

PCVK

Citra digital merupakan representasi visual dunia nyata dalam bentuk diskrit (piksel)

piksel merupakan unit terkecil citra, memiliki intensitas (grayscale) / komposisi warna (RGB, RGBA, HSV)

Resolusi jumlah piksel yang Menyusun sebuah citra dalam dimensi horizontal x vertical

Bit depth: menentukan jumlah warna yang adapt direpresentasikan.

Library

NumPy untuk manipulasi array numerik.

Matplotlib dan Seaborn untuk visualisasi data dan citra.

OpenCV untuk pengolahan citra, deteksi objek, dan tracking.

scikit-image untuk pemrosesan citra tingkat lanjut (filtering, edge detection, transformasi morfologi).

TensorFlow dan PyTorch untuk deep learning yang digunakan dalam pengembangan model klasifikasi dan deteksi citra. kaya pustaka: NumPy, OpenCV, scikit-image, TensorFlow

Citra

Analog image merupakan citra yang bersifat kontinu baik dalam koordinat x,y maupun intensitas (kecerahan dan warna) contohnya film kamera analog, gambar televisi tabung, dkk. Representasi data diwakili oleh sinyal kontinu. Disimpan dalam media fisik. Sulit dimodifikasi. Pemrosesan dengan Teknik khusus. Resolusi teoritis sangat tinggi krn kontinu tp kualitas menurun krn gangguan fisik (noise, degradasi)

digital image merupakan citra yang bersifat diskrit yang direpresentasikan dalam bentuk matriks piksel dengan nilai numerik tertentu, contoh: foto hasil kamera digital, kamera hp dkk. representasi data diwakili oleh array 2d yg disebut piksel. dapat disimpan di media digital. mudah di manipulasi menggunakan computer. kualitas tergantung resolusi dan bit depth (jumlah level intensitas)

Vektor (AI, CDR, SVG, EPS, AFDESIGN)

Bitmap/raster (JPG, JPEG, GIF, PNG, TIFF)

Format Raster populer antara lain:

JPEG/JPG (Joint Photographic Experts Group): menggunakan kompresi lossy, ukuran file lebih kecil, cocok untuk citra fotografi.

PNG (Portable Network Graphics): menggunakan kompresi lossless, mendukung transparansi (RGBA), ideal untuk grafis dan web.

TIFF (Tagged Image File Format): mendukung kualitas tinggi dengan kompresi lossless, sering digunakan dalam pencitraan medis dan penelitian ilmiah.

BMP (Bitmap Image File): tanpa kompresi, ukuran besar, digunakan untuk keperluan grafis sederhana.

HEIF/HEIC (High Efficiency Image Format): format modern berbasis HEVC, ukuran kecil dengan kualitas tinggi, kini digunakan pada perangkat mobile generasi baru (iOS/Android 2024-2025).

To acquire a digital image, follow these steps:

Illumination Source (Sumber Penerangan): Gunakan sumber cahaya untuk menerangi adegan/obyek

Scene Element (Elemen Adegan): Objek dalam adegan memantulkan cahaya menuju system

pencitraan

Reflected Light (Cahaya yang Dipantulkan): Cahaya yang dipantulkan dari elemen adegan membawa informasi tentang penampilan (appearance) dan karakteristik mereka

Sensor in Imaging System (Sensor dalam Sistem Pencitraan): Gunakan sensor yang mengubah energi cahaya yang masuk menjadi sinyal listrik

Image Plane (Bidang Gambar): Sensor mengarahkan sinyal ini ke bidang gambar tempat sinyal diproses.

Electrical Current (Arus Listrik): Sinyal listrik yang dihasilkan oleh sensor merepresentasikan intensitas cahaya yang tertangkap

Digital Data Converter (Konverter Data Digital): Konversikan sinyal listrik analog menjadi data digital untuk pemrosesan dan penyimpanan

Digitized Image (Gambar yang Didigitalkan): Hasil akhirnya adalah gambar digital yang terdiri dari piksel dengan nilai warna dan intensitas yang merepresentasikan adegan asli

Image resolution

Resolusi Piksel: Ini adalah jumlah total piksel dalam gambar. Biasanya diukur dalam ukuran lebar x tinggi, misalnya 1920 x 1080 piksel. Semakin banyak piksel, semakin detail gambar yang dihasilkan.

Densitas Piksel (PPI atau DPI): Ini mengukur jumlah piksel per inci pada layar (PPI, pixels per inch) atau cetakan (DPI, dots per inch). Resolusi ini menentukan seberapa tajam gambar ketika ditampilkan atau dicetak. PPI sering digunakan untuk layar digital, sedangkan DPI lebih sering digunakan untuk cetakan fisik.

Ukuran Fisik: Meskipun tidak secara langsung merupakan ukuran resolusi, ukuran fisik layer atau media cetak (misalnya, 5 inci x 7 inci) mempengaruhi bagaimana resolusi piksel ditampilkan. Resolusi yang lebih tinggi pada ukuran fisik yang sama akan memberikan gambar yang lebih tajam dan jelas

1. Menghitung ukuran pixel

Rumus:

Pixel width = inch width × DPI

Pixel height = inch height × DPI

2. Menghitung file size

Rumus:

File size = (width × height × bytes per pixel) + header size

citra monokrom disebut juga binary image contohnya teks hasil scan, barcode, citra hasil thresholding.

grayscale image menggunakan intensitas 0-256, memiliki 1 kanal warna, Banyak dipakai pada pengolahan citra medis (X-ray, MRI), deteksi tepi, dan aplikasi komputer vision karena lebih ringan secara komputasi.

true color image Citra berwarna standar dengan 3 kanal warna (Red, Green, Blue / RGB). Setiap piksel memiliki kombinasi nilai dari ketiga kanal, umumnya 8-bit per kanal → 24-bit total (16,7 juta warna). Bisa diperluas ke 32-bit (RGBA) jika ada kanal transparansi (Alpha). Contoh: foto digital, video berwarna, gambar pada layar monitor modern.

Model Warna merupakan cara matematis untuk merepresentasikan warna dlm ruang multidimensi. Pemilihan format citra dan model warna sangat penting karena memengaruhi efisiensi penyimpanan, kualitas visual, serta keakuratan dalam pengolahan citra

- RGB (Red, Green, Blue): standar tampilan monitor, setiap warna

direpresentasikan sebagai kombinasi tiga kanal. bersifat additive

- HSV (Hue, Saturation, Value): lebih dekat dengan persepsi manusia, memudahkan segmentasi warna.
- CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black): digunakan pada percetakan.
- YCbCr: digunakan dalam kompresi video (MPEG, JPEG).
- Lab Color Space (CIELAB): model perseptual yang berusaha meniru cara mata manusia melihat warna.

IMAGE ELEMENTS

kecerahan pada titik (pixel) didalam citra bukanlah intensitas yang riil. Tetapi sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya
kontras menyatakan sebaran terang dan gelap di dalam gambar

kontur merupakan keadaan yg ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada pixel - pixel yang bertetangga (mendeteksi tepi objek pada citra)
warna persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek.

bentuk merupakan properti intristik dari objek 3 dimensi

tekstur merupakan distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan pixel pixel yang bertetangga

APLIKASI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Kesehatan: deteksi kanker melalui MRI/CT, analisis X-ray paru(COVID-19,pneumonia), rekonstruksi 3D organ.

Industri & Otomasi: sistem inspeksi kualitas produk berbasis vision, deteksi cacat produksi.

Pertanian & Perikanan: klasifikasi tanaman, deteksi penyakit, system penghitung benih ikan lele berbasis YOLO + MobileNetV2 (riset 2023-2025).

Transportasi: kendaraan otonom (deteksi objek jalan, pejalan kaki).

Keamanan: pengenalan wajah (face recognition), pengawasan berbasis video.

Media & Hiburan: augmented reality (AR), virtual reality (VR), dan efek visual.

OPERASI DASAR PENGOLAHAN CITRA

linier brightness merupakan melakukan penambahan nilai pixel jika nilai brightness dinaikkan dan sebaliknya. rumusnya :

$$g(x,y) = f(x,y)+b$$

$g(x,y)$ adalah nilai pixel setelah transformasi

$f(x,y)$ adalah nilai pixel asli

b adalah nilai brightness

contrast adalah tingkat penyebaran pixel - pixel ke dalam intensitaswarna.

$$g(x,y) = a*f(x,y)+b$$

$g(x,y)$ adalah nilai pixel setelah transformasi

$f(x,y)$ adalah nilai pixel asli

a adalah nilai contrast

b adalah nilai brightness

$a>1 \rightarrow$ kontras meningkat

$0<a<1 \rightarrow$ kontras menurun

Kelebihan:Mudah dan cepat diterapkan & Bisa meningkatkan keterlihatan detail pada citra.

Kekurangan: Jika a terlalu besar \rightarrow bagian terang bisa "overexposed" (jadi putih semua), bagian gelap jadi hitam semua.& Tidak adaptif

logarithmic brightness merupakan Transformasi Log memetakan suatu citra dengan

range warna sempit menjadi lebih lebar pada citra output

$$s = c \cdot \log(1+r)$$

s : nilai grey-level citra output

c : konstanta

r : nilai grey-level citra input

Jika linear brightness cocok untuk gambar yang pencahayaannya relatif seimbang, maka logaritmik brightness cocok untuk gambar yang gelap/tidak seimbang → misalnya citra medis, astronomi, CCTV malam.

inverse color merupakan proses membalik nilai citra dengan cermin nilai pixel ditengah.

$$g(x) = 255 - f(x)$$

g(x) adalah citra negative

f(x) adalah citra asli

- Contoh penggunaan:

1. Citra medis (X-ray, retinal) → kadang lebih mudah mengamati struktur jika dibuat negatif.

2. Pengolahan dokumen → teks putih di atas latar hitam lebih nyaman dibaca dalam beberapa kasus.

3. Efek visual / artistik → untuk manipulasi foto atau film.

4. Preprocessing → kadang dipakai sebelum ekstraksi

fitur, tergantung metode

Grayscale

- Grayscale Average

~Semua channel dianggap sama penting.

~Cepat & sederhana, tapi tidak realistis, karena mata manusia lebih sensitif terhadap hijau.

Contoh: (R=100, G=200, B=50) → $(100+200+50)/3 = 116.7$.

- Grayscale Lightness

~Mengambil rata-rata dari channel paling terang dan paling gelap.

~Mengabaikan channel tengah.

~Lebih menekankan pada range warna

Contoh: (R=100, G=200, B=50) → $(200 \max RGB + 50 \min RGB)/2 = 125$.

- Grayscale Luminance

~Bobot berbeda sesuai sensitivitas mata manusia (paling sensitif ke hijau, lalu merah, paling sedikit biru).

~Digunakan di standar TV, video, dan fotografi (misalnya YUV, YCbCr).

~Hasil lebih realistis

FUNGSI TRANSFORMASI INTENSITAS DASAR

invers citra merupakan Inverse dengan intensitas tertentu artinya hanya Sebagian range intensitas yang dibalik, bukan seluruh gambar.

- Misalnya, kita tentukan batas bawah (L1) dan batas atas (L2), maka piksel yang intensitasnya dalam range [L1, L2] → dibalik. Piksel lain → tetap.

- Misal L1 = 100, L2 = 200.

- Piksel = 50, r=50 → tetap (hasil = 50).

- Piksel = 120, r=120 → dibalik: $255-120=135$

- Piksel = 220, r=220 → tetap (hasil = 220).

transformasi log Digunakan untuk memperbaiki citra yang gelap dengan cara menonjolkan nilai intensitas rendah.

$S = c \log(1+r)$, c adalah konstanta dengan asumsi $r \geq 0$

gamma correction adalah salah satu teknik dalam operasi citra digital yang

digunakan untuk memperbaiki dan mengoreksi tingkat kecerahan dan kontras pada sebuah gambar. banyak digunakan dalam pengolahan citra digital dan juga dalam teknologi tampilan seperti monitor. Digunakan dalam berbagai konteks: perbaikan citra gelap, peningkatan kualitas gambar, dan penyesuaian tampilan. Masukan yang dimaksud adalah nilai intensitas RGB dari citra. Hubungan antara masukan dan keluaran yang dimaksud adalah keluarannya proporsional dengan masukan yang dipangkatkan dengan nilai gamma. Nilai gamma yang umum digunakan berkisar antara 1/2 hingga 2. Nilai gamma yang kurang dari 1 akan menghasilkan kontras rendah, sementara nilai gamma yang lebih dari 1 akan menghasilkan kontras yang tinggi.

$$s=c.r^{\gamma}$$

$\gamma < 1 \rightarrow$ citra lebih terang (menonjolkan detail gelap)

$\gamma > 1 \rightarrow$ citra lebih gelap (menonjolkan detail terang)

image bit depth terkait dengan kuantisasi jumlah bit pada citra. Bit-Depth memengaruhi sejauh mana gambar dapat mereproduksi detail dan tingkat warna yang berbeda.

$$\text{Jumlah level} = 2^n$$

PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) adalah ratio antara nilai power maksimum dari citra dengan power dari citra yang terkena noise yang mempengaruhi kualitas dari citra ternoise. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik kualitas citra tersebut. PSNR sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kompresi citra, pemrosesan gambar, dan pemrosesan video untuk mengukur tingkat degradasi kualitas yang terjadi selama proses kompresi atau pengolahan.

$$\text{PSNR} = 10 \cdot \log_{10}(\text{MSE}/\text{MAXI}^2)$$

MAXI = nilai maksimum intensitas pixel (misalnya 255 untuk 8-bit)

MSE = Mean Squared Error antara citra asli

Average denoising Salah satu teknik pengolahan citra digital yang digunakan untuk mengurangi noise atau derau pada citra. Average denoising \rightarrow teknik mereduksi noise dengan cara mengganti nilai piksel dengan rata-rata tetangganya. Average denoising biasa digunakan pada citra yang memiliki noise eksternal yang muncul akibat proses distribusi dari sumber ke tujuan. Selain itu sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan citra medis, pemrosesan gambar, dan pemrosesan video.

Operasi Boolean (image masking) adalah contoh dari operasi Logika yang digunakan untuk mengolah citra. Beberapa operator logika yang sering digunakan pada pengolahan citra adalah operator OR, AND, dan NOT. Pada Image Masking, operator yang biasa digunakan adalah operator AND. Operasi Boolean (Image Masking) ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi pengolahan citra seperti segmentasi objek, pencitraan medis, deteksi tepi, dan banyak lagi.

AND (Konjungsi): Pada operasi AND, piksel pada citra hasil akan bernilai 1(putih) hanya jika kedua piksel yang bersesuaian pada citra input dan masker memiliki nilai 1. Digunakan untuk memisahkan objek dari latar belakang.

OR (Disjungsi): Operasi OR menghasilkan piksel dengan nilai 1 jika salah satu atau kedua piksel pada citra input dan masker memiliki nilai 1. Berguna untuk menonjolkan objek pada latar belakang yang berbeda.

NOT (Negasi): Operasi NOT menghasilkan citra hasil dengan membalik nilai piksel pada citra input. Piksel hitam menjadi putih dan sebaliknya. Digunakan untuk mengubah kontras atau membalik citra.