

IF2123 Aljabar Linear dan Geometri

**APLIKASI ALJABAR LINEAR DAN GEOMETRI DALAM SISTEM  
TEMU BALIK SUARA DAN GAMBAR**

**Laporan Tugas Besar 2**

Disusun untuk memenuhi tugas mata kuliah Aljabar Linear dan Geometri pada Semester 1  
(satu) Tahun Akademik 2024/2025



**Oleh**

<b>Andi Farhan Hidayat</b>	<b>13523128</b>
<b>Ahmad Syafiq</b>	<b>13523135</b>
<b>Muhammad Aulia Azka</b>	<b>13523137</b>

**Kelompok Nomar Kopi**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG  
BANDUNG  
2024**

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b>	<b>2</b>
<b>BAB 1</b>	<b>3</b>
<b>DESKRIPSI MASALAH</b>	<b>3</b>
<b>BAB 2</b>	<b>4</b>
<b>TEORI SINGKAT</b>	<b>4</b>
2.1 Sistem Temu Balik Suara (MIR)	4
2.2 Image Retrieval dengan Principal Component Analysis (PCA)	4
2.3 Query by Humming	6
<b>BAB 3</b>	<b>8</b>
<b>ARSITEKTUR</b>	<b>8</b>
<b>BAB 4</b>	<b>8</b>
<b>EKSPERIMEN</b>	<b>8</b>
<b>BAB 5</b>	<b>8</b>
5.1. Kesimpulan	8
5.2. Saran	9
5.3. Komentar	9
5.4. Refleksi	9
<b>LAMPIRAN</b>	<b>10</b>

## **BAB 1**

### **DESKRIPSI MASALAH**

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*.

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.

Sebagai contoh aplikasi praktis, dalam Tugas Besar 2 Aljabar Linier dan Geometri, penulis mengembangkan perangkat lunak berbasis web. Perangkat lunak ini dirancang untuk menyelesaikan permasalahan - permasalahan yang berkaitan dengan *Music Information Retrieval* atau MIR untuk mencari dan mengidentifikasi suara berdasarkan fitur-fitur yang dimilikinya. Perangkat lunak ini juga menerapkan konsep Principal Component Analysis (PCA) untuk mencari kumpulan audio melalui deteksi wajah berbagai orang (anggap saja mereka sebagai seorang penyanyi).

## BAB 2

### TEORI SINGKAT

#### 2.1 Sistem Temu Balik Suara (MIR)

Sistem Temu Balik Suara adalah ilmu interdisipliner yang bertujuan untuk menganalisis, memproses, dan mengambil informasi dari data musik digital. Sistem MIR digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pencarian musik berdasarkan suara (query by humming), genre classification, dan pengelompokan musik berdasarkan karakteristik akustik.

MIR memanfaatkan kombinasi algoritma pemrosesan sinyal digital, machine learning, dan basis data untuk mengambil informasi relevan dari file audio. MIR memiliki beberapa proses umum. Pertama ekstraksi fitur, melibatkan analisis sinyal suara untuk menghasilkan representasi numerik (misalnya, melodi, tempo, atau spektrum frekuensi). Kedua pemrosesan Query, input suara pengguna (seperti humming) dianalisis untuk mencocokkan dengan data di database. Ketiga Pencocokan, menggunakan algoritma perbandingan fitur untuk menemukan musik yang relevan. Terakhir pengambilan hasil, musik paling cocok disajikan kepada pengguna.

#### 2.2 Image Retrieval dengan Principal Component Analysis (PCA)

Image Retrieval adalah proses pengambilan gambar berdasarkan konten visual dari basis data. PCA (Principal Component Analysis) adalah metode yang digunakan untuk mengurangi dimensi data gambar dengan tetap mempertahankan informasi penting. Terdapat 5 langkah PCA. Pertama *Image Processing and Loading*, seluruh gambar yang ada pada dataset diproses dengan cara mengubah gambar menjadi grayscale untuk mengurangi kompleksitas gambar dan membuat fokus menjadi bagian terang dan gelap gambar.

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

Selanjutnya, gambar akan diubah besarnya sehingga ukurannya sama untuk seluruh gambar. Lalu mengubah vektor grayscale pada gambar menjadi 1D untuk membuat dimensi vektor dapat dilakukan pemrosesan data.

$$I = [I_1, I_2, \dots, I_{M \cdot N}]$$

Kedua, Data Centering (Standardization), Gambar data set yang telah melalui langkah pertama distandarisasi di sekitar 0. Hitung rata - rata dari setiap gambar untuk suatu piksel.

$$\mu_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij}$$

Lalu kurangi piksel tersebut dengan rata - rata yang sudah dihitung untuk melakukan standarisasi.

$$x_{ij}' = x_{ij} - \mu_j$$

Ketiga, *PCA Computation Using Singular Value Decomposition (SVD)*, Gambar data set yang sudah melalui langkah 2 akan dilakukan perhitungan SVD untuk mencari matriks eigen vektornya. Buat matriks kovarians dari data yang sudah distandarisasi.

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

Lakukan dekomposisi nilai singular untuk mendapatkan komponen eigen vektor.

$$C = U \Sigma U^T$$

Lalu ambil k jumlah komponen utama teratas dari hasil SVD dan lakukan proyeksi gambar ke komponen utama.

$$Z = X' U_k$$

Langkah keempat, *Similarity Computation*, inti dari langkah ini adalah melakukan pencarian kesamaan dengan mencari jarak euclidean dari setiap data set dengan gambar query. Lalu melakukan pengurutan kecocokan dari yang paling tinggi. Untuk melakukan itu kita harus representasikan gambar query dalam komponen utama dengan proyeksi yang sama.

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

Kemudian, hitung jarak euclidean antara gambar query dengan semua gambar dalam data set.

$$d(q, z_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^k (q_j - z_{ij})^2}$$

Langkah terakhir, *Retrieval dan Output*, Kumpulkan gambar - gambar yang mirip dengan query.

### 2.3 Query by Humming

Ekstraksi fitur untuk sistem berbasis humming melibatkan analisis sinyal suara untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan sebagai representasi melodi. Terdapat tiga langkah utama untuk *Query by Humming*. Pertama, Pemrosesan Audio, Pemrosesan audio dalam sistem query by humming menggunakan file MIDI dengan fokus pada track melodi utama, umumnya di channel 1. Setiap file MIDI diproses menggunakan metode windowing yang membagi melodi menjadi segmen 20 - 40 beat dengan sliding window 4 - 8 beat. Proses windowing disertai normalisasi tempo dan pitch untuk mengurangi variasi yang mempertimbangkan durasi dan urutan nada, memungkinkan sistem membandingkan potongan melodi dengan database.

$$NP(note) = \frac{(note - \mu)}{\sigma}$$

Langkah kedua, Ekstraksi Fitur, ekstraksi fitur dibagi menjadi dua yaitu distribusi tone dan normalisasi. Distribusi tone diukur berdasarkan *tiga viewpoints*. Pertama, *Absolute Tone Based (ATB)*, menghitung frekuensi kemunculan setiap nada berdasarkan skala MIDI (0 - 127). Histogram yang dihasilkan memberikan gambaran distribusi absolut nada dalam data. Buat histogram dengan 128 bin, sesuai dengan rentang nada MIDI dari 0 hingga 127. Kemudian hitung frekuensi kemunculan masing - masing nada MIDI dalam data. Setelah itu, normalisasi histogram untuk mendapatkan distribusi yang terstandarisasi. Kedua, *Relative Tone Based (RTB)*, menganalisis perubahan antara nada yang berurutan, menghasilkan histogram dengan nilai dari -127 hingga +127. RTB berguna untuk memahami pola interval melodi, yang lebih relevan dalam mencocokkan humming dengan data set yang tidak bergantung pada pitch absolut. Selanjutnya, hitung selisih antara nada - nada yang berurutan dalam data. Terakhir, lakukan normalisasi pada histogram yang telah dibuat. Ketiga, *First Tone Based (FTB)*, fokus pada perbedaan antara setiap nada dengan nada pertama, menciptakan histogram yang mencerminkan hubungan relatif terhadap titik referensi awal. pendekatan ini membantu menangkap struktur relatif nada yang lebih stabil terhadap variasi pitch pengguna. Histogram dibuat dengan 255 bin, juga mencakup rentang nilai dari -127 hingga +127. Kemudian, hitung selisih antara setiap nada dalam data dengan nada pertama histogram yang dihasilkan kemudian dinormalisasi untuk menghasilkan distribusi yang seimbang. *Viewpoints* kedua, Normalisasi, memastikan bahwa semua nilai dalam histogram berada dalam skala probabilitas.

$$H_{norm} = \frac{H[d]}{\sum_d H[d]}$$

Langkah terakhir, Penghitungan Similaritas, Ubah setiap histogram menjadi sebuah vektor dan lakukan perhitungan kemiripannya menggunakan *cosine similarity*. *Cosine Similarity* adalah ukuran untuk menentukan seberapa mirip dua vektor dalam ruang berdimensi tinggi, dengan menghitung sudut cosinus di antara keduanya. Semakin kecil maka semakin mirip kedua vektor tersebut.

$$\cos(\theta) = \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{\|\mathbf{A}\| \|\mathbf{B}\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}}$$

## **BAB 3**

### **ARSITEKTUR**

#### **3.1. Front-End**

- a. Base: Next.Js App Router with Typescript
- b. State Management: Zustand
- c. UI: DaisyUI, ShadCn
- d. API Connection: Axios

#### **3.2. Back-End**

- a. Base: FastAPI
- b. Database: Supabase and Firebase Storage
- c. Database connection and validity: Supabase ORM and Pydantic

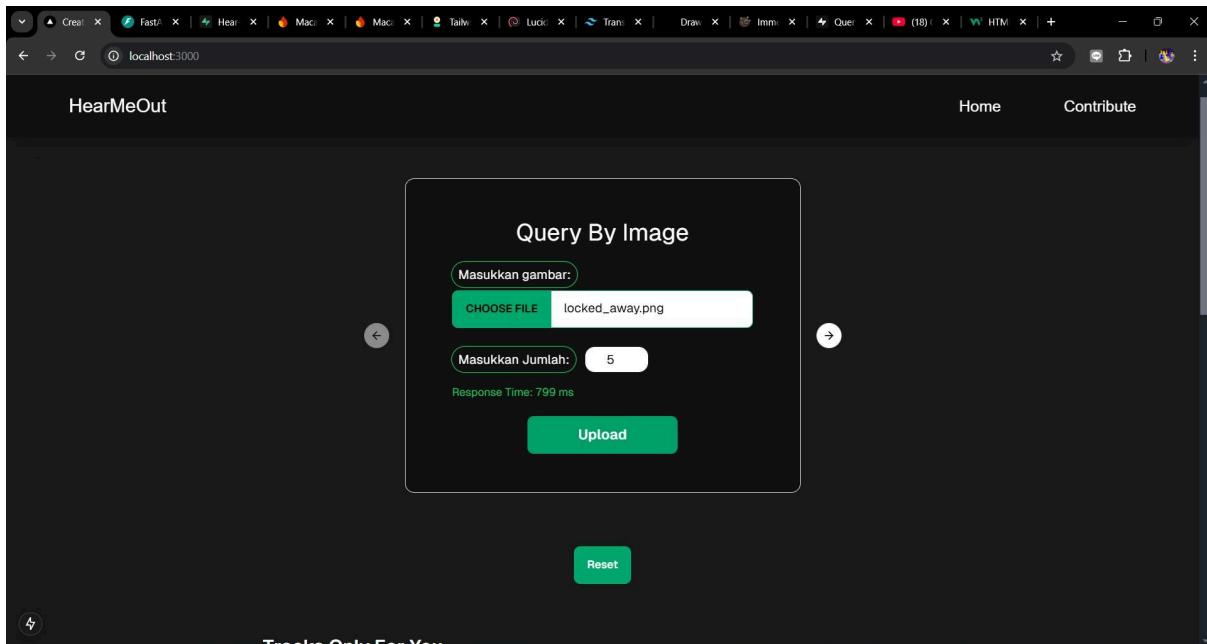
## **BAB 4**

### **EKSPERIMEN**

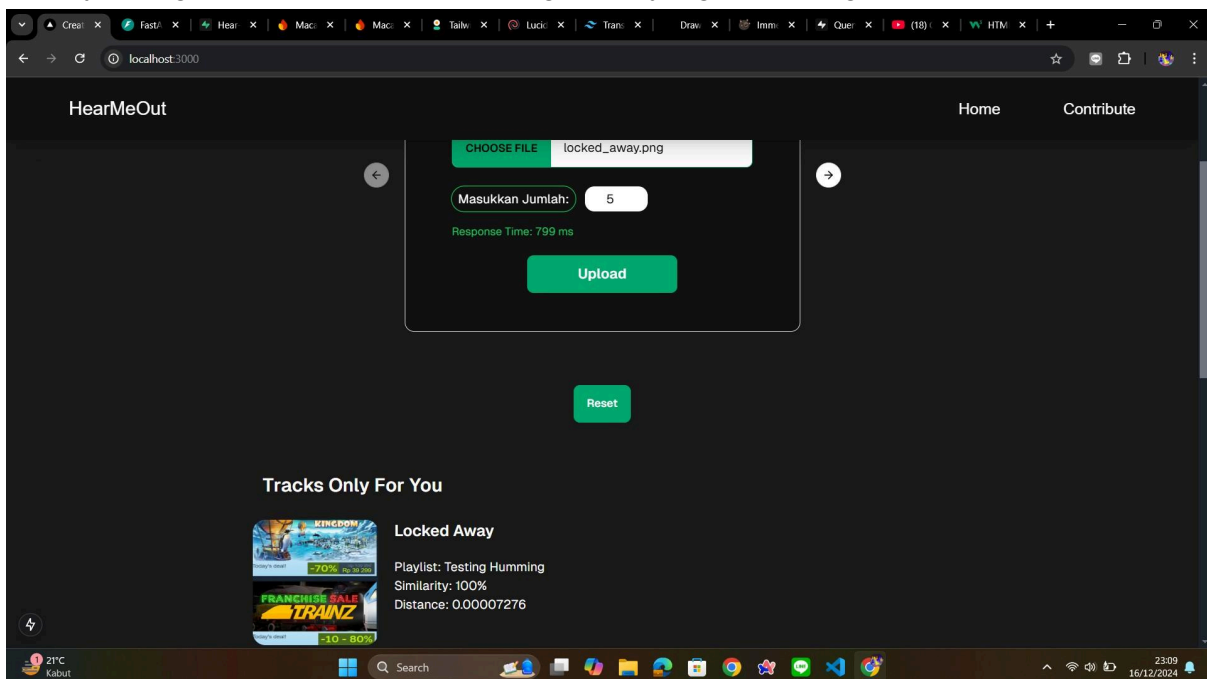
#### **4.1. Percobaan Image Retrieval**

Pada percobaan *image retrieval*, dataset berisi 10 gambar, lalu dilakukan query dengan gambar dari salah satu dataset



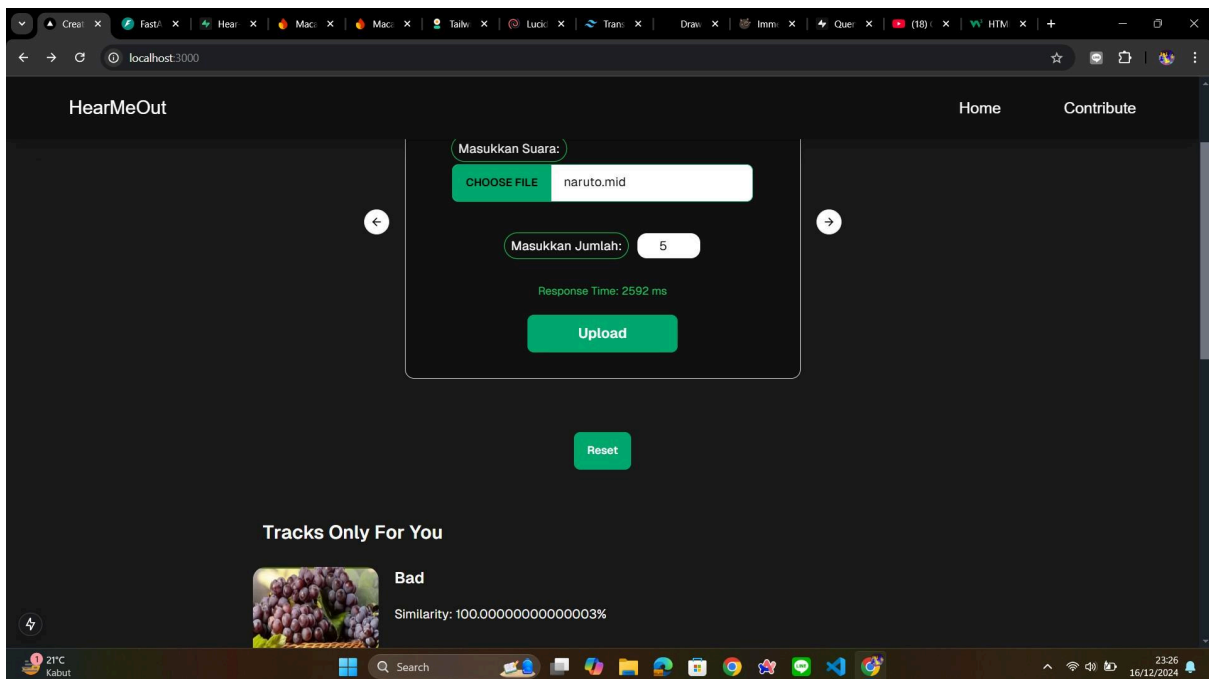
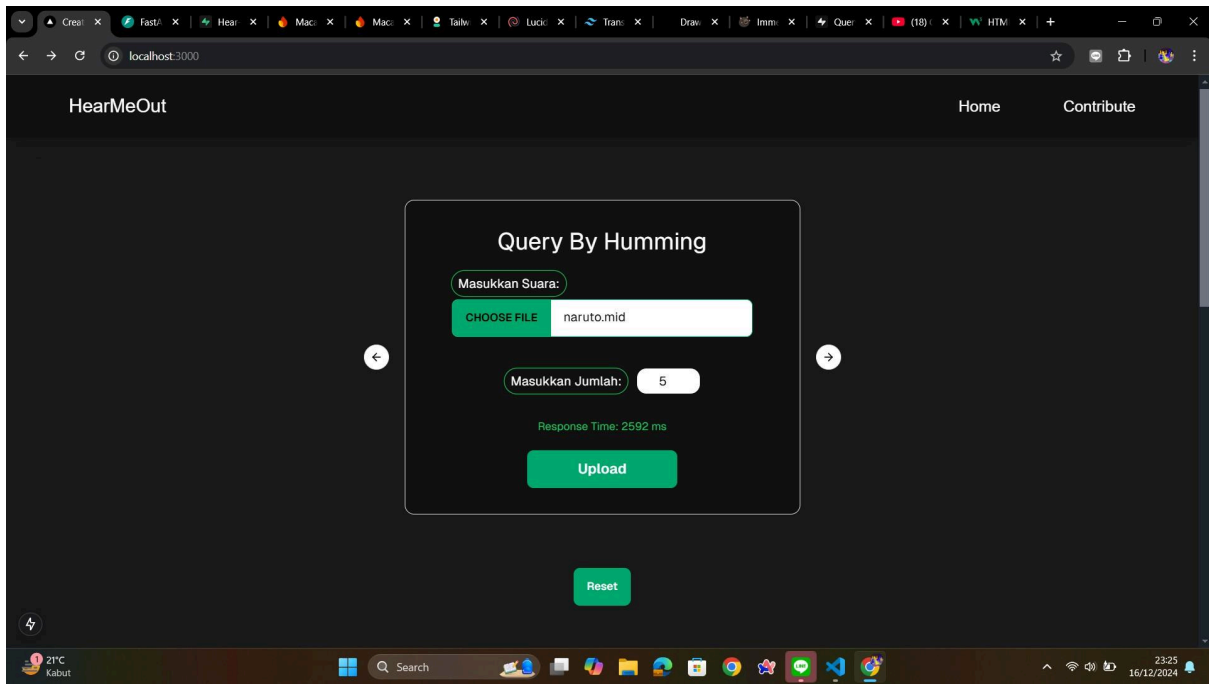


Hasilnya, program berhasil menampilkan gambar yang tepat dengan similaritas 100%



## 4.1. Music Information Retrieval

Pada percobaan ini, dataset berisi 10 lagu, lalu dilakukan query dengan lagu dari salah satu dataset



## **BAB 5**

### **5.1. Kesimpulan**

Dalam proyek Tugas Besar 2 IF2123 Aljabar Linier dan Geometri ini, kami berhasil mengimplementasikan aplikasi Sistem Temu Balik Gambar dan Suara berbasis PCA dan vektor. Program kami mendukung dua metode pencarian, yaitu pencarian gambar berdasarkan gambar menggunakan PCA (Principal Component Analysis) dan pencarian suara berdasarkan humming dengan ekstraksi fitur vektor.

Pada metode pencarian gambar, fitur utama meliputi pemrosesan gambar dengan grayscale, reduksi dimensi menggunakan PCA, serta penghitungan kemiripan dengan jarak Euclidean. Program mampu menampilkan gambar-gambar yang mirip dengan query input berdasarkan tingkat kemiripan tertinggi. Sedangkan pada metode pencarian suara, kami menggunakan proses normalisasi pitch dan tempo, ekstraksi fitur berbasis distribusi nada, dan penghitungan cosine similarity untuk menentukan hasil pencarian suara yang relevan.

### **5.2. Saran**

Pelaksanaan Tugas Besar 2 IF2123 Aljabar Linier dan Geometri di Semester I Tahun 2024/2025 merupakan pengalaman yang sangat berharga bagi kami. Dari pengalaman ini, kami ingin berbagi beberapa saran kepada pembaca yang mungkin akan menghadapi tugas serupa di masa depan:

1. **Pahami Konsep Dasar**

Pastikan untuk memahami prinsip-prinsip seperti PCA, metode ekstraksi fitur, dan pengukuran kemiripan (cosine similarity atau Euclidean distance). Pemahaman yang mendalam akan mempermudah implementasi dan penyelesaian tugas.

2. **Manajemen Waktu yang Baik**

Bagilah waktu pengerjaan secara efektif untuk setiap bagian tugas, seperti pemrosesan data, implementasi algoritma, dan pengembangan antarmuka. Hindari menunda pekerjaan agar spesifikasi wajib dapat terpenuhi tepat waktu.

3. **Kolaborasi dan Komunikasi Tim**

Kerja sama yang baik di antara anggota tim sangat penting. Gunakan alat kolaborasi seperti GitHub untuk mempermudah pengelolaan kode, dan pastikan setiap anggota memahami tanggung jawabnya masing-masing.

Semoga saran ini dapat membantu pembaca dalam menyelesaikan tugas serupa dengan lebih lancar dan optimal.

### 5.3. Komentar

Tanggapan kami terhadap Tugas Besar 2 Aljabar Linier dan Geometri di Semester 3 Tahun 2024/2025 sungguh menambah wawasan. Kami mendapatkan pelajaran berharga selama mengatasi masalah-masalah yang kami hadapi. Akan tetapi, kami merasa bahwa materi yang kami pelajari selama pengerjaan tugas besar kurang relevan dengan mata kuliah Aljabar Linear dan Geometri.

### 5.4. Refleksi

Tugas Besar 2 IF2123 Aljabar Linier dan Geometri di Semester I Tahun 2023/2024 menjadi tantangan berarti pada awal semester ini. Tugas ini menguji pemahaman kami terhadap konsep-konsep aljabar linier, seperti Principal Component Analysis (PCA), metode ekstraksi fitur, dan pengukuran kemiripan vektor, serta kemampuan kami untuk mengimplementasikannya dalam pengembangan sistem temu balik gambar dan suara. Selain itu, kami juga ditantang untuk mengelola waktu secara efektif agar seluruh spesifikasi tugas, termasuk fitur wajib dan opsional, dapat diselesaikan tepat waktu. Melalui kerja tim, kami belajar pentingnya komunikasi yang baik dan pembagian tugas yang sesuai dengan keahlian masing-masing anggota. Proyek ini tidak hanya memberikan kesempatan untuk menerapkan teori yang dipelajari, tetapi juga memperkaya keterampilan teknis dan kerja sama kami. Pengalaman ini menjadi bekal berharga untuk menghadapi proyek yang lebih kompleks di masa depan.

## LAMPIRAN

### 6.1 Referensi

Kosugi, N., Nishihara, Y., Kon'ya, S., Yamamuro, M., & Kushima, K. (n.d.). Music retrieval by humming-using similarity retrieval over high dimensional feature vector space. *1999 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM 1999). Conference Proceedings (Cat. No.99CH36368)*, 404–407. <https://doi.org/10.1109/pacrim.1999.799561>

Kosugi, N., Nishihara, Y., Sakata, T., Yamamuro, M., & Kushima, K. (2000a). A practical query-by-humming system for a large music database. *Proceedings of the Eighth ACM International Conference on Multimedia*, 333–342. <https://doi.org/10.1145/354384.354520>

Rinaldi Munir. "Aljabar dan Geometri untuk Informatika 2023/2024." [informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/algeo23-24.html](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/algeo23-24.html)

Rowe, John B. "Bicubic Interpolation of Digital Images." [https://www.mssc.mu.edu/~daniel/pubs/RoweTalkMSSC\\_BiCubic.pdf](https://www.mssc.mu.edu/~daniel/pubs/RoweTalkMSSC_BiCubic.pdf)

### 6.2 Tautan Repository

<https://github.com/andi-frame/Algeo02-23128/>

### 6.3 Tautan FrontEnd

<http://hear-me-out-three.vercel.app/>

#### **6.4 Tautan BackEnd**

<https://hear-me-out-be.vercel.app/>