

Laporan Tugas Besar II

IF2123 ALJABAR LINEAR DAN GEOMETRI



Kelompok 01 - Geprek Mumbul

Muhammad Raihan Nazhim Oktana	13523021
Muhammad Luqman Hakim	13523044
Muhammad Izzat Jundy	13523092

Institut Teknologi Bandung
2024

Daftar Isi

Daftar Isi	2
Daftar Gambar	3
Deskripsi Masalah	4
Pemrosesan Suara dan Gambar	4
Information Retrieval	5
Album Picture Finder - Principal Component Analysis	5
Teori Singkat	7
Pemrosesan Gambar	7
Pemrosesan Suara	7
Analisis Komponen Utama	7
Perhitungan Kemiripan	8
Arsitektur Frontend dan Backend	10
Arsitektur Frontend	10
Arsitektur Backend	10
Proses Interaksi Frontend dengan Backend	10
Kesimpulan Arsitektur	10
Eksperimen	11
Eksperimen Database	11
Eksperimen Picture Finder	13
Eksperimen Sound Finder	14
Kesimpulan	15
Kesimpulan	15
Saran dan Refleksi	15
Lampiran	16
Referensi	16
Tautan Repository	17
Tautan Video	17

Daftar Gambar

Gambar 1. Shazam sebagai aplikasi audio retrieval system	4
Gambar 2. Tampilan Awal Menambahkan Database Berhasil	11
Gambar 3. Tampilan Saat Menambahkan Database Berhasil	11
Gambar 4. Tampilan Awal Menambahkan Database Gagal	11
Gambar 5. Tampilan Saat Menambahkan Database Gagal	11
Gambar 6. Tampilan Database Saat Ada Data Di Database	12
Gambar 7. Tampilan Database Saat Database Kosong	12
Gambar 8. Tampilan Pencarian Database Sukses	12
Gambar 9. Tampilan Pencarian Database Gagal	13
Gambar 10. Tampilan Query Gambar Album Ditemukan Persis	13
Gambar 11. Tampilan Query Gambar Album Tidak Ditemukan Persis	13
Gambar 12. Tampilan Query Gambar Album Tidak Ditemukan Mirip	14
Gambar 13. Tampilan Query Suara Lagu Ditemukan Persis	14
Gambar 14. Tampilan Query Suara Lagu Tidak Ditemukan Persis	15
Gambar 15. Tampilan Query Suara Lagu Tidak Ditemukan Mirip	15

Deskripsi Masalah

Pemrosesan Suara dan Gambar

Suara selalu menjadi hal yang paling penting dalam kehidupan manusia. Manusia berbicara mengeluarkan suara dan mendengarkan suatu suara untuk diresap ke otak dan mencari informasi dari suara tersebut. Suara juga bisa dijadikan orang-orang di dunia ini sebuah media untuk membuat karya seni. Contohnya adalah alat mendeteksi lagu. Manusia bisa mendeteksi suara dengan menggunakan indera pendengar dan memberikan kesimpulan akan apa jenis suara tersebut melalui respon dari otak. Sama seperti manusia, teknologi juga bisa mendeteksi suara dan memberikan jawaban mereka melalui algoritma-algoritma yang beragam bahkan bisa melebihi kapabilitas manusia. Dengan menggunakan algoritma apapun, konsep dari pendeteksi dan interpretasi suara itu bisa juga disebut dengan sistem temu balik suara atau bisa disebut juga dengan *audio retrieval system*. Banyak aplikasi yang menggunakan konsep sistem temu balik contohnya adalah Shazam.



Gambar 1. Shazam sebagai aplikasi *audio retrieval system*

Selain suara, manusia juga memiliki penglihatan sebagai salah satu inderanya dan bisa melihat warna dan gambar yang bermacam-macam. Teknologi komputasi juga memiliki kapabilitas yang sama dan bisa melihat gambar sama seperti kita, tetapi teknologi seperti ini juga bisa merepresentasikan gambar tersebut sebagai beragam-ragam angka yang bisa disebut juga fitur. Tahun ke tahun, *image processing* selalu menjadi fokus utama dari tugas besar 2 Algeo. Algoritma yang digunakan adalah Eigenvalue, Cosine Similarity, Euclidean Distance, dll.

Anda sudah melewati Tugas Besar 1 yaitu tentang matriks dan implementasi terhadap berbagai hal. Matriks adalah salah satu komponen yang penting dalam aplikasi aljabar vektor. Di dalam Tugas Besar 2 ini, anda diminta untuk membuat semacam aplikasi Shazam yaitu sebuah aplikasi yang meminta input lagu dan aplikasi tersebut mendeteksi apa nama dari lagu tersebut dan beberapa detail lainnya. Pada tugas besar ini, anda akan menggunakan aljabar vektor untuk mencari perbandingan antar satu audio dengan audio yang lain. Anda akan menggunakan konsep

yang bernama *Music Information Retrieval* atau MIR untuk mencari dan mengidentifikasi suara berdasarkan fitur-fitur yang dimilikinya. Tidak hanya itu, anda juga akan menggunakan konsep Principal Component Analysis (PCA) untuk mencari kumpulan audio melalui deteksi wajah berbagai orang (anggap saja mereka sebagai seorang penyanyi).

Information Retrieval

Information Retrieval adalah konsep meminta informasi dari sebuah data dengan memasukkan data tertentu. Pada tugas besar ini, anda akan berlutik dengan 2 jenis Information Retrieval. *Image Retrieval* dan *Music Information Retrieval*. *Image Retrieval* adalah konsep untuk memasukkan sebuah input gambar dan berharap mendapatkan gambar yang ada di data sesuai dengan informasi dan perhitungan yang diinginkan. Sedangkan *Music Information Retrieval* (MIR) adalah konsep untuk memasukkan sebuah input audio dan berharap mendapatkan audio yang ada di data sesuai dengan informasi dan perhitungan yang diinginkan. Pada tugas besar kali ini, kalian akan mengimplementasikan *Image Retrieval* dengan menggunakan Principal Component Analysis dan *Music Information Retrieval* dengan menggunakan humming.

Album Picture Finder - Principal Component Analysis

Setiap audio pastinya memiliki gambar albumnya sendiri masing-masing. Terkadang kita lebih mengingat suatu visual dibandingkan nama dari lagu itu sendiri. Untuk memudahkan pengguna yang hanya memiliki gambar dari suatu album, maka dibutuhkan album finder dengan menggunakan teknik Principal Component Analysis (PCA).

Sebelum implementasi PCA, jangan lupa untuk memasukkan pemetaan nama audio dengan nama gambar yang bersangkutan, gunakan file .txt atau .json untuk melakukan pemetaan audio dengan gambar yang bersangkutan. Gunakan kreativitas anda untuk memetakan audio dengan gambar tersebut.

```
mapper.txt
```

```
-----
```

```
audio_file pic_name
audio_1.mid pic_1.png
audio_2.mid pic_2.png
audio_3.mid pic_3.png
audio_4.mid pic_4.png
.
.
```

```
mapper.json
```

```
-----
```

```
[
  {
    "audio_file": audio_1.mid,
    "pic_name": pic_1.png
  },
  {
    "audio_file": audio_2.mid,
    "pic_name": pic_2.png
  },
  {
    "audio_file": audio_3.mid,
    "pic_name": pic_3.png
  },
  {
    "audio_file": audio_4.mid,
    "pic_name": pic_4.png
  }
]
```

Principal Component Analysis (PCA) adalah teknik statistik yang digunakan untuk mereduksi dimensi data dengan tetap mempertahankan sebanyak mungkin informasi yang ada. PCA mengubah data berdimensi tinggi menjadi beberapa dimensi yang lebih kecil, disebut principal components, tanpa kehilangan esensi atau pola utama dalam data tersebut. Hasil data yang didapatkan dari PCA ini akan berupa eigenvector dan proyeksi data.

Teori Singkat

Pemrosesan Gambar

Pada program ini, hanya intensitas setiap piksel pada gambar saja yang diperhatikan, tanpa memperhitungkan informasi warna pada setiap gambar. Untuk mengubah nilai RGB menjadi intensitas, digunakan rumus berikut.

$$I(x, y) = 0.2989 R(x, y) + 0.5870 G(x, y) + 0.1140 B(x, y)$$

Data dari sebuah gambar ini kemudian diratakan (*flatten*) menjadi sebuah vektor baris.

Pemrosesan Suara

Pada program ini, terdapat tiga ukuran yang digunakan untuk menghitung kemiripan suara, yaitu

1. Absolute Tone Based (ATB): nilai dari nada yang dimainkan.
2. Relative Tone Based (RTB): selisih antara dua nada yang dimainkan berurutan.
3. First Tone Based (FTB): selisih antara nada pertama dan nada yang dimainkan.

Ketiga metode ini masing-masing menghasilkan sebuah histogram yang merepresentasikan suara lagu yang dimainkan. Untuk ATB, panjang histogram adalah 128, karena terdapat 128 not pada format MIDI. Sementara frekuensi histogram adalah panjang not yang dimainkan dalam satuan ketukan/*beat*. Untuk RTB dan FTB panjang histogram adalah 256, karena terdapat 256 nilai selisih nada yang mungkin. Sementara frekuensi histogram adalah banyak kemunculan transisi not berjarak tertentu.

Histogram-histogram tersebut kemudian dimampatkan menjadi histogram dengan panjang 13 untuk mempercepat perhitungan dengan nilai rata-rata frekuensi sebagai bin tengah dari histogram. Untuk not yang berada di luar dari rentang tersebut, dilakukan akumulasi untuk ATB, dan diabaikan untuk RTB dan FTB.

Agar data lagu dapat dicocokkan dengan kueri yang berisi potongan lagu, satu data lagu tidak diproses secara sekaligus, tetapi digunakan metode *sliding window* untuk mencocokkan bagian lagu dengan kueri. Lebar dari jendela tersebut adalah 20 ketukan dan jarak pergeseran antara satu langkah jendela dengan langkah berikutnya adalah 4 ketukan. Sehingga satu lagu atau kueri dapat menghasilkan lebih dari satu histogram untuk setiap metode. Hasil kemiripan antara dua potongan lagu adalah rata-rata (mean) dari kemiripan ATB, RTB, dan FTB.

Analisis Komponen Utama

Dalam statistika, analisis komponen utama (disingkat AKU; bahasa Inggris: principal component analysis/PCA) adalah teknik yang digunakan untuk menyederhanakan suatu data, dengan cara mentransformasi data secara linier sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan varians maksimum. Analisis komponen utama dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. Analisis komponen utama

juga sering digunakan untuk menghindari masalah multikolinearitas antar peubah bebas dalam model regresi berganda.

Cara paling umum untuk melakukan AKU adalah dengan metode kovarian. Jika diketahui kumpulan N data berisi p variabel, data tersebut dapat disusun menjadi N vektor baris x_1, x_2, \dots, x_N . Susun kumpulan vektor tersebut menjadi sebuah matriks X berukuran $N \times p$. Dari kumpulan vektor tersebut dapat dihitung rata-rata dari setiap variabel,

$$u_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij}.$$

Kemudian, lakukan mean-centering pada vektor-vektor X untuk membentuk matriks X' yang elemen-elemennya adalah

$$x'_{ij} = x_{ij} - u_j$$

Cari kovarian dari matriks X' tersebut beserta dekomposisi SVD-nya.

$$\frac{1}{N} X'^T X' = C = U \Sigma U^T$$

Ambil k vektor eigen dengan nilai singular tertinggi dari matriks kovarian tersebut dan proyeksikan seluruh data terhadap vektor-vektor eigen tersebut.

$$Z = X' U_k$$

Perhitungan Kemiripan

Terdapat dua metode yang digunakan pada program ini untuk menghitung kemiripan dari dua buah data, yaitu Metode Jarak Euclid (Euclidean Distance) dan Metode Kemiripan Cosinus (Cosine Similarity). Kedua metode ini memiliki sifat dan kegunaan yang berbeda.

Metode Jarak Euclid mengukur kemiripan dengan jarak Euclidean antara dua vektor. Semakin dekat jaraknya, semakin mirip kedua vektor tersebut. Sehingga, metode ini dapat digunakan untuk vektor apapun. Akan tetapi, karena metode ini hanya memperhitungkan jarak, nilai kemiripan dari vektor berupa sebuah bilangan riil dalam rentang $[0, \infty)$. Pada program ini, metode ini digunakan untuk menghitung kemiripan antara gambar.

Sementara itu, Metode Kemiripan Cosinus mengukur kemiripan dengan “sudut” antara dua vektor. Lebih tepatnya, metode ini mengukur perbandingan antara perkalian titik dari kedua vektor dan hasil kali dari norm kedua vektor tersebut. Semakin kecil sudutnya, semakin mirip kedua vektor tersebut. Akibatnya, metode lebih cocok digunakan untuk pasangan vektor dengan norm yang sama. Nilai kemiripan dari vektor berupa sebuah bilangan riil dalam rentang $[-1, 1]$. Pada kali ini, metode ini digunakan untuk menghitung kemiripan antara suara.

Untuk kedua kasus, data kueri diolah dengan cara yang sama dengan data yang tersedia pada basis data. Pada data tersebut dilakukan mean-centering dan proyeksi terhadap vektor eigen yang sudah dipilih.

$$q' = (q - \mu)U_k$$

Untuk Metode Jarak Euclid, rumus kemiripan sebuah data z' dengan data kueri q' adalah

$$d(z', q') = ||z' - q'||$$

Sementara untuk Metode Kemiripan Cosinus, rumus kemiripannya adalah

$$d(z', q') = \frac{z' \cdot q'}{||z'|| ||q'||}$$

Arsitektur Frontend dan Backend

Arsitektur Frontend

Pada website ini, bagian front-end bertanggung jawab untuk antarmuka pengguna (UI) dan interaksi langsung dengan pengguna. Front-end dibangun menggunakan teknologi HTML, CSS, dan JavaScript.

Arsitektur Backend

Bagian back-end bertanggung jawab untuk logika aplikasi dan pengelolaan data. Flask digunakan sebagai framework back-end dalam aplikasi ini, dan menggunakan Python untuk menjalankan logika server-side.

Proses Interaksi Frontend dengan Backend

Pada aplikasi ini, interaksi antara front-end dan back-end terjadi melalui request HTTP. Berikut adalah gambaran alur kerjanya:

1. Pengguna mengakses aplikasi melalui browser. Flask akan memproses request tersebut dan merender halaman HTML menggunakan template Jinja2.
2. Ketika pengguna mengirimkan input, misalnya melalui formulir login atau pendaftaran, data tersebut akan dikirimkan ke back-end menggunakan metode POST. Flask akan memproses data tersebut di server (misalnya, memeriksa kredensial pengguna) dan mengembalikan response sesuai dengan hasilnya.

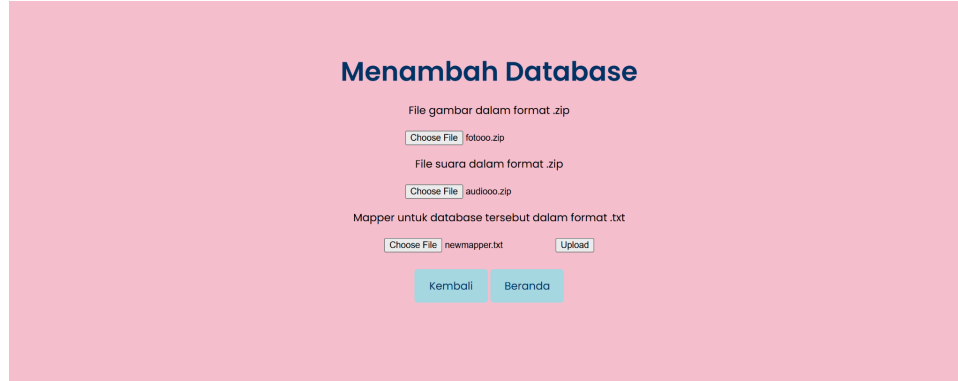
Kesimpulan Arsitektur

Arsitektur website ini dibangun dengan pemisahan yang jelas antara front-end dan back-end. Front-end menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript untuk memberikan antarmuka pengguna yang interaktif dan responsif, sementara back-end menggunakan Flask dan Python untuk menangani logika aplikasi dan pengelolaan data. Interaksi antara keduanya dilakukan melalui HTTP request dan response.

Eksperimen

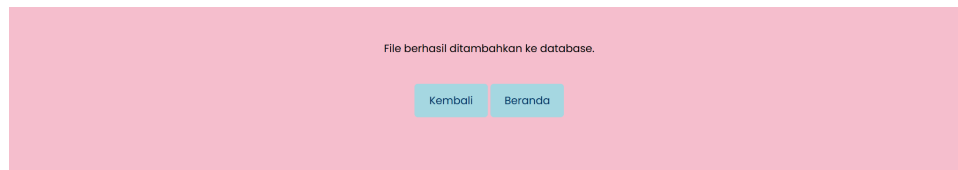
Eksperimen Database

1. Test Case 1 (Mengupload Zip Database - Sukses) :



The screenshot shows a web form titled "Menambah Database". It contains three sections for file uploads: "File gambar dalam format .zip" with a "Choose File" button and the filename "fotooo.zip"; "File suara dalam format .zip" with a "Choose File" button and the filename "audiooo.zip"; and "Mapper untuk database tersebut dalam format .txt" with a "Choose File" button and the filename "newmapper.txt", followed by an "Upload" button. At the bottom are two blue buttons: "Kembali" and "Beranda".

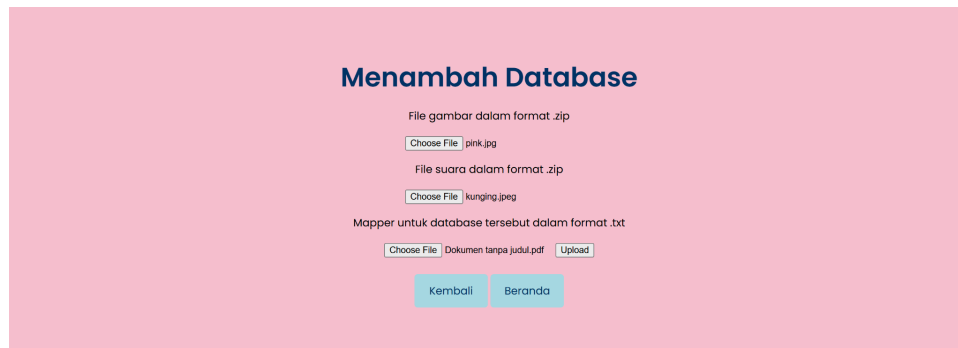
Gambar 2. Tampilan Awal Menambahkan Database Berhasil



The screenshot shows a success message: "File berhasil ditambahkan ke database." Below the message are two blue buttons: "Kembali" and "Beranda".

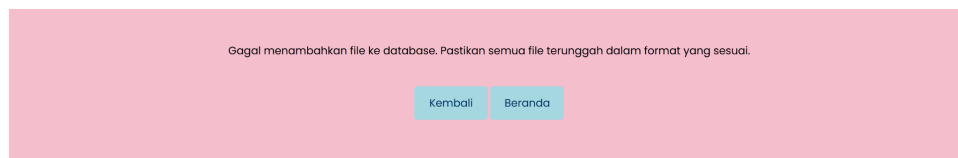
Gambar 3. Tampilan Saat Menambahkan Database Berhasil

2. Test Case 2 (Mengupload Zip Database - Gagal) :



The screenshot shows the same "Menambah Database" form. In this instance, the file names are "pink.jpg" for the image, "kuning.jpeg" for the audio, and "Dokumen tanpa judul.pdf" for the mapper. The "Upload" button is present, but the files are not in the required zip format.

Gambar 4. Tampilan Awal Menambahkan Database Gagal



The screenshot shows an error message: "Gagal menambahkan file ke database. Pastikan semua file terunggah dalam format yang sesuai." Below the message are two blue buttons: "Kembali" and "Beranda".

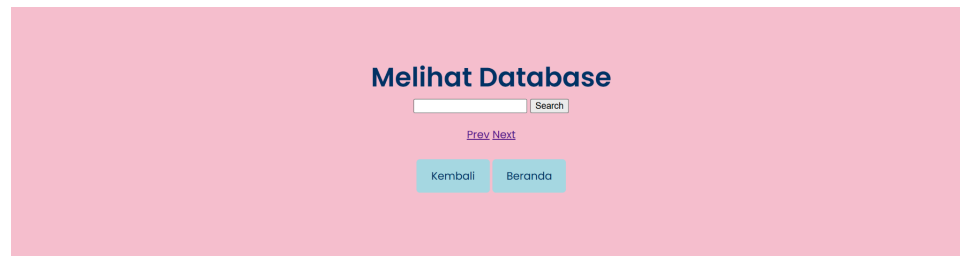
Gambar 5. Tampilan Saat Menambahkan Database Gagal

3. Test Case 3 (Melihat Database - Ada Database) :



Gambar 6. Tampilan Database Saat Ada Data Di Database

4. Test Case 4 (Melihat Database - Tidak Ada Database) :



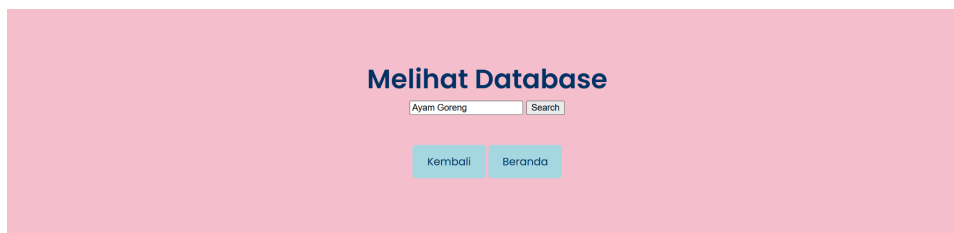
Gambar 7. Tampilan Database Saat Database Kosong

5. Test Case 5 (Searching Database - Ditemukan) :



Gambar 8. Tampilan Pencarian Database Sukses

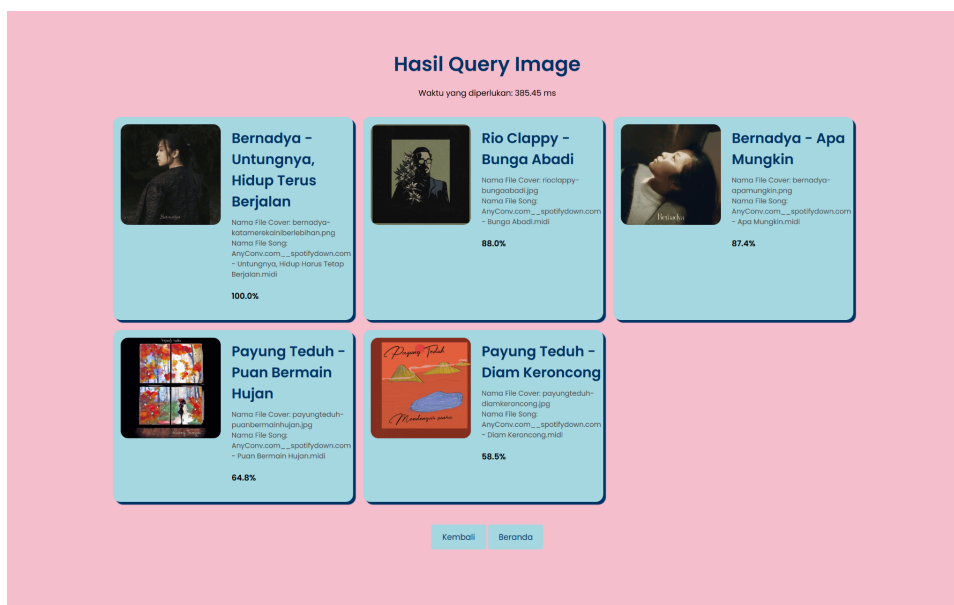
6. Test Case 6 (Searching Database - Tidak Ditemukan) :



Gambar 9. Tampilan Pencarian Database Gagal

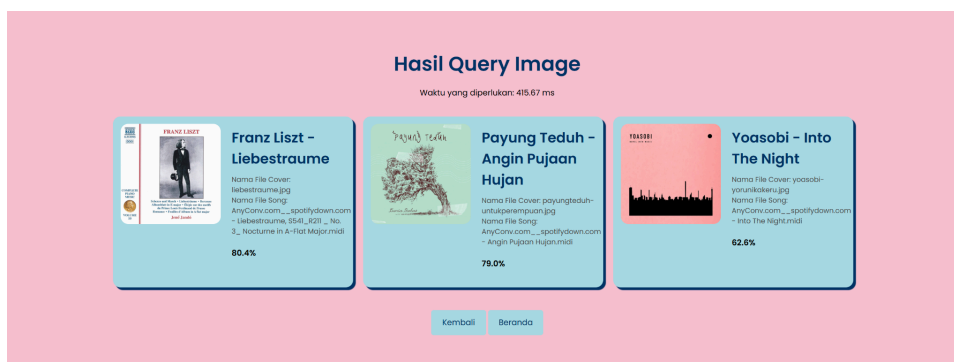
Eksperimen Picture Finder

1. Test Case 1 (Gambar Album - Ditemukan Persis) :



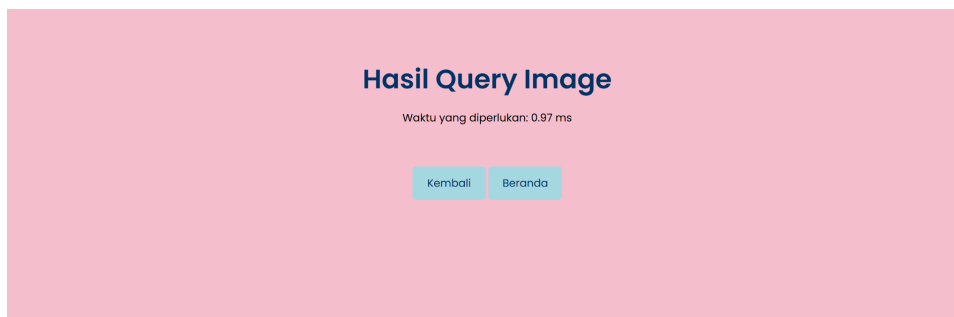
Gambar 10. Tampilan Query Gambar Album Ditemukan Persis

2. Test Case 2 (Gambar Album - Tidak Ditemukan Persis) :



Gambar 11. Tampilan Query Gambar Album Tidak Ditemukan Persis

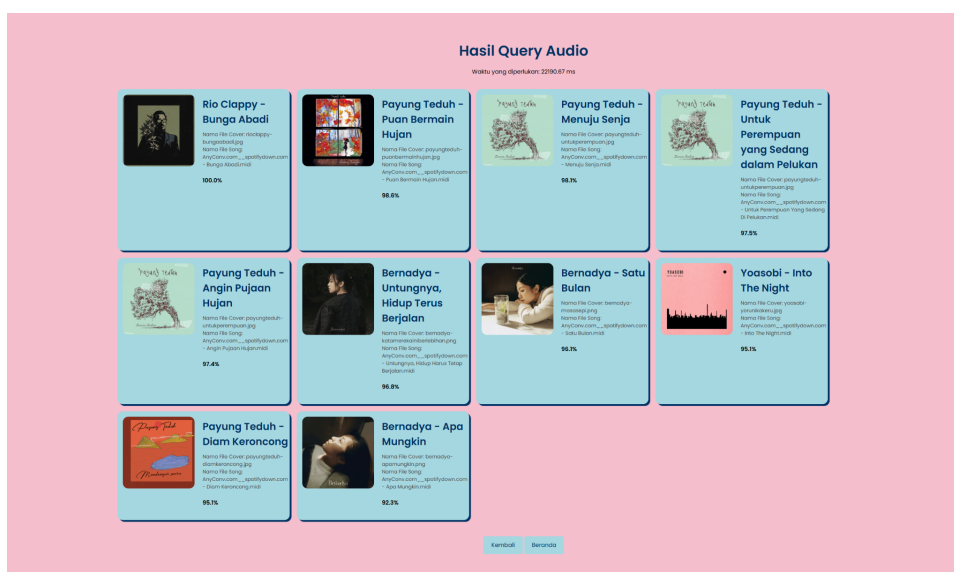
3. Test Case 3 (Gambar Album - Tidak Ditemukan Mirip) :



Gambar 12. Tampilan Query Gambar Album Tidak Ditemukan Mirip

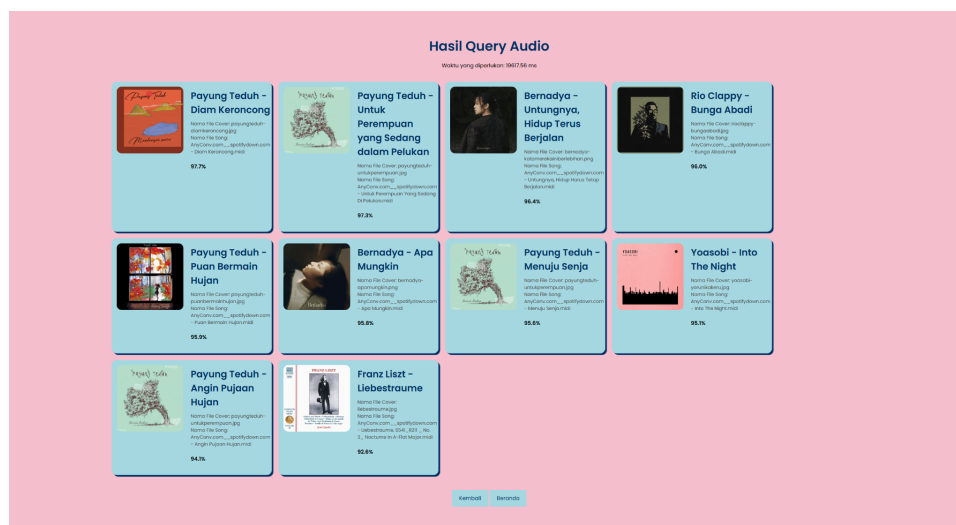
Eksperimen Sound Finder

1. Test Case 1 (Suara - Ditemukan Persis) :



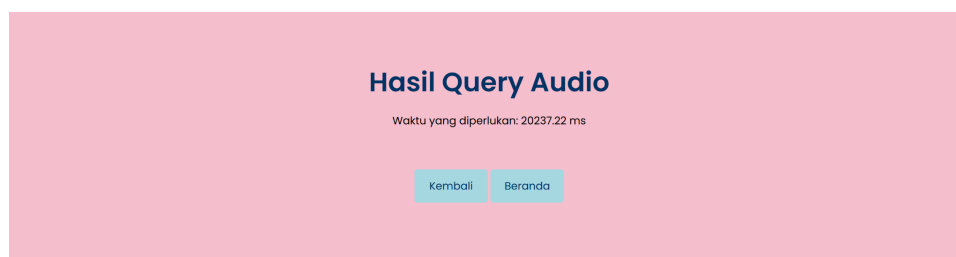
Gambar 13. Tampilan Query Suara Lagu Ditemukan Persis

2. Test Case 2 (Suara - Tidak Ditemukan Persis) :



Gambar 14. Tampilan Query Suara Lagu Tidak Ditemukan Persis

3. Test Case 3 (Suara - Tidak Ditemukan Mirip) :



Gambar 15. Tampilan Query Suara Lagu Tidak Ditemukan Mirip

Kesimpulan

Kesimpulan

Mata kuliah IF2123 Aljabar Linear dan Geometri memberikan pemahaman mendalam tentang berbagai metode penyelesaian permasalahan yang rumit terkait matriks. Pemahaman tersebut berisikan materi-materi tentang nilai-nilai eigen, vektor eigen, serta singular value decomposition (SVD) yang terdapat pada matriks.

Kami juga mengimplementasikan konsep-konsep tersebut dalam program menggunakan bahasa pemrograman, pada tubes kali ini Python, yang mampu menyelesaikan berbagai permasalahan seperti album picture finder serta sound finder. Tak hanya itu, kami juga belajar untuk membuat website yang terkait dengan hal itu menggunakan framework FLASK yang menggunakan bahasa HTML - CSS - Javascript - Python.

Saran dan Refleksi

1. Pengerjaan tubes sebaiknya lebih jauh dari deadline sehingga hasil lebih maksimal.
2. Pengecekan test case dan eksperimen juga sebaiknya dilakukan jauh dari deadline.
3. Koordinasi dan kerjasama antar anggota bisa lebih dimanfaatkan dan ditingkatkan.

Lampiran

Referensi

1. Tim Asisten IF2123 Algeo. (2024). Spesifikasi Tugas Besar 2 IF2123 Algeo 2024/2025. <https://docs.google.com/document/d/13qCaJJtmTyNFSrAvUT6BRVtRclOYFUHCVGsXvg3DU00/edit>
2. Informatika.stei.itb.ac.id. (2024). Nilai Eigen dan Vektor Eigen (Bagian 1). <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-19-Nilai-Eigen-dan-Vektor-Eigen-Bagian1-2023.pdf>
3. Informatika.stei.itb.ac.id. (2024). Nilai Eigen dan Vektor Eigen (Bagian 2). <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-20-Nilai-Eigen-dan-Vektor-Eigen-Bagian2-2023.pdf>
4. Informatika.stei.itb.ac.id. (2024). Singular Value Decomposition (SVD) (Bagian 1). <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-21-Singular-value-decomposition-Bagian1-2023.pdf>
5. Informatika.stei.itb.ac.id. (2024). Singular Value Decomposition (SVD) (Bagian 1). <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-22-Singular-value-decomposition-Bagian2-2023.pdf>

Tautan Repository

<https://github.com/izzatjundy/Algeo02-23021>

Tautan Video

<https://www.youtube.com/watch?v=h5hE46RsDN4>