

Implementasi *K-Means Clustering* Dalam Analisa Soal Ujian CBT Universitas Baiturrahmah

Rico Anggara¹, Sarjon Defit², Billy Hendrik³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang,
Indonesia

E-mail: ¹snotist@gmail.com, ²sarjon_defit@upiypk.ac.id,
³billy_hendrik@upiypk.ac.id

Abstract

Computer-based exams (CBT) are a type of exam where participants take the exam using a computer or digital device. CBT has become a common choice in exam administration. Exam question management is important for CBT success. Participants answer digital questions via a computer interface, and the results are processed automatically by the computer system. The results of this test can be used to assess student understanding and as a learning evaluation. This research aims to group exam questions based on participants' answers. The method used in this research is *K-Means Clustering*. This method has 5 stages, namely cluster center initialization, data grouping, calculation of new cluster centers, convergence and evaluation of results. This process repeats until the cluster center does not change any more or convergence has been achieved. Next, the *K-Means Clustering* algorithm is applied to group exam questions into appropriate clusters. This grouping process is carried out by considering the similarities between the exam questions based on the number of correct answers and the number of incorrect answers. Dataset source from UPT CBT, Baiturrahmah University. The question dataset consists of 100 exam questions that have been tested on students at the Faculty of Medicine, Baiturrahmah University. The results of this research can group exam questions into groups of difficult questions, medium questions and easy questions. This research can be a reference for academics in evaluating exam questions created by lecturers and can evaluate the level of understanding of students at Baiturrahmah University.

Keywords: *K-Means Clustering, Computer Based Testing (CBT), Exam Management, Grouping Exam Questions*

Abstrak

Ujian berbasis komputer (CBT) merupakan model ujian yang menggunakan komputer atau perangkat digital. CBT telah menjadi pilihan umum dalam pelaksanaan ujian di institusi perguruan tinggi dan merupakan sarana prasarana yang wajib disediakan oleh institusi tersebut pada masa ini. Salah satu faktor ujian yang sangat penting untuk kesuksesan CBT yaitu adanya manajemen soal. Hasil ujian dapat digunakan untuk menilai tingkat pemahaman mahasiswa terhadap soal yang diujikan sebagai bahan evaluasi pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan soal-soal ujian berdasarkan jawaban peserta. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *K-Means Clustering*. Metode ini memiliki 5 tahapan yaitu inialisasi pusat Kluster, pengelompokan data, perhitungan pusat kluster baru, konvergensi dan evaluasi hasil. Proses ini berulang hingga pusat kluster tidak berubah lagi atau konvergensi telah tercapai. Selanjutnya, algoritma *K-Means Clustering* diterapkan untuk mengelompokkan soal-soal ujian ke dalam kluster yang sesuai. Proses pengelompokan ini dilakukan dengan mempertimbangkan kemiripan antara soal-soal ujian berdasarkan jumlah jawaban benar dan jumlah jawaban salah. Sumber dataset dari UPT CBT, Universitas Baiturrahmah. Dataset soal terdiri dari 100 soal ujian yang telah diujikan ke mahasiswa di Fakultas Kedokteran, Universitas Baiturrahmah. Hasil penelitian ini dapat

mengelompokkan soal-soal ujian menjadi kelompok soal sulit, soal sedang, dan soal mudah. Penelitian ini dapat menjadi acuan bagi akademik dalam mengevaluasi soal-soal ujian yang dibuat dosen dan dapat mengevaluasi tingkat pemahaman mahasiswa di Universitas Baiturrahmah.

Kata Kunci: K-Means Clustering, Computer Based Testing (CBT), Manajemen Ujian, Pengelompokan Soal Ujian

1. Pendahuluan

Seiring dengan bertambah majunya perkembangan teknologi komputer, telah membawa perubahan mendasar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk komunikasi, bisnis, pendidikan, hiburan, dan penelitian. Bidang pendidikan, teknologi komputer dapat menciptakan pengalaman pembelajaran yang personal dan adaptif. Alat pembelajaran yang didasarkan pada kecerdasan buatan (AI) dapat menganalisis kebutuhan individu mahasiswa dan memberikan materi yang sesuai dengan tingkat pemahaman mereka [1], membantu setiap mahasiswa untuk berkembang sesuai potensinya, maka dari itu diperlukan pengontrolan dan pengarahan agar pendidikan setiap mahasiswa menjadi lebih terarah, salah satunya dengan pelaksanaan ujian atau *test*. Saat ini masih banyak pelaksanaan ujian yang dilakukan menggunakan paper base test (PBT), Pelaksanaan ujian ini memiliki banyak kekurangan rawan dalam penyiapan bahan ujian, pengadaan dan distribusi naskah soal, kecurangan selama pelaksanaan ujian, perlu langkah *scanning* LJK dan *scoring*, membutuhkan banyak biaya, tenaga dan waktu [2], Sulitnya melakukan analisa hasil ujian yang efektif karena tidak adanya sistem yang dapat menyajikan data historis sehingga dapat memberikan keluaran karena data yang ada masih berbentuk data manual dan belum dimanfaatkan secara maksimal.

Data Mining merupakan kumpulan analisis data observasional untuk mempertemukan hubungan yang tidak terduga dan untuk menyimpulkan data dengan cara yang dipahami dan berguna bagi pemilik data [3][4]. Salah satu teknik umum dalam *Data Mining* adalah pengelompokan atau *Clustering* [5]. *K-Means Clustering* merupakan salah satu metode *Clustering Non-Hierarchical* yang berusaha mempartisi *dataset* ke dalam bentuk satu atau lebih kelompok (*cluster*) [6].

Berdasarkan penelitian terdahulu penerapan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi UMKM dengan hasil pengujian sebesar 53% data ke *cluster* 1 sebanyak 8 data, 40% data ke *cluster* 2 sebanyak 6 data dan 7% data ke *cluster* 3 sebanyak 1 data [4]. Identifikasi Citra Beras Menggunakan Algoritma Multi-SVM Dan *Neural Network* Pada Segmentasi *K-Means* menghasilkan akurasi dikombinasikan dengan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) menghasilkan 9 fitur yang dapat menghasilkan akurasi 96,296% untuk Multi- SVM dan *Neural Network* 88,89% [7]. Dalam segmentasi Citra Kanker Serviks Menggunakan Markov Random Field dan Algoritma *K-Means* Peningkatan akurasi lebih lanjut didapatkan sebesar 75,76% saat proses segmentasi menggunakan kanal *grayscale* dengan *low pass filter* [8]. Dari pengujian menggunakan algoritma *K-Means Clustering* yang dioptimalkan dengan metode *elbow*, terbentuk jumlah *cluster* yang optimal sebanyak 3 *cluster*. Penentuan $k=3$ menggunakan metode *elbow* ini berdasarkan perhitungan selisih dari rata-rata dari tiap *cluster* yang terbentuk dan nilai *Davies Bouldin Index* (DBI) yang mendekati 0 menunjukkan *cluster* yang terbentuk adalah *cluster* yang optimal [9].

Perkembangan teknologi dengan pelaksanaan ujian berbasis *Computer Best Test* (CBT), dimana perumusan hasil belajar saat sekarang ini sudah dapat dihitung dengan memanfaatkan sistem komputer yang menghasilkan penghitungan yang konsisten, objektif, akurat, dan terukur. [10][11]. Penggunaan ujian berbasis komputer (CBT) telah menjadi lebih umum dalam dunia pendidikan dan industri. CBT mengacu pada proses penggunaan komputer untuk mengelola dan menyampaikan ujian kepada peserta. Sebagai alternatif untuk ujian tradisional berbasis kertas, CBT memberikan sejumlah

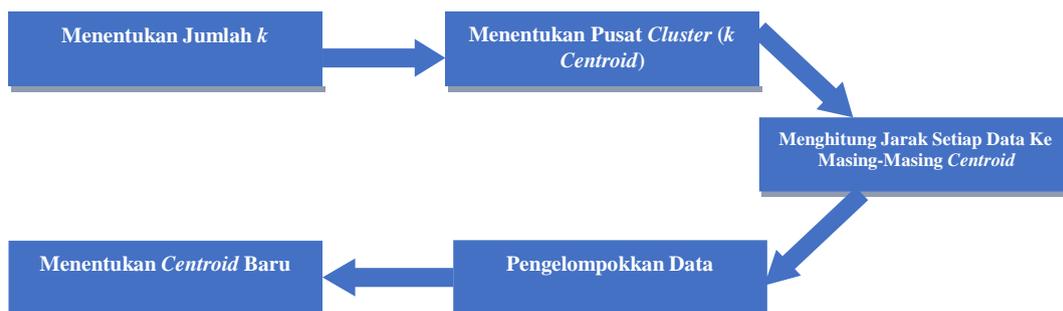
keuntungan yang signifikan. CBT juga menyediakan data *longitudinal* dari penilaian, memungkinkan tren dan peningkatan kinerja pembelajaran untuk diidentifikasi. Selain itu, CBT dapat dengan mudah menyesuaikan pertanyaan tes berdasarkan tingkat kesulitan dan tujuan [12]. Data ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pengambil keputusan pendidikan dalam mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan peserta serta memperbaiki proses pembelajaran.

Universitas Baiturrahmah memiliki ruangan ujian CBT yang telah digunakan untuk pelaksanaan ujian semester dan ujian kompetensi yang dilaksanakan secara nasional di bawah naungan KEMDIKBUD PD Dikti. Universitas Baiturrahmah saat ini memiliki 155 unit komputer yang dikelola oleh UPT CBT Baiturrahmah dan telah ditunjuk menjadi CBT *Centre* Nasional. Pelaksanaan ujian CBT tingkat lokal telah dikembangkan oleh LPTIK yang bertujuan untuk mendapatkan evaluasi tingkat pemahaman pembelajaran mahasiswa dengan menggunakan konsep *Data Mining* dengan metode *K-Means Clustering*.

Implementasi *K-Means Clustering* pada analisis soal ujian CBT di Universitas Baiturrahmah meningkatkan akurasi data dan efisiensi operasional. Aplikasi ini mengotomatisasi analisis data, menghasilkan informasi tidak hanya pada tingkat kesulitan soal, tetapi juga pada kemampuan peserta ujian. Dengan demikian, metode ini dapat menghemat waktu, tenaga kerja, dan dapat diintegrasikan dengan sistem lain untuk optimalisasi penggunaan sumber daya. Dari uraian di atas maka penulis tertarik untuk membuat sistem “Implementasi *K-Means Clustering* pada ujian CBT di Universitas Baiturrahmah” yang dapat membantu Dosen untuk mengevaluasi soal-soal ujian berdasarkan jawaban yang diberikan mahasiswa serta menghasilkan informasi yang lebih lengkap dan berharga untuk pengembangan akademik di Universitas Baiturrahmah.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data hasil ujian dari aplikasi yang dikembangkan oleh LPTIK Universitas Baiturrahmah, terdiri dari 34 sampel soal dari total 100 soal. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik sampling *systematic random sampling*. Data diperoleh langsung dari Aplikasi CBT, memungkinkan peneliti untuk melakukan perhitungan dengan metode *K-Means Clustering* secara efisien. Selanjutnya, tahapan proses metode *K-Means Clustering* sebagai berikut:



Gambar 1. Proses Algoritma *K-Means Clustering*

2.1. Menentukan Jumlah k

Langkah pertama dalam metode *K-Means* adalah menentukan nilai k , yang merupakan jumlah *cluster* yang akan dibentuk.

2.2. Menentukan Pusat Cluster Awal (k Centroid)

Menentukan pusat *cluster* awal atau k centroid melibatkan pemilihan titik-titik awal yang akan menjadi pusat dari setiap *cluster*, yang nantinya akan memengaruhi hasil akhir dari proses *clustering*.

2.3. Menghitung Jarak Setiap Data Ke Masing-Masing *Centroid*

Setelah menemukan titik pusat *cluster*, langkah berikutnya adalah menghitung jarak setiap data ke *centroid* menggunakan rumus *Euclidean Distance*, seperti rumus korelasi antar objek (2.1) berikut:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + \dots (n_i - n_j)^2} \quad (1)$$

Dimana:

D_{ij} D_{ij} = Jarak antara i dan j

X_i X_i = Koordinat x objek

X_j X_j = Koordinat x pusat

Y_i Y_i = Koordinat y objek

Y_j Y_j = Koordinat y pusat

2.4. Pengelompokkan Data

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan jarak setiap data, langkah selanjutnya adalah mengelompokkan setiap data yang dilihat berdasarkan jarak terdekat antara data dan *Cluster*.

2.5. Menentukan *Centroid* Baru

Menentukan *centroid* baru dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata berdasarkan datapada *cluster* yang serupa. Perhitungannya dapat menggunakan persamaan (2) berikut:

$$C_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{\sum x} \quad (2)$$

Dimana:

x_1 x_1 = nilai *record* data ke 1

x_2 x_2 = nilai *record* data ke 2

$\sum x$ $\sum x$ = jumlah *record* data

Algoritma *K-Means* dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan *cluster* yang sesuai dengan kelompok pada data. Data yang serupa ditempatkan pada kelompok yang sama, sementara yang berbeda ditempatkan pada kelompok yang berbeda.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah hasil transformasi data jawaban peserta berdasarkan soal ujian, dapat dilihat pada Tabel 1.

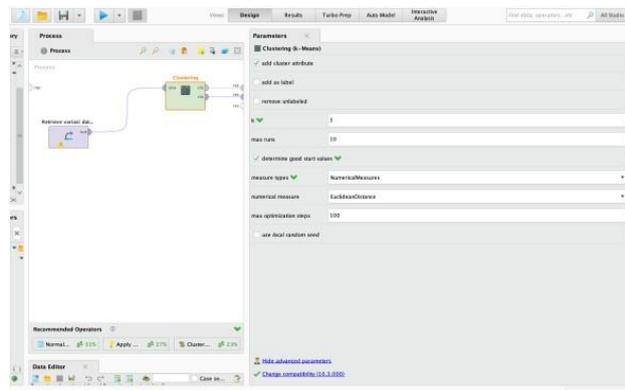
Tabel 1. Hasil Transformasi Data Jawaban Peserta Berdasarkan Soal Ujian

No	Kode Soal	Jumlah Benar	Jumlah Salah
1	1153	20	130
2	1159	29	121
3	1163	39	111
4	1162	40	110
5	1135	54	96
6	1152	55	95
7	1187	57	93
8	1234	76	74
9	1202	83	67
10	1145	84	66
11	1223	88	62
12	1171	92	58
13	1230	93	57
14	1158	99	51

No	Kode Soal	Jumlah Benar	Jumlah Salah
15	1213	102	48
16	1138	104	46
17	1179	105	45
18	1205	107	43
19	1143	109	41
20	1177	113	37
21	1147	121	29
22	1184	122	28
23	1168	123	27
24	1207	124	26
25	1227	128	22
26	1233	130	20
27	1148	133	17
28	1186	135	15
29	1216	138	12
30	1188	139	11
31	1190	142	8
32	1209	143	7
33	1192	147	3
34	1181	149	1

3.1. Menentukan Jumlah k

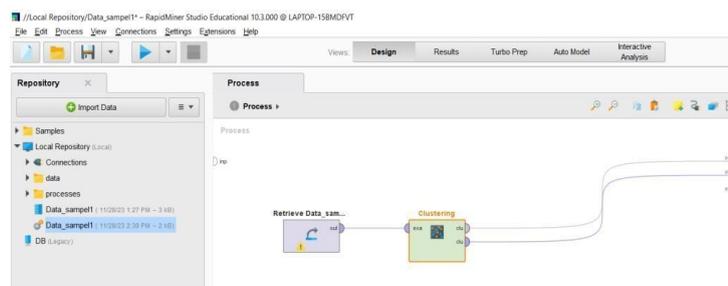
Pada Gambar 2, data klusterisasi dibagi menjadi 3 *cluster*: C1 (Soal Mudah), C2 (Soal Sulit), dan C3 (Soal Sangat Sulit).



Gambar 2. Penentuan Jumlah *Cluster*

3.2. Menentukan Pusat *Cluster* Awal (*Centroid*)

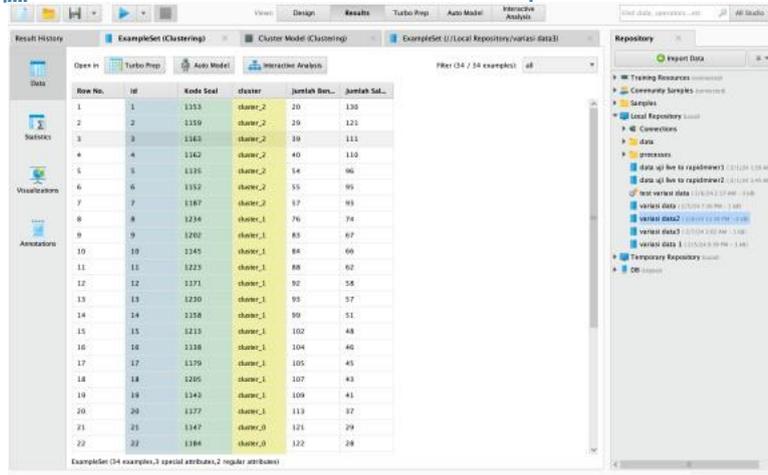
Menemukan *centroid* data merupakan prasyarat untuk melakukan *Clustering* dengan menggunakan algoritma *K-Means*. Pengujian menggunakan *RapidMiner* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Implementasi Data Dengan RapidMiner

3.3. Pengelompokan Data

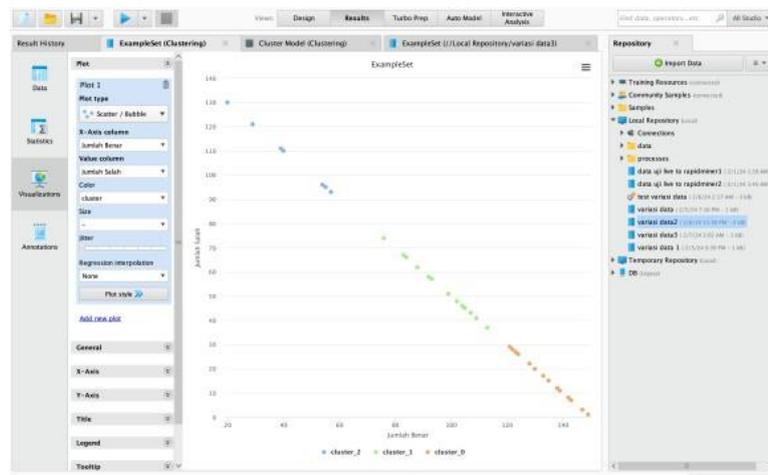
Setelah menghubungkan *Garis Res* dan *Clu* pada Gambar 3, jalankan program dengan mengklik ikon "Run" pada bagian atas layar untuk mengetahui hasil kluster yang dihasilkan oleh RapidMiner.



Row No.	id	Kode Soal	cluster	Jumlah Benar	Jumlah Sal.
1	1	11213	cluster_2	20	120
2	2	11219	cluster_2	20	121
3	3	11633	cluster_2	30	111
4	4	11621	cluster_2	40	110
5	5	11215	cluster_2	14	96
6	6	11521	cluster_2	15	95
7	7	11887	cluster_2	17	93
8	8	11214	cluster_1	76	74
9	9	11202	cluster_1	85	67
10	10	11475	cluster_1	84	66
11	11	11223	cluster_1	88	62
12	12	11271	cluster_1	92	58
13	13	11210	cluster_1	93	57
14	14	11218	cluster_1	99	51
15	15	11215	cluster_1	102	48
16	16	11218	cluster_1	104	46
17	17	11279	cluster_1	105	45
18	18	11205	cluster_1	107	43
19	19	11443	cluster_1	109	41
20	20	11277	cluster_1	113	37
21	21	11447	cluster_0	121	39
22	22	11864	cluster_0	122	28

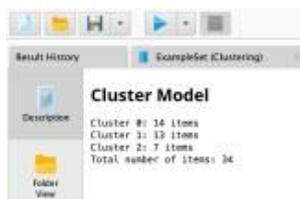
Gambar 4. Tampilan Hasil Cluster (Data View)

Selanjutnya pada menu *visualization* dapat dilihat grafik hasil pengelompokan atau *cluster* sampel data. Tampilan *Plot View* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Hasil Cluster (Plot View)

Selanjutnya grafik hasil pengelompokan atau *cluster* semua data dapat dilihat pada *Plot View* seperti Gambar 6. dapat dilihat jumlah anggota dari masing-masing *cluster* yaitu *cluster 0* memiliki anggota sebanyak 14 data soal, *cluster 1* memiliki anggota sebanyak 13 data soal, *cluster 2* memiliki anggota sebanyak 7 data soal.



Gambar 6. Tampilan Hasil Cluster (Description)

Berdasarkan hasil pengujian data sampel pada Aplikasi Manajemen Ujian CBT Universitas Baiturrahmah dan RapidMiner, dapat disimpulkan bahwa implementasi pada aplikasi dan perhitungan menggunakan RapidMiner menghasilkan hasil yang serupa. Hal ini dapat dibuktikan dengan merujuk pada Tabel Hasil Pengujian Perhitungan Manual, Aplikasi RapidMiner, dan Implementasi Aplikasi Ujian CBT.

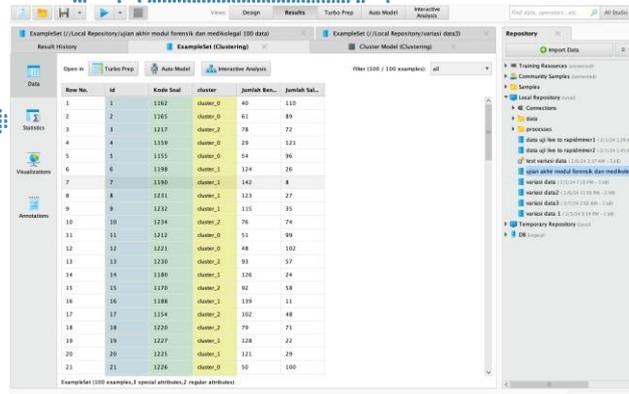
Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Perhitungan Manual, Aplikasi *Rapidminer* dan Implementasi Aplikasi Ujian CBT

Rumus Manual		
Cluster	Anggota Kode Soal	Jumlah Soal
Soal mudah	1153,1159,1163,1162,1135,1152,1187	7
Soal sulit	1234,1202,1145,1223,1171,1230,1158,1213,1138,1179,1205,1143,1177	13
Soal sangat sulit	1147,1184,1168,1207,1227,1233,1148,1186,1216,1188,1190,1209,1192,1181	14
Software RapidMiner		
Cluster	Anggota Kelompok	Jumlah Soal
Soal Sulit	1234,1202,1145,1223,1171,1230,1158,1213,1138,1179,1205,1143,1177	13
Soal mudah	1153,1159,1163,1162,1135,1152,1187	7
Soal sangat sulit	1147,1184,1168,1207,1227,1233,1148,1186,1216,1188,1190,1209,1192	14
Implementasi Aplikasi		
Cluster	Anggota Kelompok	Jumlah Soal
Soal sangat sulit	1147,1148,1168,1181,1184,1186,1188,1190,1192,1207,1209,1216,1227,1233	14
Soal sulit	1234,1145,1171,1202,1223,1230,1138,1158,1179,1213,1143,1205,1177	13
Soal mudah	1135,1152,1153,1159,1162,1163,1187	7

Berdasarkan Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa hasil pengujian menggunakan metode *K-Means Clustering* pada RapidMiner dan implementasi di aplikasi ujian CBT menunjukkan bahwa jumlah anggota pada setiap *cluster* sama, dan kode anggota soal pada setiap *cluster* memiliki nilai yang sama.

3.3.1. Pengujian Data Berdasarkan Salah Satu Hasil Ujian Menggunakan RapidMiner

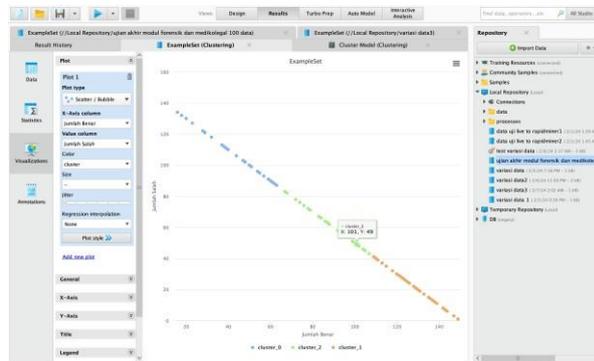
Setelah data sampel diuji dan menghasilkan *cluster* yang sama, selanjutnya dengan metode yang sama seperti pengujian data sampel, dilakukan pengujian dengan seluruh data soal yang berjumlah 100. Hasil pengujian terdapat pada Gambar 7. berikut.



Item No.	Id	Kode Soal	cluster	Jumlah Ben.	Jumlah Sal.
1	1	1161	cluster_0	40	110
2	2	1165	cluster_0	61	89
3	3	1217	cluster_2	78	72
4	4	1159	cluster_0	29	123
5	5	1155	cluster_0	54	96
6	6	1198	cluster_1	124	26
7	7	1190	cluster_1	142	8
8	8	1231	cluster_1	123	27
9	9	1232	cluster_1	115	35
10	10	1234	cluster_2	76	74
11	11	1212	cluster_0	51	99
12	12	1221	cluster_0	48	102
13	13	1250	cluster_2	63	127
14	14	1380	cluster_1	126	24
15	15	1370	cluster_2	62	58
16	16	1388	cluster_1	119	11
17	17	1354	cluster_2	102	48
18	18	1220	cluster_2	70	71
19	19	1227	cluster_1	118	22
20	20	1225	cluster_1	121	29
21	21	1226	cluster_0	50	100

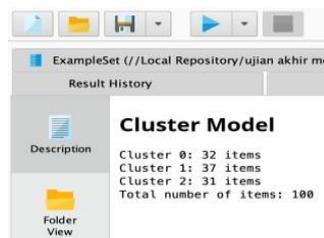
Gambar 7. Tampilan Hasil Cluster (Example Set 100 Data Soal)

Selanjutnya, pada *Plot View*, dapat dilihat grafik hasil pengelompokan atau *Clustering* dari seluruh data. Tampilan *Plot View* dari seluruh data dapat ditemukan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Hasil Cluster (Plot View)

Pada *Cluster Model*, tampilan *Description* menunjukkan hasil pengelompokan dan jumlah anggota kluster. Gambar 9 menampilkan *Description* untuk seluruh data (100 soal).



Gambar 9. Tampilan Hasil Cluster (Text View 100 Data Soal)

3.3.2. Pengujian Data Berdasarkan Salah Satu Hasil Ujian Menggunakan Aplikasi ujian CBT

Selanjutnya, dilakukan pengujian menggunakan data yang sama pada aplikasi ujian CBT yang telah menggunakan metode *K-Means Clustering*, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Hasil Proses *Clustering*

Dari Gambar 10, hasil proses klusterisasi pada aplikasi ujian CBT menunjukkan keseragaman jumlah anggota dalam setiap kluster dan persamaan kode soal di tiap kluster.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari uraian pada bab-bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan algoritma *K-Means Clustering* didapatkan pengetahuan baru (*knowledge*) dari soal-soal ujian pada aplikasi ujian CBT Universitas Baiturrahmah. Menggunakan metode *Clustering* pada soal-soal ujian berdasarkan jumlah jawaban benar dan jumlah jawaban salah yang dijawab peserta ujian menjadi lebih efisien dan lebih efektif, maka soal-soal ujian dapat di bedakan menjadi beberapa kelompok - kelompok soal mudah, kelompok soal sedang dan kelompok soal sulit. Dengan adanya laporan berbentuk grafik chart dapat membuat admin lebih mudah melakukan analisa lebih lanjut pada soal-soal yang tergolong sulit dan soal yang tergolong mudah, tentunya layanan pelaporan pada akademik akan lebih cepat.

Daftar Pustaka

- [1] F. Mulianingsih, K. Anwar, F. A. Shintasiwi, And A. J. Rahma, “Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Sosial Institut Agama Islam Negeri Kudus Artificial Intelligence Dengan Pembentukan Nilai Dan Karakter Di Bidang Pendidikan,” 2020. [Online]. Available: [Http://Journal.Stainkudus.Ac.Id/Index.Php/Ijtimaia](http://Journal.Stainkudus.Ac.Id/Index.Php/Ijtimaia)
- [2] M. Petrus Saptono And H. F. Widjasena, “Sekolah Berbasis Komputer Atau Computer Based Test (Cbt) Di Smk Negeri 1 Kabupaten Sorong.”
- [3] S. N. Safitri, Haryono Setiadi, And E. Suryani, “Educational *Data Mining* Using *Cluster Analysis* Methods And Decision Trees Based On Log Mining,” Jurnal Resti (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi), Vol. 6, No. 3, Pp. 448–456, Jul. 2022, Doi: 10.29207/Resti.V6i3.3935.
- [4] W. Sudrajat, I. Cholid, And J. Petrus, “Penerapan Algoritma *K-Means Clustering* Untuk Pengelompokan Umkm menggunakan Rapidminer,” P. 27.
- [5] Z. Mustakim And R. Kamal, “*K-Means Clustering* For Classifying The Quality Management Of Secondary Education In Indonesia,” Cakrawala Pendidikan, Vol. 40, No. 3, Pp. 725–737, Oct. 2021, Doi: 10.21831/Cp.V40i3.40150.
- [6] Y. N. Dewi, H. Rianto, C. Budihartanti, And F. W. Fibriany, “Penerapan Metode *K-Means* Dalam Menentukan Kelompok Pendalaman Materi Ujian Nasional,” Journal Of Information System, Applied, Management, Accounting And Research, Vol. 6, No. 1, P. 26, Feb. 2022, Doi: 10.52362/Jisamar.V6i1.670.
- [7] R. Nurfalah, Dwiza Riana, And Anton, “Identifikasi Citra Beras Menggunakan

- Algoritma Multi-Svm Dan *Neural Network* Pada Segmentasi *K-Means*,” Jurnal Resti (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi), Vol. 5, No. 1, Pp. 55–62, Feb. 2021, Doi: 10.29207/Resti.V5i1.2721.
- [8] R. S. D. Wijaya, Adiwijaya, Andriyan B. Suksmono, And Tati Lr Mengko, “Segmentasi Citra Kanker Serviks Menggunakan Markov Random Field Dan Algoritma *K-Means*,” Jurnal Resti (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi), Vol. 5, No. 1, Pp. 139–147, Feb. 2021, Doi: 10.29207/Resti.V5i1.2816.
- [9] N. A. Maori, “Metode Elbow Dalam Optimasi Jumlah *Cluster* Pada *K-Means Clustering*,” Jurnal Simetris, Vol. 14, 2023.
- [10] Zulkifli N, “Efektivitas Pelaksanaan Ujian Semester Menggunakan Computer Based *Test*,” 2022.
- [11] A. Riandy Augusta, “Development Of Learning Outcomes Assessment Instruments Using Computer Based *Test* (Cbt),” 2022.
- [12] K. H. Chun Et Al., “Novel Innovative Computer-Based *Test* (Inno-Cbt) Item Types For National Licensing Examinations For Health Care Professionals,” BMC Med Educ, Vol.23, No. 1, P. 560, Aug. 2023, Doi: 10.1186/S12909-023-04444-5.
- [13] S. Huh, “Application Of The Computer-Based *Testing* In Korean Medical Licensing Examination, The Emergence Of A Metaverse In Medical Education, Journal Metrics And Statistics, And Appreciation To Reviewers And Volunteers,” Journal Of Educational Evaluation For Health Professions, Vol. 19. Korea Health Personnel Licensing Examination Institute, 2022. Doi: 10.3352/Jehp.2022.19.2.