

Penerapan *Principal Component Analysis* (PCA) pada Citra Satelit untuk Ekstraksi Pola Cuaca dan Suhu Permukaan

Reza Ahmad Syarif - 13523119¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

reza11781@gmail.com, 13523119@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Makalah ini membahas penerapan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mengekstraksi pola cuaca dan suhu permukaan menggunakan citra satelit Landsat 8-9. Dataset ini mencakup berbagai saluran spektral yang memungkinkan analisis pola cuaca dan suhu permukaan. Dalam penelitian ini, PCA digunakan untuk mengurangi dimensi data multispektral, memvisualisasikan pola utama, dan menganalisis suhu permukaan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa PCA efektif dalam memisahkan pola awan berdasarkan variansi reflektansi saluran *visible*. Namun, kurangnya data tambahan seperti Band 11 memengaruhi akurasi perhitungan suhu permukaan pada area yang tertutup awan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah metode PCA dapat memberikan hasil yang baik untuk analisis pola cuaca dan distribusi suhu pada area yang tidak tertutup awan dengan beberapa batasan yang dapat diatasi dengan dataset yang lebih lengkap.

Kata Kunci—PCA, citra satelit, Landsat 8-9, pola cuaca, suhu permukaan .

I. PENDAHULUAN

Citra satelit adalah gambaran permukaan bumi yang diambil melalui sensor pada satelit yang mengorbit bumi. Citra ini berfungsi sebagai sumber informasi penting dalam mempelajari berbagai fenomena alam, seperti distribusi awan, suhu permukaan, dan perubahan lingkungan. Data citra satelit memungkinkan para ilmuwan dan pakar memantau kondisi atmosfer dan permukaan bumi secara *real-time* dan historis. Data multispektral yang dihasilkan oleh satelit, seperti Landsat 8-9, menyediakan banyak informasi melalui berbagai saluran spektral. Masing-masing spektral merepresentasikan panjang gelombang tertentu.

Pola cuaca mencakup parameter seperti sebaran awan, curah hujan, dan pergerakan atmosfer, sedangkan suhu permukaan menangkap panas yang dipancarkan bumi. Kedua parameter ini sangat penting untuk berbagai aplikasi seperti prakiraan cuaca, perencanaan lahan, dan mitigasi bencana. Dengan memahami pola cuaca dan suhu permukaan, langkah-langkah preventif dapat diambil untuk mengurangi dampak negatif dari bencana alam atau perubahan iklim.

Pengolahan citra satelit mencakup serangkaian langkah, mulai dari pra-pemrosesan seperti koreksi atmosfer hingga analisis data menggunakan metode statistik dan pembelajaran mesin. Dalam analisis data yang kompleks ini, *Principal*

Component Analysis (PCA) merupakan metode yang sangat relevan. PCA memungkinkan reduksi dimensi data dengan cara mengekstraksi komponen utama yang mewakili variansi terbesar. Dengan demikian, pola yang tersembunyi dalam data citra satelit dapat diidentifikasi dan divisualisasikan dengan lebih efisien.

Pengolahan citra satelit menggunakan PCA diharapkan dapat memberikan representasi pola cuaca yang lebih jelas dan perhitungan suhu permukaan yang lebih akurat. Dengan informasi ini, pengambilan keputusan di berbagai sektor, seperti pertanian, perencanaan urban, dan mitigasi bencana, dapat dilakukan dengan lebih baik. Misalnya, pola awan yang teridentifikasi dapat membantu memprediksi potensi hujan atau badai, sementara analisis suhu permukaan dapat digunakan untuk memonitor wilayah yang rentan terhadap gelombang panas atau perubahan lingkungan.

Melalui makalah ini, diharapkan dapat dijelaskan penerapan PCA dalam pengolahan citra satelit untuk mengekstraksi pola cuaca dan menganalisis suhu permukaan secara lebih efektif. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi teoritis dalam metode analisis data citra, tetapi juga menjadi panduan praktis yang dapat digunakan oleh peneliti dan praktisi di berbagai bidang untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan berbasis data.

II. LANDASAN TEORI

A. Citra Satelit

Citra satelit adalah gambar permukaan bumi yang diambil melalui sensor yang dipasang pada satelit yang mengorbit bumi. Gambar ini mencakup informasi yang terekam dari panjang gelombang cahaya tampak, inframerah, hingga gelombang mikro.

Jenis sensor yang terdapat pada satelit terdiri dari dua jenis, yaitu sensor pasif dan sensor aktif.

1. Sensor pasif merupakan sensor yang merekam radiasi matahari dengan memanfaatkan energi sinar matahari. Sensor akan mengukur radiasi elektromagnetik setelah dipantulkan dari Bumi. Sensor pasif kebanyakan beroperasi pada bagian spektrum tampak, inframerah, inframerah termal, dan gelombang mikro. Contohnya seperti Landsat-8 dan Sentinel-2.
2. Sensor aktif merupakan sensor yang menggunakan gelombang buatan untuk dipancarkan ke bumi yang

kemudian merekam pantulannya. Sensor aktif kebanyakan beroperasi pada pita gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik yang dapat menembus awan. Sensor ini digunakan untuk mengukur aerosol, struktur hutan, curah hujan, angin, dan topografi permukaan laut. Contohnya seperti Sentinel-1.

Data citra satelit memiliki beberapa komponen penting yang memungkinkan analisis mendalam. Data tersebut adalah sebagai berikut.

1. Resolusi Spasial

Resolusi ini mengacu pada ukuran piksel di permukaan bumi. Misalnya, Landsat memiliki resolusi spasial 30 meter yang artinya setiap piksel mewakili area 30x30 meter.

2. Resolusi Spektral

Resolusi ini mengacu pada kemampuan sensor untuk merekam panjang gelombang tertentu. Contoh saluran spektral pada Landsat antara lain sebagai berikut.

- Band 2 (*Blue*) digunakan untuk mempelajari perairan dan vegetasi.
- Band 3 (*Green*) sensitif terhadap reflektansi daun.
- Band 4 (*Red*) digunakan untuk mendeteksi vegetasi.
- Band 5 *Near Infrared* (NIR) digunakan untuk analisis kelembapan dan vegetasi.
- Band 10 *Thermal Infrared* (TIR) digunakan untuk suhu permukaan.

3. Resolusi Temporal

Resolusi ini menunjukkan seberapa sering data dari lokasi yang sama dapat direkam oleh satelit. Misalnya, Landsat memiliki resolusi temporal 16 hari yang memungkinkan pengamatan berkala untuk memantau perubahan lingkungan.

Adanya data yang diberikan oleh citra satelit tersebut dapat digunakan dalam berbagai bidang aplikasi yang mencakup aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Pemanfaatan tersebut antara lain dalam bidang pemantauan lingkungan, analisis cuaca dan iklim, serta mitigasi bencana. Misalnya, dalam analisis cuaca dan iklim, data dapat digunakan untuk pemantauan pola awan, distribusi curah hujan, dan perubahan suhu.

Salah satu dataset yang sangat penting dalam analisis citra satelit adalah Landsat 8-9. Dataset Landsat 8-9 merupakan generasi terbaru dari program Landsat yang dirancang untuk menyediakan data citra multispektral dengan resolusi tinggi. Dataset ini mencakup berbagai saluran spektral, seperti *visible* (Band 2, 3, 4), *near-infrared* (Band 5), dan *thermal infrared* (Band 10 dan 11). Salah satu dataset Landsat 8-9 tersebut adalah Landsat Collection 2 Level 2 (C2 L2). Keunggulan data tersebut adalah adanya koreksi atmosfer yang meningkatkan akurasi nilai reflektansi dan mempermudah interpretasi data. Dengan resolusi spasial 30 meter untuk saluran reflektif dan 100 meter untuk *thermal infrared*, dataset ini sangat ideal untuk analisis pola cuaca dan suhu permukaan dalam skala lokal hingga regional.

B. Pola Cuaca dan Suhu Permukaan

Pola cuaca mencakup parameter seperti distribusi awan,

curah hujan, dan pergerakan atmosfer yang memiliki dampak besar pada berbagai sektor seperti pertanian, perencanaan urban, dan mitigasi bencana. Citra satelit menyediakan data yang kaya untuk mengidentifikasi pola ini melalui saluran *visible* dan *near-infrared*. Distribusi awan, misalnya, dapat diamati menggunakan saluran *visible* (Band 2, 3, dan 4) karena reflektansi tinggi yang dihasilkan oleh awan. Selain itu, *near-infrared* (Band 5) dapat digunakan untuk membedakan vegetasi dari area yang tertutup awan.

Suhu permukaan bumi mengacu pada panas yang dipancarkan oleh permukaan tanah atau air yang diukur menggunakan radiasi termal yang terdeteksi oleh sensor satelit. Saluran *thermal infrared* (seperti Band 10 dan 11 pada Landsat) sangat efektif dalam menghitung suhu permukaan karena dapat merekam radiasi panas dalam panjang gelombang tertentu. Nilai digital (*Digital Number/DN*) yang direkam oleh sensor satelit dapat dikonversi menjadi suhu dalam satuan Kelvin dan kemudian diubah menjadi derajat Celsius untuk interpretasi lebih lanjut.

Berikut merupakan rumus konversi nilai DN ke suhu.

1. Konversi DN ke *radiance* (L)

$$L = (TEMP_{MULT} \times DN) + TEMP_{ADD}$$

2. Konversi *radiance* ke suhu dalam Kelvin (T)

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L} + 1\right)}$$

3. Konversi suhu dari Kelvin ke Celsius (T_C)

$$T_C = T - 273.15$$

Dengan TEMP_MULT dan TEMP_ADD adalah parameter kalibrasi dari metadata serta K1 dan K2 adalah konstanta Planck untuk saluran *thermal infrared* tertentu.

C. Matriks

Matriks adalah susunan angka atau elemen yang diatur dalam bentuk tabel dua dimensi dengan baris dan kolom. Matriks digunakan untuk merepresentasikan data atau hubungan matematis dalam berbagai bidang, seperti fisika, matematika, dan ilmu komputer.

Secara matematis, sebuah matriks A dengan ukuran $m \times n$ ditulis sebagai berikut.

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Sumber : Rinaldi Munir

Dengan:

- m adalah jumlah baris
- n adalah jumlah kolom
- a_{ij} adalah elemen matriks di baris ke- i dan kolom ke- j .

D. Matriks Kovarians

Matriks kovarians adalah matriks persegi yang mengukur hubungan statistik antara dua atau lebih variabel dalam sebuah dataset. Kovarians menunjukkan sejauh mana dua variabel

berubah bersama-sama, atau dengan kata lain, bagaimana hubungan linier antara variabel-variabel tersebut. Dalam konteks matriks, setiap elemen kovarians merepresentasikan hubungan antara dua variabel.

Jika dataset terdiri dari m variabel, maka matriks kovarians adalah matriks berukuran $m \times m$. Untuk dua variabel X dan Y dengan ukuran n , kovarians didefinisikan sebagai berikut.

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_X)(y_i - \mu_Y)$$

Dengan:

- x_i dan y_i adalah observasi dari variabel X dan Y
- μ_X dan μ_Y adalah rata-rata dari variabel X dan Y
- n adalah jumlah observasi

Jika dataset X memiliki m variabel dan n observasi, maka matriks kovarians C adalah

$$C = \frac{1}{n-1} X^T X \quad \text{atau} \quad C_{ij} = Cov(x_i, x_j)$$

Setiap elemen C_{ij} merepresentasikan kovarians antara variabel i dan j . Diagonal matriks $C(C_{ij})$ adalah variansi masing-masing variabel ($Var(x_i)$).

Misalnya, terdapat dataset dengan 3 variabel (x_1, x_2, x_3) , maka matriks kovariansnya sebagai berikut.

$$C = \begin{bmatrix} Var(x_1) & Cov(x_1, x_2) & Cov(x_1, x_3) \\ Cov(x_2, x_1) & Var(x_2) & Cov(x_2, x_3) \\ Cov(x_3, x_1) & Cov(x_3, x_2) & Var(x_3) \end{bmatrix}$$

E. Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Nilai eigen (λ) adalah skalar yang menunjukkan seberapa besar sebuah vektor berubah skalanya ketika matriks diterapkan padanya. Sedangkan, vektor eigen (v) adalah vektor non-nol yang arah transformasinya tidak berubah ketika sebuah matriks linear diterapkan padanya, tetapi hanya berubah panjangnya (skala).

Hubungan antara nilai eigen (λ) dan vektor eigen (v) didefinisikan oleh persamaan eigen sebagai berikut.

$$A \cdot v = \lambda \cdot v$$

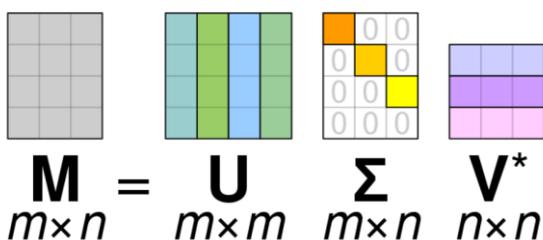
Dengan:

- A adalah matriks persegi ($n \times n$)
- v adalah vektor eigen ($n \times 1$)
- λ adalah nilai eigen (1×1).

F. Singular Value Decomposition

Singular Value Decomposition (SVD) adalah metode dekomposisi matriks yang memecah sebuah matriks A menjadi tiga matriks sebagai berikut.

$$A = U \cdot \Sigma \cdot V^T$$



Sumber : Rinaldi Munir

Dengan:

- A adalah matriks asli berukuran $m \times n$
- U adalah matriks ortogonal berukuran $m \times m$, yang kolom-kolomnya adalah vektor singular kiri.
- Σ adalah matriks diagonal berukuran $m \times n$, yang elemen diagonalnya adalah nilai singular (σ).
- V^T adalah transpos dari matriks ortogonal V berukuran $n \times n$, yang kolom-kolomnya adalah vektor singular kanan.

Nilai singular (σ) adalah akar kuadrat dari nilai eigen matriks $A^T A$ atau AA^T sebagai berikut.

$$\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$$

Dengan λ_i adalah nilai eigen.

Secara geometris, SVD mentransformasikan matriks A ke ruang vektor baru dengan tiga tahap:

1. Rotasi oleh V^T : Matriks A diproyeksikan ke ruang basis ortogonal yang ditentukan oleh vektor singular kanan (V^T).
2. Skala oleh Σ : Nilai singular (σ) merepresentasikan skala transformasi dalam ruang proyeksi.
3. Rotasi oleh U : Hasil transformasi dikembalikan ke ruang asli menggunakan vektor singular kiri (U).

G. Transformasi Linear

Transformasi linear adalah sebuah fungsi yang memetakan vektor dari satu ruang vektor ke ruang vektor lain dengan memenuhi dua sifat utama.

1. Sifat Penjumlahan

$$T(u + v) = T(u) + T(v)$$

T adalah transformasi, sedangkan u dan v adalah vektor.

2. Sifat Perkalian

$$T(c \cdot u) = c \cdot T(u)$$

c adalah skalar dan u adalah vektor.

Transformasi linear dapat direpresentasikan sebagai perkalian matriks dengan sebuah vektor.

$$y = A \cdot x$$

Dengan:

- A adalah matriks transformasi berukuran $m \times n$
- x adalah vektor masukan berukuran $n \times 1$
- y adalah vektor keluaran berukuran $m \times 1$

H. Ruang Vektor

Ruang vektor adalah himpunan elemen (vektor) yang memenuhi sifat-sifat tertentu dan dapat dioperasikan menggunakan penjumlahan vektor dan perkalian skalar. Ruang ini didefinisikan dalam kerangka aljabar linear dan digunakan untuk merepresentasikan berbagai konsep matematika dan fisika.

Secara formal, ruang vektor V di atas sebuah medan F (misalnya bilangan real R) adalah himpunan yang memenuhi dua operasi dasar.

1. Penjumlahan Vektor : $u + v \in V$ untuk semua $u, v \in V$.
2. Perkalian Skalar : $c \cdot v \in V$ untuk semua $v \in V$ dan $c \in F$.

III. PEMBAHASAN DAN IMPLEMENTASI

A. Ekstraksi Pola Cuaca dan Suhu Permukaan Menggunakan PCA

Principal Component Analysis (PCA) adalah teknik statistik yang digunakan untuk mereduksi dimensi data tanpa kehilangan informasi penting. Dalam konteks citra satelit, PCA digunakan untuk mengekstraksi pola cuaca, seperti distribusi awan, dan menganalisis suhu permukaan. Proses ini sangat penting karena data citra satelit sering kali memiliki dimensi tinggi dengan banyak saluran spektral yang saling berkorelasi. Dengan menggunakan PCA, hubungan antar saluran ini dapat dimanfaatkan untuk menemukan pola utama yang tersembunyi dalam data.

Berikut merupakan langkah-langkah penerapan PCA pada citra satelit untuk mengekstraksi pola cuaca dan suhu permukaan.

1. Representasi Data dalam Matriks

Data citra satelit direpresentasikan sebagai matriks X , dengan:

- Baris n merepresentasikan piksel dalam citra.
- Kolom m merepresentasikan saluran spektral (Band 2, 3, 4, 5, dan 10).

Misalnya, matriks X dapat ditulis sebagai berikut.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

Dengan x_{ij} adalah nilai reflektansi atau intensitas piksel ke- i pada saluran ke- j .

2. Normalisasi Data

Data pada saluran spektral perlu dinormalisasi agar memiliki skala yang sebanding. Normalisasi dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$X_{\text{norm}} = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Dengan

$$\mu_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad \sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu_j)^2}$$

μ_j adalah rata-rata saluran k dan σ_j adalah standar deviasi saluran j ,

3. Membentuk Matriks Kovarians

Matriks kovarians digunakan untuk mengukur hubungan antara saluran spektral.

$$C = \frac{1}{n-1} X_{\text{norm}}^T X_{\text{norm}}$$

dengan C adalah matriks kovarians berukuran $m \times m$ dan elemen C_{ij} menunjukkan kovarians antaran saluran i dan j .

4. Dekomposisi Eigen (Menggunakan SVD)

Setelah matriks kovarians dihitung, dekomposisi eigen dilakukan untuk mendapatkan nilai eigen dan vektor eigen.

$$C \cdot v = \lambda \cdot v$$

Selain itu, SVD dapat digunakan langsung pada data

$$X = U \cdot \Sigma \cdot V^T$$

dengan:

- U adalah matriks ortogonal yang berisi vektor singular kiri.
- Σ adalah matriks diagonal dengan singular value.
- V^T adalah matriks ortogonal yang berisi vektor singular kanan.

5. Pemilihan Komponen Utama

Komponen utama dipilih berdasarkan nilai eigen terbesar. Proporsi variasi yang dijelaskan oleh k komponen utama dihitung dengan

$$\text{Explained Variance Ratio} = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i}$$

6. Proyeksi Data ke Basis Baru

Data diproyeksikan ke ruang berdimensi rendah menggunakan matriks vektor eigen (W)

$$Z = X_{\text{norm}} \cdot W$$

dengan:

- Z adalah data yang telah direduksi dimensinya
- W adalah matriks yang terdiri dari k vektor eigen pertama

7. Interpretasi Hasil PCA

- PC1 (Komponen Utama Pertama) : Dapat digunakan untuk mengekstraksi pola awan berdasarkan variansi reflektansi saluran *visible* (Band 2, 3, 4).
- PC2 (Komponen Utama Kedua) : Dapat digunakan untuk menganalisis distribusi suhu permukaan dengan menggunakan informasi dari Band 10.

B. Implementasi

Pada bagian ini, akan dibahas implementasi ekstraksi pola cuaca dan suhu permukaan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Implementasi dilakukan menggunakan Python ditambahkan dengan library seperti rasterio, scikit-learn, dan matplotlib untuk pengolahan data dan visualisasi.

Dua dataset digunakan untuk menganalisis efektivitas metode pada kondisi berbeda. Dataset pertama memiliki nilai cakupan awan rendah, sedangkan dataset kedua memiliki nilai cakupan awan tinggi.

1. Dataset 1 : Dataset ini diambil pada tanggal 22 Desember 2024. Wilayah dataset ini mencakup area pegunungan di negara bagian Virginia, USA. Dataset ini memiliki nilai cakupan awan sebesar 0.65.
2. Dataset 2 : Dataset ini diambil pada tanggal 21 Desember 2024. Wilayah dataset ini mencakup area perkotaan di Washington D.C, USA. Dataset ini memiliki nilai cakupan awan sebesar 75.32.

Metode utama yang digunakan pada implementasi ini adalah *Principal Component Analysis* (PCA) untuk analisis pola awan dan konversi *Digital Number* (DN) ke suhu permukaan untuk analisis distribusi suhu. Implementasi dilakukan menggunakan dataset Landsat 8/9 Level-2 (koreksi atmosfer) yang mencakup saluran *visible* (Band 2, 3, 4), *near-infrared* (Band 5), dan *thermal infrared* (Band 10).

Berikut adalah beberapa fungsi utama dalam Python yang

digunakan untuk mengekstraksi pola cuaca dan suhu permukaan.

1. Membaca Data Raster dan Metadata

```

1 # Fungsi untuk membaca saluran raster
2 def load_band(file_path):
3     with rasterio.open(file_path) as src:
4         band = src.read(1)
5         meta = src.meta
6         return band, meta
7
8 # Fungsi membaca metadata
9 def read_metadata(mtl_path):
10    metadata = {}
11    with open(mtl_path, 'r') as file:
12        for line in file:
13            line = line.strip()
14            if '=' in line:
15                key, value = line.split('=')
16                metadata[key.strip()] = value.strip()
17    return metadata

```

Citra satelit terdiri dari beberapa saluran (*bands*) yang merepresentasikan panjang gelombang tertentu. Fungsi `load_band()` digunakan untuk membaca data raster dari file .TIF yang disediakan

- Band 2, 3, 4, dan 5 digunakan untuk analisis pola cuaca.
- Band 10 digunakan untuk menghitung suhu permukaan.
- QA_PIXEL dan QA_RADSAT digunakan untuk memfilter piksel berkualitas buruk.

Fungsi `read_metadata()` membaca file metadata .MTL untuk mendapatkan parameter konversi suhu dari *Digital Number* (DN) ke suhu permukaan antara lain.

- RADIANCE_MULT_BAND_10
- RADIANCE_ADD_BAND_10
- K1_CONSTANT_BAND_10
- K2_CONSTANT_BAND_10

2. Resampling QA_PIXEL dan QA_RADSAT

```

1 # Fungsi resampling array
2 def resample_array(source_array, source_meta, target_meta):
3     with rasterio.MemoryFile() as memfile:
4         with memfile.open(**source_meta) as src:
5             target_transform = target_meta['transform']
6             target_shape = (target_meta['height'], target_meta['width'])
7             resampled_array = src.read(
8                 out_shape=target_shape,
9                 resampling=rasterio.enums.Resampling.nearest
10            )
11    return resampled_array[0]

```

Fungsi `resample_array()` digunakan untuk mencocokkan dimensi QA_PIXEL dan QA_RADSAT dengan saluran utama seperti Band 2. Ini diperlukan karena dimensi file QA bisa berbeda dari saluran lainnya.

3. Perhitungan Suhu Permukaan

```

1 # Rumus konversi suhu
2 def calculate_temperature(dn, mult, add, k1, k2):
3     radiance = (mult * dn) + add
4     radiance = np.where(radiance > 0, radiance, np.nan)
5     temperature_kelvin = k2 / (np.log((k1 / radiance) + 1))
6     temperature_celsius = temperature_kelvin - 273.15
7     return temperature_celsius

```

Suhu permukaan dihitung menggunakan Band 10 (*Thermal Infrared*) dengan parameter dari metadata. DN dikonversi menjadi *radiance* dan selanjutnya ke suhu (dalam °C).

4. Analisis Pola Cuaca Menggunakan PCA

```

1 # Terapkan PCA untuk pola awan
2 def apply_pca(data, n_components=2):
3     pca = PCA(n_components=n_components)
4     transformed_data = pca.fit_transform(data)
5     return transformed_data, pca

```

```

1 # Gabungkan saluran untuk analisis pola awan
2 data_stack = np.stack([blue_norm, green_norm, red_norm, nir_norm], axis=0)
3 reshaped_data = data_stack.reshape(data_stack.shape[0], -1).T
4
5 # Validasi data sebelum PCA
6 assert not np.isnan(reshaped_data).any(), "Data masih mengandung NaN setelah pembersihan!"
7
8 # Terapkan PCA
9 pca_data, pca_model = apply_pca(reshaped_data, n_components=2)

```

PCA diterapkan pada saluran *visible* dan NIR (Band 2-5) untuk mengekstraksi pola awan.

5. Penyimpanan dan Visualisasi

```

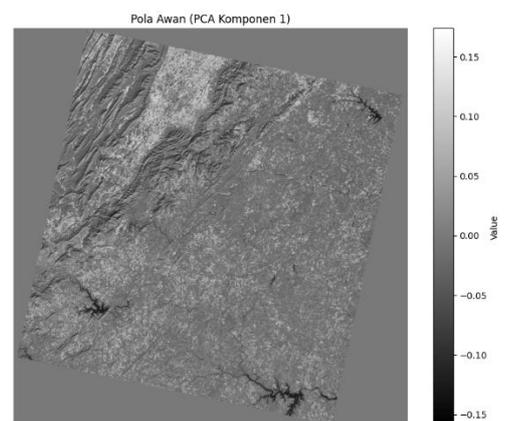
1 # Visualisasi pola awan (PCA Component 1)
2 pca_cloud_patterns = pca_data[:, 0].reshape(blue.shape)
3 visualize_band(pca_cloud_patterns, "Pola Awan (PCA Komponen 1)", cmap='gray')
4
5 # Visualisasi suhu permukaan
6 visualize_band(temperature_celsius, "Suhu Permukaan (Celsius)", cmap='hot', colorbar_label="Temperature (°C)", vmin=18, vmax=38)
7
8 # Simpan suhu ke file GeoTIFF
9 timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%d-%H%M%S")
10 output_temp_path = f"surface_temperature_celsius_{timestamp}.tif"
11 output_cloud_path = f"cloud_pattern_pca_{timestamp}.tif"

```

Pola awan dan suhu permukaan divisualisasikan dan disimpan ke GeoTIFF untuk analisis lebih lanjut.

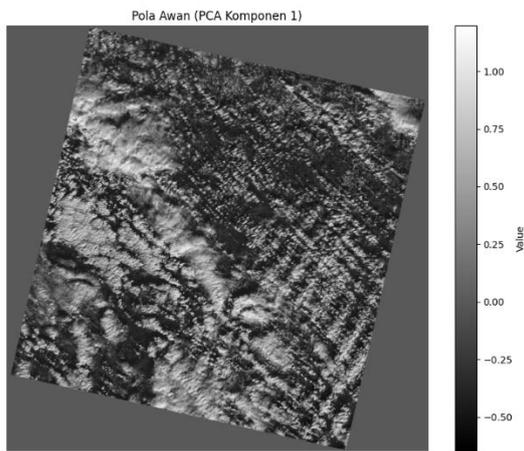
Dari implementasi kode tersebut dan percobaan menggunakan dataset 1 dan dataset 2, diperoleh data gambar dan analisis sebagai berikut.

1. Visualisasi Pola Cuaca



Gambar Pola Awan Dataset 1

Berdasarkan hasil PCA pada dataset 1 dengan cakupan awan rendah, terlihat pola awan pada citra ini menunjukkan bahwa hampir tidak ada awan yang signifikan. Hal tersebut sesuai dengan kondisi cakupan awan yang rendah. Warna abu-abu lebih dominan menunjukkan permukaan daratan atau vegetasi.

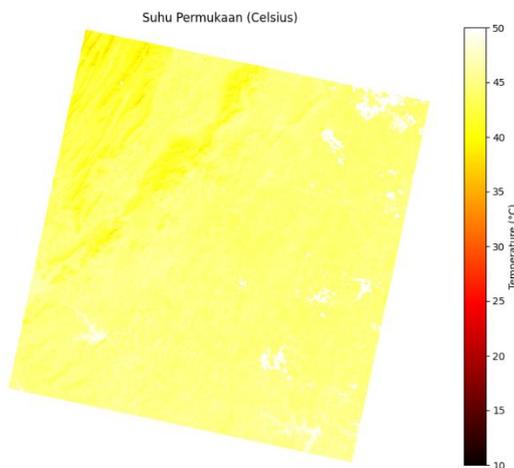


Gambar Pola Awan Dataset 2

Berdasarkan hasil PCA pada dataset 2 dengan cakupan awan tinggi, pola awan terlihat jauh lebih jelas dengan area warna putih yang menonjol menunjukkan keberadaan awan. PCA berhasil memisahkan pola awan dari area di bawahnya. Warna hitam atau abu-abu menunjukkan permukaan daratan, vegetasi, atau air.

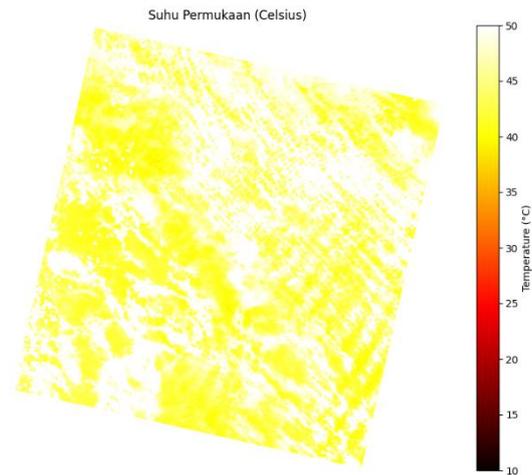
Berdasarkan kedua hasil tersebut, PCA bisa dinilai cukup efektif untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan pola awan. Namun, tanpa saluran tambahan, misalnya *shortwave infrared* (SWIR), membedakan awan dan salju terutama di area bersalju atau es akan menjadi tantangan.

2. Visualisasi Suhu Permukaan



Gambar Suhu Permukaan Dataset 1

Berdasarkan hasil suhu permukaan pada dataset 1 dengan cakupan awan rendah, terlihat suhu permukaan pada citra ini menunjukkan variasi yang konsisten dengan data reflektansi *visible* dan NIR. Area yang cerah menandakan suhu yang lebih tinggi, seperti daerah tanpa vegetasi atau lahan terbuka.



Gambar Suhu Permukaan Dataset 2

Berdasarkan hasil suhu permukaan pada dataset 2 dengan cakupan awan tinggi, citra menunjukkan pola suhu yang tidak seragam. Hal tersebut disebabkan oleh keberadaan awan yang menghalangi pengukuran suhu permukaan yang sebenarnya. Suhu permukaan di area dengan awan lebih sulit untuk diinterpretasikan dengan akurat.

Berdasarkan kedua hasil tersebut, suhu permukaan yang dihasilkan sudah cukup baik untuk area yang tidak tertutup awan. Namun, pada area yang tertutup awan, suhu permukaan mungkin tidak akurat karena terhalang oleh awan. Selain itu, dapat dilihat bahwa suhu permukaan menunjukkan hasil yang kurang akurat. Suhu permukaan yang dihasilkan menunjukkan rata-rata suhu daratan tersebut sekitar 40°C. Hal tersebut kemungkinan besar disebabkan kurangnya saluran Band 11 (*Thermal Infrared* tambahan) sehingga memengaruhi akurasi kalkulasi suhu permukaan, terutama dalam mendeteksi variabilitas suhu di area yang lebih luas.

V. KESIMPULAN

Penerapan *Principal Component Analysis* (PCA) pada citra satelit Landsat 8-9 berhasil mengekstraksi pola cuaca dan menganalisis suhu permukaan. Dataset dengan cakupan awan rendah menunjukkan hasil yang konsisten dalam visualisasi pola permukaan, sedangkan pada dataset dengan cakupan awan tinggi, PCA berhasil memisahkan pola awan secara signifikan. Namun, akurasi analisis suhu permukaan masih kurang tepat. Hal tersebut dipengaruhi oleh keterbatasan dataset, terutama kurangnya saluran spektral tambahan seperti Band 11.

Implementasi ini membuktikan bahwa PCA adalah metode yang efisien untuk mereduksi dimensi data multispektral, terutama untuk analisis pola cuaca. Hasil ini tentu dapat memberikan kontribusi signifikan dalam aplikasi praktis, seperti pemantauan lingkungan, analisis cuaca dan iklim, serta mitigasi bencana. Untuk penelitian kedepannya, diharapkan untuk menggunakan dataset yang lebih kaya dengan saluran spektral tambahan agar akurasi analisis suhu permukaan dapat ditingkatkan.

REFERENSI

- [1] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/> diakses pada tanggal 30 Desember 2024 pukul 16.00
- [2] Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202.
- [3] Jensen, J. R. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson Education.
- [4] Mather, P., & Koch, M. (2011). *Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction*. Wiley
- [5] Strang, G. (2006). *Linear Algebra and Its Applications*. Cengage Learning..
- [6] USGS. (2023). *Landsat 8-9 Collection 2 Level 2 Product*. United States Geological Survey. <https://www.usgs.gov/landsat-missions> diakses pada tanggal 31 Desember 2024 pukul 08.00
- [7] Landscape Satellite Summit. (2023). *Satellites, Sensors, and Their Properties*. <https://landscape-satsummit-io.translate.goog> diakses pada tanggal 31 Desember 2024 pukul 13.00

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 2 Januari 2024



Reza Ahmad Syarif / 13523119