

WEBSITE REKOMENDASI DAN KLASIFIKASI LAGU MENGGUNAKAN METODE WEIGHTED K-NEAREST NEIGHBOR

Caroline Wili Harto ¹⁾, Viny Christanti Mawardi ²⁾, Novario Jaya Perdana ³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, 11440, Indonesia

¹⁾caroline.535190032@stu.untar.ac.id, ²⁾viny@fti.untar.ac.id, ³⁾novariojp@fti.untar.ac.id

ABSTRACT

As the years went by, music has become one of the most evolving aspects of human history. There is a load of musical development around the globe, especially in music genres. Due to these differences and developments, a design was created to be able to make song recommendations according to the genre types and classifications of music or song. The data that is processed as training data is in the form of song metadata with various music features sourced from Spotify. Song recommendations are performed using the Euclidean Distance calculation between musical features or songs, while song classification is carried out using the Weighted K-Nearest Neighbor (WKNN) method calculation through audio wave type file analysis which then takes the musical features and calculates them based on the existing song or music data. The end result of this process is the genre class label. There is also a classification evaluation calculation using a confusion matrix. With the design of this system, it is hoped that the user will be able to search for song recommendations that have similarities to the song chosen by the user and classify genres according to the user's input song.

Key words

Classification, Euclidean Distance, Music, Recommendation, WKNN

1. Pendahuluan

Perkembangan zaman mempengaruhi berbagai unsur kehidupan yang berkaitan dengan pola perilaku manusia dimulai dari bidang ekonomi, sosial, budaya, pendidikan, hingga bidang kesenian. Salah satu bidang kesenian yang dapat terlihat perkembangannya secara pesat adalah seni musik. Seorang ahli musik, Miller (2003), menyatakan musik sebagai adaptasi kompleks dari kehidupan manusia, di mana tidak ada satu pun budaya di dalam periode waktu mana pun yang tercatat dalam sejarah tidak ada perkembangan musik [1]. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa eksistensi musik sendiri tidak dapat dipisahkan dalam budaya sehari-hari masyarakat di seluruh dunia.

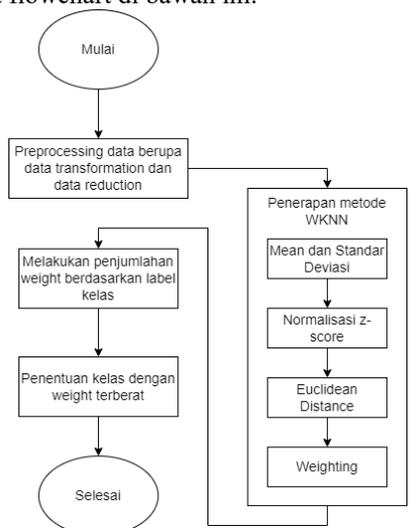
Seiring waktu, musik berkembang dan menghasilkan banyak kategori. Dengan adanya keragaman tersebut, diperlukan suatu metode untuk melakukan klasifikasi agar dapat mempermudah klasifikasi lagu yang sesuai dengan kategori musik yang ada di dunia. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan klasifikasi ini adalah dengan menggunakan metode Weighted K-Nearest Neighbor (WKNN). WKNN merupakan algoritma supervised learning yang dapat menentukan baik klasifikasi, regresi, maupun pencarian berdasarkan data yang ada [2]. Kriteria yang akan diambil adalah berdasarkan danceability, energy, key, loudness, mode, speechiness, acousticness, instrumentality, liveness, valence, dan tempo. Alasan pemilihan kriteria ini adalah karena untuk rekomendasi lagu dapat dilakukan penyocokan dari seluruh komponen penentu musik atau lagu oleh karena keberagaman genre itu sendiri, sedangkan untuk klasifikasi musik atau lagu akan digunakan beberapa kriteria seperti tempo, mode, loudness, dan energi dari musik atau lagu, yakni beberapa fitur yang dapat diekstrak menggunakan library yang berada pada bahasa pemrograman python.

Hasil akhir dari penerapan metode ini adalah dengan pembuatan website musik yang dikembangkan menggunakan platform Outsystems. Outsystems merupakan salah satu perangkat lunak dengan konsep low code yang kemudian dikembangkan dengan mengombinasikan Artificial Intelligence (AI), teknologi Cloud, dan juga pemodelan visual [3]. Pengembangan dan pembuatan website ini akan sangat berguna bagi pengguna dengan menyajikan visualisasi yang mudah dimengerti oleh orang awam (yang tidak mengerti bahasa pemrograman) sehingga pengguna dapat mengakses pencarian dengan mudah menurut interface yang akan dirancang pada website tersebut. Diharapkan dengan adanya perancangan website ini, pengguna dapat melakukan pencarian dan mendapatkan rekomendasi lagu yang sesuai dengan item lagu yang telah dipilih oleh pengguna. Selain itu, diharapkan pula semua lagu atau musik yang dimasukkan dapat diketahui jenis kelas genre sesuai dengan file lagu atau musik tersebut.

2. Dasar Teori

2.1 Sistem yang Dirancang

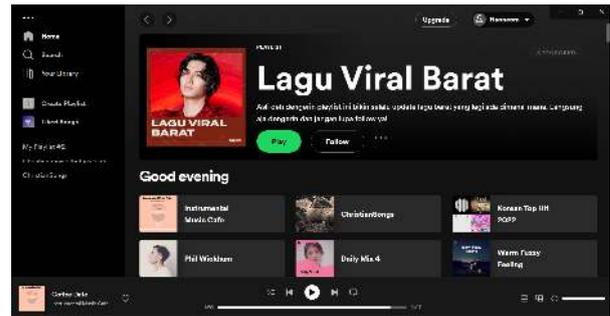
Sistem ini dirancang menggunakan metode WKNN yang akan dikemas dalam suatu aplikasi berbasis web, yaitu aplikasi untuk mencari, melakukan klasifikasi, ataupun mengetahui kemiripan antar satu item dengan item yang lain. Perancangan ini menggunakan platform Outsystems. Hasil dari implementasi ini berupa website musik, di mana pengguna dapat melihat dan mencari lagu sesuai keinginan. Setelah salah satu item musik di klik, maka akan muncul halaman untuk menampilkan dan memutar musik tersebut, kemudian terdapat juga rekomendasi lagu-lagu yang memiliki similarity terhadap lagu yang dipilih pengguna. Proses ini akan terus dilakukan dan diperbaharui ketika pengguna mencari atau menekan item musik lainnya. Terdapat pula proses klasifikasi ketika user melakukan pengunggahan musik dalam bentuk file wave. Proses WKNN akan dilakukan sehingga akan keluar hasil output berupa klasifikasi berdasarkan genre dari lagu. Selain itu dari sisi admin akan ada halaman untuk melakukan perubahan pada keterangan lagu-lagu atau musik yang sudah dimasukkan. Ada pula alur program yang dapat dilihat pada flowchart di bawah ini.



Gambar 1. Flowchart Diagram Proses Klasifikasi

2.2 Spotify

Spotify adalah salah satu aplikasi musik yang dapat diakses melalui aplikasi berbasis web atau mobile yang dapat dinikmati oleh pengguna di seluruh dunia. Aplikasi ini memudahkan pengguna untuk mengakses musik atau lagu yang diperbaharui setiap periode tertentu. Aplikasi ini juga memiliki beberapa fitur seperti fitur pencarian, pemutaran lagu, deskripsi lagu, dan kategori lagu. Berikut merupakan tampilan antarmuka aplikasi Spotify.

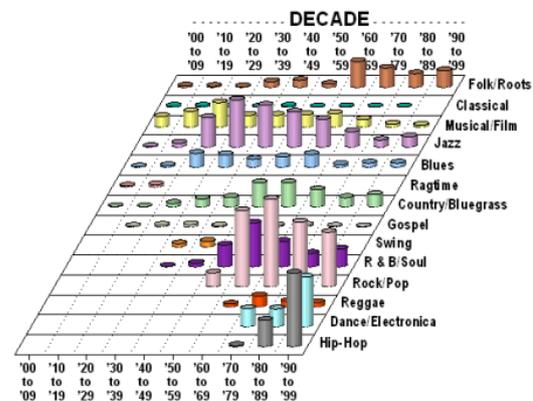


Gambar 2. Aplikasi Spotify
(Sumber: Spotify, <https://open.spotify.com/>, tanggal akses 15 September 2022)

Dari aplikasi Spotify, terdapat beberapa atribut yang menjadi penentu sebuah lagu atau musik. Beberapa atribut umum tersebut adalah title, artist, genre, year released, added, bpm, energy, dance, dB, live, valence, duration, acoustic, speech, pop, top year, artist type, dan lain sebagainya. Maka dari itu, akan ditentukan beberapa kolom data yang akan diambil dan diproses dengan metode WKNN dengan basis metadata.

2.3 Genre dalam Musik atau Lagu

Genre merupakan salah satu komponen penentu yang lazim digunakan untuk membedakan musik atau lagu. Seiring dengan perkembangan zaman, genre musik berkembang menjadi banyak genre yang beragam. Untuk itu dilakukan pelabelan kelas sesuai dengan 14 genre besar (induk) yang dapat dilihat pada gambar berikut.

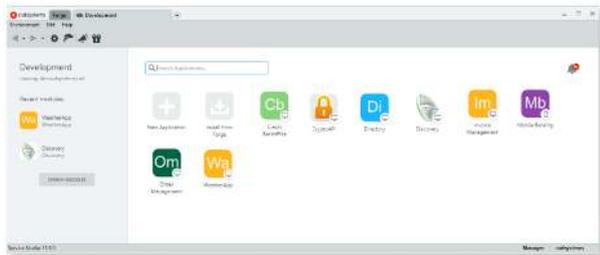


Gambar 3. Induk Genre Musik
(Sumber: Goldstandardsonglist, About the Gold Standard Song List's 14 Genres (Excerpted from How Music REALLY Works!, 2ndEdition), https://www.goldstandardsonglist.com/images_General/Ch_2_Fig_3.gif, tanggal akses 19 Oktober 2022)

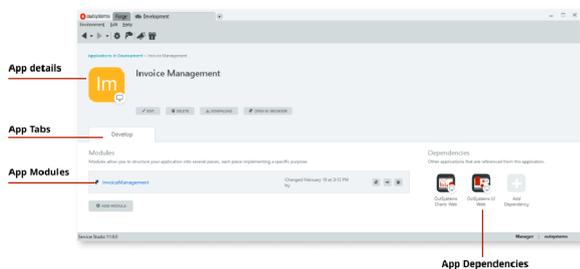
2.4 Outsystems

Outsystems adalah salah satu platform pengembangan aplikasi cepat yang sangat fleksibel dalam melakukan pembuatan, integrasi, menjalankan, dan pengaturan aplikasi untuk berbagai perangkat hingga dapat di publish ke App Store dan Google Play. Outsystems adalah platform low-code yang menyediakan inovasi sejak tahun 2001 yang memiliki fitur-fitur yang dilengkapi dengan AI (Artificial

Intelligence) yang memungkinkan developer untuk mempersingkat siklus pengembangan dan meluncurkan aplikasi baru. Outsystems juga merupakan aplikasi omnichannel yang berarti dapat dihubungkan dengan berbagai macam aplikasi lainnya.[4] Berikut merupakan environment Outsystems.

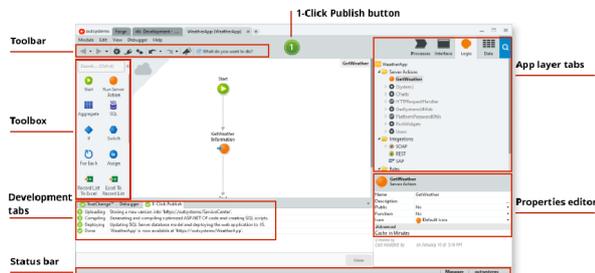


Gambar 4. Tangkapan Layar Interface Outsystems



Gambar 5. Detail Interface Outsystems

(Sumber: Outsystems, Service Studio Overview, https://success.outsystems.com/Documentation/11/Getting_Started/Service_Studio_Overview, tanggal akses 19 Oktober 2022)



Gambar 6. Workspace Interface Outsystems

(Sumber: Outsystems, Service Studio Overview, https://success.outsystems.com/Documentation/11/Getting_Started/Service_Studio_Overview, tanggal akses 19 Oktober 2022)

2.5 Weighted K-Nearest Neighbor

Weighted K-Nearest Neighbor (WKNN) adalah suatu metode supervised learning yang artinya hasil dari metode ini berdasarkan pola antara hasil masuk dan hasil keluar dari data. Supervised learning bisa dilakukan pada data yang sudah memiliki label kelas data yang jelas sehingga dapat digunakan untuk klasifikasi maupun regresi. Seperti yang telah diketahui sebelumnya, WKNN ini merupakan perkembangan dari KNN. Langkah-langkah untuk melakukan metode ini juga serupa dengan KNN. Akan tetapi yang membedakan ialah WKNN menggunakan rumus weight agar k tidak

sensitif terhadap outlier (hasil akurasi tidak dipengaruhi oleh banyaknya k) [5].

Dalam tahapan pengerjaannya, metode WKNN memiliki beberapa langkah algoritma sebagai berikut.

1. Menentukan data latih dan data uji yang akan digunakan.
2. Menentukan nilai k untuk diproses.
3. Normalisasi data. Dapat digunakan berbagai jenis perhitungan normalisasi seperti min max, z-score, dan sebagainya.
4. Menghitung jarak antara satu komponen dengan komponen data lainnya. Dapat digunakan berbagai macam perhitungan seperti Manhattan Distance, Minkowsky Distance, Euclidean Distance, atau Chebychev Distance.
5. Menghitung bobot dengan rumus weight.
6. Menjumlahkan bobot data sesuai dengan label kelas yang telah ditentukan.
7. Menetapkan label kelas terhadap data baru sesuai dengan bobot terbesar.

Ada pula beberapa tahapan rumus yang digunakan dalam sistem rekomendasi dan klasifikasi. Berikut merupakan beberapa tahapan rumus yang digunakan dalam rancangan ini.

1. Mean

Salah satu perhitungan yang dilakukan dalam metode WKNN adalah dengan menghitung rata-rata (mean) dari data yang ada. Perhitungan ini dilakukan pada setiap kolom yang diambil untuk melakukan proses klasifikasi atau regresi. Berikut merupakan rumus mean [6].

$$m = \frac{\sum x}{n} \tag{1}$$

Keterangan:

$\sum x$ = penjumlahan seluruh data x
 n = banyak data

2. Standar Deviasi

Setelah melakukan perhitungan rata-rata, setiap kolom data juga dihitung standar deviasi untuk menghitung ukuran persebaran data di sekitar nilai rata-rata. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung standar deviasi [7].

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - m)^2}{n}} \tag{2}$$

Keterangan:

S = standar deviasi
 m = mean atau rata-rata
 x = nilai dari dataset
 N = banyak datapoint

3. Z-Score

Z-score merupakan salah satu perhitungan normalisasi data. Biasanya digunakan dalam menormalisasikan nilai data agar hasil perhitungan lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan nilai awal data tersebut. Berikut merupakan perhitungan menggunakan z-score [8].

$$Z = \frac{x-m}{s} \tag{3}$$

Keterangan:

Z = z-score

x= nilai observasi

m= mean atau rata-rata

S = standar deviasi

4. Euclidean Distance

Nilai euclidean distance berguna untuk menghitung jarak antar data dengan data input yang akan dicari. Meskipun terdapat banyak perhitungan jarak, akan tetapi biasanya yang lazim digunakan dalam menghitung distance pada KNN adalah menggunakan euclidean distance. Berikut merupakan rumus dari Euclidean distance [9].

$$dis = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{2i})^2 + (y_{1i} - y_{2i})^2 + \dots} \tag{4}$$

Keterangan:

dis= jarak euclidean

n= dimensi dari data

x= datapoint dari dataset

y= datapoint baru yang akan diprediksi

5. Weight

Selanjutnya dilakukan perhitungan weight. Perhitungan bobot ini dapat dilakukan dengan rumus sederhana sebagai berikut [10].

$$w = 1/dis \tag{5}$$

Keterangan:

w= bobot

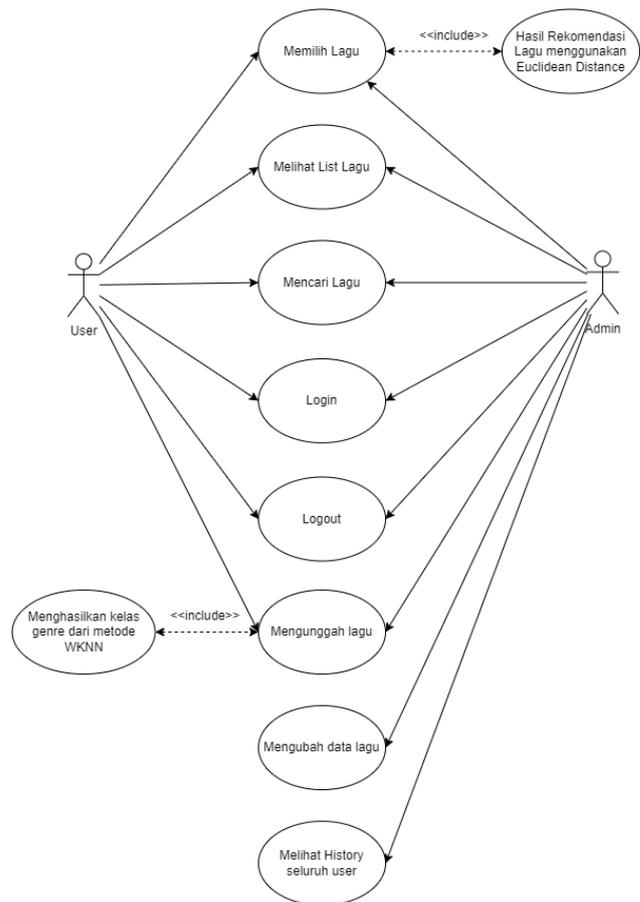
dis = jarak

3. Rancangan dan Pembuatan

Ada pula rancangan sistem yang akan digunakan selama perancangan dibuat. Rancangan sistem yang akan dibahas pada rancangan ini akan dibuat dalam rupa use case diagram, flowchart, dan concept data relation beserta dengan penjelasannya.

1. Use Case Diagram

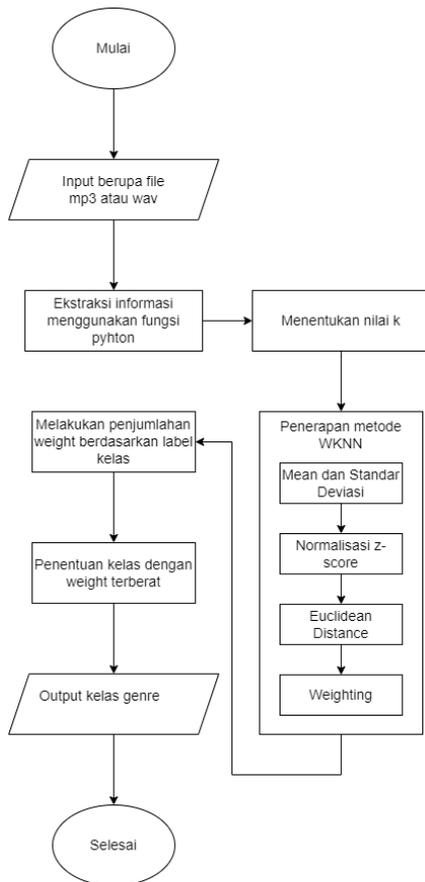
Terdapat 2 macam user yang akan menggunakan aplikasi web ini. User pertama merupakan pengguna aplikasi yang dapat melakukan login atau registrasi akun, pencarian, melihat lagu, memilih lagu, dan mendengarkan lagu. Terdapat pula user kedua yaitu admin. Admin dapat melakukan hal yang sama dengan user pertama. Yang membedakan antara user biasa dengan admin adalah admin dapat melihat seluruh list dan melakukan pengunggahan serta perbaikan data lagu sesuai dengan input yang akan dimasukkan oleh admin. Rancangan use case diagram ini dapat dilihat pada gambar berikut.



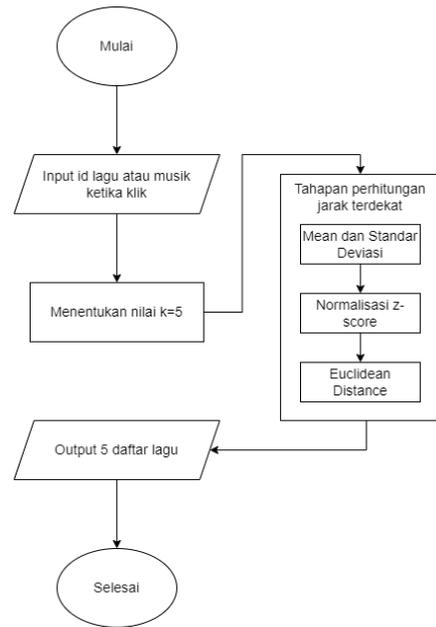
Gambar 7. Use Case Diagram

2. Flowchart

Alur proses (flowchart) yang digunakan dalam sistem ini digambarkan dalam 2 proses. Proses pertama adalah proses rekomendasi data yang dilakukan dari sisi pengguna pertama, yaitu pemakai aplikasi web musik. Flowchart yang kedua adalah alur proses dari sisi pengguna kedua, yaitu admin dalam melakukan proses pengunggahan. Seluruh flowchart ini dapat dilihat pada gambar berikut.



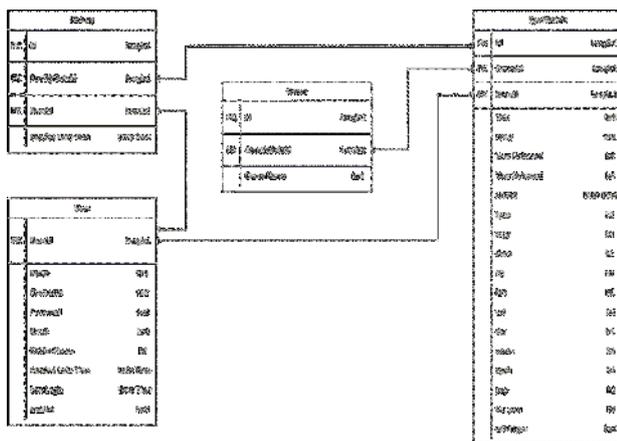
Gambar 8. Flowchart Diagram Klasifikasi WKNN



Gambar 9. Flowchart Diagram Rekomendasi

3. Concept Data Relation

Concept data relation menunjukkan relasi antar data dari beberapa tabel data yang akan digunakan di dalam rancangan. Terdapat 5 tabel data yang akan digunakan pada rancangan ini. Pertama adalah tabel user, di mana tabel ini akan digunakan untuk proses registrasi atau login, serta mengetahui primary key dari setiap user yang dapat digunakan untuk berelasi dengan tabel lainnya. Tabel-tabel yang berelasi dengan tabel user ini adalah tabel History dan Tabel Spotify Data. Tabel History akan di update ketika user menekan salah satu item lagu yang dipilih (based on click). Tabel ini digunakan untuk melakukan tracking history lagu yang diakses oleh user untuk melakukan rekomendasi lagu dan menyimpan data lagu. Ada pula tabel SpotifyData dan Genre yang digunakan untuk menyimpan seluruh data lagu yang tersedia. Tabel ini merupakan tabel yang digunakan dalam seluruh proses web baik dari pengunggahan maupun rekomendasi data daftar lagu atau musik. Concept data relation ini dapat dilihat pada gambar berikut.

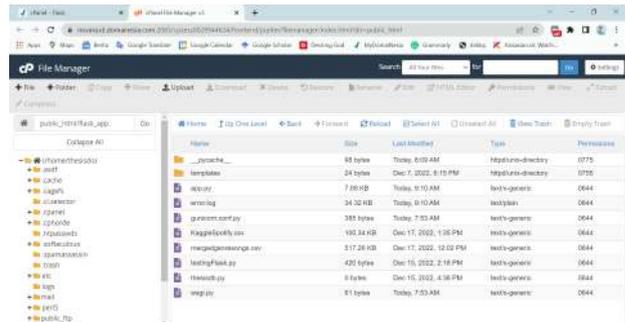


Gambar 10. Concept Data Relation

4. Hasil Percobaan

Hasil dari penerapan metode klasifikasi WKNN ini adalah berupa kelas genre. Kelas genre ini dihasilkan melalui pendekatan $k=5$ dan hasil perhitungan weight. Pembuatan sistem yang telah dirancang dilakukan melalui Pycharm dan CPanel Domainsia.

Pada laman CPanel, terdapat folder yang dapat digunakan sebagai penyimpanan atau link API telah dibuat rute melalui bahasa pemrograman flask. Pada laman utama folder, terdapat dataset dari Spotify dan app.py. App.py berisi seluruh code yang dijalankan oleh sistem agar dapat dilakukan sebagai link API untuk dihubungkan ke environment Outsystems. Tampilan CPanel dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Environment CPanel

Beberapa modul yang telah berhasil dibuat melalui adalah sebagai berikut.

1. Modul Register

Modul ini merupakan halaman yang akan diarahkan saat pengguna pertama kali mengakses web. Pada halaman ini, pengguna diwajibkan untuk mengisi beberapa *field* yang diperlukan sebagai data diri pengguna. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 12. Modul Register

2. Modul Login

Modul ini serupa dengan modul register. Perbedaan antara kedua modul ini adalah pengguna hanya perlu memasukkan email dan *password* yang telah terdaftar dari halaman registrasi. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 13. Modul Login

3. Modul Home

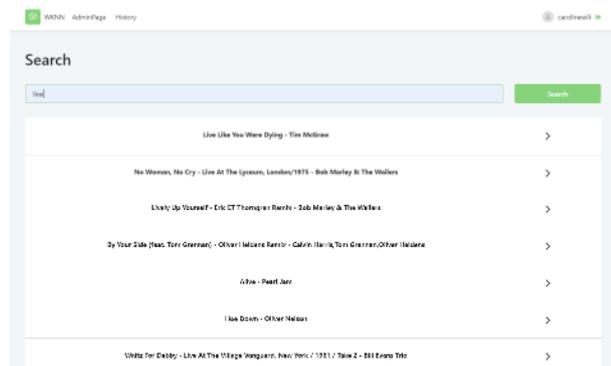
Modul ini merupakan halaman utama dari *website* yang akan dibuat. Di dalam halaman *home* terdapat *daftar* lagu yang dapat di pilih pengguna dan kolom pencarian yang memungkinkan pengguna agar dapat mencari lagu sesuai preferensi masing-masing individu. Terdapat juga daftar lagu yang telah atau sudah pernah diakses oleh pengguna. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 14. Modul Home

4. Modul Search

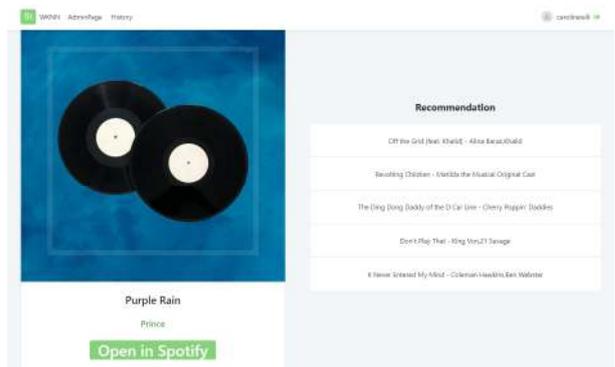
Modul ini merupakan halaman *search*, di mana pengguna yang telah menekan kolom pencarian di halaman *home* akan di *redirect* ke halaman ini. Pengguna dapat melakukan pencarian melalui *field* yang akan disediakan dan memilih lagu berdasarkan hasil pencarian yang telah dilakukan dalam halaman ini dalam bentuk daftar. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 15. Modul Search

5. Modul Detail

Modul ini merupakan halaman detail yang akan muncul apabila pengguna telah memilih lagu yang akan dicari kemiripannya. Telah terjadi perhitungan dengan metode WKNN berdasarkan kriteria yang telah ditentukan dalam tabel. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 16. Modul Detail

6. Modul Admin

Modul ini merupakan halaman admin yang hanya dapat diakses oleh user dengan role admin. Pada modul ini, dapat dilakukan perubahan data lagu dan melihat history dari seluruh user yang telah melakukan pencarian klasifikasi. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 17. Modul Admin

7. Modul Similarity

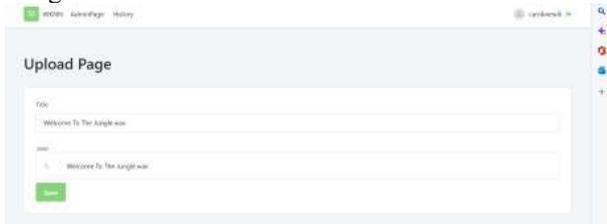
Modul ini merupakan modul yang akan dijalankan pada server. Modul ini berisi metode perhitungan hingga tahap perhitungan Euclidean distance yang terletak pada halaman detail. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.



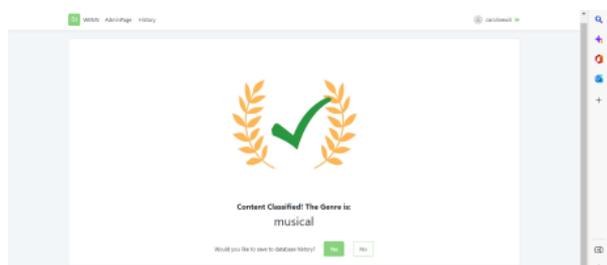
Gambar 18. Modul Similarity

8. Modul Klasifikasi

Modul ini merupakan modul yang akan dijalankan pada API. Dapat dilakukan mengunggahan lagu berupa file wave pada aplikasi web yang kemudian akan diproses melalui metode WKNN untuk dilakukan pencarian kelas genre dari lagu atau musik yang diunggah. Gambar halaman pada modul ini dapat dilihat sebagai berikut.

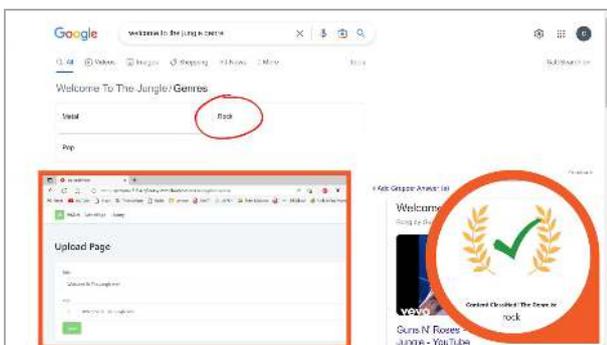


Gambar 19. Modul Klasifikasi Upload



Gambar 20. Modul Klasifikasi Hasil

Telah dilakukan pula pengujian secara langsung yang dibandingkan dengan hasil pencarian genre lagu melalui pencarian google. Berikut merupakan salah satu contoh gambar hasil pencarian google dibandingkan dengan hasil klasifikasi dari aplikasi yang telah dibuat.



Gambar 21. Perbandingan hasil klasifikasi dengan mesin pencarian

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, telah dilakukan beberapa percobaan dari seluruh dataset menggunakan confusion matrix. Berikut merupakan hasil tabel dari confusion matrix sesuai dengan pembagian data training dan data testing berdasarkan genre dimulai dari 90-10, 70-30, dan 50-50.

Tabel 1. Confusion Matrix 90-10

	precision	recall	f1-score	support
0	0.25	0.20	0.22	10
1	0.36	0.36	0.36	14
2	0.48	0.61	0.54	18
3	0.00	0.00	0.00	5
4	0.27	0.25	0.26	12
5	0.36	0.50	0.42	8
6	0.55	0.90	0.68	20
7	0.00	0.00	0.00	8
8	0.00	0.00	0.00	5
9	0.00	0.00	0.00	8
10	0.77	0.68	0.72	34
11	0.41	0.33	0.37	21
12	0.14	0.08	0.11	12
13	0.33	0.12	0.18	8
accuracy			0.41	183

Tabel 2. Confusion Matrix 70-30

	precision	recall	f1-score	support
0	0.09	0.15	0.11	27
1	0.15	0.20	0.17	35
2	0.39	0.62	0.48	48
3	0.07	0.05	0.05	22
4	0.22	0.26	0.24	27
5	0.42	0.54	0.47	26
6	0.55	0.67	0.60	60
7	0.06	0.03	0.04	37
8	0.12	0.12	0.12	24
9	0.25	0.15	0.19	33
10	0.62	0.58	0.60	84
11	0.45	0.39	0.42	59
12	0.17	0.07	0.10	41
13	0.06	0.04	0.05	26
accuracy			0.34	549

Tabel 3. Confusion Matrix 50-50

	precision	recall	f1-score	support
0	0.12	0.25	0.17	48
1	0.15	0.18	0.16	56
2	0.42	0.63	0.50	83
3	0.08	0.09	0.08	35
4	0.17	0.16	0.17	56
5	0.37	0.52	0.43	44
6	0.58	0.73	0.65	100
7	0.09	0.06	0.07	52
8	0.08	0.06	0.07	52
9	0.27	0.12	0.17	56
10	0.64	0.65	0.64	136
11	0.47	0.31	0.37	88
12	0.17	0.09	0.12	65
13	0.07	0.05	0.06	44
accuracy			0.35	915

5. Kesimpulan dan Saran

Terdapat kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perancangan aplikasi berbasis web yang dapat dilihat pada poin sebagai berikut.

1. Pembuatan aplikasi berbasis web sudah berjalan dengan baik. Telah diterapkan metode untuk klasifikasi genre menggunakan metode Weighted KNN dan rekomendasi lagu atau musik menggunakan metode Euclidean Distance.
2. Pembuatan aplikasi berbasis web memudahkan user dalam melakukan klasifikasi genre lagu dengan cara menunggah file wave audio yang kemudian diproses pada API melalui server Domainsia yang dikelola melalui CPanel.
3. Evaluasi confusion matrix yang terbaik adalah dengan menggunakan pembagian 90% dan 10% untuk data training dan data testing. Hal ini menandakan bahwa semakin banyak data yang tersimpan untuk diproses, semakin besar pula akurasi hasil klasifikasi kelas genre sesuai dengan label genre yang tersedia.
4. Perancangan web sudah memenuhi harapan yang telah disusun pada bagian rancangan antarmuka.

Ada pula beberapa saran yang dapat diperhatikan untuk perancangan aplikasi selanjutnya.

1. Dataset yang digunakan dapat dikembangkan dan diperhatikan keseimbangan datanya agar tidak terjadi imbalanced data ketika melakukan proses perhitungan metode.
2. Pengambilan data lagu dapat diambil binary data foto setiap lagu agar tampilan lebih bervariasi.
3. Dapat dilakukan perancangan aplikasi dengan klasifikasi lainnya, seperti klasifikasi tempo, emosi, dan lain sebagainya.

REFERENSI

- [1] Peretz, I. and Zatorre, R. J., *The cognitive neuroscience of music*, (New York: Oxford University Press (OUP) Oxford, 2003), h. 4.
- [2] Harrison, Onel., [Machine Learning Basics with the K-Nearest Neighbors Algorithm](https://towardsdatascience.com/machine-learning-basics-with-the-k-nearest-neighbors-algorithm-6a6e71d01761), <https://towardsdatascience.com/machine-learning-basics-with-the-k-nearest-neighbors-algorithm-6a6e71d01761>, tanggal akses 14 September 2022.
- [3] Suherman, B., dan Samosir, R. S., "Pembangunan Sistem Informasi Kredit Pemilikan Rumah pada Lembaga Keuangan XYZ". [KALBISIANA Jurnal Sains, Bisnis dan Teknologi](#), Vol. 8, Nomor 2 ,(2020), h. 2016-2033.
- [4] Alexander, Forsyth., [What Can You Build With Low-Code?](https://www.outsystems.com/blog/posts/what-can-you-build-with-low-code/), <https://www.outsystems.com/blog/posts/what-can-you-build-with-low-code/>, tanggal akses 15 September 2022.
- [5] Khan, Mohd Saeed., [What is weighted KNN and how does it work](https://medium.com/@mohdsaeed.khan25/what-is-weighted-knn-and-how-does-it-work-aa8e461fd5d7), <https://medium.com/@mohdsaeed.khan25/what-is-weighted-knn-and-how-does-it-work-aa8e461fd5d7>, tanggal akses 15 September 2022
- [6] Pram, Hanif., [Rumus Mean Modus Median](https://www.pinhome.id/blog/mean-median-modus/), <https://www.pinhome.id/blog/mean-median-modus/>, tanggal akses 19 Oktober 2022
- [7] Rumus Statistik, [Varian dan Standar Deviasi \(Simpangan Baku\)](https://www.rumusstatistik.com/2013/07/varian-dan-standar-deviasi-simpangan.html#:~:text=Standar%20deviasi%20(simpangan%20baku)%20merupakan,juga%20nilai%20ukuran%20yang%20lain.,), [https://www.rumusstatistik.com/2013/07/varian-dan-standar-deviasi-simpangan.html#:~:text=Standar%20deviasi%20\(simpangan%20baku\)%20merupakan,juga%20nilai%20ukuran%20yang%20lain.](https://www.rumusstatistik.com/2013/07/varian-dan-standar-deviasi-simpangan.html#:~:text=Standar%20deviasi%20(simpangan%20baku)%20merupakan,juga%20nilai%20ukuran%20yang%20lain.), tanggal akses 19 Oktober 2022

- [8] Kho, Dickson., [Rumus Z Score dan Cara Menghitung Z Score](https://teknikelektronika.com/rumus-z-score-dan-cara-menghitung-z-score/), <https://teknikelektronika.com/rumus-z-score-dan-cara-menghitung-z-score/>, tanggal akses 19 Oktober 2022
- [9] Lazwardi, Riad Taufik., [4 Cara Menghitung Jarak Dan Algoritma KNN](https://belajarkalkulus.com/clustering-part-iii/), <https://belajarkalkulus.com/clustering-part-iii/>, tanggal akses 19 Oktober 2022
- [10] Syam'ani, [How Inverse Distance Weighted \(IDW\) Works](https://ppiig.ulm.ac.id/wp-content/uploads/2019/02/How-Inverse-Distance-Weighted-Works.pdf), <https://ppiig.ulm.ac.id/wp-content/uploads/2019/02/How-Inverse-Distance-Weighted-Works.pdf>, tanggal akses 19 Oktober 2022.

Caroline Wili Harto, mahasiswa di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara, Jakarta.

Viny Christanti M., M.Kom, memperoleh gelar S.Kom melalui penempuhan ilmu di Universitas Tarumanagara, Jakarta tahun 2004 dan gelar M.Kom melalui penempuhan ilmu di Universitas Indonesia, Depok tahun 2008. Saat ini bekerja sebagai Staf Pengajar Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara, Jakarta.

Novario Jaya Perdana, memperoleh gelar S.Kom melalui penempuhan ilmu di ITS tahun 2011 dan M.T. melalui penempuhan ilmu di Universitas Indonesia tahun 2016. Saat ini bekerja sebagai Staf Pengajar Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara, Jakarta.