

**MAKALAH ALJABAR LINEAR
TERAPAN ALJABAR LINEAR UNTUK MENGGUNAKAN
MATRIKS CITRA DIGITAL**



**DISUSUN OLEH
LA ODE MUHAMMAD YUDHY PRAYITNO
(E1E122064)**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HALU OLEO
KENDARI
2023**

KATA PENGANTAR

Tiada kalimat yang pantas saya ucapkan kecuali rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya makalah yang berjudul " Terapan Aljabar Linear Untuk Menggunakan Matriks Citra Digital". Saya mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah turut memberikan kontribusi dalam penyusunan makalah ini. Tentunya tidak akan bisa maksimal jika tidak mendapat dukungan dari berbagai pihak.

Tidak lupa pula kami mengucapkan rasa terima kasih kepada Bapak Natalis Ransi, S.Si.,M.Cs. selaku dosen pengampu matakuliah aljabar linear yang telah memberikan tugas ini.

Sebagai penyusun saya menyadari bahwa masih terdapat kekurangan, baik dari penyusunan maupun tata bahasa penyampaian dalam makalah ini. Oleh karena itu, saya dengan rendah hati menerima saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki makalah ini. Saya berharap semoga makalah yang disusun ini memberikan manfaat dan juga inspirasi untuk pembaca.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I	5
1.1 Latar belakang	5
1.2 Rumusan masalah.....	5
1.3 Tujuan penelitian	6
1.4 Ruang lingkup makalah.....	6
BAB II.....	7
2.1 Definisi matriks dalam konteks citra digital.....	7
2.2 Representasi citra digital sebagai matriks	8
2.3 Operasi matriks yang diterapkan pada citra digital (penjumlahan, perkalian, transformasi).....	9
BAB III	11
3.1 Konversi citra menjadi matriks numerik	11
3.2 Normalisasi matriks citra.....	12
3.3 Penerapan filter spasial menggunakan operasi matriks.....	12
BAB IV	14
4.1 Transformasi Fourier dan implementasinya dalam citra digital.....	14
4.2 Transformasi Wavelet dan penerapannya dalam citra digital.....	15
BAB V.....	18
5.1 Penerapan aljabar linear dalam pengolahan citra satelit.....	18
5.2 Contoh penggunaan matriks citra dalam deteksi objek.....	20
BAB VI	21
6.1 Kelebihan dan kelemahan penggunaan aljabar linear dalam pengolahan citra digital.....	21

6.2 Perbandingan dengan metode lain yang digunakan dalam pengolahan citra digital.....	22
BAB VII.....	24
7.1 Kesimpulan.....	24
7.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Citra digital adalah representasi diskret dari suatu gambar atau objek yang diwakili oleh piksel-piksel atau elemen-elemen matriks. Penggunaan aljabar linear dan matriks dalam pemrosesan citra digital sangat penting karena memungkinkan untuk mengembangkan metode dan algoritma yang efisien dalam memanipulasi, memproses, dan menganalisis citra secara komputasional. Aljabar linear menyediakan kerangka kerja matematika yang kuat untuk menggambarkan transformasi linier, seperti transformasi linier pada citra seperti rotasi, skalasi, pergeseran, dan transformasi lainnya. Dalam konteks citra digital, citra sering direpresentasikan sebagai matriks bilangan bulat atau bilangan real, di mana setiap elemen matriks mewakili nilai intensitas piksel pada posisi tertentu dalam citra.

Matriks juga dapat digunakan untuk menerapkan berbagai teknik pemrosesan citra digital, seperti penghalusan (smoothing), pengasaman (sharpening), deteksi tepi (edge detection), pemampatan (compression), serta pemulihan citra (image restoration) dan rekonstruksi (image reconstruction). Dalam banyak kasus, operasi-operasi ini dapat direpresentasikan secara matematis menggunakan operasi matriks, seperti perkalian matriks, konvolusi, transformasi Fourier, dan banyak lagi.

Selain itu, aljabar linear juga dapat digunakan untuk menganalisis dan menggambarkan relasi antara citra-citra digital. Misalnya, matriks kovariansi dapat digunakan untuk mengukur keterkaitan antara piksel-piksel dalam citra, sementara transformasi nilai singular (Singular Value Decomposition/SVD) dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola-pola penting dalam citra.

1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dari makalah “Terapan Aljabar Linear Untuk Menggunakan Matriks Citra Digital” adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana konsep dasar aljabar linear dalam konteks citra digital
2. Bagaimana preprocessing citra digital menggunakan aljabar linear

3. Bagaimana aljabar linear dapat diterapkan dalam pengolahan citra untuk melakukan transformasi citra?
4. Bagaimana cara pengimplementasiannya dan contohnya?

1.3 Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui konsep dasar aljabar linear dalam konteks citra digital.
2. Untuk mengetahui preprocessing citra digital menggunakan aljabar linear.
3. Untuk mengetahui bagaimana aljabar linear dapat diterapkan dalam pengolahan citra untuk melakukan transformasi citra.
4. Untuk mengetahui cara pengimplementasiannya dan contohnya.

1.4 Ruang lingkup makalah

Ruang lingkup makalah "Aljabar Linear dalam Pengolahan Citra Digital: Penerapan Matriks Citra Digital" mencakup beberapa aspek berikut:

1. Konsep Dasar Aljabar Linear dalam Pengolahan Citra Digital:
 - a. Konversi citra digital menjadi matriks numerik dan representasi nilai intensitas piksel dalam matriks.
 - b. Operasi matriks yang diterapkan pada citra digital, seperti penjumlahan, perkalian, dan transformasi.
2. Aplikasi Aljabar Linear dalam Pengolahan Citra Digital:
 - a. Perbaikan kualitas citra melalui normalisasi dan penerapan filter spasial untuk menghilangkan noise dan meningkatkan detail.
 - b. Penggunaan transformasi Fourier dan Wavelet dalam analisis frekuensi citra.
3. Penerapan Aljabar Linear dalam Bidang Keamanan Citra Digital dan Ilmu Penginderaan Jauh:
 - a. Penggunaan aljabar linear dalam steganografi untuk menjaga keamanan citra digital.
 - b. Analisis citra satelit untuk pemantauan bencana dan deteksi perubahan wilayah.

BAB II

KONSEP DASAR ALJABAR LINEAR DALAM KONTEKS CITRA DIGITAL

2.1 Definisi matriks dalam konteks citra digital

Dalam konteks citra digital, matriks dapat didefinisikan sebagai representasi diskret dari citra, di mana setiap elemen matriks mewakili nilai intensitas piksel pada posisi tertentu dalam citra. Piksel adalah unit dasar dalam citra digital yang memiliki nilai intensitas yang merepresentasikan warna atau kecerahan pada posisi tertentu dalam citra.

Matriks citra digital sering kali memiliki dimensi dua, yaitu baris dan kolom, yang sesuai dengan tinggi dan lebar citra. Misalnya, jika citra memiliki tinggi 100 piksel dan lebar 150 piksel, maka matriks citra akan memiliki dimensi 100x150. Setiap elemen matriks akan berisi nilai intensitas piksel yang berkisar antara 0 hingga 255 untuk citra grayscale atau berkisar antara tiga komponen warna (misalnya merah, hijau, biru) untuk citra berwarna. Sebagai contoh, kita bisa memperlihatkan matriks citra digital grayscale sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 255 & 255 & 255 & 255 & 0 \\ 0 & 255 & 128 & 128 & 255 & 0 \\ 0 & 255 & 128 & 128 & 255 & 0 \\ 0 & 255 & 255 & 255 & 255 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dalam matriks di atas, setiap elemen mewakili nilai intensitas piksel pada posisi yang sesuai. Angka 0 menunjukkan piksel hitam (nilai intensitas rendah), sedangkan angka 255 menunjukkan piksel putih (nilai intensitas tinggi). Nilai intensitas di antara 0 dan 255 akan memberikan tingkat keabuan (grayscale) yang berbeda.

Referensi dalam konteks matriks citra digital dapat berkaitan dengan konvensi tata letak piksel dan sistem koordinat dalam citra digital. Misalnya, apakah matriks mewakili citra dengan piksel pertama di sudut kiri atas atau di sudut kiri bawah matriks. Hal ini penting untuk memastikan konsistensi dalam pemrosesan citra dan manipulasi matriks yang dilakukan.

Selain itu, referensi juga dapat merujuk pada algoritma-algoritma dan metode-metode yang digunakan dalam pemrosesan citra dengan menggunakan matriks. Ini melibatkan penerapan operasi matriks seperti perkalian matriks, konvolusi, transformasi Fourier, transformasi nilai singular (SVD), dan lainnya dalam rangka memproses dan menganalisis citra digital. Referensi tersebut dapat merujuk pada penelitian ilmiah, buku, atau sumber daya online yang membahas secara rinci penggunaan matriks dalam konteks citra digital.

2.2 Representasi citra digital sebagai matriks

Dalam representasi citra digital sebagai matriks, setiap elemen matriks mewakili nilai intensitas piksel pada posisi tertentu dalam citra. Biasanya, citra digital grayscale direpresentasikan menggunakan matriks dua dimensi, sedangkan citra berwarna dapat direpresentasikan menggunakan matriks tiga dimensi.

Untuk citra grayscale, matriks biasanya berisi nilai intensitas piksel yang berkisar antara 0 hingga 255. Dimensi matriks sesuai dengan tinggi (jumlah baris) dan lebar (jumlah kolom) citra. Misalnya, jika sebuah citra grayscale memiliki tinggi 100 piksel dan lebar 150 piksel, maka matriks citra akan memiliki dimensi 100x150. Contoh representasi matriks citra grayscale:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 128 & 128 & 128 & 128 & 0 & 0 \\ 0 & 128 & 255 & 255 & 128 & 0 & 0 \\ 0 & 128 & 255 & 255 & 128 & 0 & 0 \\ 0 & 128 & 128 & 128 & 128 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dalam matriks di atas, setiap elemen mewakili nilai intensitas piksel pada posisi yang sesuai. Angka 0 menunjukkan piksel hitam (nilai intensitas rendah), sedangkan angka 255 menunjukkan piksel putih (nilai intensitas tinggi). Nilai intensitas di antara 0 dan 255 akan memberikan tingkat keabuan (grayscale) yang berbeda.

Untuk citra berwarna, representasi matriks dapat menggunakan tiga dimensi, di mana setiap dimensi mewakili komponen warna merah (R), hijau (G), dan biru (B) dari setiap piksel. Dimensi pertama mewakili tinggi, dimensi kedua mewakili lebar, dan dimensi ketiga mewakili komponen warna. Misalnya, jika

citra berwarna memiliki tinggi 100 piksel, lebar 150 piksel, dan menggunakan representasi 8-bit per komponen warna, maka matriks citra akan memiliki dimensi 100x150x3. Contoh representasi matriks citra berwarna:

```
[ [ 0 0 0] [ 0 0 0] [ 0 0 0] [ 0 0 0] [ 0 0 0] [ 0 0 0] ]
[ [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] ]
[ [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] [255 0 0] ]
[ [255 0 0] [255 0 0]
```

2.3 Operasi matriks yang diterapkan pada citra digital (penjumlahan, perkalian, transformasi)

2.1.1 Penjumlahan Matriks

Operasi penjumlahan matriks dapat diterapkan pada citra digital dengan melakukan penjumlahan elemen-elemen matriks yang sesuai. Misalnya, jika kita memiliki dua matriks yang mewakili dua citra grayscale dengan dimensi yang sama, kita dapat menjumlahkan elemen-elemen matriks tersebut untuk menghasilkan citra baru yang merupakan hasil penjumlahan dari kedua citra tersebut. Contohnya:

Matriks Citra A:	Matriks Citra B:	Hasil Penjumlahan:
[10 20 30]	[5 10 15]	[15 30 45]
[40 50 60]	[20 25 30]	[60 75 90]
[70 80 90]	[35 40 45]	[105 120 135]

Dalam contoh di atas, setiap elemen matriks hasil adalah penjumlahan dari elemen-elemen yang sesuai dari dua citra grayscale.

2.2.1 Perkalian Matriks

Perkalian matriks dapat diterapkan pada citra digital dengan melakukan perkalian elemen-elemen matriks yang sesuai. Misalnya, jika kita memiliki dua matriks yang mewakili dua citra grayscale dengan dimensi yang sama, kita dapat melakukan perkalian elemen-elemen matriks tersebut untuk menghasilkan citra baru yang merupakan hasil perkalian dari kedua citra tersebut. Contohnya:

Matriks Citra A:	Matriks Citra B:	hasil perkalian:
[10 20 30]	[2 0 1]	[20 0 30]
[40 50 60]	[1 2 1]	[40 100 60]
[70 80 90]	[0 1 2]	[0 80 180]

Dalam contoh di atas, setiap elemen matriks hasil adalah perkalian dari elemen-elemen yang sesuai dari dua citra grayscale.

2.3.1 Transformasi Matriks:

Transformasi matriks digunakan dalam pemrosesan citra untuk mengubah citra asli menjadi bentuk baru atau menerapkan efek tertentu. Beberapa transformasi matriks yang umum digunakan dalam pemrosesan citra digital termasuk transformasi linier (seperti rotasi, skalasi, dan pergeseran), transformasi logika (seperti negasi dan binerisasi), dan transformasi spasial (seperti konvolusi dan filterisasi). Contohnya:

Transformasi Linier: Misalkan kita memiliki matriks citra grayscale A dan kita ingin mengaplikasikan rotasi 90 derajat searah jarum jam pada citra tersebut. Kita dapat menggunakan transformasi linier dengan memutar matriks citra sebesar 90 derajat. Hasil rotasi 90 derajat searah jarum jam dari matriks citra grayscale A dapat diperoleh dengan menggunakan transformasi linier. Caranya adalah dengan memutar matriks citra sebesar 90 derajat, yang pada dasarnya melibatkan pertukaran kolom dan baris matriks. Setelah transformasi linier dilakukan, citra akan terotasi sehingga sudut yang semula berada di sudut kiri atas akan berpindah ke sudut kanan atas.

Dengan demikian, transformasi linier dapat digunakan untuk memodifikasi bentuk dan orientasi citra, termasuk dalam kasus rotasi. Metode ini penting dalam berbagai aplikasi pengolahan citra, seperti pengenalan pola, pemrosesan gambar medis, dan grafika komputer.

BAB III

PREPROCESSING CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN ALJABAR LINEAR

3.1 Konversi citra menjadi matriks numerik

Untuk mengkonversi citra menjadi matriks numerik, Kita perlu memproses setiap piksel dalam citra dan mengekstrak nilai intensitasnya. Berikut adalah langkah-langkah umum untuk melakukan konversi tersebut:

1. Baca citra digital ke dalam program Kita menggunakan library atau fungsi yang sesuai, seperti PIL (Python Imaging Library) atau OpenCV.
 2. Periksa format citra tersebut, apakah citra grayscale atau citra berwarna. Format citra akan mempengaruhi dimensi matriks yang akan dibentuk.
 3. Jika citra grayscale, konversi setiap piksel menjadi nilai intensitasnya. Kita dapat menggunakan library atau fungsi yang disediakan untuk mengakses nilai intensitas piksel.
 4. Jika citra berwarna, Kita perlu mengakses setiap komponen warna (misalnya, merah, hijau, dan biru) pada setiap piksel dan mengkonversinya menjadi nilai intensitas yang sesuai. Misalnya, Kita dapat mengambil rata-rata dari tiga komponen warna tersebut atau menggunakan formula tertentu untuk menghasilkan nilai intensitas tunggal.
 5. Bentuk matriks numerik dengan menggunakan nilai intensitas yang telah diekstrak. Setiap elemen matriks akan mewakili nilai intensitas piksel pada posisi tertentu dalam citra. Dimensi matriks akan bergantung pada dimensi citra, yaitu tinggi (jumlah baris) dan lebar (jumlah kolom).
 6. Kita dapat menggunakan matriks numerik ini untuk melakukan berbagai operasi matriks pada citra, seperti penjumlahan, perkalian, dan transformasi.
- Pastikan Kita menggunakan library atau fungsi yang tepat dalam bahasa pemrograman yang Kita gunakan untuk memproses citra dan mengkonversinya menjadi matriks numerik.

3.2 Normalisasi matriks citra

Dalam pengolahan citra, normalisasi adalah proses untuk mengganti jangkauan nilai intensitas piksel citra. Kegunaannya antara lain perbaikan foto berkontras rendah akibat terkena sinar berlebih. Normalisasi terkadang disebut dengan perentangan kontras atau perentangan histogram.

Normalisasi adalah pemetaan citra berderajat keabuan berdimensi n dengan rentang nilai $[\min, \max]$ ke citra dengan rentang nilai $[\min\text{Baru}, \max\text{Baru}]$. Normalisasi linear untuk citra berderajat keabuan dilakukan sebagai berikut.

$$I_{\text{baru}} = (I - \min) \frac{\max\text{Baru} - \min\text{Baru}}{\max - \min} + \min\text{Baru}$$

Bila menggunakan fungsi sigmoid, normalisasinya dilakukan sebagai berikut:

$$I_{\text{baru}} = (\max\text{Baru} - \min\text{Baru}) \frac{1}{1 + e^{-\frac{I - \beta}{\alpha}}} + \min\text{Baru}$$

Dengan α adalah jangkauan citra asal dan β adalah nilai tengah intensitas citra asal.

3.3 Penerapan filter spasial menggunakan operasi matriks

Filter spasial adalah teknik pengolahan citra yang digunakan untuk memperbaiki kualitas citra dengan menghilangkan noise atau meningkatkan detail pada citra. Filter spasial dapat diterapkan pada citra dengan menggunakan operasi matriks. Penerapan filter spasial menggunakan operasi matriks dapat dilakukan dengan cara mengalikan matriks filter dengan matriks citra. Proses ini dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Siapkan matriks filter yang sesuai dengan filter spasial yang ingin diterapkan. Matriks filter ini biasanya memiliki ukuran kecil, seperti 3x3 atau 5x5, dan berisi nilai bobot yang menentukan jenis filter yang akan digunakan, misalnya filter rata-rata atau filter sharpening.
2. Siapkan matriks citra yang akan difilter. Matriks citra ini merepresentasikan piksel-piksel citra yang ingin diolah.
3. Posisikan matriks filter pada matriks citra. Untuk setiap piksel pada matriks citra, tempatkan matriks filter di sekitar piksel tersebut. Misalnya, jika

menggunakan matriks filter 3x3, tempatkan matriks filter pada piksel tengah dan piksel-piksel tetangganya.

4. Lakukan perkalian elemen-wise antara matriks filter dan bagian matriks citra yang sesuai. Untuk setiap elemen pada matriks filter, kalikan dengan nilai piksel pada matriks citra yang berada di posisi yang sama. Lakukan ini untuk setiap elemen pada matriks filter.
5. Jumlahkan hasil perkalian dari langkah sebelumnya. Jumlahkan semua hasil perkalian untuk mendapatkan nilai piksel baru pada posisi yang sama dalam matriks citra.
6. Ulangi langkah 3 hingga langkah 5 untuk setiap piksel pada matriks citra.
7. Dengan melakukan operasi matriks seperti ini, filter spasial dapat diterapkan pada matriks citra untuk menghasilkan citra yang telah difilter dengan efek tertentu, seperti penajaman atau penghalusan.

BAB IV

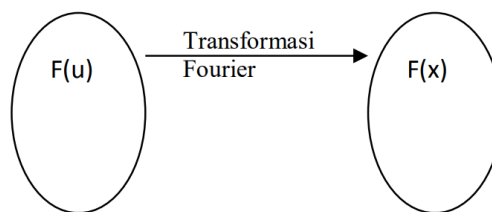
TRANSFORMASI CITRA MENGGUNAKAN ALJABAR LINEAR

4.1 Transformasi Fourier dan implementasinya dalam citra digital

Transformasi Fourier adalah teknik matematika yang digunakan untuk menganalisis sinyal periodik dan non-periodik. Dalam konteks citra digital, transformasi Fourier dapat digunakan untuk mengubah citra dari domain spasial menjadi domain frekuensi. Dalam domain frekuensi, informasi tentang frekuensi dan amplitudo dari komponen citra dapat dianalisis dengan lebih mudah.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Istanto Gultom, Nelly Astuti Hasibuan, Imam Saputra, Program Studi Teknik Informatika STMIK Budi Darma, Medan, Indonesia, tentang “Implementasi Metode Transformasi Fourier Dan Similarity Measurement Untuk Perbaikan Citra Underwater”, metode transformasi Fourier digunakan untuk memperbaiki kualitas citra underwater yang seringkali memiliki kualitas yang buruk karena penyerapan dan hamburan sinar matahari saat sampai dasar laut. Proses perbaikan kualitas citra bertujuan untuk mempermudah langkah analisis yang memerlukan ekstraksi objek citra secara detail.

Dalam implementasinya, terdapat beberapa rumus yang digunakan dalam transformasi Fourier pada citra digital. Salah satunya adalah rumus transformasi Fourier diskrit (DFT) yang dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 1. Transformasi Fourier

Dimana:

$F(u)$ adalah fungsi dalam domain waktu.

$F(x)$ adalah fungsi dalam domain frekuensi.

$$f(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left(2\pi \frac{ux}{N} + \frac{vy}{M}\right) - j \sin\left(2\pi \frac{ux}{N} + \frac{vy}{M}\right) \dots\dots(1)$$

Dan

$$f(x) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(u, v) \cos\left(2\pi \frac{ux}{N} + \frac{vy}{M}\right) - j \sin\left(2\pi \frac{ux}{N} + \frac{vy}{M}\right) \dots\dots(2)$$

Keterangan :

x,y = Data Citra

ux = Data baris x kolom

vy = Data baris x kolom

M = Baris

N = Kolom

Dalam konteks perbaikan citra underwater, setelah dilakukan transformasi Fourier pada citra, langkah selanjutnya adalah menghitung atau mengukur jarak nilai kemiripan antara citra sebelum dan sesudah diperbaiki menggunakan metode similarity measurement. Salah satu teknik yang digunakan adalah Euclidean distance, yang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$d_E(v_1, v_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_1 - v_2)^2}$$

Keterangan :

n = jumlah variabel

v1 = point awal atau nilai setelah diperbaiki

v2 = target point atau nilai sebelum diperbaiki

dE = Ecludian Distance

Dalam aplikasi pengolahan citra, transformasi Fourier dapat memberikan kontribusi dan peningkatan mutu citra. Misalnya, dengan melakukan filtering pada domain frekuensi, kita dapat menghilangkan noise atau meningkatkan kejelasan gambar. Selain itu, analisis data citra seperti menganalisis kelakuan fungsi gelombang juga dapat dilakukan dengan menggunakan transformasi Fourier.

4.2 Transformasi Wavelet dan penerapannya dalam citra digital

Transformasi Wavelet adalah teknik matematika yang digunakan untuk menganalisis dan merepresentasikan sinyal atau data dalam bentuk gelombang. Transformasi Wavelet Diskrit merupakan salah satu jenis transformasi wavelet

yang digunakan pada citra digital. Pada transformasi wavelet diskrit, digunakan beberapa konsep aljabar seperti yang telah diteliti sebelumnya.

Penerapan Transformasi Wavelet pada citra digital dapat membantu dalam menjaga keamanan citra digital dengan menggunakan konsep dasar aljabar linear. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Miftah Sigit Rahmawati dan Rendra Soekarta dari Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sorong, mereka mempelajari Transformasi Wavelet Diskrit dan mencari konsep dasar transformasi Wavelet Diskrit pada keamanan citra digital kemudian menganalisa aljabar linear yang diterapkan pada Transformasi Wavelet.

Dalam penelitian tersebut, mereka menemukan bahwa penerapan aljabar linear pada transformasi wavelet diskrit dapat membantu dalam menjaga keamanan citra digital. Konsep dasar aljabar linear seperti matriks dan vektor digunakan untuk merepresentasikan citra digital dalam bentuk angka-angka. Kemudian, dilakukan operasi matematika seperti perkalian matriks dan vektor untuk menghasilkan representasi baru dari citra digital tersebut.

Dalam penelitian tersebut juga dijelaskan bahwa penerapan transformasi wavelet diskrit pada keamanan citra digital dapat dilakukan dengan menggunakan teknik steganografi. Steganografi adalah teknik penyembunyian pesan rahasia dalam suatu media seperti citra digital. Dalam penerapan steganografi pada citra digital, pesan rahasia dapat disembunyikan dalam nilai-nilai piksel citra digital dengan menggunakan transformasi wavelet diskrit dan konsep dasar aljabar linear.

Salah satu perbedaan dari transformasi fourier dan transformasi wavelet adalah domain dari transformasi fourier berasal dari basis fungsi sinus dan cosinus sedangkan transformasi wavelet mempunyai domain basis fungsi yang disebut wavelet, mother wavelet, dan analisa wavelet. Transformasi wavelet merupakan sebuah fungsi variable riil t yang digunakan untuk melokalisasi suatu fungsi dalam ruang dan skala $L^2(\mathbb{R})$, diberi notasi $\psi(t)$ sebagai mother wavelet, dengan parameter a dapat dituliskan

$$\psi_a(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t}{a}\right), \quad (a \neq 0)$$

Selanjutnya, daughter wavelet $\psi_{a,b}(t)$ dengan dua parameter yang dihasilkan oleh parameter dilatasi a dan translasi/kontraksi b , yang dinyatakan dalam persamaan :

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (a, b \text{ real}; a \neq 0)$$

Fungsi $\psi_{a,b}(t)$ disebut fungsi basis dalam keterhubungannya terhadap transformasi wavelet.

Dalam penerapan steganografi pada citra digital, pesan rahasia dapat disembunyikan dalam koefisien wavelet dengan menggunakan teknik modifikasi bit. Teknik ini dilakukan dengan mengubah nilai bit yang paling tidak signifikan dari koefisien wavelet tanpa mengubah nilai koefisien secara signifikan. Dengan cara ini, pesan rahasia dapat disembunyikan dalam citra digital tanpa mengurangi kualitas visual dari citra tersebut.

BAB V

IMPLEMENTASI DAN CONTOH

5.1 Penerapan aljabar linear dalam pengolahan citra satelit

Dalam pengolahan citra satelit, penerapan aljabar linear memiliki peran penting. Aljabar linear digunakan untuk memahami dan memanipulasi citra satelit dengan menggunakan metode matematis. Salah satu penerapan aljabar linear dalam pengolahan citra satelit adalah dalam proses pemadatan citra atau kompresi citra. Pemadatan citra digunakan untuk mengurangi ukuran file citra agar dapat dengan efisien ditransmisikan atau disimpan. Metode kompresi citra seperti Discrete Cosine Transform (DCT) dan Transformasi Wavelet banyak menggunakan konsep aljabar linear untuk mengubah citra menjadi domain frekuensi dan melakukan pengurangan informasi yang tidak signifikan.

Selain itu, aljabar linear juga digunakan dalam proses penyempurnaan citra satelit. Citra satelit sering mengalami distorsi atau noise yang perlu dikoreksi. Metode pemulihan citra menggunakan filter spasial seperti filter median, filter Gauss, atau filter Wiener dapat diterapkan dengan bantuan aljabar linear. Filter ini melakukan manipulasi pada nilai piksel citra berdasarkan operasi matriks atau vektor untuk menghilangkan noise dan meningkatkan kualitas citra.

Penerapan aljabar linear dalam pengolahan citra satelit memungkinkan analisis yang lebih efektif, seperti segmentasi citra, analisis tekstur, dan analisis spektral. Dengan menggunakan konsep aljabar linear, citra satelit dapat diubah menjadi representasi matematis yang lebih mudah dipahami dan dimanipulasi. Hal ini membantu para ilmuwan dan peneliti dalam memperoleh informasi yang berharga dari citra satelit untuk berbagai tujuan, seperti pemetaan lahan, pemantauan lingkungan, dan penelitian geosains.

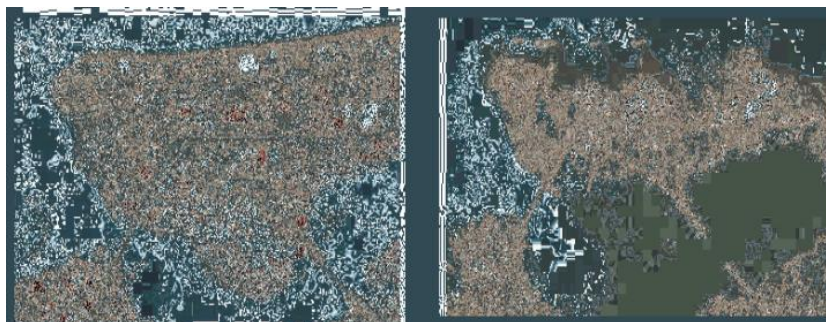
Salah satu contoh penerapan aljabar linear dalam perbaikan kualitas citra satelit Landsat adalah dengan menggunakan dekomposisi nilai singular dan transformasi kosinus diskrit. Dekomposisi nilai singular merupakan metode yang diperoleh dari aljabar linear yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur geometris dari matriks citra. Metode ini memecah matriks citra menjadi tiga

komponen: matriks vektor singular kiri, matriks nilai singular, dan matriks vektor singular kanan. Transformasi kosinus diskrit, di sisi lain, digunakan untuk memisahkan citra menjadi komponen dasar dengan menggunakan fungsi kosinus.

Dalam proses perbaikan kualitas citra satelit, tahap pertama melibatkan transformasi kosinus diskrit untuk membagi citra menjadi beberapa bagian dan mengubahnya menjadi matriks. Selanjutnya, dilakukan analisis dengan menggunakan dekomposisi nilai singular untuk memahami struktur dan karakteristik citra.

Penerapan aljabar linear dalam pengolahan citra satelit, seperti dekomposisi nilai singular dan transformasi kosinus diskrit, memiliki aplikasi yang erat hubungannya dengan ilmu penginderaan jauh pada bidang geografi. Ilmu penginderaan jauh memanfaatkan citra satelit untuk mendapatkan informasi penting tentang sumber daya alam di suatu wilayah melalui analisis citra.

Dalam konteks ini, pengolahan citra digital dengan menggunakan aljabar linear memungkinkan kita untuk menganalisis citra satelit sebelum dan setelah terjadinya bencana. Hal ini sangat berguna dalam memperkirakan dampak yang ditimbulkan oleh bencana yang melanda suatu wilayah. Dengan memanfaatkan teknik-teknik seperti dekomposisi nilai singular dan transformasi kosinus diskrit, kita dapat membandingkan citra sebelum dan setelah bencana, mengidentifikasi perubahan kondisi wilayah, dan mengestimasi tingkat kerusakan yang terjadi.



Gambar 2. Citra Satelit Suatu Wilayah di Aceh Sebelum dan Sesudah Tsunami

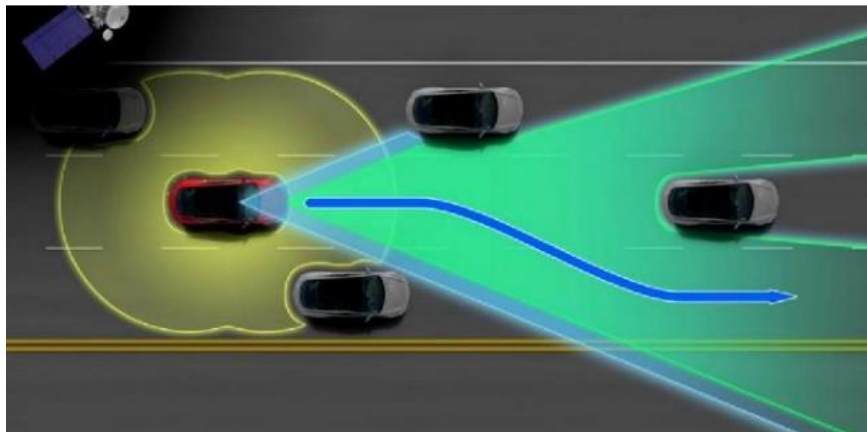
Aplikasi pengolahan citra dalam bidang ini memberikan kontribusi penting dalam pemantauan bencana alam dan pemahaman tentang perubahan lingkungan. Informasi yang diperoleh melalui analisis citra satelit dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait penanggulangan bencana, perencanaan pemulihan, dan evaluasi kerusakan yang terjadi. Dengan demikian, penerapan aljabar linear

dalam pengolahan citra satelit berperan penting dalam mendukung upaya mitigasi bencana dan pengelolaan wilayah secara efektif.

5.2 Contoh penggunaan matriks citra dalam deteksi objek

Dalam bidang transportasi, pengolahan citra digunakan dalam deteksi objek untuk mendukung pengembangan kendaraan otonom atau autopilot. Contohnya adalah penggunaan kamera dan sensor pada kendaraan seperti kendaraan autopilot milik Google dan kendaraan listrik autopilot yang dikembangkan oleh Tesla.

Kendaraan autopilot milik Google menggunakan teknologi LIDAR (Light Detection And Ranging) untuk mendeteksi objek di sekitar kendaraan. Sementara itu, kendaraan listrik autopilot Tesla dilengkapi dengan kamera berteknologi tinggi dan 12 sensor ultrasonik jarak jauh yang mendukung fungsi kamera 360 derajat. Kamera berteknologi tinggi digunakan sebagai sensor pengganti mata untuk mendeteksi objek di sekitar kendaraan.



Gambar 3. Ilustrasi Mobil Listrik Tesla dalam Mengenali Keadaan di Sekitarnya

Salah satu contoh penerapan pengolahan citra dalam bidang transportasi adalah penggunaan kamera sebagai sensor parkir. Kamera tersebut membantu pengemudi kendaraan untuk mengenali objek yang berada di belakang kendaraan secara otomatis. Dengan bantuan teknik pengolahan citra, sistem dapat mengenali objek dengan lebih akurat dan membantu pengemudi dalam melakukan parkir yang aman dan efisien.

Penerapan teknik pengolahan citra dalam deteksi objek dalam bidang transportasi membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan berkendara. Kemampuan untuk mendeteksi objek secara otomatis membantu pengemudi dalam mengambil keputusan yang tepat dan mengurangi risiko kecelakaan.

BAB VI

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

6.1 Kelebihan dan kelemahan penggunaan aljabar linear dalam pengolahan citra digital

Kelebihan penggunaan aljabar linear dalam pengolahan citra digital:

1. Aljabar linear dapat digunakan untuk merepresentasikan citra digital dalam bentuk matriks, sehingga memudahkan dalam melakukan operasi pada citra.
2. Aljabar linear dapat digunakan untuk melakukan operasi matriks pada citra, seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan transformasi matriks.
3. Aljabar linear dapat digunakan untuk melakukan segmentasi citra, di mana citra dibagi menjadi beberapa bagian atau region berdasarkan nilai intensitas pikselnya.
4. Aljabar linear dapat digunakan untuk meningkatkan kontras pada citra, sehingga detail pada citra dapat lebih terlihat.
5. Aljabar linear dapat digunakan untuk deteksi fitur pada citra, seperti tepi, sudut, dan titik pada citra.

Kelemahan penggunaan aljabar linear dalam pengolahan citra digital:

1. Penggunaan aljabar linear memerlukan komputasi yang cukup tinggi dan waktu pemrosesan yang lama, terutama pada citra dengan ukuran yang besar.
2. Penggunaan aljabar linear memerlukan pemahaman yang baik tentang konsep matriks dan operasi matriks, sehingga memerlukan keahlian khusus dalam penggunaannya.
3. Penggunaan aljabar linear dalam pengolahan citra digital tidak selalu memberikan hasil yang optimal, tergantung pada jenis citra dan teknik yang digunakan.
4. Penggunaan aljabar linear dalam pengolahan citra digital dapat menghasilkan citra yang terdistorsi atau tidak sesuai dengan aslinya jika tidak dilakukan dengan benar.
5. Penggunaan aljabar linear dalam pengolahan citra digital memerlukan perangkat lunak atau bahasa pemrograman khusus yang mendukung operasi matriks, seperti MATLAB atau Python.

6.2 Perbandingan dengan metode lain yang digunakan dalam pengolahan citra digital

Dalam pengolahan citra digital, terdapat berbagai metode yang digunakan selain aljabar linear. Metode-metode ini memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda-beda. Berikut ini adalah perbandingan antara aljabar linear dengan metode lain yang umum digunakan dalam pengolahan citra digital.

1. **Metode Statistik:** Metode ini menggunakan prinsip statistik untuk menganalisis dan memproses citra. Contohnya adalah metode thresholding yang menggunakan ambang batas untuk memisahkan objek dari latar belakang. Perbedaannya dengan aljabar linear adalah metode statistik lebih fokus pada analisis keseluruhan distribusi piksel dalam citra, sedangkan aljabar linear lebih berfokus pada manipulasi citra melalui operasi matriks dan vektor.
2. **Metode Segmentasi:** Metode ini bertujuan untuk memisahkan citra menjadi beberapa bagian yang memiliki karakteristik yang serupa. Beberapa metode segmentasi yang umum digunakan adalah segmentasi berbasis warna, tepi, dan wilayah. Aljabar linear dapat digunakan dalam metode segmentasi dengan memanipulasi matriks citra, misalnya dengan menggunakan transformasi wavelet untuk memperoleh informasi frekuensi yang berguna dalam pemisahan objek dan latar belakang.
3. **Metode Filter:** Metode ini menggunakan filter spasial atau frekuensi untuk menghilangkan noise, meratakan citra, atau mengungkapkan fitur tertentu dalam citra. Metode filter dapat menggunakan konvolusi, seperti filter Gauss atau filter median, untuk memanipulasi nilai piksel dalam citra. Aljabar linear dapat digunakan dalam metode filter dengan menerapkan operasi matriks atau vektor pada citra.
4. **Metode Transformasi:** Metode ini mengubah citra dari domain spasial ke domain frekuensi atau sebaliknya. Transformasi seperti Transformasi Fourier dan Transformasi Wavelet digunakan untuk mengungkapkan informasi frekuensi dalam citra. Transformasi kosinus diskrit (DCT) juga sering digunakan dalam kompresi citra. Aljabar linear terlibat dalam metode transformasi ini dengan menerapkan operasi matriks pada citra.

5. Metode Klasifikasi: Metode ini digunakan untuk mengklasifikasikan piksel atau objek dalam citra ke dalam kategori yang telah ditentukan. Contohnya adalah klasifikasi berdasarkan fitur, seperti klasifikasi berdasarkan warna atau tekstur. Aljabar linear dapat digunakan dalam metode klasifikasi dengan menerapkan algoritma seperti analisis komponen utama (PCA) atau analisis diskriminan linier (LDA) untuk memproses fitur-fitur citra.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Dalam citra digital, matriks digunakan sebagai representasi diskret yang merepresentasikan nilai intensitas piksel. Setiap elemen matriks mewakili nilai intensitas piksel pada posisi tertentu dalam citra. Matriks citra digital memiliki dimensi dua yang sesuai dengan tinggi dan lebar citra.
2. Dalam representasi citra digital sebagai matriks, setiap elemen matriks mewakili nilai intensitas piksel dalam citra. Dimensi matriks bergantung pada jenis citra, di mana citra grayscale direpresentasikan menggunakan matriks dua dimensi, sedangkan citra berwarna menggunakan matriks tiga dimensi.
3. Operasi matriks yang diterapkan pada citra digital, seperti penjumlahan, perkalian, dan transformasi, memberikan kemampuan untuk memanipulasi citra secara matematis. Melalui operasi matriks ini, kita dapat melakukan perubahan, analisis, dan ekstraksi informasi dari citra digital dengan efektif dan efisien.
4. Konversi citra menjadi matriks numerik adalah langkah penting dalam pengolahan citra, di mana setiap piksel dalam citra diekstrak dan nilai intensitasnya diwakili oleh elemen-elemen matriks.
5. Normalisasi dalam pengolahan citra merupakan proses penting untuk mengganti jangkauan nilai intensitas piksel citra, sehingga membantu dalam perbaikan foto berkontras rendah dan meningkatkan kualitas citra melalui perentangan kontras atau perentangan histogram.
6. Penerapan filter spasial dalam pengolahan citra menggunakan operasi matriks merupakan metode yang efektif untuk memperbaiki kualitas citra dengan menghilangkan noise dan meningkatkan detail, serta memberikan hasil yang lebih baik melalui proses perkalian matriks filter dengan matriks citra.
7. Penerapan transformasi Fourier dalam pengolahan citra digital, termasuk perbaikan citra underwater, memberikan kontribusi yang signifikan dalam

meningkatkan kualitas citra dan mempermudah analisis dengan mengubah citra dari domain spasial menjadi domain frekuensi.

8. Penerapan aljabar linear pada transformasi wavelet diskrit dapat membantu dalam menjaga keamanan citra digital, terutama dalam konteks steganografi di mana pesan rahasia dapat disembunyikan dalam koefisien wavelet tanpa mengurangi kualitas visual dari citra digital.
9. Penerapan aljabar linear dalam pengolahan citra satelit memungkinkan analisis citra sebelum dan setelah terjadinya bencana, memperkirakan dampak bencana, dan mengidentifikasi perubahan kondisi wilayah serta mengestimasi tingkat kerusakan yang terjadi, sehingga memiliki aplikasi yang signifikan dalam ilmu penginderaan jauh pada bidang geografi.
10. Penerapan teknik pengolahan citra dalam deteksi objek dalam bidang transportasi secara otomatis dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan berkendara dengan membantu pengemudi dalam pengambilan keputusan yang tepat dan mengurangi risiko kecelakaan.
11. Memanfaatkan aljabar linear dalam pengolahan citra digital, penting untuk mempertimbangkan kelebihan dan kelemahan tersebut guna menghasilkan hasil yang baik dan sesuai dengan tujuan pengolahan citra.
12. Aljabar linear memiliki peran penting dalam pengolahan citra digital, terutama dalam manipulasi dan analisis citra melalui operasi matriks dan vektor. Namun, penggunaan metode lain dalam pengolahan citra juga sangat relevan tergantung pada tujuan pengolahan yang ingin dicapai.

7.2 Saran

Saran bagi pembaca terhadap makalah ini adalah untuk membaca dengan cermat dan menjaga konsentrasi. Aljabar linear dalam pengolahan citra digital merupakan topik yang kompleks, oleh karena itu, penting bagi pembaca untuk memahami setiap konsep dan aplikasi yang dijelaskan dalam makalah. Dalam membaca makalah ini, disarankan untuk membaca dengan teliti agar tidak melewatkan informasi penting. Jika pembaca mengalami kesulitan dalam memahami beberapa bagian, disarankan untuk membaca ulang atau mencari referensi tambahan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Dulimarta, Hans S. (1997), Diktat Kuliah Pengolahan Citra, Jurusan Teknik Informatika ITB.
- Gultom.I, NellyA.H, Iman.S (2018), Implementasi Metode Transformasi Fourier Dan Similarity Measurement Untuk Perbaikan Citra Underwater.
- Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (edisi ke-4).
- Kurniasari. Y., Karyati (2021), Singular Value Decomposition And Discrete Cosine Transform Application For Landsat Satellite Image Enhancement.
- Munir, Rinaldi (1999), Pengelompokan Blok Ranah Berdasarkan Rata-rata dan Variansi Intensitas Pixel pada Pemampatan Citra dengan Transformasi Fraktal, Tesis Magister Informatika ITB,
- Poli, Lazarus, (1998), Penerapan Steganografi dengan Citra Dijital Sebagai File Penampung, Tugas Akhir Jurusan Teknik Informatika.
- Rahmawati. M.S, Rendra.S (2019), Penerapan Aljabar Linear pada Transformasi Wavelet Diskrit dalam Program Aplikasi Keamanan Citra Digital.
- Sulistiyaniti. S.R., Komarudin. M., dkk (2016), Pengolahan Citra Dasar Dan Contoh Penerapannya.
- Wicaksono, R Hendro, dkk (2001), Tugas IF473 Pengolahan Citra, Departemen Teknik Informatika.