutuhan yang telah dijabarkan diatas maka penting untuk melakukan penelitian dengan judul “Kualitas Pengelompokan Titik Kumpul Penjemputan Siswa Menuju Sekolah Menggunakan *Algoritma K-Means Clustering*”.

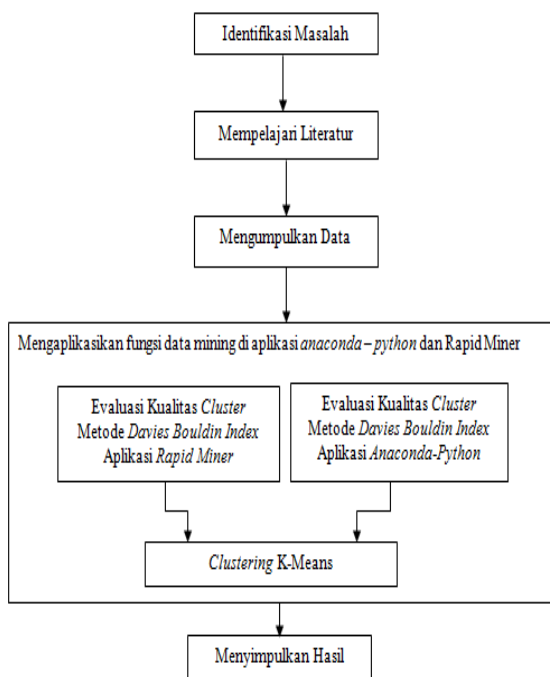
Rekomendasi pengelompokan titik kumpul penjemputan diberikan kepada pihak sekolah untuk bersinergi dengan dinas perhubungan dan swadaya masyarakat sehingga angkutan cerdas dapat terealisasi sehingga mengurangi pelanggaran terhadap kedisiplinan lalu lintas. Gambar 2 *Workflow Evaluasi Cluster* siswa, mengurangi kepadatan lalu lintas, menekan kebutuhan area parkir sekolah yang terus

meningkat dan meminimalkan biaya *transportasi* siswa ke sekolah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini akan digunakan metode eksperimen yang mampu menjumpai dan mendapatkan sendiri permasalahan yang dihadapi melalui percobaan. Penelitian ini akan melakukan percobaan untuk mendapatkan pengelompokan data dengan sampling data adalah data spasial domisili siswa tahun 2020/2021 kelas X Usaha Perjalanan Wisata 1 di pangkalan data dapodik SMK Negeri 4 Yogyakarta.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dari identifikasi masalah, mempelajari literatur, pengumpulan data, pengolahan data dengan *algoritma K-Means Clustering*, evaluasi *kualitas cluster* dengan metode *Davies Bouldin Index* dan *Elbow*, proses *clustering K-Means*, disimpulkan hasilnya seperti *flowchart* pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian - *Analysis Techniques*

Identifikasi Masalah

Proses pemaparan gambaran masalah, analisa masalah dan memahami masalah sehingga didapatkan solusi dan penyelesaian masalah. Permasalahan yang terjadi diantaranya makin bertambah jumlah siswa pengendara bermotor belum cukup usia untuk mendapatkan surat izin mengemudi, kebutuhan lahan parkir yang berpotensi meningkat tajam, kendaraan

bermotor milik pribadi menyumbang polusi terbesar bagi lingkungan, sehingga dibutuhkan angkutan masal ke sekolah yang *efisien* dan *efektif*.

Mempelajari Literatur

Clustering adalah proses pengelompokan objek yang berbeda-beda menjadi kelompok-kelompok yang memiliki arti dan manfaat. *Algoritma K-Means* merupakan *algoritma* pengelompokan yang memisahkan data menjadi *K cluster* yang telah ditentukan diawal, sehingga didapatkan objek-objek yang memiliki karakteristik sama atau jarak berdekatan tersusun dalam pola satu *cluster* sedangkan perbedaan karakteristik yang mencolok atau jarak yang jauh akan terlihat pada objek suatu *cluster* dengan objek lain di *cluster* lainnya (Sani, 2018). Tahapan *clustering* data menggunakan *algoritma K-Means* adalah menentukan jumlah *cluster k* yang dipengaruhi oleh kebutuhan sistem, menentukan nilai titik tengah (*centroid*) sesuai dengan jumlah *cluster* yang telah ditentukan, alokasikan masing-masing data ke pusat *cluster*, ulangi kembali untuk menentukan pusat *cluster (centroid)*, pusat *cluster* yang baru dilakukan implementasi pengalokasian. Jika pusat *cluster* masih mengalami perubahan maka lakukan proses *iterasi* langkah ke 3 sampai dengan proses pencarian dihentikan (Afni Syahpitri Damanik et al., 2021).

Anaconda merupakan *platform free* dan *open source* berbasis bahasa *python* untuk pemrosesan data, analisa peramalan dan komputasi ilmiah yang bertujuan untuk menyederhanakan pengelolaan paket dan *pendistribusian*. *Python* adalah bahasa pemrograman berorientasi objek yang dapat melakukan banyak perintah secara langsung (*interpretatif*) dan keterbacaan *syntax* yang lebih baik dengan memanfaatkan semantik dinamis. *Rapid Miner* sebagai perangkat lunak *opensource* yang memberikan solusi analisa terhadap *data mining*, *text mining* dan analisis *prediksi*. Menggunakan berbagai teknik *deskriptif* dan *prediksi* dalam memberikan wawasan kepada pengguna sehingga dapat membuat keputusan yang paling baik

Mengumpulkan Data

Penelitian ini menggunakan sumber data identitas siswa dari populasi siswa SMK Negeri 4 Yogyakarta serta data lintang dan bujur sebagai data *sampling*. Data didapatkan dengan melakukan *download* dari pangkalan DAPODIK SMK Negeri 4 Yogyakarta. Proses pembersihan data dan pengecekan konsistensi data lintang dan bujur dilakukan disini sebagai tahap *preprocessing*.

Mengaplikasikan Fungsi Data Mining di Aplikasi Anaconda - Python dan Rapid Miner

Evaluasi cluster dilakukan dengan menggunakan metode *Davies Bouldin Index* yang dilakukan di platform anaconda menggunakan bahasa python dan di Rapid Miner (Deny Jollyta, 2021). Hasil evaluasi memberikan jumlah cluster terbaik (Mardalius, 2018) yang selanjutnya dilakukan proses *clustering algoritma K-Means*, sehingga didapatkan *centroid* dari sejumlah cluster dan *labeling cluster* (Afandi, 2020) dari masing-masing siswa.

Menyimpulkan Hasil

Evaluasi cluster metode *Davies Bouldin Index* yang dilakukan selanjutnya dibandingkan untuk memberikan pengetahuan jumlah cluster terbaik. Hasil *clustering* yang membentuk pola-pola karakteristik pengelompokkannya disimpulkan untuk memberikan pengetahuan *centroid* terbaik dari sejumlah *K cluster* terbaik dan identitas cluster dari masing-masing titik lintang dan bujur siswa.

3. Hasil dan Pembahasan

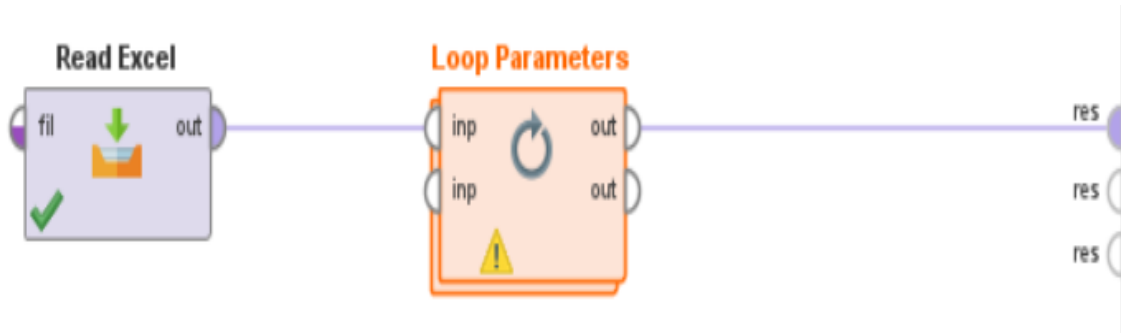
Data siswa yang telah diunduh dari portal DAPODIK SMK Negeri 4 Yogyakarta sebanyak 1944 record dalam format excel, selanjutnya dilakukan pembersihan data yang menghasilkan 813 record data lintang dan bujur yang lengkap dan akurat dengan format yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Format Data Bujur dan Lintang Siswa SMK Negeri 4 Yogyakarta

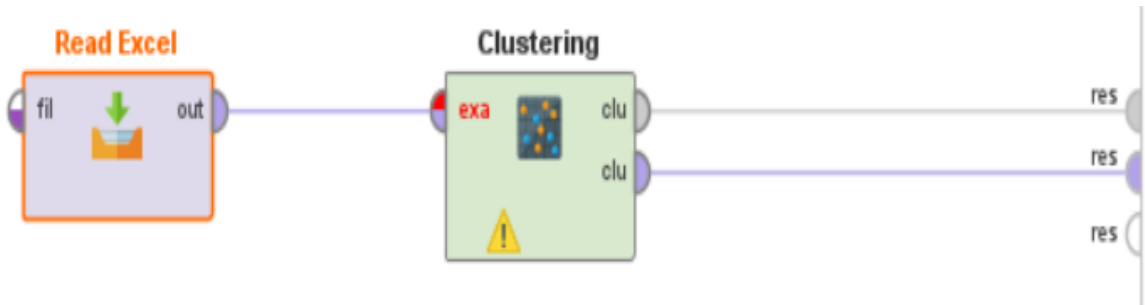
No	Nama	Lintang	Bujur
1	Desi Nawang Wulan	-7,8135	110,3623
2	Rengganis Aji Pratiwi	-7,8114	110,3592
3	Eka Dewa Saputra	-7,8188	110,3597
4	Anik Tri Windani	-7,8195817	110,3601766
5	Nevin Ardiyanto Pratama	-7,8514326	110,3682807
6	Vania Ristiyana Nur Safitri	-7,8475671	110,3707981
7	Brilian Viona	-7,8242	110,3742

No	Nama	Lintang	Bujur
	Agustin		
8	Bunga Aura Salsabilla	-7,8452714	110,3819561
9	Tanika Ashwinky Anninda P.	-7,8224	110,382
10	Zara Maharani	-7,8224	110,382
11	Zunita Putri Wulandari	-7,8456965	110,3821278
12	Retno Winarni	-7,8456115	110,3823853
13	Rama Aditiya Saputra	-7,8445912	110,383029
14	Neha Nafasya	-7,8557296	110,3832436
15	Dwi Jayanti	-7,8460366	110,3834152
...
805	Grenada Asha Yustisia	-7,8074963	110,3501022
806	Saddam Putra Pratama	-7,8031807	110,3503704
807	Defri Nurhidayat	-7,8089871	110,3512076
808	Muhammad Alvianto	-7,802671	110,351787
809	Nabila Vinistia	-7,802671	110,351787
810	Azona Nur Afifah	-7,8017351	110,3521729
811	Ananda Sevie Vamela Dewi	-7,8027	110,3691
812	Barendra Wahyu Aji	-7,8212	110,3851
813	Syahira Malika Al'diva	-7,8212	110,3851

Evaluasi Cluster Aplikasi Rapid Miner



Gambar 2. Workflow Evaluasi Cluster



Gambar 4. Workflow Clustering K Means

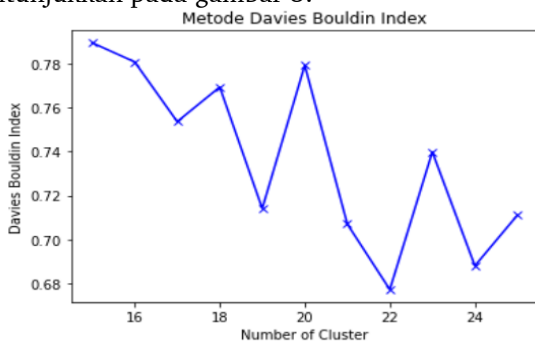
Implementasi evaluasi cluster metode Davies Boundin Index pada Rapid Miner dilakukan dengan menggunakan workflow dengan node read excel dan loop parameter yang terlihat pada gambar 2

Hasil dari proses Clustering menggunakan Algoritma K-Means menghasilkan 19 cluster dengan centroid ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Bujur dan Lintang dari 19 Centroid

Evaluasi Cluster Aplikasi Anaconda - Python

Evaluasi menggunakan metode Davies Boundin Index. Tahapan yang dilakukan menggunakan Anaconda-Python dengan metode Davies Bouldin Index menghasilkan keputusan bahwa jumlah cluster terbaik adalah 22 yang ditunjukkan pada gambar 3.

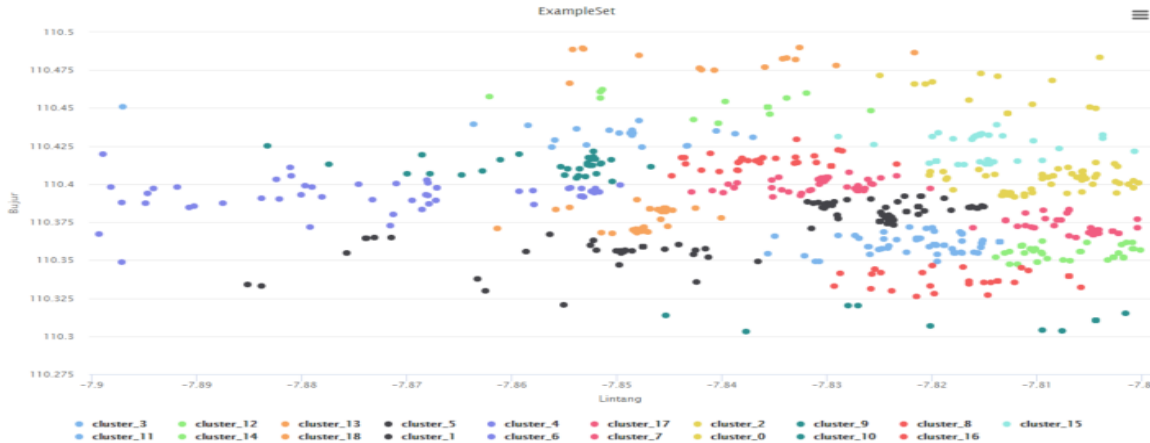


Gambar 3. Hasil Davies Bouldin Index

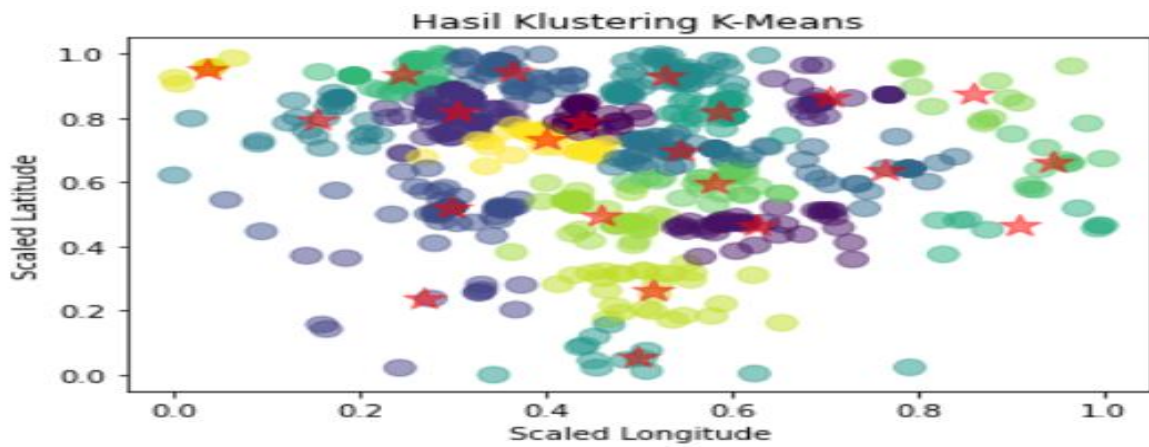
Clustering Algoritma K-Means Aplikasi Rapid Miner

Data lintang dan bujur siswa SMK Negeri 4 Yogyakarta sebanyak 813 record dalam format excel dilakukan clustering menggunakan aplikasi Rapid Miner dengan Algoritma K-Means melalui proses pada gambar 4.

Cluster	Lintang	Bujur
Cluster 1	-7,813444322	110,4592343
Cluster 2	-7,853496702	110,3541854
Cluster 3	-7,808990437	110,4018265
Cluster 4	-7,819899742	110,360651
Cluster 5	-7,861281242	110,3933787
Cluster 6	-7,822776162	110,3830056
Cluster 7	-7,888196676	110,3913882
Cluster 8	-7,806161868	110,3720996
Cluster 9	-7,834655858	110,4145746
Cluster 10	-7,856877219	110,4122663
Cluster 11	-7,814440867	110,3106925
Cluster 12	-7,851366017	110,4332597
Cluster 13	-7,807279094	110,3552585
Cluster 14	-7,847552822	110,3769834
Cluster 15	-7,839035675	110,4514691
Cluster 16	-7,815909006	110,4221476
Cluster 17	-7,815455336	110,3373227
Cluster 18	-7,830928422	110,3993813
Cluster 19	-7,840491603	110,481556



Gambar 5. Hasil K-Means Rapid Miner



Gambar 6. Hasil K-Means Anaconda – Python

Sebaran bujur dan lintang domisili siswa yang telah dilakukan pengelompokkan clustering K-Means di Rapid Miner berdasarkan kedekatan dengan centroid dapat dilihat pada gambar 5.

Clustering Algoritma K-Means Anaconda - Python

Data lintang dan bujur domisili siswa SMK Negeri 4 Yogyakarta sebanyak 813 record dalam format excel dilakukan clustering algoritma K-Means di aplikasi Anaconda - Python menghasilkan 22 centroid cluster seperti terlihat pada tabel 3.

Sebaran bujur dan lintang domisili siswa yang telah dilakukan pengelompokkan clustering K-Means di aplikasi Anaconda-Python berdasarkan kedekatan dengan centroid dapat dilihat pada gambar 6.

Tabel 3. Data Bujur dan Lintang dari 22 Centroid

Cluster	Lintang	Bujur
Cluster 1	-7.82207174	110.38536557
Cluster 2	-7.83798894	110.45118922
Cluster 3	-7.81762891	110.33560045
Cluster 4	-7.84914652	110.38917053
Cluster 5	-7.81554742	110.41306563
Cluster 6	-7.81855157	110.35992727
Cluster 7	-7.84760582	110.36129758
Cluster 8	-7.87831648	110.38229248
Cluster 9	-7.85387795	110.4127222
Cluster 10	-7.80590071	110.37212395
Cluster 11	-7.84281895	110.48144691
Cluster 12	-7.83480375	110.41653364
Cluster 13	-7.80769225	110.39996306
Cluster 14	-7.80927138	110.30870014
Cluster 15	-7.81779623	110.47139357
Cluster 16	-7.87972516	110.40374109
Cluster 17	-7.87463654	110.336909
Cluster 18	-7.80639099	110.35400309
Cluster 19	-7.8129798	110.43717275
Cluster 20	-7.82447986	110.37494145
Cluster 21	-7.83011966	110.39973383
Cluster 22	-7.85374432	110.43682639

Clustering Algoritma K-Means Anaconda - Python

Pengaplikasian fungsi data mining telah dilakukan dengan mengevaluasi *cluster* menggunakan metode *Davies Boundin Index* pada aplikasi *Rapid Miner* dan *Anaconda - Python* menghasilkan perbandingan seperti terlihat pada tabel 4, sedangkan hasil *clustering K-Means* pada aplikasi *Rapid Miner* dan *Anaconda - Python* menghasilkan perbandingan seperti terlihat pada tabel 5.

Nilai DBI yang mendekati angka nol sebagai ku Nilai DBI yang mendekati angka nol sebagai kualitas yang semakin baik (Jumadi et al., 2019)

4. Simpulan dan Saran

Hasil pengaplikasian fungsi data *mining - Analysis Techniques* yang telah dilakukan memberikan pengetahuan bahwa kualitas *cluster algoritma K-Means* yang diukur dengan metode *Davies Bouldin Index* (DBI) pada aplikasi *Anaconda - Python* sebesar 0,68 dengan jumlah *cluster* terbaiknya 22 sedangkan pada aplikasi *Rapid Miner* sebesar 0,72 dengan jumlah *cluster* terbaiknya 19, dimana nilai DBI yang mendekati angka nol sebagai kualitas yang semakin baik. Hasil *clustering algoritma K-Means* pada aplikasi *Anaconda - Python* menunjukkan jarak diantara objek dalam satu *cluster* berdekatan (*cluster* menunjukkan karakteristik objek yang sama) dan jarak objek diantara *cluster* berpotensi kecil berada pada lebih dari satu *cluster* (struktur baik) sedangkan pada aplikasi *Rapid Miner* jarak diantara objek dalam satu *cluster* jauh (kesamaan karakteristik belum maksimal) dan jarak objek diantara *cluster* berpotensi besar berada pada lebih dari satu *cluster* (struktur lemah) bahkan tersesat.

Pengetahuan diatas dapat disimpulkan bahwa kualitas *cluster algoritma K-Means* yang

diukur dengan metode *Davies Bouldin Index* (DBI) pada aplikasi *Anaconda - Python* lebih baik dibandingkan pengaplikasian metode *Davies Boundin Index* (DBI) pada aplikasi *Rapid Miner*, sehingga model *Clustering Algoritma K-Means* dengan Metode *Davies Bouldin Index* (DBI) pada aplikasi *Anaconda - Python* menjadi rekomendasi penyelesaian penentuan jumlah titik kumpul dan *centroid* yang dibutuhkan.

Saran peneliti adalah model yang direkomendasikan untuk diaplikasikan kepada pihak sekolah belum sepenuhnya memberikan kontribusi yang maksimal untuk mengurangi pelanggaran terhadap kedisiplinan lalu lintas oleh siswa, mengurangi kepadatan lalu lintas, menekan kebutuhan area parkir sekolah yang terus meningkat dan meminimalkan biaya transportasi siswa ke sekolah. Agar memenuhi kebutuhan tersebut dan dapat memberikan sistem angkutan cerdas yang *adaptif* maka hal-hal yang perlu dilakukan diantaranya adalah :

1. Aplikasi model yang direkomendasikan ditambahkan *interface* tingkatan pengguna sesuai kebutuhan dan memungkinkan *record* lintang dan bujur siswa untuk dilakukan pembaharuan serta merencanakan perodesasi untuk memungkinkan sistem melakukan pembaharuan bujur dan lintang *centroid* dari titik kumpul siswa
2. Memodelkan *optimasi rute* terbaik agar didapatkan jarak yang pendek dengan waktu tempuh yang lebih singkat
3. Melakukan sinergi sumber daya yang dimiliki sekolah, dinas perhubungan dan swadaya masyarakat untuk mewujudkan angkutan cerdas sekolah yang berkarakteristik menjadi angkutan masal yang *efektif* dan *efisien*

Tabel 4. Perbandingan Kualitas Cluster

No	Keterangan	Rapid Miner	Anaconda - Python
1	Jumlah <i>cluster</i> terbaik	19	22
2	Metode	DBI	DBI
3	Ukuran kualitas <i>cluster</i> DBI	0,72	0,68

Tabel 5. Deskripsi Perbandingan Kualitas Cluster

NO	Keterangan	Rapid Miner	Anaconda - Python
1	Jarak diantara objek dalam satu <i>cluster</i>	Jauh (Kesamaan Karakteristik Belum Maksimal)	Berdekatan (<i>Cluster</i> menunjukkan Kesamaan Karakteristik)
2	Jarak objek-objek diantara <i>cluster</i>	Objek berpotensi besar berada pada lebih dari satu <i>cluster</i> (Struktur Lemah) bahkan tersesat	Objek berpotensi kecil berada pada lebih dari satu <i>cluster</i> (Struktur baik)

Daftar Pustaka

- Afandi, A. M. (2020). The strategies to improve the sale of bicycles using k-means methods. *International Conference on Social, Sciences and Information Technology*, 1(1), 77–84. <https://doi.org/10.33330/icossit.v1i1.764>
- Afni Syahpitri Damanik, N., Prodi Sistem Informasi, M., Royal, S., Sistem Informasi, P., & Manajemen Informasi, P. (2021). Penerapan metode clustering dengan algoritma k-means tindak kejahatan pencurian di kabupaten asahan. *Journal of Computer)Online*, 1(1), 7–14. <https://jurnal.stmikroyal.ac.id/index.php/j-com/article/view/1065>
- Assayyis, M. I., Cholissodin, I., & Tibyani. (2020). Optimasi Travelling Salesman Problem Pada Angkutan Sekolah Menggunakan Algoritme Genetika (Studi Kasus: Sekolah MI Salafiyah Kasim Blitar). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 3(1), 454–461.
- Calvete, H. I., Galé, C., Iranzo, J. A., & Toth, P. (2020). A partial allocation local search matheuristic for solving the school bus routing problem with bus stop selection. *Mathematics*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/MATH8081214>
- Deny Jollyta, M. S. , H. M. S. E. (2021). Teknik evaluasi cluster solusi menggunakan python dan rapidminer. In *Google Books, CV Budi Utama: Vol. Februari*. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=3rcgEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=davies+bouldin+index+clustering+rapidminer&ots=lieSzhkf8H&sig=XwV9GFQ6H4HLgsZR2NVFcq024cY&redir_esc=y#v=onepage&q=davies+bouldin+index+clustering+rapidminer&f=false
- Guo, X., & Samaranyake, S. (2020). *Shareability Network Based Decomposition Approach for Solving Large-scale Multi-modal School Bus Routing Problems*. <http://arxiv.org/abs/2009.13468>
- Jumadi, B., Sitompul, D., Sitompul, O. S., & Sihombing, P. (2019). *Enhancement clustering evaluation result of davies-bouldin index with determining initial centroid of k-means algorithm*. 12015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1235/1/012015>
- Kartikawati, L., Kusri, K., & Luthfi, E. T. (2022). Algoritma K-Means pada Pengelompokan Pembelajaran Tatap Muka Terbatas Sesudah Vaksinasi COVID-19. *Jurnal Eksplorasi Informatika*, 11(1), 20–28. <https://doi.org/10.30864/eksplorasi.v11i1.560>
- Mardalius, M. (2018). Pemanfaatan rapid miner studio 8.2 untuk mengelompokkan data penjualan asesoris menggunakan algoritma k-means. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, 4(2), 123–132. <https://jurnal.stmikroyal.ac.id/index.php/jurteks/article/view/36>
- Parvasi, S. P., Mahmoodjanloo, M., & Setak, M. (2017). A bi-level school bus routing problem with bus stops selection and possibility of demand outsourcing. *Applied Soft Computing Journal*, 61, 222–238. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.08.018>
- Sani, A. (2018). Penerapan metode k-means clustering pada perusahaan. *Jurnal Ilmiah Program Pascasarjana Magister Ilmu Komputer STMIK Nusa Mandiri*, 1–7.
- Shafahi, A., Wang, Z., & Haghani, A. (2017). Solving the school bus routing problem by maximizing trip compatibility. *Transportation Research Record*, 2667(1), 17–27. <https://doi.org/10.3141/2667-03>