

RASTER DAN CITRA DASAR

BASIC CLASS | SERI B3 | KEHUTANAN & PERTANIAN



BADAR MUBAROK YOGASWARA

DAFTAR ISI

Pendahuluan: Ketika Peta Menjadi Angka	1
Cara membaca buku ini	1
Isi seri	1
Hubungan dengan seri lain	2
Kenalan lagi dengan KPH Contoh	2
Perangkat dan data	2
Folder kerja	3
Hak cipta dan penggunaan	3
Unduhan: buku dan paket data	3
BAB 1: Raster Itu Kotak-Kotak Berangka: Membaca Isi Sebuah Citra	4
Studi kasus: "Citra ini isinya apa saja?"	4
Konsep: raster dalam tiga kalimat	4
Mengapa ukuran piksel penting	5
Tipe data	5
Angka dari data latihan	5
Bagian A: Memeriksa raster di QGIS	6
Memeriksa lewat Python Console (opsional)	6
Bagian B: ArcGIS Pro	7
Bagian C: ArcMap 10.8	7
BAB 2: Band dan Komposit Warna: Melihat Hutan dengan Mata Satelit	9
Studi kasus: "Mana yang bukaan lahan?"	9
Konsep: komposit warna dalam tiga kalimat	9
Warna asli dan warna palsu	10
Peregangan kontras	10
Bagian A: Menumpuk band dan membuat komposit di QGIS	12
Langkah 1: menumpuk empat band menjadi satu berkas	12
Langkah 2: warna asli	12
Langkah 3: warna palsu	12
Dengan Python (opsional)	13
Bagian B: ArcGIS Pro	13
Bagian C: ArcMap 10.8	13
BAB 3: DEM: Bumi dalam Angka: Hillshade, Lereng, dan Kontur	16
Studi kasus: "Bagian mana yang terlalu curam?"	16
Konsep: DEM dalam tiga kalimat	16
DEM, DSM, dan DTM	16
Derajat dan persen	17
Angka dari data latihan	17
Bagian A: Hillshade, lereng, dan kontur di QGIS	18
Dengan Python (opsional)	19
Bagian B: ArcGIS Pro	20
Bagian C: ArcMap 10.8	20
BAB 4: Memotong Raster: Fokus pada Area Kerja	22
Studi kasus: "Cukup bagian Alpha saja"	22

Konsep: memotong raster dalam tiga kalimat.....	22
Dua cara memotong.....	22
Angka dari data latihan.....	23
Bagian A: Memotong raster di QGIS.....	24
Memotong dengan poligon (mask).....	24
Menghitung piksel NoData.....	24
Memotong dengan satu KPH saja.....	24
Memotong dengan kotak.....	24
Dengan Python (opsional).....	24
Bagian B: ArcGIS Pro.....	25
Bagian C: ArcMap 10.8.....	26
BAB 5: Reklasifikasi Sederhana: Dari Ribuan Angka ke Beberapa Kelas.....	28
Studi kasus: "Berapa hektare yang curam?".....	28
Konsep: reklasifikasi dalam tiga kalimat.....	28
Tabel aturan yang dipakai.....	29
Aturan batas: nilai tepat di batas masuk mana?.....	29
Angka dari data latihan.....	29
Bagian A: Reklasifikasi di QGIS.....	30
Memberi warna kelas.....	30
Menghitung luas tiap kelas.....	30
Dengan Python (opsional).....	30
Bagian B: ArcGIS Pro.....	31
Bagian C: ArcMap 10.8.....	31
BAB 6: NDVI: Mengukur Kehijauan Tanaman dengan Satu Rumus.....	34
Studi kasus: "Kebun mana yang paling hijau?".....	34
Konsep: NDVI dalam tiga kalimat.....	34
Rumusnya.....	34
Cara membaca nilai NDVI.....	35
Angka dari data latihan.....	35
Bagian A: Menghitung NDVI di QGIS.....	37
Langkah 1: Raster Calculator.....	37
Langkah 2: mengelompokkan NDVI.....	37
Langkah 3: rata-rata NDVI per KPH.....	37
Dengan Python (opsional).....	38
Jebakan: rumus NDVI yang tampak benar tetapi salah.....	39
Bagian B: ArcGIS Pro.....	39
Bagian C: ArcMap 10.8.....	40
BAB 7: Proyek Mini: Laporan Singkat Kondisi KPH Contoh.....	42
Studi kasus: "Satu halaman untuk rapat besok".....	42
Konsep: alur kerja raster dalam tiga kalimat.....	42
Alur kerjanya.....	43
Hasil yang diharapkan.....	43
Bagian A: Mengerjakan proyek di QGIS.....	44
Pemeriksaan silang dengan kunci jawaban.....	45
Bagian B: ArcGIS Pro.....	45
Bagian C: ArcMap 10.8.....	45
Ceklis kesiapan menuju seri berikutnya.....	46
Lanjut belajar.....	47

Glosarium.....	48
Daftar Pustaka.....	51
Dokumentasi resmi.....	51
Aplikasi Live Penulis.....	53

Pendahuluan: Ketika Peta Menjadi Angka

Buku ini adalah **Seri B3** dari kelas Basic. Syaratnya satu: Anda sudah membaca **Seri B1** (Menenal GIS dan Antarmuka). Anda perlu tahu cara membuka QGIS, memuat data, dan memeriksa sistem koordinat. Seri B2 (data vektor) tidak wajib. Anda boleh membaca B3 lebih dulu.

Di B1 Anda sudah berkenalan dengan raster sebagai "kotak-kotak berangka". Di sini Anda belajar memakainya. Citra satelit, foto drone, dan model ketinggian lahan semuanya raster. Setelah selesai, Anda bisa membaca isi sebuah citra, memadukan band menjadi gambar berwarna, menurunkan lereng dari data ketinggian, memotong area kerja, mengelompokkan nilai, dan menghitung indeks kehijauan tanaman.

Cara membaca buku ini

Setiap bab memakai pola yang sama dengan B1:

- **Studi kasus:** masalah dari "KPH Contoh", kantor pengelola hutan fiktif.
- **Konsep:** inti gagasan dalam tiga kalimat, dengan analogi.
- **Langkah:** **Bagian A** untuk QGIS (acuan utama), **Bagian B** untuk ArcGIS Pro, **Bagian C** untuk ArcMap 10.8.
- **Cek paham, Kesalahan umum, Ringkasan dan latihan,** dan **Tabel perbandingan** tiga perangkat.

Pilih satu perangkat, lalu ikuti bagian yang sesuai. Bila sebuah fitur tidak ada di perangkat tertentu, buku ini menyebutnya terus terang.

Isi seri

Bab	Judul	Yang Anda dapat
1	Raster Itu Kotak-Kotak Berangka	Membaca ukuran piksel, band, tipe data, dan statistik
2	Band dan Komposit Warna	Menumpuk band, warna asli dan warna palsu
3	DEM: Bumi dalam Angka	Hillshade, kemiringan lereng, dan kontur
4	Memotong Raster	Memotong dengan poligon, NoData
5	Reklasifikasi Sederhana	Mengelompokkan nilai dan menghitung luas
6	NDVI: Mengukur Kehijauan	Rumus indeks vegetasi dan rata-rata per KPH
7	Proyek Mini	Merangkai semua langkah untuk satu laporan

Hubungan dengan seri lain

- **Sebelumnya: B1.** Konsep CRS, UTM, dan cara memuat data dipakai terus. Paket data B3 sudah berkoordinat EPSG:32749 (WGS 84 / UTM zona 49S).
- **Sesudahnya: B4** memakai hasil seri ini untuk membuat peta jadi. Seri Intermediate I2 (analisis raster dan pengindraan jauh dasar) memperdalam bab 5 dan 6.

Kenalan lagi dengan KPH Contoh

Cerita tetap di **KPH Contoh**. Semua nama, tempat, dan peristiwa fiktif. Tokoh hanya dikenal lewat peran: **Analisis Muda** (itu Anda) dan **Kepala Seksi**. Area contoh luasnya 400 m x 400 m, terdiri atas **KPH Alpha** (4 ha, barat daya), **KPH Beta** (4 ha, tenggara), dan **KPH Gamma** (8 ha, bagian utara).

Perangkat dan data

- **QGIS:** buku ini memakai QGIS 4.x. Skrip dan angka di buku diuji di QGIS 4.0.2 dengan data sintetis. Nama menu diambil dari dokumentasi resmi QGIS dan bisa sedikit beda di komputer Anda.
- **ArcGIS Pro dan ArcMap 10.8:** langkah disusun dari dokumentasi Esri. Langkah bertanda **[CEK]** perlu Anda cocokkan dengan perangkat Anda.
- **Alat analisis raster Esri** (Spatial Analyst) memerlukan lisensi ekstensi tersendiri. Bagian B dan C menyebutnya bila perlu.
- **Paket data:** folder `paket-b3` dari penulis. Isinya:

Berkas	Isi
Citra_B02.tif, Citra_B03.tif, Citra_B04.tif, Citra_B08.tif	Band biru, hijau, merah, inframerah dekat. 200 x 200 piksel, 2 m, tipe UInt16
DEM_KPH.tif	Model ketinggian (meter), 200 x 200 piksel, 2 m, tipe Float32
Batas_KPH.gpkg	Batas tiga KPH (salinan dari paket data utama)
Area_Kajian.gpkg	Satu poligon tidak beraturan untuk latihan memotong
Tutupan_Acuan.tif	Kunci jawaban jenis tutupan. Jangan dibuka sebelum Bab 7

Skrip pembuatnya (`buat_data_b3.py`) ikut disertakan. Semua data buatan, jadi hasil analisisnya **bukan** kondisi lapangan sebenarnya. Nama band mengikuti satelit Sentinel-2 (B02 biru, B03 hijau, B04 merah, B08 inframerah dekat), tetapi isinya sintetis.

Catatan tentang ilustrasi: Gambar di buku ini adalah **skema buatan penulis** dari data latihan, bukan tangkapan layar. Letak tombol di komputer Anda bisa sedikit berbeda. Ikuti nama menu yang tertulis.

Folder kerja

Sediakan folder kosong untuk hasil, misalnya `C:\kerja_b3`. Skrip di buku menyimpan hasilnya di sana. Ubah dua baris `DATA` dan `OUT` di awal tiap skrip sesuai folder Anda.

Kontak penulis: badarmubarok@gmail.com.

Hak cipta dan penggunaan

Hak cipta © 2026 Badar Mubarok Yogaswara. All Rights Reserved.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penulis. Untuk penggunaan lain, misalnya bahan ajar berbayar atau penerbitan ulang, hubungi penulis di badarmubarok@gmail.com.

Data latihan di buku ini buatan (sintetis), bukan data lapangan. Nama produk dan merek, misalnya QGIS dan ArcGIS, milik pemiliknya masing-masing.

Unduhan: buku dan paket data

Buku ini dan semua berkas latihannya tersedia gratis di situs penulis. Alamat lengkapnya tertulis di bawah, jadi bisa Anda ketik langsung bila membaca versi cetak.

Berkas	Tautan	Isi
Halaman unduhan B3	https://badarmubarok.id/buku-gis/b3/unduh.html	semua berkas seri ini
Buku (PDF)	https://badarmubarok.id/buku-gis/b3/unduh/BUKU-B3.pdf	buku ini dalam PDF
Paket data latihan	https://badarmubarok.id/buku-gis/b3/unduh/data-sintetis-b3.zip	data sintetis latihan
Skrip (zip)	https://badarmubarok.id/buku-gis/b3/unduh/skrip-b3.zip	skrip Python dan lainnya
Seluruh seri	https://badarmubarok.id/buku-gis/	12 buku Basic sampai Master

Pindai kode QR ini dengan kamera ponsel untuk membuka halaman unduhan B3.



BAB 1: Raster Itu Kotak-Kotak Berangka: Membaca Isi Sebuah Citra

Studi kasus: "Citra ini isinya apa saja?"

Kepala Seksi mengirim empat berkas .tif tanpa penjelasan. Ia hanya berpesan, "Cek dulu, ini layak dipakai atau tidak." Analisis Muda membukanya dan hanya melihat gambar abu-abu. Tidak ada keterangan ukuran, satuan, atau jumlah lapisan. Bab ini mengajarkan cara "membedah" sebuah raster sebelum dipakai.

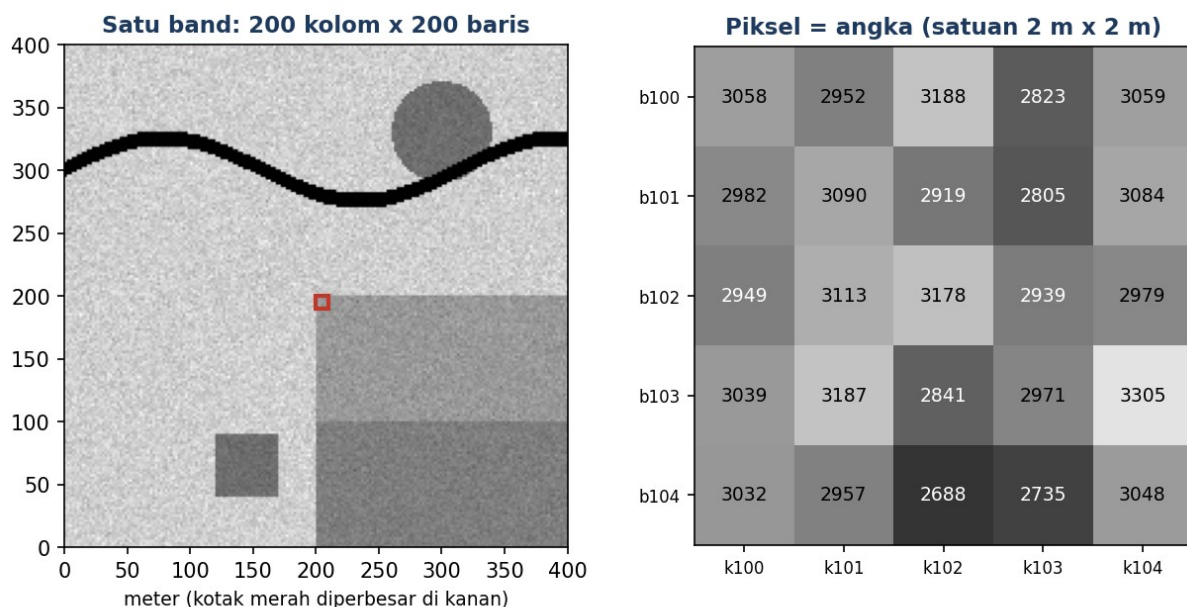
Konsep: raster dalam tiga kalimat

Raster adalah **kertas berpetak**. Setiap petak, disebut **piksel**, menyimpan satu angka, seperti kertas milimeter blok yang tiap kotaknya diisi angka. Ukuran sisi petak di lapangan disebut **resolusi** (atau ukuran piksel), dan satu raster bisa memiliki beberapa lapis angka yang disebut **band**.

Istilah baru bab ini:

- **Piksel**: satu petak raster yang menyimpan satu nilai.
- **Resolusi**: sisi piksel di lapangan. Di paket B3, 2 m berarti satu piksel mewakili 2 m x 2 m.
- **Band**: satu lapis angka dalam raster. Foto berwarna punya tiga band.
- **Tipe data**: jenis angka yang disimpan, misalnya bilangan bulat atau pecahan.
- **NoData**: nilai penanda "tidak ada data" pada piksel tertentu.

Ilustrasi 1.1: Piksel dan angkanya



Skema; bukan tangkapan layar

Angka di dalam piksel bukan warna. Warna baru muncul ketika QGIS menerjemahkan angka menjadi abu-abu atau warna. Angka kecil menjadi gelap, angka besar menjadi terang.

Mengapa ukuran piksel penting

Ukuran piksel menentukan seberapa halus gambarnya. Piksel 2 m cukup untuk melihat petak kebun, tetapi tidak cukup untuk melihat satu pohon. Selain itu, ukuran piksel menentukan luas. Satu piksel 2 m x 2 m seluas 4 m². Bila Anda menghitung 10.000 piksel, luasnya 40.000 m² atau 4 hektare. Hitungan ini dipakai lagi di Bab 5.

Tipe data

Data citra biasanya bilangan bulat. Tipe **UInt16** menyimpan bilangan bulat tanpa tanda minus dari 0 sampai 65.535. Tipe **Float32** menyimpan bilangan pecahan, cocok untuk ketinggian dan indeks. Tipe data penting karena menentukan apakah hasil hitungan bisa berkoma. Bab 6 memakai fakta ini.

Angka dari data latihan

Anda akan memeriksa `Citra_B04.tif` (band merah). Angka di bawah dihitung dari data sintetis dan diuji di QGIS 4.0.2.

Ukuran	Nilai
Kolom x baris	200 x 200
Jumlah piksel	40.000
Ukuran piksel	2 m x 2 m
Luas seluruh citra	16 ha (40.000 x 4 m ²)
Jumlah band	1
Tipe data	UInt16
CRS	EPSG:32749
Nilai terkecil, terbesar	227 dan 2.061
Rata-rata	449,0

BAGIAN A | QGIS

Bagian A: Memeriksa raster di QGIS

1. Buka QGIS, lalu buat proyek baru (**Project ► New**).
2. Tambahkan raster: **Layer ► Add Layer ► Add Raster Layer...** Pilih `Citra_B04.tif` dari folder `paket-b3`, lalu klik **Add**. Anda melihat gambar abu-abu.
3. Klik kanan layer di panel **Layers**, pilih **Properties**, lalu buka tab **Information**. Tab ini hanya untuk dibaca. Cari CRS, ukuran (kolom dan baris), ukuran piksel, jumlah band, dan tipe data. Cocokkan dengan tabel di atas.
4. Pada tab **Transparency** (masih di Properties), lihat kotak **No data value**. Di sini QGIS menyimpan penanda NoData. Pada `Citra_B04.tif` kotak ini kosong karena semua piksel berisi data.
5. Pilih alat **Identify Features** di toolbar, lalu klik satu titik di citra. Panel **Identify Results** menampilkan nilai piksel di titik itu.
6. Coba dua titik: klik di dekat koordinat **E 312060, N 9996150** (hutan Alpha), lalu di dekat **E 312145, N 9996065** (bukaan lahan). Nilai band merah di hutan sekitar 300, sedangkan di lahan terbuka sekitar 1.700. Lahan terbuka memantulkan lebih banyak cahaya merah.
7. Buka tab **Pyramids** di Properties. Tab ini menyimpan salinan beresolusi rendah supaya citra besar tampil cepat. Untuk citra kecil ini, Anda tidak perlu mengubah apa pun.

Hasilnya: Anda tahu ukuran, tipe, dan isi `Citra_B04.tif` tanpa menebak.

Memeriksa lewat Python Console (opsional)

Pilih **Plugins ► Python Console**, lalu tempel skrip berikut. Ubah `DATA` ke folder `paket-b3` Anda.

Berkas skripnya ada di `skrip/b3_01_info.py`.

PYTHON

```
import processing
from qgis.core import QgsRasterLayer

DATA = r"D:/data/paket-b3"

lay = QgsRasterLayer(DATA + "/Citra_B04.tif", "Citra_B04")
print("Terbaca:", lay.isValid())
print("Ukuran (kolom x baris):", lay.width(), "x", lay.height())
print("Jumlah band:", lay.bandCount())
print("Ukuran piksel (m):", lay.rasterUnitsPerPixelX(), "x", lay.rasterUnitsPerPixelY())
print("CRS:", lay.crs().authid())
print("Tipe data band 1:", lay.dataProvider().dataType(1).name)

hasil = processing.run("native:rasterlayerstatistics", {"INPUT": lay, "BAND": 1})
print("Jumlah piksel:", hasil["COUNT"])
print("Min:", hasil["MIN"], " Maks:", hasil["MAX"], " Rata-rata:", round(hasil["MEAN"], 1))
```

Keluaran yang diuji di QGIS 4.0.2:

TEKS

```
Terbaca: True
Ukuran (kolom x baris): 200 x 200
```

```

Jumlah band: 1
Ukuran piksel (m): 2.0 x 2.0
CRS: EPSG:32749
Tipe data band 1: UInt16
Jumlah piksel: 40000
Min: 227.0  Maks: 2061.0  Rata-rata: 449.0

```

Cek tipe sebelum menghitung: Kebiasaan baik: sebelum memakai raster, lihat tab **Information**. Tiga hal wajib Anda ketahui: CRS, ukuran piksel, dan tipe data.

BAGIAN B | ArcGIS Pro

Bagian B: ArcGIS Pro

1. Buka proyek, lalu tambahkan raster lewat **Map ► Add Data ► Data**. Pilih `Citra_B04.tif`. [CEK]
2. Klik kanan layer di panel **Contents**, pilih **Properties**, lalu buka tab **Source**. Di sana tertera informasi seperti ukuran sel, jumlah band, dan sistem koordinat. [CEK]
3. Untuk statistik, buka tab **Source** bagian statistik band, atau lihat tab **Symbology**. [CEK]
4. Gunakan alat **Explore** lalu klik citra untuk melihat nilai piksel di jendela pop-up. [CEK]

Di ArcGIS Pro, piksel disebut juga **cell** (sel), dan ukuran piksel disebut **cell size**.

BAGIAN C | ArcMap 10.8

Bagian C: ArcMap 10.8

1. Tambahkan raster lewat **Add Data**. ArcMap menawarkan pembuatan **piramida** (pyramids) dan statistik bila belum ada. Terima tawaran itu untuk citra besar. [CEK]
2. Klik kanan layer, pilih **Properties**, lalu buka tab **Source**. Informasi ukuran sel, jumlah band, tipe, dan koordinat ada di sana. [CEK]
3. Gunakan alat **Identify** untuk melihat nilai piksel. [CEK]

Cek paham

1. Satu piksel berukuran 2 m x 2 m. Berapa luasnya?
2. Apa bedanya piksel dan band?
3. Mengapa tipe data perlu diperiksa sebelum menghitung?

Jawaban:

1. 4 m². Sisi 2 m dikali sisi 2 m.
2. Piksel adalah satu petak. Band adalah satu lapis angka, yaitu kumpulan semua piksel untuk satu jenis ukuran.
3. Tipe data menentukan apakah hasil hitungan boleh berkoma. Bab 6 menunjukkan akibat salah tipe.

Kesalahan umum

- **Mengira nilai piksel adalah warna.** Nilai piksel adalah angka. Warna hanya cara QGIS menampilkannya. Ubah tampilan di Symbolology tanpa mengubah angkanya.
- **Mengabaikan CRS dan ukuran piksel.** Hitung luas dari raster berkoordinat derajat akan salah. Periksa tab **Information** dulu.
- **Menganggap NoData sebagai nol.** NoData berarti "tidak ada data", sedangkan nol adalah angka yang sah. Statistik menjadi salah bila keduanya tertukar.

Ringkasan dan latihan

Ringkasan: Raster adalah petak-petak berangka. Resolusi menentukan kehalusan dan luas per piksel. Band adalah lapisan angka. Tipe data dan NoData harus dicek sebelum analisis.

Latihan:

1. Periksa `Citra_B08.tif` (inframerah dekat). Catat nilai terkecil, terbesar, dan rata-ratanya. Jawaban uji: sekitar 160, 4.878, dan 3.494,4.
2. Klik titik hutan Alpha dan titik bukaan lahan pada band 8. Mana yang lebih besar? Jawaban uji: hutan lebih besar (sekitar 4.000 berbanding 2.200).

Tabel perbandingan: memeriksa raster

Hal	QGIS	ArcGIS Pro	ArcMap 10.8
Menambah raster	Layer ► Add Layer ► Add Raster Layer	Map ► Add Data [CEK]	Add Data [CEK]
Info ukuran dan tipe	Properties ► Information	Properties ► Source [CEK]	Properties ► Source [CEK]
Nilai piksel	Identify Features	Explore (pop-up) [CEK]	Identify [CEK]
Piramida	Properties ► Pyramids	Tersedia [CEK]	Tersedia [CEK]
Istilah piksel	Pixel	Cell	Cell

BAB 2: Band dan Komposit Warna: Melihat Hutan dengan Mata Satelit

Studi kasus: "Mana yang bukaan lahan?"

Kepala Seksi ingin tahu apakah ada bukaan lahan baru di KPH Contoh. Analis Muda punya empat band terpisah: biru, hijau, merah, dan inframerah dekat. Satu per satu band itu hanya tampak abu-abu dan sulit dibaca. Setelah band digabung menjadi gambar berwarna, bukaan lahan tampak jelas. Bab ini mengajarkan cara menggabungkannya.

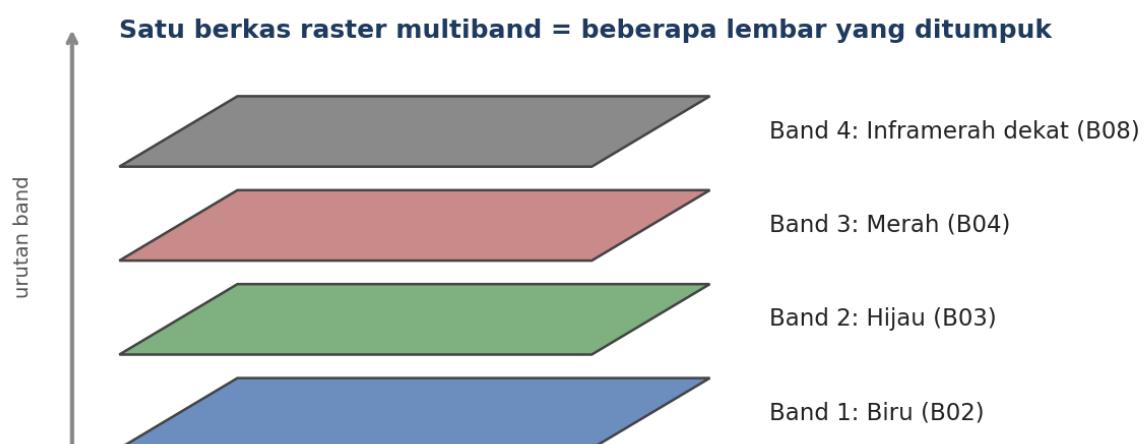
Konsep: komposit warna dalam tiga kalimat

Layar komputer membuat warna dari tiga lampu kecil: merah, hijau, dan biru, seperti tiga senter berwarna yang disorotkan ke satu dinding. **Komposit warna** berarti memilih tiga band, lalu menyalurkan masing-masing ke satu lampu itu. Pilihan band yang berbeda menghasilkan gambar yang berbeda, dan itu tidak selalu mirip warna aslinya.

Istilah baru bab ini:

- **Komposit warna (RGB)**: gambar berwarna dari tiga band yang disalurkan ke merah, hijau, dan biru.
- **Raster multiband**: satu berkas dengan beberapa band, hasil penumpukan (stack).
- **Warna asli**: komposit dengan band merah ke lampu merah, hijau ke hijau, biru ke biru.
- **Warna palsu**: komposit yang memakai band lain, misalnya inframerah dekat ke lampu merah.
- **Peregangan kontras (stretch)**: mengatur rentang angka mana yang ditampilkan dari gelap sampai terang.

Ilustrasi 2.1: Band diubah menjadi lembar



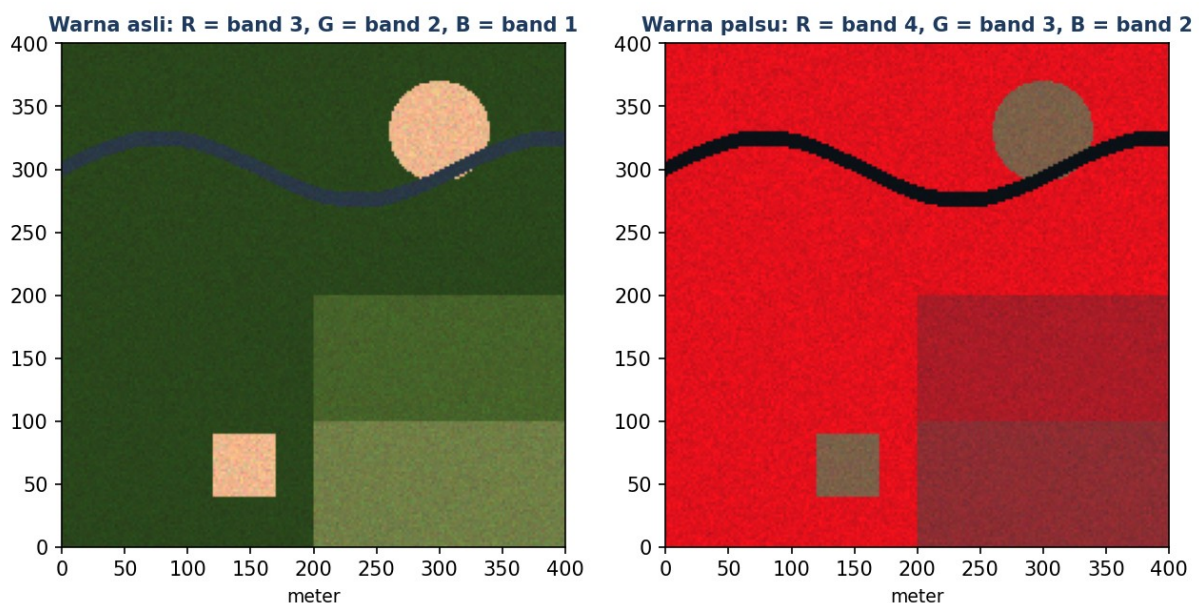
Skema; bukan tangkapan layar

Warna asli dan warna palsu

Tumbuhan sehat menyerap cahaya merah dan memantulkan banyak inframerah dekat. Mata manusia tidak bisa melihat inframerah dekat, tetapi sensor bisa. Pada **warna palsu**, band inframerah dekat dikirim ke lampu merah. Akibatnya, tumbuhan sehat tampak **merah terang**, lahan terbuka tampak krem atau cokelat, dan air tampak gelap. Warnanya "palsu", tetapi informasinya lebih tajam.

Komposit	Lampu merah	Lampu hijau	Lampu biru
Warna asli	Band 3 (merah, B04)	Band 2 (hijau, B03)	Band 1 (biru, B02)
Warna palsu	Band 4 (inframerah dekat, B08)	Band 3 (merah, B04)	Band 2 (hijau, B03)

Ilustrasi 2.2: Warna asli dan warna palsu

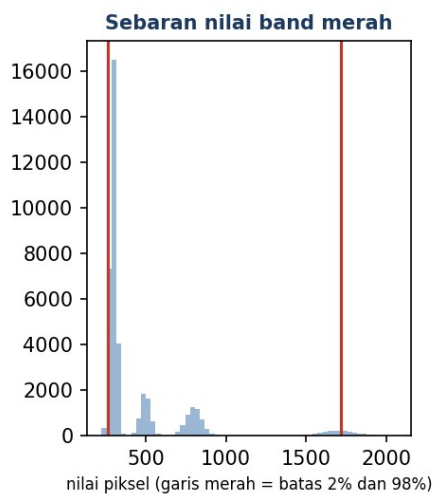
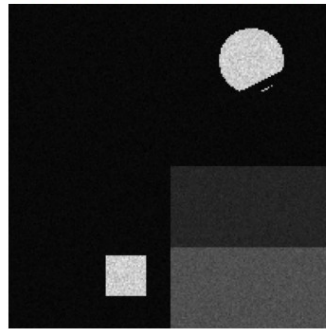
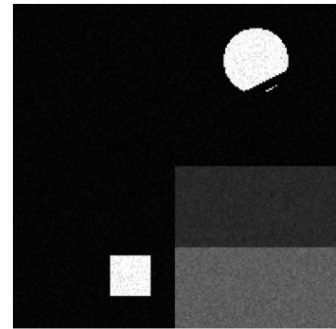


Skema; bukan tangkapan layar

Pada gambar di atas, bukaan lahan bulat di utara dan bukaan persegi di barat daya tampak jelas di kedua komposit. Sungai tampak biru gelap pada warna asli dan hitam pada warna palsu. Hutan hijau tua pada warna asli menjadi merah terang pada warna palsu.

Peregangan kontras

Nilai band merah berkisar 227 sampai 2.061, tetapi sebagian besar piksel berada di rentang yang sempit. Bila layar menampilkan seluruh rentang 227 sampai 2.061, gambar tampak pucat. **Peregangan** memotong sedikit ujung terendah dan tertinggi, lalu meregangkan sisanya menjadi gelap sampai terang.

Ilustrasi 2.3: Peregangan kontras**Regang Min/Maks: kontras lemah****Regang 2% - 98%: lebih tegas**

Skema; bukan tangkapan layar

Peregangan hanya mengubah **tampilan**. Angka di dalam raster tetap sama.

BAGIAN A | QGIS

Bagian A: Menumpuk band dan membuat komposit di QGIS

Langkah 1: menumpuk empat band menjadi satu berkas

1. Buat proyek baru dan atur CRS proyek ke **EPSG:32749** (**Project ► Properties... ► CRS**).
2. Tambahkan empat band dari paket-b3: `Citra_B02.tif`, `Citra_B03.tif`, `Citra_B04.tif`, `Citra_B08.tif`.
3. Buka menu **Raster ► Miscellaneous ► Merge...**
4. Pada **Input layers**, klik tombol ... lalu centang keempat band. Pastikan urutannya B02, B03, B04, B08. Urutan inilah yang menjadi urutan band.
5. Centang **Place each input file into a separate band**. Tanpa centang ini, QGIS menempelkan citra bersebelahan, bukan menumpuk.
6. Pada **Output data type**, pilih tipe bilangan bulat tanpa tanda 16 bit (UInt16), sama dengan data asal.
7. Tentukan berkas keluaran, misalnya `C:\kerja_b3\Citra_4band.tif`, lalu klik **Run**.
8. Buka **Properties ► Information** layer hasil. Pastikan ada **4 band**. Bila mau yakin urutannya, cek statistik: band 1 rata-rata sekitar 294, band 4 sekitar 3.494.

Hasilnya: satu berkas bernama `Citra_4band` dengan empat band.

Dua cara menumpuk: Ada pula **Raster ► Miscellaneous ► Build virtual raster...** dengan opsi **Place each input file into a separate band**. Hasilnya berkas penunjuk (`.vrt`) yang kecil dan tidak menyalin data. Untuk latihan ini, **Merge** lebih sederhana karena menghasilkan satu berkas `.tif` yang bisa dikirim ke orang lain.

Langkah 2: warna asli

1. Klik kanan `Citra_4band` ► **Properties ► Symbology**.
2. Pada **Render type**, pilih **Multiband color**.
3. Atur **Red band = Band 3**, **Green band = Band 2**, **Blue band = Band 1**.
4. Pada pengaturan kontras, pilih **Stretch to MinMax**. Untuk batas nilai, pilih mode **Cumulative count cut** supaya QGIS membuang sebagian kecil piksel terendah dan tertinggi, lalu klik **Apply**.

Anda melihat hutan hijau gelap, bukaan lahan berwarna krem, dan sungai biru gelap.

Langkah 3: warna palsu

1. Masih di **Symbology**, ubah: **Red band = Band 4**, **Green band = Band 3**, **Blue band = Band 2**.
2. Klik **Apply**. Hutan dan kebun berubah menjadi merah. Bukaan lahan berubah menjadi krem kecokelatan, dan sungai menjadi gelap.
3. Untuk membandingkan, tambahkan `Citra_4band` sekali lagi (duplikat layer), lalu beri satu salinan warna asli dan salinan lain warna palsu. Hidupkan dan matikan keduanya bergantian.

Jangan ingat angka, ingat urutan: Resep warna asli: **3-2-1**. Resep warna palsu: **4-3-2**. Urutan tiga angka itu adalah band untuk merah, hijau, biru. Resep ini berlaku untuk raster berurutan biru, hijau, merah, inframerah dekat seperti paket ini. Citra lain mungkin berurutan lain.

Dengan Python (opsional)

Berkas skrip/b3_02_komposit.py:

PYTHON

```
import processing
from qgis.core import QgsRasterLayer

DATA = r"D:/data/paket-b3"
OUT = r"C:/kerja_b3"          # folder hasil; buat dulu bila belum ada

# Band 1 = biru (B02), 2 = hijau (B03), 3 = merah (B04), 4 = inframerah dekat (B08)
urut = [DATA + "/Citra_B02.tif", DATA + "/Citra_B03.tif", DATA + "/Citra_B04.tif", DATA + "/Citra_B08.tif"]
hasil = processing.run("gdal:merge", {
    "INPUT": urut,
    "SEPARATE": True,          # satu berkas = satu band
    "DATA_TYPE": 2,           # 2 = UInt16, sama dengan data asal
    "OUTPUT": OUT + "/Citra_4band.tif"})
stack = QgsRasterLayer(hasil["OUTPUT"], "Citra_4band")
print("Jumlah band:", stack.bandCount(), "| tipe:", stack.dataProvider().dataType(1).name)
```

Keluaran yang diuji di QGIS 4.0.2: Jumlah band: 4 | tipe: UInt16. Statistik band hasil (diperiksa dengan gdalinfo): band 1 rata-rata 293,9, band 2 607,0, band 3 449,0, band 4 3.494,4. Angka ini sama dengan keempat berkas asal, jadi urutan band benar.

BAGIAN B | ArcGIS Pro

Bagian B: ArcGIS Pro

1. Tambahkan keempat band ke peta.
2. Buka alat **Composite Bands** (Data Management Tools). Pada **Input Rasters**, masukkan B02, B03, B04, B08 **secara berurutan**. Menurut dokumentasi Esri, urutan dalam daftar menjadi urutan band pada hasil. Tentukan **Output Raster**, lalu jalankan.
3. Atur tampilan: pilih layer hasil, lalu pada **Symbology** ubah **Primary symbology** menjadi **RGB**. Pilih band untuk **Red**, **Green**, dan **Blue** (3-2-1 untuk warna asli, 4-3-2 untuk warna palsu). [CEK]
4. Peregangan kontras diatur pada pilihan **Stretch type** di Symbology. [CEK]

BAGIAN C | ArcMap 10.8

Bagian C: ArcMap 10.8

1. Tambahkan keempat band.
2. Buka alat **Composite Bands** (toolbox Data Management). Menurut dokumentasi Esri, urutan band mengikuti urutan dalam kotak **Input Rasters**. Isi dan jalankan.

3. Klik kanan layer hasil ► **Properties** ► **Symbology**, pilih **RGB Composite**, lalu tentukan band untuk **Red**, **Green**, dan **Blue**. [CEK]
4. Peregangan diatur pada pilihan **Stretch** di tab yang sama. [CEK]

Cek paham

1. Mengapa komposit warna palsu memakai band inframerah dekat di lampu merah?
2. Apa yang terjadi bila Anda lupa mencentang "Place each input file into a separate band"?
3. Apakah peregangan kontras mengubah angka di dalam raster?

Jawaban:

1. Tumbuhan sehat memantulkan banyak inframerah dekat. Bila band itu disalurkan ke lampu merah, vegetasi tampak merah terang sehingga mudah dibedakan dari lahan terbuka dan air.
2. QGIS menempelkan keempat citra bersebelahan dalam satu band. Hasilnya bukan raster empat band.
3. Tidak. Peregangan hanya mengubah tampilan. Angka tetap.

Kesalahan umum

- **Urutan band terbalik.** Bila band 1 dan 3 tertukar, warna asli tampak janggal dan sulit ditafsirkan. Cek urutan masukan, lalu ulangi penumpukan.
- **Mengira warna palsu salah.** Warna palsu memang tidak sama dengan foto biasa. Lihat reseponya dulu, baru tafsirkan warnanya.
- **Menganggap gambar pucat berarti data jelek.** Sering hanya peregangannya belum diatur. Coba mode **Cumulative count cut**.
- **Memakai band berbeda ukuran piksel.** Band yang ukuran pikselnya tidak sama perlu disamakan dulu. Keempat band di paket ini sudah sama.

Ringkasan dan latihan

Ringkasan: Komposit warna menyalurkan tiga band ke merah, hijau, dan biru. Warna asli memakai 3-2-1. Warna palsu memakai 4-3-2 dan membuat vegetasi tampak merah. Peregangan hanya mengubah tampilan.

Latihan:

1. Buat komposit warna asli dan warna palsu dari `Citra_4band`. Temukan bukaan lahan di Alpha (persegi kecil) dan Gamma (bulat).
2. Buat komposit 4-3-2 lalu ganti ke 3-4-2. Apa yang berubah? Jawaban: vegetasi tidak lagi merah terang, tetapi hijau terang, karena band inframerah dekat kini masuk ke lampu hijau. Itu menunjukkan pentingnya urutan band.

Tabel perbandingan: komposit warna

Hal	QGIS	ArcGIS Pro	ArcMap 10.8
Menumpuk band	Raster ► Miscellaneous ► Merge (opsi band terpisah)	Composite Bands	Composite Bands
Urutan band	Urutan dalam daftar Input layers	Urutan dalam daftar Input Rasters	Urutan dalam daftar Input Rasters
Mengatur RGB	Symbology ► Multiband color	Symbology ► RGB [CEK]	Symbology ► RGB Composite [CEK]
Peregangan	Contrast enhancement dan Min/Max	Stretch type [CEK]	Stretch [CEK]

BAB 3: DEM: Bumi dalam Angka: Hillshade, Lereng, dan Kontur

Studi kasus: "Bagian mana yang terlalu curam?"

KPH Contoh berencana membuka jalan angkut. Kepala Seksi bertanya, "Bagian mana yang terlalu curam untuk dilewati truk?" Peta batas dan citra tidak menjawabnya, sebab keduanya datar. Yang dibutuhkan adalah data ketinggian. Bab ini mengubah satu raster ketinggian menjadi peta bayangan, peta kemiringan, dan garis kontur.

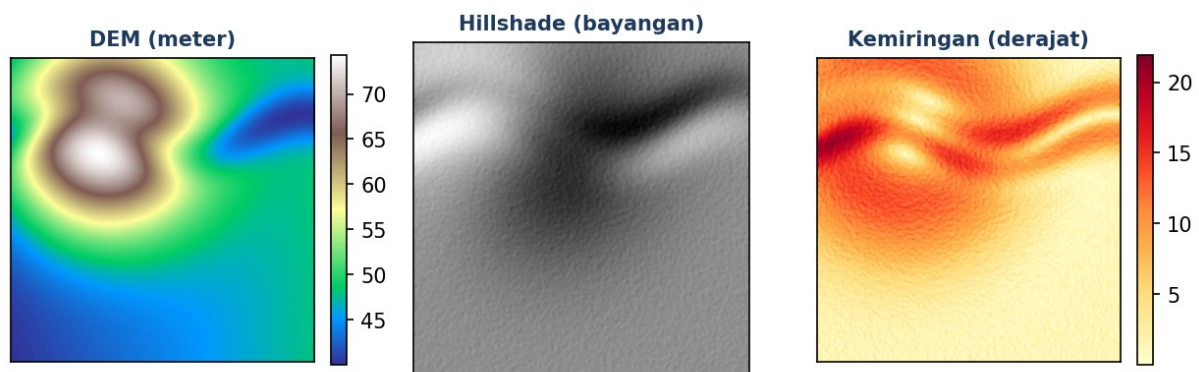
Konsep: DEM dalam tiga kalimat

DEM (Digital Elevation Model) adalah raster yang tiap pikselnya menyimpan **ketinggian** permukaan tanah, seperti papan catur yang tiap petaknya ditemplei angka tinggi bukit. Dari angka tinggi itu, GIS menghitung seberapa miring dan ke mana arah lerengnya, karena kemiringan hanyalah selisih tinggi antar-piksel bertetangga. Dengan begitu, satu raster bisa dijadikan banyak peta turunan.

Istilah baru bab ini:

- **DEM**: raster ketinggian. Satuan umumnya meter.
- **Hillshade**: gambar bayangan yang memperlihatkan bentuk bukit seakan disinari dari satu arah.
- **Kemiringan lereng** (slope): seberapa curam permukaan, dalam derajat atau persen.
- **Arah lereng** (aspect): ke arah mana lereng menghadap, 0 sampai 360 derajat.
- **Kontur**: garis yang menghubungkan titik berketinggian sama.

Ilustrasi 3.1: DEM, hillshade, dan lereng



Skema; bukan tangkapan layar

DEM, DSM, dan DTM

Dua istilah mirip sering muncul. **DSM** (Digital Surface Model) mencatat tinggi permukaan paling atas, termasuk kanopi pohon dan atap. **DTM** (Digital Terrain Model) mencatat tinggi tanah gundul. DEM adalah sebutan umum untuk raster ketinggian. `DEM_KPH.tif` di buku ini adalah ketinggian tanah. Perbedaan DSM dan DTM dipakai lagi di seri lanjutan untuk mengukur tinggi pohon.

Derajat dan persen

Kemiringan dinyatakan dalam **derajat** (0 sampai 90) atau **persen** (selisih tinggi per jarak mendatar, dikali 100). Lereng 45 derajat sama dengan 100 persen. Bab ini memakai derajat. Alat QGIS **Slope** menghasilkan derajat bawaan.

Satuan tinggi dan satuan mendatar harus sama: Hitungan lereng membandingkan tinggi dengan jarak mendatar. Pada DEM berkoordinat meter dengan tinggi dalam meter, **Z factor** bernilai 1. Bila DEM berkoordinat derajat, hasilnya keliru kecuali Z factor disesuaikan. Karena itu, ubah DEM ke UTM lebih dulu (lihat B1 Bab 5).

Angka dari data latihan

Ukuran	Nilai
Ketinggian terendah	40,03 m
Ketinggian tertinggi	74,25 m (bukit di sekitar E 312115, N 9996271)
Kemiringan terkecil, terbesar	0,01 derajat dan 21,89 derajat
Kemiringan rata-rata	6,39 derajat
Kontur interval 5 m	17 garis, bernilai 45, 50, 55, 60, 65, 70 m

Angka ini dihitung dari data sintetis dan diuji di QGIS 4.0.2 (Skrip 3.1).

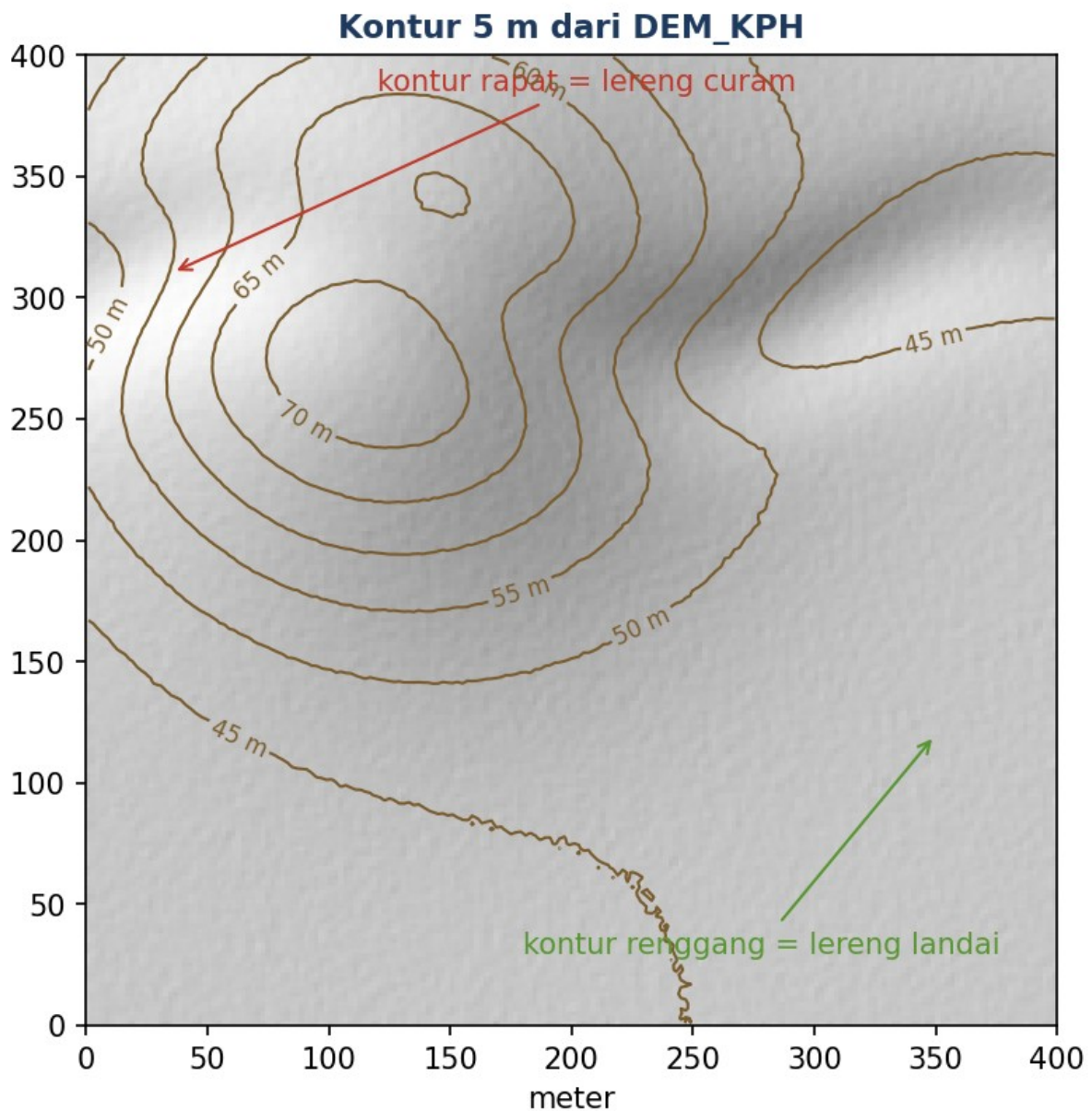
BAGIAN A | QGIS

Bagian A: Hillshade, lereng, dan kontur di QGIS

1. Tambahkan `DEM_KPH.tif`. Layer tampak abu-abu. Buka **Properties ► Information** dan pastikan CRS-nya EPSG:32749 dan tipenya Float32.
2. Beri warna bermakna: **Properties ► Symbology**, **Render type = Singleband pseudocolor**, lalu pilih deretan warna (color ramp) dan klik **Classify**. Rendah tampak hijau, tinggi tampak coklat atau putih.
3. **Hillshade**: buka **Processing ► Toolbox**, cari **Hillshade**, lalu isi **Elevation layer** dengan `DEM_KPH`. Biarkan **Z factor = 1**, **Azimuth = 300**, dan **Vertical angle = 40** (nilai bawaan alat versi QGIS). Simpan sebagai `Hillshade.tif`, lalu klik **Run**.
4. **Slope**: cari **Slope** di Processing Toolbox, isi **Elevation layer** dengan `DEM_KPH`, **Z factor = 1**, simpan sebagai `Lereng_derajat.tif`. Hasil: piksel bernilai 0 sampai sekitar 21,9 derajat.
5. **Aspect**: cari **Aspect** dengan pengaturan sama, simpan sebagai `Arah_lereng.tif`. Nilainya 0 sampai 360 (0 = menghadap utara).
6. **Kontur**: cari **Contour** (grup GDAL). Isi **Input layer** dengan `DEM_KPH`, **Interval between contour lines = 5**, simpan sebagai `Kontur_5m.gpkg`. Hasilnya garis, bukan raster.
7. **Gaya bayangan**: letakkan `Hillshade` **di bawah** `DEM_KPH` di panel Layers, lalu atur **Transparency DEM** sekitar 50 persen. Bentuk bukit tampak timbul.

Dua versi alat: Di Processing Toolbox, Hillshade, Slope, dan Aspect ada dua versi, yaitu grup **GDAL** dan grup bawaan QGIS. Hasilnya serupa. Angka di buku ini berasal dari versi bawaan QGIS (`native:slope` dan kawan-kawan). Versi GDAL memiliki opsi tambahan seperti lereng dalam persen.

Ilustrasi 3.2: Kontur dari DEM latihan



Skema; bukan tangkapan layar

Cara membaca kontur: garis yang rapat berarti tanah naik cepat (curam). Garis yang renggang berarti landai.

Dengan Python (opsional)

Berkas skrip/b3_03_dem.py:

PYTHON

```
import processing

DATA = r"D:/data/paket-b3"
OUT = r"C:/kerja_b3"
dem = DATA + "/DEM_KPH.tif"
```

```

st = processing.run("native:rasterlayerstatistics", {"INPUT": dem, "BAND": 1})
print("Elevasi min/maks (m):", round(st["MIN"], 2), "/", round(st["MAX"], 2))

processing.run("native:hillshade", {"INPUT": dem, "Z_FACTOR": 1, "AZIMUTH": 300, "V_ANGLE": 40,
                                     "OUTPUT": OUT + "/Hillshade.tif"})
processing.run("native:slope", {"INPUT": dem, "Z_FACTOR": 1, "OUTPUT": OUT + "/Lereng_derajat.tif"})
processing.run("native:aspect", {"INPUT": dem, "Z_FACTOR": 1, "OUTPUT": OUT + "/Arah_lereng.tif"})
processing.run("gdal:contour", {"INPUT": dem, "BAND": 1, "INTERVAL": 5, "FIELD_NAME": "ELEV",
                                "OUTPUT": OUT + "/Kontur_5m.gpkg"})

sl = processing.run("native:rasterlayerstatistics", {"INPUT": OUT + "/Lereng_derajat.tif", "BAND": 1})
print("Lereng min/maks/rata-rata (derajat):", round(sl["MIN"], 2), "/", round(sl["MAX"], 2), "/",
      round(sl["MEAN"], 2))

```

Keluaran yang diuji di QGIS 4.0.2:

TEKS

Elevasi min/maks (m): 40.03 / 74.25
 Lereng min/maks/rata-rata (derajat): 0.01 / 21.89 / 6.39

BAGIAN B | ArcGIS Pro

Bagian B: ArcGIS Pro

Alat berikut ada di toolbox **Spatial Analyst Tools** (perlu ekstensi Spatial Analyst).

1. **Hillshade**: isi **Input raster** dengan DEM. Parameter menurut dokumentasi Esri: **Azimuth** (bawaan 315), **Altitude** (bawaan 45), **Model shadows** (bawaan tidak dicentang), dan **Z factor** (bawaan 1). Nilai bawaan Esri berbeda dari QGIS, jadi hasil bayangan sedikit lain.
2. **Slope**: isi **Input raster** dan pilih **Output measurement = DEGREE** atau **PERCENT_RISE**. Bawaannya derajat. Esri mencatat bahwa baris dan kolom terluar hasilnya NoData.
3. **Contour**: isi **Input raster**, **Output polyline features**, dan **Contour interval**. **Base contour** bersifat opsional (bawaan nol). Kontur tidak dibuat di area NoData.
4. Pada Pro, **Aspect** ada di toolbox yang sama. [CEK]

BAGIAN C | ArcMap 10.8

Bagian C: ArcMap 10.8

1. Alat Slope tersedia di toolbox **Spatial Analyst** dengan parameter **Output measurement** (DEGREE atau PERCENT_RISE) dan **Z factor**. Dokumentasi Esri menyebut alat ini bagian dari toolset **Surface**.
2. **Hillshade**, **Aspect**, dan **Contour** adalah alat tetangganya di toolset yang sama. [CEK]
3. Semua alat butuh ekstensi **Spatial Analyst**.

Cek paham

1. Apa bedanya hillshade dan slope?

2. Kontur rapat menandakan lereng seperti apa?
3. Mengapa DEM berkoordinat derajat bermasalah untuk menghitung lereng?

Jawaban:

1. Hillshade adalah gambar bayangan untuk tampilan. Slope adalah angka kemiringan yang bisa dianalisis dan dihitung luasnya.
2. Curam. Ketinggian berubah cepat dalam jarak pendek.
3. Satuan tinggi (meter) dan satuan mendatar (derajat) berbeda, sehingga hasil lereng salah. Ubah DEM ke UTM lebih dulu.

Kesalahan umum

- **Menganggap hillshade sebagai data.** Hillshade hanya bantuan visual. Untuk analisis, pakai slope atau DEM.
- **Lupa satuan Z factor.** Pada DEM meter berkoordinat meter, isi 1. Bila ragu, cek CRS di tab Information.
- **Membaca nilai aspect sebagai ketinggian.** Aspect adalah arah (0 sampai 360). Nilai 0 dan 360 sama-sama menghadap utara.
- **Mengira kontur adalah raster.** Kontur adalah garis (vektor). Atributnya (ELEV) menyimpan ketinggian garis.

Ringkasan dan latihan

Ringkasan: DEM menyimpan ketinggian. Dari DEM Anda menurunkan hillshade, slope, aspect, dan kontur. Hillshade untuk tampilan, slope dan aspect untuk analisis, kontur untuk peta garis.

Latihan:

1. Buat kontur dengan interval 10 m. Berapa garis yang terbentuk? Jawaban uji: 6 garis, bernilai 50, 60, dan 70 m (nilai kelipatan 10 di dalam rentang 40,03 sampai 74,25 m).
2. Cari titik tertinggi dengan **Identify Features**. Jawaban uji: sekitar 74 m di barat laut area (sekitar E 312115, N 9996271).

Tabel perbandingan: turunan DEM

Hal	QGIS	ArcGIS Pro	ArcMap 10.8
Hillshade	Hillshade (bawaan: azimuth 300, sudut 40)	Hillshade (bawaan: 315 dan 45)	Hillshade, toolset Surface [CEK]
Kemiringan	Slope (derajat; persen di versi GDAL)	Slope (DEGREE atau PERCENT_RISE)	Slope (DEGREE atau PERCENT_RISE)
Arah lereng	Aspect	Aspect [CEK]	Aspect [CEK]
Kontur	Contour (grup GDAL)	Contour	Contour [CEK]
Lisensi	Gratis	Perlu Spatial Analyst	Perlu Spatial Analyst

BAB 4: Memotong Raster: Fokus pada Area Kerja

Studi kasus: "Cukup bagian Alpha saja"

Kepala Seksi hanya membutuhkan data untuk KPH Alpha. Namun raster yang dimiliki Analis Muda mencakup seluruh area. Mengirim semuanya membuat berkas besar dan memuat daerah yang tidak perlu. Selain itu, statistik yang dihitung dari raster utuh ikut mencampur area lain. Bab ini mengajarkan cara memotong raster seukuran area kerja.

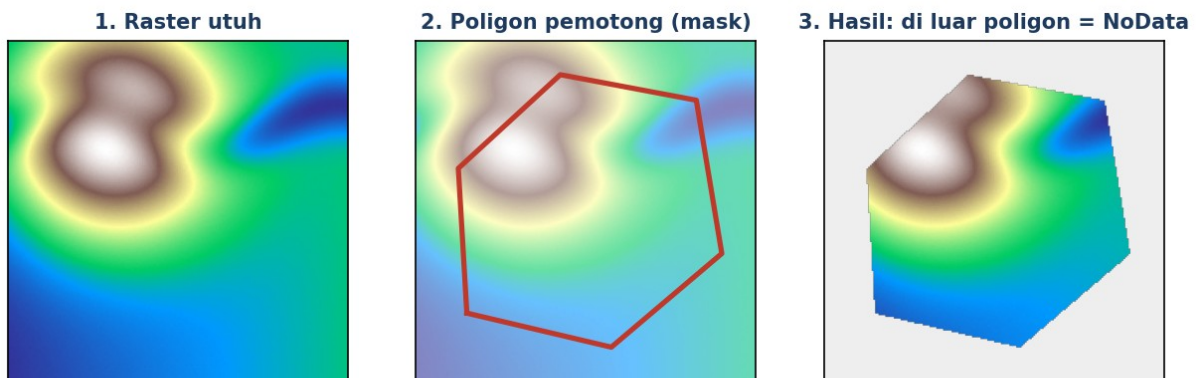
Konsep: memotong raster dalam tiga kalimat

Clip (memotong) adalah menggunting raster mengikuti bentuk sebuah poligon, seperti menggunting foto mengikuti garis tepi sebuah pola. Poligon penggunting disebut **mask** (masker). Piksel di luar poligon dibuang atau diberi nilai **NoData**, sehingga tidak ikut dihitung.

Istilah baru bab ini:

- **Clip** (potong): menggunting raster dengan poligon atau dengan kotak.
- **Mask**: poligon yang menentukan bagian mana yang dipertahankan.
- **Extent**: kotak terkecil yang membungkus sebuah data.
- **NoData**: penanda piksel tanpa nilai. Ingat Bab 1.
- **Cutline**: garis tepi poligon yang dipakai menggunting (istilah di GDAL).

Ilustrasi 4.1: Raster, poligon, dan hasil potong



Skema; bukan tangkapan layar

Dua cara memotong

- 1. Memotong dengan kotak (extent)**. Hasilnya selalu persegi panjang. Cepat dan sederhana.
- 2. Memotong dengan poligon (mask)**. Hasilnya mengikuti bentuk poligon. Raster tetap berbentuk persegi panjang, tetapi piksel di luar poligon berubah menjadi NoData.

Raster selalu berbentuk persegi panjang. Karena itu, hasil pemotongan dengan poligon tidak benar-benar "berbentuk poligon". Bagian luar poligon hanya dikosongkan.

Angka dari data latihan

Pemotongan	Hasil
DEM dengan Area_Kajian (poligon 6 sudut)	Raster $155 \times 160 = 24.800$ piksel. NoData 6.100. Terisi $18.700 \text{ piksel} = 74.800 \text{ m}^2 = 7,48 \text{ ha}$
Luas poligon Area_Kajian (dihitung dari koordinat)	$74.800 \text{ m}^2 = 7,48 \text{ ha}$
DEM dengan KPH Alpha	$10.000 \text{ piksel} = 4,00 \text{ ha}$, tanpa NoData
DEM dengan kotak $200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ di barat daya	$100 \times 100 = 10.000 \text{ piksel}$

Luas dari hitungan piksel (7,48 ha) cocok dengan luas poligon (7,48 ha). Itu tanda pemotongan berjalan benar. Pada poligon dengan tepi yang lebih rumit, selisih kecil di tepi adalah hal biasa. Angka diuji di QGIS 4.0.2 (Skrip 4.1).

BAGIAN A | QGIS

Bagian A: Memotong raster di QGIS

Memotong dengan poligon (mask)

1. Tambahkan DEM_KPH.tif dan Area_Kajian.gpkg. Pastikan keduanya memakai CRS yang sama (EPSG:32749).
2. Buka **Raster ► Extraction ► Clip Raster by Mask Layer....**
3. Isi **Input layer** dengan DEM_KPH dan **Mask layer** dengan Area_Kajian.
4. Pada **Assign a specified NoData value to output bands**, isi **-9999**. Itu nilai NoData yang sama dengan DEM asal.
5. Biarkan **Match the extent of the clipped raster to the extent of the mask layer** tercentang. Pilihan ini membuat ukuran hasil sebatas kotak pembungkus poligon.
6. Centang **Keep resolution of input raster** supaya ukuran piksel tetap 2 m.
7. Simpan sebagai DEM_kajian.tif, lalu klik **Run**.
8. Perhatikan hasilnya: bentuk poligon tampak, dan sudut-sudut di luar poligon kosong.

Menghitung piksel NoData

1. Buka Processing Toolbox, cari **Raster layer unique values report**.
2. Isi **Input layer** dengan DEM_kajian, lalu jalankan.
3. Lihat **Total pixel count** (24.800) dan **NoData pixel count** (6.100). Selisihnya, 18.700, adalah piksel yang terisi.
4. Kalikan 18.700 dengan 4 m² per piksel. Hasilnya 74.800 m² atau 7,48 ha.

Memotong dengan satu KPH saja

1. Klik kanan layer Batas_KPH ► **Filter...** (pembangun kueri).
2. Isi kueri: "NAMA_KPH" = 'KPH Alpha', lalu klik **OK**. Layer hanya menampilkan KPH Alpha.
3. Jalankan lagi **Clip Raster by Mask Layer** dengan Batas_KPH sebagai mask. Hasil: 100 x 100 = 10.000 piksel, tanpa NoData, 4 ha.
4. Ulangi untuk KPH Beta dan Gamma dengan mengganti kueri.

Memotong dengan kotak

Buka **Raster ► Extraction ► Clip Raster by Extent....** Isi **Input layer** dan **Clipping extent**. Untuk extent, Anda bisa memilih dari layer lain atau menggambar di kanvas. Hasilnya persegi panjang, tanpa NoData baru.

Dengan Python (opsional)

Berkas skrip/b3_04_clip.py:

```
PYTHON
import processing
from qgis.core import QgsVectorLayer

DATA = r"D:/data/paket-b3"
```

```

OUT = r"C:/kerja_b3"

# 1) Potong DEM dengan Area_Kajian (poligon tidak beraturan)
hasil = processing.run("gdal:cliprasterbymasklayer", {
    "INPUT": DATA + "/DEM_KPH.tif",
    "MASK": DATA + "/Area_Kajian.gpkg",
    "NODATA": -9999,
    "CROP_TO_OUTLINE": True,
    "KEEP_RESOLUTION": True,
    "OUTPUT": OUT + "/DEM_kajian.tif"})
u = processing.run("native:rasterlayeruniquevaluesreport", {"INPUT": hasil["OUTPUT"], "BAND": 1})
isi = u["TOTAL_PIXEL_COUNT"] - u["NODATA_PIXEL_COUNT"]
print("Piksel total:", u["TOTAL_PIXEL_COUNT"], "| NoData:", u["NODATA_PIXEL_COUNT"])
print("Piksel berisi nilai:", isi, "= luas (ha):", round(isi * 4 / 10000, 2))

# 2) Potong dengan satu KPH saja (filter lapisan batas lebih dulu)
batas = QgsVectorLayer(DATA + "/Batas_KPH.gpkg|layername=Batas_KPH", "Batas_KPH", "ogr")
batas.setSubsetString("\"NAMA_KPH\" = 'KPH Alpha'")
h2 = processing.run("gdal:cliprasterbymasklayer", {
    "INPUT": DATA + "/DEM_KPH.tif", "MASK": batas, "NODATA": -9999,
    "CROP_TO_OUTLINE": True, "KEEP_RESOLUTION": True, "OUTPUT": OUT + "/DEM_Alpha.tif"})
u2 = processing.run("native:rasterlayeruniquevaluesreport", {"INPUT": h2["OUTPUT"], "BAND": 1})
print("KPH Alpha: piksel total", u2["TOTAL_PIXEL_COUNT"], "| NoData", u2["NODATA_PIXEL_COUNT"])

```

Keluaran yang diuji di QGIS 4.0.2:

TEKS

Piksel total: 24800 | NoData: 6100
 Piksel berisi nilai: 18700 = luas (ha): 7.48
 KPH Alpha: piksel total 10000 | NoData 0

Samakan CRS sebelum memotong: Pada uji di QGIS 4.0.2, alat ini tetap memberi hasil benar ketika mask berkoordinat derajat (hasilnya sama dengan raster utuh, karena mask menutupi seluruh area). Namun jangan bergantung pada kebaikan alat. Samakan CRS mask dan raster lebih dulu, seperti di B1 Bab 5.

BAGIAN B | ArcGIS Pro

Bagian B: ArcGIS Pro

1. Buka alat **Extract by Mask** (Spatial Analyst Tools). Alat ini memerlukan ekstensi Spatial Analyst.
2. Isi **Input raster** dengan DEM dan **Input raster or feature mask data** dengan poligon batas. Alat ini menerima mask berupa fitur atau raster.
3. **Extraction Area** bernilai **INSIDE** secara bawaan, artinya yang dipertahankan adalah bagian di dalam mask. Pilih **OUTSIDE** bila ingin kebalikannya.
4. Tentukan **Output raster**, lalu jalankan. Piksel di luar mask menjadi NoData. [CEK: tampilan hasil]
5. Untuk memotong hanya satu KPH, pilih fiturnya lebih dulu. Alat memakai fitur terpilih bila ada seleksi. [CEK]
6. Alat lain, **Clip Raster** (Data Management), memotong dengan kotak atau poligon tanpa Spatial Analyst. [CEK]

BAGIAN C | ArcMap 10.8

Bagian C: ArcMap 10.8

1. Buka alat **Extract by Mask** (toolbox Spatial Analyst). Parameternya dua: **in_raster** (raster sumber) dan **in_mask_data** (raster atau fitur sebagai mask).
2. Menurut dokumentasi Esri, mask berupa fitur diubah dulu menjadi raster dengan ukuran sel dan susunan yang sama dengan raster masukan. Untuk raster multiband, semua band diproses.
3. Tentukan keluaran, lalu jalankan.
4. Untuk memotong dengan kotak, pakai alat **Clip** (Data Management). [CEK]

Cek paham

1. Mengapa raster hasil pemotongan dengan poligon tetap berbentuk persegi panjang?
2. Apa fungsi NoData pada hasil pemotongan?
3. Bagaimana mengecek bahwa pemotongan berjalan benar?

Jawaban:

1. Raster hanya bisa berupa petak-petak persegi panjang. Bagian luar poligon tidak dihapus, hanya diberi nilai NoData.
2. Menandai piksel di luar area kerja sehingga tidak ikut dalam statistik atau luas.
3. Hitung piksel terisi dikali luas satu piksel, lalu bandingkan dengan luas poligon. Pada data latihan, 7,48 ha dan 7,48 ha cocok.

Kesalahan umum

- **Mask dan raster tidak tumpang tindih.** Hasilnya kosong atau galat. Tampilkan keduanya bersama dan lihat apakah letaknya berimpit.
- **Lupa menetapkan nilai NoData.** Piksel di luar poligon bisa terisi nol, tergantung alat, lalu ikut mengacaukan rata-rata. [CEK: perilaku tanpa NoData] Selalu tetapkan NoData yang tidak mungkin muncul sebagai data nyata.
- **Mengubah ukuran piksel tanpa sadar.** Bila **Keep resolution** tidak dicentang, ukuran piksel hasil bisa berubah. Hasil luas jadi bergeser. Centang pilihan itu.
- **Mask berisi banyak poligon.** Semua poligon dipakai sekaligus. Bila hanya butuh satu KPH, saring dulu (Filter) atau potong satu per satu.

Ringkasan dan latihan

Ringkasan: Clip menggunting raster dengan kotak atau poligon. Piksel di luar poligon menjadi NoData. Luas hasil bisa dicek dengan menghitung piksel terisi dikali luas piksel.

Latihan:

1. Potong `DEM_KPH` untuk KPH Beta dan Gamma. Hitung piksel terisi dan luasnya. Jawaban uji: Beta 10.000 piksel (4 ha) dan Gamma 20.000 piksel (8 ha).

2. Potong keempat band dengan mask KPH Alpha, lalu bandingkan ukuran berkasnya dengan raster utuh. Jawaban: berkas Alpha lebih kecil karena hanya memuat seperempat piksel.

Tabel perbandingan: memotong raster

Hal	QGIS	ArcGIS Pro	ArcMap 10.8
Potong dengan poligon	Clip Raster by Mask Layer	Extract by Mask (Spatial Analyst)	Extract by Mask (Spatial Analyst)
Potong dengan kotak	Clip Raster by Extent	Clip Raster [CEK]	Clip [CEK]
Menetapkan NoData	Kolom NoData pada alat	Piksel luar mask menjadi NoData	Piksel luar mask menjadi NoData
Bagian yang dipertahankan	Di dalam poligon	INSIDE (bawaan) atau OUTSIDE	Di dalam mask
Lisensi	Gratis	Spatial Analyst untuk Extract by Mask	Spatial Analyst untuk Extract by Mask

BAB 5: Reklasifikasi Sederhana: Dari Ribuan Angka ke Beberapa Kelas

Studi kasus: "Berapa hektare yang curam?"

Peta kemiringan dari Bab 3 berisi ribuan nilai berbeda: 3,2 derajat, 3,3 derajat, 12,8 derajat, dan seterusnya. Kepala Seksi tidak butuh angka sedetail itu. Ia ingin tiga kelas saja, yaitu datar, landai, dan curam, beserta luas tiap kelas. Bab ini mengajarkan cara mengelompokkan nilai raster menjadi kelas dan menghitung luasnya.

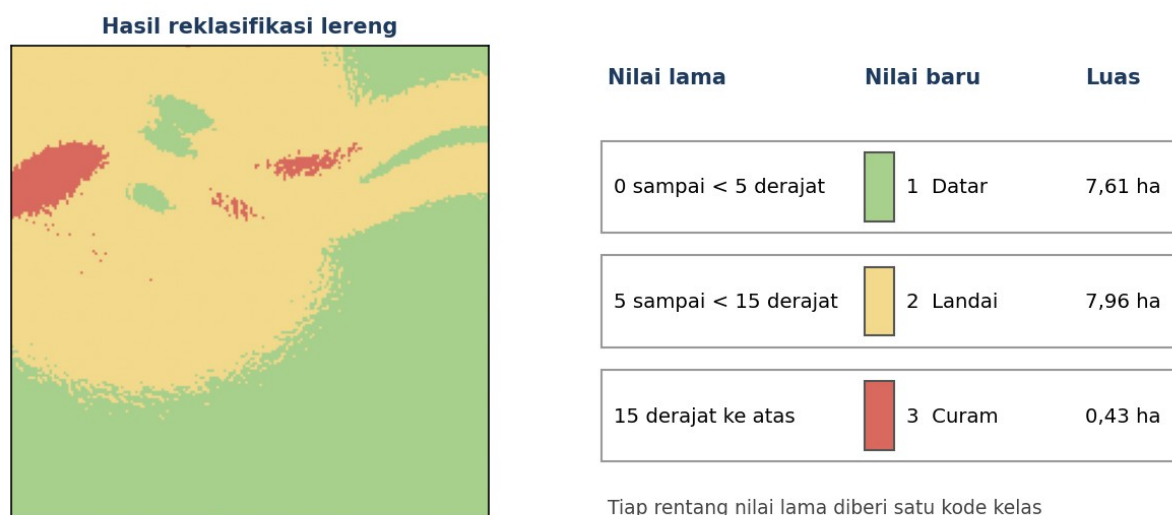
Konsep: reklasifikasi dalam tiga kalimat

Reklasifikasi berarti mengganti nilai lama dengan nilai baru berdasarkan sebuah tabel aturan, seperti mengubah nilai ujian 0 sampai 100 menjadi huruf A, B, dan C. Tabel aturannya berisi rentang nilai lama dan kode kelas baru. Hasilnya raster dengan sedikit nilai, sehingga mudah dibaca, diberi warna, dan dihitung luasnya.

Istilah baru bab ini:

- **Reklasifikasi**: mengganti nilai raster berdasarkan tabel aturan.
- **Rentang** (range): batas bawah dan batas atas nilai lama.
- **Kelas**: kode baru, biasanya bilangan bulat kecil (1, 2, 3).
- **Aturan batas**: keputusan apakah nilai tepat di batas masuk kelas bawah atau atas.
- **Luas kelas**: jumlah piksel suatu kelas dikali luas satu piksel.

Ilustrasi 5.1: Tabel aturan dan hasil reklasifikasi lereng



Skema; bukan tangkapan layar

Tabel aturan yang dipakai

Nilai lama (derajat)	Kelas baru	Arti
0 sampai kurang dari 5	1	Datar
5 sampai kurang dari 15	2	Landai
15 ke atas (sampai 90)	3	Curam

Batas 5 dan 15 derajat adalah pilihan penulis untuk latihan. Untuk pekerjaan nyata, pakai kelas lereng dari pedoman instansi Anda. [CEK: pedoman resmi tidak dibaca untuk buku ini]

Aturan batas: nilai tepat di batas masuk mana?

Nilai tepat 5,0 derajat masuk kelas 1 atau 2? Tergantung aturan batas. QGIS menawarkan empat pilihan. Bawaannya **min < nilai <= maks**. Dengan aturan ini, nilai 0 tidak masuk kelas yang dimulai dari 0. Untuk tabel di atas, pilih **min <= nilai < maks**. Menurut dokumentasi Esri, aturannya sama dengan bawaan QGIS: batas atas kelas bawah termasuk, batas bawah kelas atas tidak termasuk. Tabel di atas memakai pilihan lain, jadi pastikan Anda memilih aturan yang sesuai tabel.

Angka dari data latihan

Hasil reklasifikasi `Lereng_derajat.tif` (Bab 3) dengan tabel di atas:

Kelas	Jumlah piksel	Luas (ha)
1 Datar	19.018	7,61
2 Landai	19.902	7,96
3 Curam	1.080	0,43
Jumlah	40.000	16,00

Luas diperoleh dari jumlah piksel dikali 4 m² dibagi 10.000. Jumlah akhirnya 16 ha, sama dengan luas area (400 m x 400 m). Angka diuji di QGIS 4.0.2 (Skrip 5.1).

BAGIAN A | QGIS

Bagian A: Reklasifikasi di QGIS

1. Pastikan `Lereng_derajat.tif` dari Bab 3 sudah ada di proyek.
2. Buka **Processing ► Toolbox**, cari **Reclassify by table**.
3. Isi **Raster layer** dengan `Lereng_derajat` dan **Band number** dengan 1.
4. Klik tombol ... di **Reclassification table**. Tekan **Add Row** tiga kali, lalu isi kolom **Minimum**, **Maximum**, dan **Value**:

Minimum	Maximum	Value
0	5	1
5	15	2
15	90	3

5. Pada **Range boundaries**, pilih **min <= value < max**.
6. Centang **Use NoData when no range matches value**.
7. Pada **Output data type**, pilih **Byte** (bilangan bulat 0 sampai 255, cukup untuk kelas kecil dan hemat tempat).
8. Simpan sebagai `Lereng_kelas.tif`, lalu klik **Run**.

Memberi warna kelas

1. Buka **Properties ► Symbology** layer hasil.
2. Pilih **Render type = Paletted/Unique values**, lalu klik **Classify**.
3. Beri warna tiap kelas: hijau untuk 1, kuning untuk 2, merah untuk 3. Ubah label menjadi Datar, Landai, dan Curam.

Menghitung luas tiap kelas

1. Cari **Raster layer unique values report** di Processing Toolbox.
2. Isi **Input layer** dengan `Lereng_kelas`, lalu jalankan. Laporan menampilkan **jumlah piksel** tiap nilai.
3. Kalikan jumlah piksel dengan 4 m². Bagi 10.000 untuk mendapat hektare. Kelas 3: $1.080 \times 4 / 10.000 = 0,43$ ha.

Dengan Python (opsional)

Berkas `skrip/b3_05_reklas.py`. Jalankan Skrip 3.1 lebih dulu.

PYTHON

```
import processing
from qgis.core import QgsVectorLayer

OUT = r"C:/kerja_b3"

# Tabel: batas bawah, batas atas, kelas baru. Aturan batas: bawah <= nilai < atas (RANGE_BOUNDARIES = 1)
tabel = [0, 5, 1,          # kelas 1 = datar    (0 sampai kurang dari 5 derajat)
```

```

        5, 15, 2,      # kelas 2 = landai   (5 sampai kurang dari 15 derajat)
        15, 90, 3]    # kelas 3 = curam    (15 derajat ke atas)
r = processing.run("native:reclassifybytable", {
    "INPUT_RASTER": OUT + "/Lereng_derajat.tif", "RASTER_BAND": 1,
    "TABLE": tabel, "RANGE_BOUNDARIES": 1, "NODATA_FOR_MISSING": True,
    "NO_DATA": 255, "DATA_TYPE": 0,          # 0 = Byte
    "OUTPUT": OUT + "/Lereng_kelas.tif"})

u = processing.run("native:rasterlayeruniquevaluesreport", {"INPUT": r["OUTPUT"], "BAND": 1,
                                                             "OUTPUT_TABLE": "TEMPORARY_OUTPUT"})

nama = {1: "Datar", 2: "Landai", 3: "Curam"}
print("Kelas | jumlah piksel | luas (ha)")
for f in u["OUTPUT_TABLE"].getFeatures():
    k = int(f["value"])
    print(k, nama.get(k, "NoData"), f["count"], round(f["count"] * 4 / 10000, 2))

```

Keluaran yang diuji di QGIS 4.0.2:

TEKS

```

Kelas | jumlah piksel | luas (ha)
1 Datar 19018 7.61
2 Landai 19902 7.96
3 Curam 1080 0.43

```

Reklasifikasi menghilangkan detail: Setelah reklasifikasi, Anda tidak bisa kembali ke nilai asli dari hasilnya. Simpan raster asli, dan beri nama hasil yang jelas (misalnya `Lereng_kelas.tif`).

BAGIAN B | ArcGIS Pro

Bagian B: ArcGIS Pro

1. Buka alat **Reclassify** (Spatial Analyst Tools). Alat ini memerlukan ekstensi Spatial Analyst.
2. Isi **Input raster** dengan raster lereng dan pilih **Reclass field**.
3. Pada **Reclassification**, isi tabel **Start**, **End**, dan **New**. Anda bisa memakai tombol **Classify** untuk membuat rentang otomatis, atau **Unique** untuk daftar nilai unik. [CEK: nama kolom dan tombol]
4. **Change missing values to NoData** mengatur nasib nilai yang tidak tercakup tabel.
5. Menurut Esri, hasil alat ini selalu bertipe bilangan bulat. Aturan batas: batas atas kelas bawah termasuk, batas bawah kelas atas tidak termasuk.
6. Untuk luas, buka tabel atribut hasil. Kolom **Count** adalah jumlah piksel. Bila tabel belum ada, buat dengan **Build Raster Attribute Table**. [CEK]

BAGIAN C | ArcMap 10.8

Bagian C: ArcMap 10.8

1. Buka alat **Reclassify** (toolbox Spatial Analyst). Parameternya: raster masukan, **Reclass field**, tabel **Reclassification**, raster keluaran, dan pilihan **Change missing values to NoData**.

2. Alat ini menawarkan dua cara: **RemapRange** untuk rentang nilai dan **RemapValue** untuk nilai tunggal. Keluaran selalu bilangan bulat.
3. Aturan batas sama dengan Pro: batas atas kelas bawah termasuk, batas bawah kelas atas tidak termasuk.
4. Luas dihitung dari kolom **Count** pada tabel atribut hasil. [CEK]

Cek paham

1. Mengapa hasil reklasifikasi sebaiknya bertipe bilangan bulat kecil?
2. Bagaimana cara menghitung luas kelas dari raster?
3. Apa akibat salah memilih aturan batas?

Jawaban:

1. Kelas hanyalah kode (1, 2, 3). Bilangan bulat kecil hemat tempat dan mudah diberi label.
2. Jumlah piksel kelas dikali luas satu piksel (di sini 4 m²).
3. Nilai yang tepat di batas bisa masuk kelas yang salah, atau nilai di ujung rentang (misalnya tepat 0) tidak masuk kelas mana pun.

Kesalahan umum

- **Rentang tumpang tindih atau berlubang.** Pastikan batas atas satu kelas menyambung dengan batas bawah kelas berikutnya.
- **Lupa mengatur aturan batas.** Pada pengaturan bawaan QGIS, nilai tepat 0 tidak masuk kelas 0-5. Pilih **min <= value < max**.
- **Menghitung luas dengan ukuran piksel yang salah.** Gunakan ukuran piksel raster hasil (di sini 2 m x 2 m = 4 m²), bukan angka tebakan.
- **Mengira hasil bisa dikembalikan.** Rekalsifikasi bersifat satu arah. Simpan raster asli.

Ringkasan dan latihan

Ringkasan: Rekalsifikasi mengganti nilai raster berdasarkan tabel aturan. Tentukan rentang, kode kelas, dan aturan batas. Luas kelas diperoleh dari jumlah piksel dikali luas satu piksel.

Latihan:

1. Buat dua kelas saja dari lereng: **layak** (di bawah 15 derajat) dan **tidak layak** (15 derajat ke atas) untuk jalan angkut. Hitung luas keduanya. Jawaban uji: layak 15,57 ha (7,61 + 7,96) dan tidak layak 0,43 ha.
2. Rekalsifikasikan DEM_KPH menjadi tiga zona tinggi: di bawah 50 m, 50 sampai 60 m, dan di atas 60 m. Jawaban uji (batas 50 dan 60 masuk kelas atas): sekitar 9,58 ha, 3,37 ha, dan 3,05 ha. Jumlahnya 16 ha.

Tabel perbandingan: reklasifikasi

Hal	QGIS	ArcGIS Pro	ArcMap 10.8
Nama alat	Reclassify by table	Reclassify (Spatial Analyst)	Reclassify (Spatial Analyst)
Aturan batas	Dapat dipilih (empat pilihan; bawaan: batas atas termasuk)	Batas atas kelas bawah termasuk	Batas atas kelas bawah termasuk
Tipe hasil	Dapat dipilih (mis. Byte)	Selalu bilangan bulat	Selalu bilangan bulat
Nilai tidak tercakup	Opsi Use NoData when no range matches	Opsi Change missing values to NoData	Opsi Change missing values to NoData
Luas kelas	Raster layer unique values report	Kolom Count tabel atribut [CEK]	Kolom Count tabel atribut [CEK]
Lisensi	Gratis	Spatial Analyst	Spatial Analyst

BAB 6: NDVI: Mengukur Kehijauan Tanaman dengan Satu Rumus

Studi kasus: "Kebun mana yang paling hijau?"

Kepala Seksi ingin membandingkan kondisi vegetasi KPH Alpha, Beta, dan Gamma. Memandangi citra warna palsu membuat Analis Muda hanya bisa berkata "yang ini lebih merah". Kepala Seksi menginginkan **angka**. Bab ini memperkenalkan indeks vegetasi NDVI, yang mengubah dua band menjadi satu angka kehijauan untuk tiap piksel.

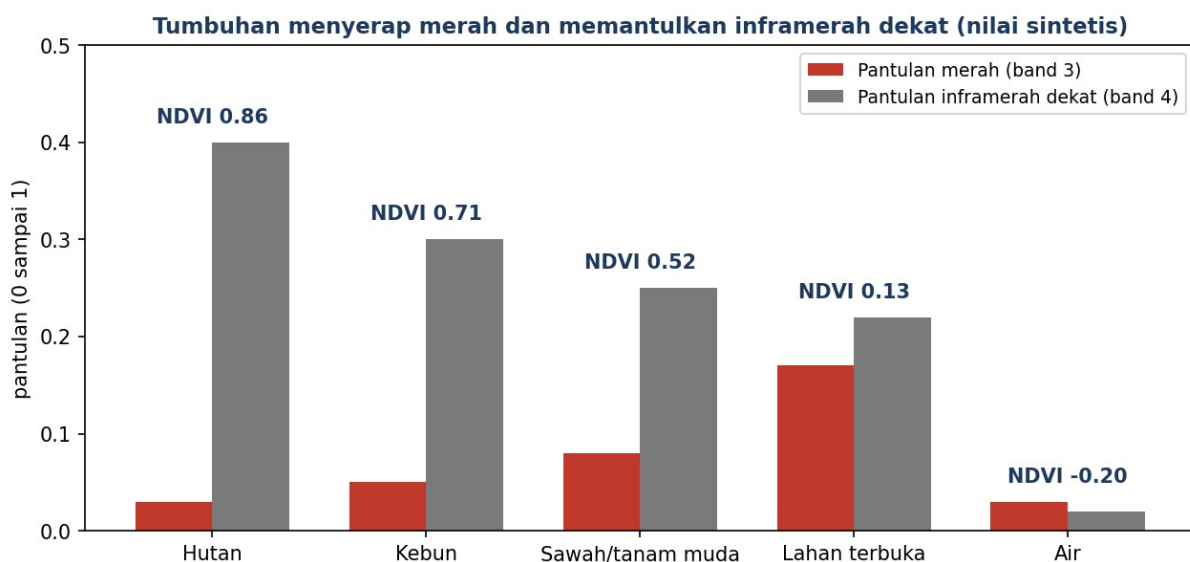
Konsep: NDVI dalam tiga kalimat

Daun sehat menyerap cahaya merah untuk berfotosintesis dan memantulkan banyak inframerah dekat, seperti cermin yang hanya memantulkan satu warna. **NDVI** membandingkan kedua pantulan itu dalam satu rumus: selisihnya dibagi jumlahnya. Hasilnya angka antara -1 dan 1, dan makin tinggi berarti makin lebat dan sehat vegetasinya.

Istilah baru bab ini:

- **Indeks vegetasi**: angka hasil rumus beberapa band untuk menonjolkan vegetasi.
- **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index): indeks vegetasi yang paling umum.
- **Pantulan** (reflektansi): bagian cahaya yang dipantulkan permukaan.
- **Raster calculator**: alat hitung antar-raster, piksel demi piksel.
- **Statistik zonal**: ringkasan nilai raster (misalnya rata-rata) di dalam tiap poligon.

Ilustrasi 6.1: Pantulan merah dan inframerah dekat



Skema; bukan tangkapan layar

Rumusnya

TEKS

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Merah}) / (\text{NIR} + \text{Merah})$$

NIR adalah band inframerah dekat (band 4, B08). Merah adalah band 3 (B04). Contoh untuk hutan sintetis: pantulan NIR 0,40 dan merah 0,03. $\text{NDVI} = (0,40 - 0,03) / (0,40 + 0,03) = 0,86$.

Cara membaca nilai NDVI

Kisaran NDVI	Biasanya berarti
Di bawah 0	Air
0 sampai sekitar 0,3	Lahan terbuka atau tanah
Sekitar 0,3 sampai 0,6	Vegetasi jarang atau tanaman muda
Di atas sekitar 0,6	Vegetasi lebat

Kisaran ini pedoman kasar, bukan hukum. Nilai batas berbeda antar-citra dan antar-daerah. [kemungkinan: kebiasaan umum; batas kelas di buku ini pilihan penulis untuk latihan]

Angka dari data latihan

NDVI rata-rata per jenis tutupan (data sintetis; dihitung dari piksel):

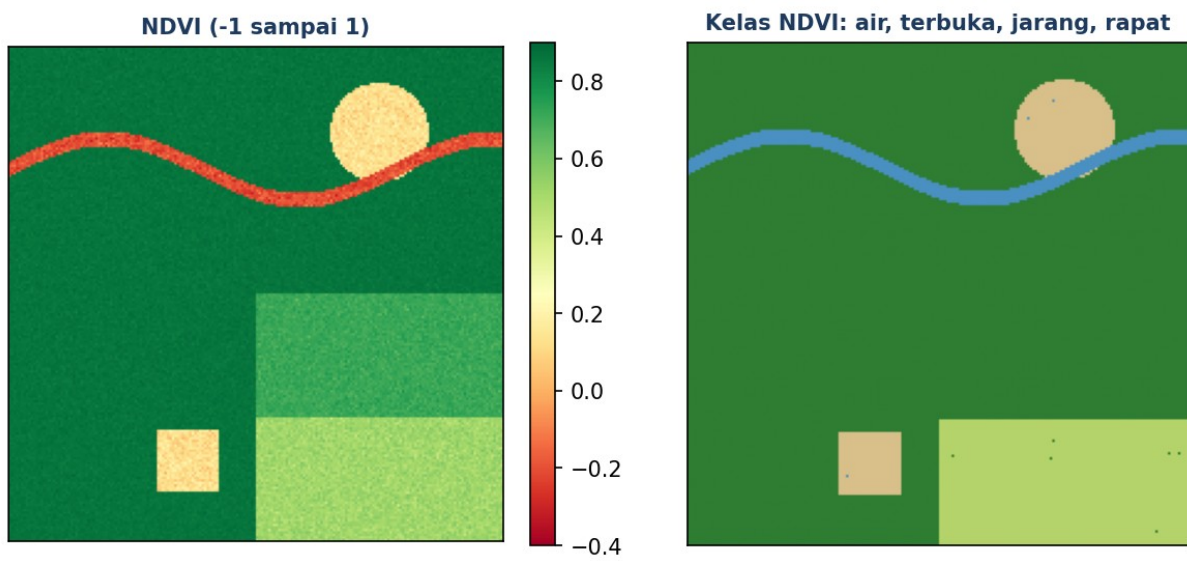
Tutupan	NDVI rata-rata
Hutan	0,860
Kebun	0,714
Sawah atau tanaman muda	0,515
Lahan terbuka	0,128
Air	-0,201

Seluruh citra: NDVI terkecil -0,328, terbesar 0,903, rata-rata 0,735. Dikelompokkan dengan batas 0, 0,3, dan 0,6:

Kelas	Piksel	Luas (ha)
1 Air (sampai 0)	1.203	0,48
2 Lahan terbuka (0 sampai 0,3)	1.767	0,71
3 Vegetasi jarang (0,3 sampai 0,6)	4.994	2,00
4 Vegetasi rapat (di atas 0,6)	32.036	12,81

NDVI rata-rata per KPH: **Alpha 0,814, Beta 0,614, Gamma 0,755**. Beta paling rendah karena separuhnya adalah sawah atau tanaman muda. Alpha tinggi karena hampir seluruhnya hutan. Semua angka diuji di QGIS 4.0.2 (Scrip 6.1).

Ilustrasi 6.2: Peta NDVI dan kelasnya



Skema; bukan tangkapan layar

BAGIAN A | QGIS

Bagian A: Menghitung NDVI di QGIS

Langkah 1: Raster Calculator

1. Pastikan `Citra_4band` dari Bab 2 ada di proyek.
2. Buka **Raster ► Raster Calculator...**
3. Di kotak **Raster Calculator Expression**, ketik rumus berikut. Nama band ditulis `nama_layer@nomor_band`:

TEKS

```
("Citra_4band@4" - "Citra_4band@3") / ("Citra_4band@4" + "Citra_4band@3")
```

4. Pada **Output layer**, pilih berkas, misalnya `C:\kerja_b3\NDVI.tif`. Biarkan format GeoTIFF.
5. Pilih satu band `Citra_4band` di daftar **Raster Bands**, lalu klik tombol **Selected Layer Extent** supaya ukuran hasil sama dengan citra. Klik **OK**. [CEK: letak tombol]
6. Hasilnya layer `NDVI`. Beri warna di **Symbology ► Singleband pseudocolor** dengan deretan merah ke kuning ke hijau, atau pilih mode Min/Max agar tampilannya jelas.

Anda mendapat nilai NDVI -0,328 sampai 0,903 (rata-rata 0,735). Bila nilainya tidak seperti itu, periksa nomor band dan tanda kurungnya.

Hati-hati dengan tipe bilangan bulat: Band citra bertipe `UInt16`, yaitu bilangan bulat **tanpa tanda minus**. Pada alat hitung yang bekerja dengan bilangan bulat, selisih yang seharusnya negatif bisa "membungkus" menjadi bilangan sangat besar. Pada uji lewat PyQGIS (`QgsRasterCalculator`), Raster Calculator QGIS menghitung dengan benar. Namun alat GDAL di Processing Toolbox bisa salah, seperti dijelaskan di bagian berikutnya.

Langkah 2: mengelompokkan NDVI

Gunakan **Reclassify by table** (Bab 5) pada `NDVI.tif` dengan tabel:

Minimum	Maximum	Value	Arti
-1	0	1	Air
0	0,3	2	Lahan terbuka
0,3	0,6	3	Vegetasi jarang
0,6	1,01	4	Vegetasi rapat

Pilih **Range boundaries** = `min < value <= max` (bawaan), **Output data type** = **Byte**. Hitung luas dengan **Raster layer unique values report**.

Langkah 3: rata-rata NDVI per KPH

1. Buka **Zonal statistics** di Processing Toolbox.

2. Isi **Input layer** dengan **Batas_KPH**, **Raster layer** dengan **NDVI**, dan **Raster band** dengan 1.
3. Pada **Statistics to calculate**, centang **Mean**.
4. Isi **Output column prefix** dengan **ndvi_**, lalu klik **Run**.
5. Buka tabel atribut hasil. Kolom **ndvi_mean** berisi: Alpha 0,814, Beta 0,614, Gamma 0,755.

Dengan Python (opsional)

Berkas skrip/b3_06_ndvi.py. Jalankan Skrip 2.1 lebih dulu.

PYTHON

```
import processing
from qgis.core import QgsRasterLayer, QgsProject
from qgis.analysis import QgsRasterCalculator, QgsRasterCalculatorEntry

DATA = r"D:/data/paket-b3"
OUT = r"C:/kerja_b3"

stack = QgsRasterLayer(OUT + "/Citra_4band.tif", "Citra_4band")
nir = QgsRasterCalculatorEntry()
nir.ref, nir.raster, nir.bandNumber = "nir@1", stack, 4      # band 4 = inframerah dekat
red = QgsRasterCalculatorEntry()
red.ref, red.raster, red.bandNumber = "red@1", stack, 3      # band 3 = merah

rumus = '("nir@1" - "red@1") / ("nir@1" + "red@1")'
calc = QgsRasterCalculator(rumus, OUT + "/NDVI.tif", "GTiff", stack.extent(), stack.width(), stack.height(),
                           [nir, red], QgsProject.instance().transformContext())
print("Kode hasil (0 = sukses):", calc.processCalculation())

st = processing.run("native:rasterlayerstatistics", {"INPUT": OUT + "/NDVI.tif", "BAND": 1})
print("NDVI min/maks/rata-rata:", round(st["MIN"], 3), "/", round(st["MAX"], 3), "/", round(st["MEAN"], 3))

# Kelompokkan: sampai 0 = air; 0-0,3 = lahan terbuka; 0,3-0,6 = vegetasi jarang; di atas 0,6 = vegetasi rapat
processing.run("native:reclassifybytable", {
    "INPUT_RASTER": OUT + "/NDVI.tif", "RASTER_BAND": 1,
    "TABLE": [-1, 0, 1, 0, 0.3, 2, 0.3, 0.6, 3, 0.6, 1.01, 4],
    "RANGE_BOUNDARIES": 0, "NODATA_FOR_MISSING": True, "NO_DATA": 255, "DATA_TYPE": 0,
    "OUTPUT": OUT + "/NDVI_kelas.tif"})
u = processing.run("native:rasterlayeruniquevaluesreport", {"INPUT": OUT + "/NDVI_kelas.tif", "BAND": 1,
                                                            "OUTPUT_TABLE": "TEMPORARY_OUTPUT"})
nama = {1: "Air", 2: "Lahan terbuka", 3: "Vegetasi jarang", 4: "Vegetasi rapat"}
for f in u["OUTPUT_TABLE"].getFeatures():
    k = int(f["value"])
    print(k, nama.get(k, "NoData"), f["count"], "piksel =", round(f["count"] * 4 / 10000, 2), "ha")

# Rata-rata NDVI per KPH
z = processing.run("native:zonalstatisticsfb", {
    "INPUT": DATA + "/Batas_KPH.gpkg|layername=Batas_KPH", "INPUT_RASTER": OUT + "/NDVI.tif", "RASTER_BAND": 1,
    "COLUMN_PREFIX": "ndvi_", "STATISTICS": [2], "OUTPUT": "TEMPORARY_OUTPUT"})
for f in z["OUTPUT"].getFeatures():
    print(f["NAMA_KPH"], "NDVI rata-rata:", round(f["ndvi_mean"], 3))
```

Keluaran yang diuji di QGIS 4.0.2:

TEKS

```
Kode hasil (0 = sukses): 0
NDVI min/maks/rata-rata: -0.328 / 0.903 / 0.735
1 Air 1203 piksel = 0.48 ha
2 Lahan terbuka 1767 piksel = 0.71 ha
3 Vegetasi jarang 4994 piksel = 2.0 ha
```

```
4 Vegetasi rapat 32036 piksel = 12.81 ha
KPH Alpha NDVI rata-rata: 0.814
KPH Beta NDVI rata-rata: 0.614
KPH Gamma NDVI rata-rata: 0.755
```

Jebakan: rumus NDVI yang tampak benar tetapi salah

Alat **Raster calculator** dari grup **GDAL** (`gdal:rastercalculator`) memakai huruf A, B, dan seterusnya untuk layer. Ujilah rumus berikut dengan A = band NIR (`Citra_B08`) dan B = band merah (`Citra_B04`), keduanya bertipe `UInt16`, dan **Output raster type** = `Float32`:

Rumus	Hasil min, maks, rata-rata
$(A-B) / (A+B)$	0,001 / 155,83 / 4,68 (salah)
$(A.astype(float)-B) / (A.astype(float)+B)$	-0,328 / 0,903 / 0,735 (benar)

Pada rumus pertama, piksel air dan lahan terbuka punya merah lebih besar dari NIR sehingga selisihnya negatif. Pada bilangan `UInt16`, selisih negatif "membungkus" menjadi angka sangat besar, lalu NDVI ikut melonjak melebihi 1. Rumus kedua mengubah NIR menjadi pecahan lebih dulu, sehingga aman. Angka diuji di QGIS 4.0.2.

Tanda bahwa hitungan keliru: NDVI sungguhan selalu berada antara -1 dan 1. Bila hasil Anda memuat angka 5, 100, atau 155, hitungannya pasti keliru. Cek min dan maks dengan **Raster layer statistics** setiap kali.

BAGIAN B | ArcGIS Pro

Bagian B: ArcGIS Pro

- Gunakan **Raster Calculator** (Spatial Analyst Tools). Alat ini hanya untuk dipakai di aplikasi (panel Geoprocessing atau ModelBuilder), bukan skrip, menurut dokumentasi Esri.
- Ketik ekspresi dengan sintaks aljabar peta (map algebra). Karena band bilangan bulat, ubah dulu ke pecahan dengan fungsi **Float**:

TEKS

```
(Float("Citra_4band.tif - Band_4") - Float("Citra_4band.tif - Band_3")) / (Float("Citra_4band.tif - Band_4") + Float("Citra_4band.tif - Band_3"))
```

Nama layer di ekspresi mengikuti daftar **Rasters** pada alat. [CEK]

- Alasan memakai Float: dokumentasi alat **Divide** menyebut bahwa bila kedua masukan bilangan bulat, yang terjadi adalah pembagian bilangan bulat dan hasilnya bilangan bulat (3 dibagi 2 menjadi 1). Dokumentasi Raster Calculator sendiri tidak menjelaskan ini, jadi uji hasilnya. [CEK]
- Cara lain: **fungsi raster NDVI**. Menurut dokumentasi Esri, parameternya **Visible Band ID** (band merah), **Infrared Band ID** (band inframerah dekat), dan **Scientific Output** (nilai -1 sampai 1).

Untuk `Citra_4band`, merah adalah band 3 dan inframerah dekat band 4. Lokasi fungsi di antarmuka: tab **Imagery**, bagian **Raster Functions**. [CEK]

5. Statistik zonal: alat **Zonal Statistics as Table** dengan zona `Batas_KPH` dan statistik rata-rata. [CEK]

BAGIAN C | ArcMap 10.8

Bagian C: ArcMap 10.8

1. Buka **Raster Calculator** (toolbox Spatial Analyst, toolset Map Algebra). Alat ini memakai sintaks Python dan, menurut dokumentasi Esri, hanya untuk dipakai di dalam aplikasi atau ModelBuilder.
2. Gunakan fungsi **Float** seperti di Pro agar pembagian menghasilkan pecahan:

TEKS

```
(Float("Citra_4band.tif - Band_4") - Float("Citra_4band.tif - Band_3")) / (Float("Citra_4band.tif - Band_4") + Float("Citra_4band.tif - Band_3"))
```

[CEK]

3. Ekstensi **Spatial Analyst** diperlukan.
4. Statistik zonal: **Zonal Statistics as Table** (Spatial Analyst, toolset Zonal). [CEK]

Cek paham

1. Mengapa vegetasi sehat bernilai NDVI tinggi?
2. Berapa kisaran nilai NDVI yang mungkin?
3. Mengapa rumus $(A-B) / (A+B)$ pada band UInt16 bisa salah di alat GDAL?

Jawaban:

1. Daun sehat menyerap merah dan memantulkan banyak inframerah dekat. Selisihnya besar, jadi NDVI mendekati 1.
2. Antara -1 dan 1.
3. Selisih negatif pada bilangan tanpa tanda "membungkus" menjadi angka besar, sehingga hasil melebihi 1. Ubah ke pecahan dulu (`astype(float)`).

Kesalahan umum

- **Salah memilih band.** Tertukarnya band merah dan inframerah dekat membalik tanda NDVI. Cocokkan dengan Bab 2: merah band 3, NIR band 4.
- **Tipe bilangan bulat.** Lihat jebakan di atas. Selalu periksa min dan maks hasil.
- **Menafsirkan angka mutlak sebagai kebenaran lapangan.** Nilai NDVI bergantung pada sensor dan musim. Gunakan untuk membandingkan dalam satu citra, atau antar-tanggal dengan syarat yang sama.
- **Menghitung rata-rata dari raster yang tidak dipotong.** Rata-rata seluruh citra bukan rata-rata satu KPH. Pakai statistik zonal atau potong dulu (Bab 4).

Ringkasan dan latihan

Ringkasan: $NDVI = (NIR - Merah) / (NIR + Merah)$, berkisar -1 sampai 1. Hitung dengan Raster Calculator, kelompokkan dengan reklasifikasi, dan ringkas per KPH dengan statistik zonal. Waspada! tipe bilangan bulat.

Latihan:

1. Hitung NDVI, lalu temukan nilainya di titik bukaan lahan Alpha (E 312145, N 9996065). Jawaban uji: sekitar 0,15 (nilai asli di piksel itu 0,149; rata-rata lahan terbuka 0,128).
2. Hitung NDVI rata-rata per KPH dan urutkan dari yang tertinggi. Jawaban uji: Alpha 0,814, Gamma 0,755, Beta 0,614.
3. Mengapa Gamma lebih rendah dari Alpha padahal sama-sama hutan? Jawaban: Gamma memuat sungai (NDVI negatif) dan bukaan lahan bulat yang menurunkan rata-rata.

Tabel perbandingan: NDVI

Hal	QGIS	ArcGIS Pro	ArcMap 10.8
Alat hitung	Raster ► Raster Calculator	Raster Calculator (Spatial Analyst)	Raster Calculator (Spatial Analyst)
Penulisan band	"layer@4"	Nama dari daftar Rasters	Nama dari daftar Rasters
Cegah pembagian bulat	Raster Calculator QGIS aman (diuji); alat GDAL perlu <code>astype(float)</code>	Pakai Float [CEK]	Pakai Float [CEK]
Fungsi NDVI siap pakai	Tidak ada alat bawaan di buku ini	Fungsi raster NDVI [CEK]	Perlu dicek [CEK]
Statistik per poligon	Zonal statistics	Zonal Statistics as Table [CEK]	Zonal Statistics as Table [CEK]

BAB 7: Proyek Mini: Laporan Singkat Kondisi KPH Contoh

Studi kasus: "Satu halaman untuk rapat besok"

Kepala Seksi akan rapat besok pagi. Ia meminta satu tabel ringkas untuk tiap KPH: luas, kehijauan vegetasi, dan luas lereng curam yang sebaiknya dihindari jalan angkut. Datanya hanya empat band citra, satu DEM, dan batas KPH. Bab ini merangkai semua langkah Bab 2 sampai 6 menjadi satu alur kerja.

Konsep: alur kerja raster dalam tiga kalimat

Analisis raster hampir selalu berupa **rantai**: hasil satu langkah menjadi bahan langkah berikutnya, seperti jalur pabrik tempat setiap meja mengerjakan satu tahap. Rantainya di sini: siapkan band, turunkan DEM, hitung NDVI, kelompokkan nilai, lalu ringkas per area. Kebiasaan baik di sepanjang rantai adalah **memeriksa angka** di setiap tahap sebelum lanjut.

Istilah baru bab ini hanya dua, dan keduanya hanya penyatuan yang sudah Anda kenal:

- **Alur kerja** (workflow): urutan langkah dari data mentah sampai hasil.
- **Pemeriksaan silang**: membandingkan hasil dengan sumber lain untuk memastikan benar.

Ilustrasi 7.1: Alur proyek mini

Alur proyek mini: dari berkas mentah ke ringkasan per KPH



Bab 2 - Bab 3 - Bab 4 - Bab 6 - Bab 5: hasil tiap langkah menjadi bahan langkah berikutnya

Skema; bukan tangkapan layar

Alur kerjanya

Langkah	Bab	Masukan	Keluaran
1. Tumpuk band	2	Citra_B02, B03, B04, B08	Citra_4band.tif
2. Periksa komposit	2	Citra_4band	Warna asli dan warna palsu
3. Turunkan DEM	3	DEM_KPH.tif	Lereng_derajat.tif
4. Hitung NDVI	6	Citra_4band	NDVI.tif
5. Reklasifikasi	5 dan 6	Lereng_derajat, NDVI	Lereng_kelas.tif, NDVI_kelas.tif
6. Ringkas per KPH	4 dan 6	Raster kelas dan Batas_KPH	Tabel laporan

Hasil yang diharapkan

Tabel ini dihitung dari data sintetis dan diuji di QGIS 4.0.2 (Skrrip 7.1). **Bukan kondisi lapangan nyata.**

KPH	Luas (ha)	NDVI rata-rata	Lereng curam (ha)	Vegetasi rapat (ha)
Alpha	4,00	0,814	0,00	3,75
Beta	4,00	0,614	0,00	2,00
Gamma	8,00	0,755	0,43	7,06

Bacaan untuk Kepala Seksi:

- **Alpha** paling hijau (0,814). Sebagian kecil (0,25 ha) berupa bukaan lahan.
- **Beta** paling rendah (0,614) karena separuhnya sawah atau tanaman muda. Itu wajar, bukan tanda rusak.
- **Gamma** memuat seluruh lereng curam (0,43 ha, dari 15 derajat ke atas). Jalan angkut sebaiknya menghindari bukit di bagian barat laut.

BAGIAN A | QGIS

Bagian A: Mengerjakan proyek di QGIS

1. **Siapkan proyek.** Buat proyek baru, atur CRS ke EPSG:32749, dan simpan sebagai `Proyek_B3.qgz` di folder kerja. Tambahkan `Batas_KPH.gpkg`.
2. **Tumpuk band.** Ikuti Bab 2, Langkah 1. Hasil: `Citra_4band.tif` dengan empat band.
3. **Periksa komposit.** Atur warna asli (3-2-1) dan warna palsu (4-3-2). Pastikan dua bukaan lahan terlihat.
4. **Turunkan DEM.** Ikuti Bab 3. Hasil: `Lereng_derajat.tif` (nilai 0,01 sampai 21,89).
5. **Hitung NDVI.** Ikuti Bab 6. Hasil: `NDVI.tif` (nilai -0,328 sampai 0,903).
6. **Reklasifikasi.** Reklasifikasikan lereng (3 kelas, Bab 5) dan NDVI (4 kelas, Bab 6).
7. **Ringkas per KPH.** Pakai **Zonal statistics** untuk NDVI rata-rata (Bab 6). Untuk luas kelas, saring `Batas_KPH` per KPH (**Filter...**), potong raster kelas (Bab 4), lalu hitung piksel dengan **Raster layer unique values report** (Bab 5).
8. **Simpan proyek (Project ► Save).** Tulis angka akhir di tabel pada halaman Anda.

Seluruh langkah 7 sudah dirangkum di `skrip/b3_07_proyek.py`:

PYTHON

```
import processing
from qgis.core import QgsVectorLayer

DATA = r"D:/data/paket-b3"
OUT = r"C:/kerja_b3"
BATAS = DATA + "/Batas_KPH.gpkg|layername=Batas_KPH"

def luas_kelas(raster, mask, kelas):
    """Luas (ha) piksel bernilai 'kelas' di dalam mask."""
    pot = processing.run("gdal:cliprasterbymasklayer", {
        "INPUT": raster, "MASK": mask, "NODATA": 255, "CROP_TO_CUTLINE": True,
        "KEEP_RESOLUTION": True, "OUTPUT": "TEMPORARY_OUTPUT"})
    u = processing.run("native:rasterlayeruniquevaluesreport", {
        "INPUT": pot["OUTPUT"], "BAND": 1, "OUTPUT_TABLE": "TEMPORARY_OUTPUT"})
    for f in u["OUTPUT_TABLE"].getFeatures():
        if int(f["value"]) == kelas:
            return f["count"] * 4 / 10000
    return 0.0

print("KPH | luas (ha) | NDVI rata-rata | curam (ha) | vegetasi rapat (ha)")
for nama in ("KPH Alpha", "KPH Beta", "KPH Gamma"):
    lyr = QgsVectorLayer(BATAS, "batas", "ogr")
    lyr.setSubsetString("\NAMA_KPH\" = '%s'" % nama)
    luas = sum(f.geometry().area() for f in lyr.getFeatures()) / 10000
    z = processing.run("native:zonalstatisticsfb", {
        "INPUT": lyr, "INPUT_RASTER": OUT + "/NDVI.tif", "RASTER_BAND": 1,
        "COLUMN_PREFIX": "n_", "STATISTICS": [2], "OUTPUT": "TEMPORARY_OUTPUT"})
    ndvi = [f["n_mean"] for f in z["OUTPUT"].getFeatures()][0]
    curam = luas_kelas(OUT + "/Lereng_kelas.tif", lyr, 3)
    rapat = luas_kelas(OUT + "/NDVI_kelas.tif", lyr, 4)
    print(nama, "|", round(luas, 2), "|", round(ndvi, 3), "|", round(curam, 2), "|", round(rapat, 2))
```

Keluaran yang diuji di QGIS 4.0.2:

TEKS

KPH	luas (ha)	NDVI rata-rata	curam (ha)	vegetasi rapat (ha)
KPH Alpha	4.0	0.814	0.0	3.75
KPH Beta	4.0	0.614	0.0	2.0
KPH Gamma	8.0	0.755	0.43	7.06

Pemeriksaan silang dengan kunci jawaban

Tutupan_Acuan.tif adalah kunci jawaban jenis tutupan yang dipakai pembuat data (1 hutan, 2 kebun, 3 sawah atau tanaman muda, 4 lahan terbuka, 5 air). Sekarang boleh dibuka.

1. Potong Tutupan_Acuan dengan tiap KPH, lalu hitung piksel kode 1 dan 2 dengan **Raster layer unique values report**.
2. Bandingkan luas hutan dan kebun (kode 1 dan 2) dengan luas vegetasi rapat dari NDVI. Hasil uji: Alpha 3,75 ha dan 3,75 ha, Beta 2,00 ha dan 2,00 ha, Gamma 7,06 ha dan 7,06 ha.
3. Secara keseluruhan, 39.991 dari 40.000 piksel (99,98 persen) jatuh pada kelas NDVI yang sesuai dengan tutupan aslinya. Sembilan piksel selisih adalah akibat derau acak pada data sintetis.

Pada data nyata, tidak ada kunci jawaban semacam ini. Anda harus mencocokkan hasil dengan pengamatan lapangan atau citra resolusi tinggi. Itu topik seri berikutnya.

BAGIAN B | ArcGIS Pro**Bagian B: ArcGIS Pro**

Alurnya sama, memakai alat yang sudah disebut:

1. **Composite Bands** untuk menumpuk band (Bab 2).
2. **Slope** dan **Hillshade** untuk DEM (Bab 3).
3. **Raster Calculator** dengan **Float** atau fungsi raster **NDVI** (Bab 6). [CEK]
4. **Reclassify** untuk lereng dan NDVI (Bab 5).
5. **Extract by Mask** dan **Zonal Statistics as Table** untuk ringkasan per KPH (Bab 4 dan 6). [CEK]

Semua alat Spatial Analyst memerlukan ekstensinya. Susun langkah ini dalam ModelBuilder bila akan diulang. [CEK]

BAGIAN C | ArcMap 10.8**Bagian C: ArcMap 10.8**

Alurnya sama dengan Pro, dengan alat **Composite Bands**, **Slope**, **Raster Calculator**, **Reclassify**, **Extract by Mask**, dan **Zonal Statistics as Table** (Spatial Analyst). [CEK] Gunakan **Float** dalam rumus NDVI.

Cek paham

1. Mengapa raster kelas (lereng dan NDVI) dibuat dari raster asli, bukan sebaliknya?

2. Apa gunanya pemeriksaan silang?
3. Mengapa NDVI rata-rata Beta rendah padahal bukan kerusakan?

Jawaban:

1. Reklasifikasi menghilangkan detail dan tidak bisa dikembalikan. Raster asli harus tetap tersimpan.
2. Memastikan hasil sesuai sumber lain sebelum dilaporkan, sehingga kesalahan hitung ketahuan lebih awal.
3. Separuh Beta adalah sawah atau tanaman muda yang memang punya NDVI lebih rendah dari hutan.

Kesalahan umum

- **Melompat langkah tanpa memeriksa angka.** Satu kesalahan di awal (misalnya urutan band) merambat ke semua hasil. Cek min dan maks setiap tahap.
- **Nama berkas tidak konsisten.** Gunakan nama yang menjelaskan isi, seperti `Lereng_kelas.tif`. Simpan semua hasil di satu folder.
- **Melaporkan angka tanpa menyebut sumber data.** Selalu tulis sumber, tanggal, ukuran piksel, dan aturan kelas di bawah tabel laporan.

Ceklis kesiapan menuju seri berikutnya

Tandai bila Anda sudah bisa:

- ☐ Menyebut ukuran piksel, jumlah band, tipe data, dan CRS sebuah raster.
- ☐ Membuat komposit warna asli dan warna palsu.
- ☐ Membuat hillshade, lereng, dan kontur dari DEM.
- ☐ Memotong raster dengan poligon dan mengecek luasnya.
- ☐ Mereklasifikasi dan menghitung luas tiap kelas.
- ☐ Menghitung NDVI dan memeriksa bahwa nilainya antara -1 dan 1.
- ☐ Merangkum nilai raster per poligon.

Seri B4 (Kartografi dan Layout Peta) akan mengubah hasil-hasil ini menjadi peta yang rapi dan siap dicetak.

Ringkasan dan latihan

Ringkasan: Analisis raster adalah rantai langkah. Simpan raster asli, beri nama hasil dengan jelas, periksa angka tiap tahap, dan cocokkan hasil akhir dengan sumber lain.

Latihan:

1. Ulangi seluruh alur dengan folder baru dan proyek baru, tanpa melihat bab. Catat bagian yang membuat Anda berhenti.
2. Ganti batas kelas NDVI "rapat" dari 0,6 menjadi 0,8. Berapa luas vegetasi rapat sekarang? Pikirkan: kebun (NDVI sekitar 0,71) masuk kelas mana? Jawaban: kebun turun ke kelas "jarang", sehingga luas vegetasi rapat hampir hanya hutan (sekitar 10,8 ha).

Tabel perbandingan: alur kerja raster

Hal	QGIS	ArcGIS Pro	ArcMap 10.8
Tumpuk band	Merge (band terpisah)	Composite Bands	Composite Bands
Turunan DEM	Slope, Hillshade, Contour	Slope, Hillshade, Contour	Slope, Hillshade, Contour [CEK]
NDVI	Raster Calculator	Raster Calculator atau fungsi NDVI [CEK]	Raster Calculator [CEK]
Reklasifikasi	Reclassify by table	Reclassify	Reclassify
Potong	Clip Raster by Mask Layer	Extract by Mask	Extract by Mask
Ringkasan per poligon	Zonal statistics	Zonal Statistics as Table [CEK]	Zonal Statistics as Table [CEK]
Rangkai otomatis	Skrip Python, Graphical Modeler	ModelBuilder [CEK]	ModelBuilder [CEK]

Lanjut belajar

Seri berikutnya adalah **B4: Kartografi dan Layout Peta**. Pindai kode QR ini untuk membuka halaman seri tersebut dan unduhannya.



Glosarium

Glosarium ini memuat istilah teknis yang dipakai di buku ini, disusun menurut abjad. Bila Anda menemukan istilah yang belum jelas, cari di sini, lalu buka bab yang disebut di akhir tiap entri. **Alur kerja** (workflow): urutan langkah dari data mentah sampai hasil akhir. Hasil satu langkah menjadi bahan langkah berikutnya. *Bab 7.*

Arah lereng (aspect): arah yang dihadapi sebuah lereng, bernilai 0 sampai 360 derajat. Nilai 0 dan 360 sama-sama menghadap utara. *Bab 3.*

Aturan batas (range boundaries): keputusan apakah nilai yang tepat di batas kelas masuk kelas bawah atau kelas atas. Salah memilih aturan membuat nilai di batas masuk kelas yang keliru. *Bab 5.*

Band: satu lapis angka dalam raster. Foto berwarna punya tiga band. *Bab 1.*

Byte: tipe data bilangan bulat 0 sampai 255. Cocok untuk kode kelas yang kecil. *Bab 5.*

Cell (sel): sebutan ArcGIS untuk piksel. Ukuran piksel disebut *cell size*. *Bab 1.*

Clip (potong): menggunting raster dengan poligon atau dengan kotak. *Bab 4.*

CRS (coordinate reference system): sistem koordinat yang dipakai data. Periksa CRS sebelum menghitung luas atau lereng. *Bab 1.*

Cumulative count cut: mode batas nilai pada pengaturan kontras QGIS. Mode ini membuang sebagian kecil piksel terendah dan tertinggi. *Bab 2.*

Cutline: garis tepi poligon yang dipakai menggunting raster. Ini istilah di GDAL. *Bab 4.*

Data sintetis: data buatan penulis untuk latihan. Hasil analisisnya bukan kondisi lapangan sebenarnya. *Pendahuluan.*

DEM (Digital Elevation Model): raster yang tiap pikselnya menyimpan ketinggian permukaan tanah, umumnya dalam meter. *Bab 3.*

Derajat dan persen (degree and percent): dua cara menyatakan kemiringan lereng. Lereng 45 derajat sama dengan 100 persen. *Bab 3.*

DSM (Digital Surface Model): model yang mencatat tinggi permukaan paling atas, termasuk kanopi pohon dan atap. *Bab 3.*

DTM (Digital Terrain Model): model yang mencatat tinggi tanah gundul. *Bab 3.*

Ekstensi Spatial Analyst (Spatial Analyst extension): lisensi tambahan di ArcGIS untuk alat analisis raster. Di QGIS alat sejenis gratis. *Pendahuluan, 3.*

EPSG:32749: kode CRS untuk WGS 84 / UTM zona 49S. Semua data paket B3 memakai kode ini. *Pendahuluan.*

Extent: kotak terkecil yang membungkus sebuah data. *Bab 4.*

Filter (saring): pengaturan layer QGIS untuk menampilkan hanya fitur yang cocok dengan sebuah kueri, misalnya satu KPH. *Bab 4.*

Float (fungsi ArcGIS): fungsi yang mengubah bilangan bulat menjadi pecahan sebelum dihitung. Fungsi ini mencegah pembagian bilangan bulat. *Bab 6.*

Float32: tipe data bilangan pecahan. Cocok untuk ketinggian dan indeks. *Bab 1.*

Hillshade: gambar bayangan yang memperlihatkan bentuk bukit seakan disinari dari satu arah. Hillshade hanya bantuan visual, bukan data analisis. *Bab 3.*

Histogram: grafik sebaran nilai band. Grafik ini membantu mengatur peregangan kontras. *Bab 2.*

Identify Features (identifikasi): alat QGIS untuk menampilkan nilai piksel di titik yang diklik. *Bab 1.*

Indeks vegetasi (vegetation index): angka hasil rumus beberapa band untuk menonjolkan vegetasi. *Bab 6.*

Inframerah dekat (near-infrared, NIR): band cahaya yang tidak terlihat mata. Daun sehat memantulkan banyak cahaya ini. Di paket B3 ini band 4 (B08). *Bab 2, 6.*

Kelas: kode baru hasil reklasifikasi, biasanya bilangan bulat kecil seperti 1, 2, dan 3. *Bab 5.*

Kemiringan lereng (slope): seberapa curam permukaan, dalam derajat atau persen. Nilainya dihitung dari selisih tinggi antar-piksel bertetangga. *Bab 3.*

Komposit warna (RGB composite): gambar berwarna dari tiga band yang disalurkan ke merah, hijau, dan biru. *Bab 2.*

Komposit warna asli (true color): komposit dengan band merah ke lampu merah, hijau ke hijau, dan biru ke biru. Resepnya 3-2-1. *Bab 2.*

Komposit warna palsu (false color): komposit yang memakai band lain, misalnya inframerah dekat ke lampu merah. Resepnya 4-3-2, dan vegetasi tampak merah terang. *Bab 2.*

Kontur (contour): garis yang menghubungkan titik berketinggian sama. Garis rapat berarti lereng curam. *Bab 3.*

KPH (kesatuan pengelolaan hutan): wilayah kelola hutan. Di buku ini "KPH Contoh" adalah kantor fiktif dengan tiga area: Alpha, Beta, dan Gamma. *Pendahuluan.*

Luas kelas: jumlah piksel suatu kelas dikali luas satu piksel. *Bab 5.*

Mask (masker): poligon yang menentukan bagian raster mana yang dipertahankan saat memotong. *Bab 4.*

Merge: alat QGIS yang, bila opsi band terpisah dicentang, menumpuk beberapa raster menjadi satu raster multiband. *Bab 2.*

ModelBuilder: fitur ArcGIS untuk merangkai beberapa alat menjadi satu alur yang bisa diulang. *Bab 7.*

Multiband (raster multiband): satu berkas raster dengan beberapa band, hasil penumpukan (stack). *Bab 2.*

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): indeks vegetasi yang paling umum. Rumusnya $(\text{NIR} - \text{Merah}) / (\text{NIR} + \text{Merah})$, dan hasilnya berkisar -1 sampai 1. *Bab 6.*

NoData: penanda piksel tanpa nilai. NoData berbeda dari nol, karena nol adalah angka yang sah. *Bab 1, 4.*

Pantulan (reflectance): bagian cahaya yang dipantulkan permukaan. *Bab 6.*

Pembagian bilangan bulat (integer division): pembagian dua bilangan bulat yang hasilnya dibulatkan menjadi bilangan bulat, misalnya 3 dibagi 2 menjadi 1. *Bab 6.*

Pembungkusan nilai (wrap-around): selisih negatif pada bilangan tanpa tanda yang berubah menjadi angka sangat besar. Akibatnya NDVI bisa melebihi 1. *Bab 6.*

Pemeriksaan silang (cross-check): membandingkan hasil dengan sumber lain untuk memastikan benar. *Bab 7.*

Peregangan kontras (contrast stretch): pengaturan rentang angka yang ditampilkan dari gelap sampai terang. Peregangan hanya mengubah tampilan, bukan angka. *Bab 2.*

Piksel (pixel): kotak terkecil dalam raster; tiap kotak menyimpan satu angka. *Bab 1.*

Piramida (pyramids): salinan raster beresolusi rendah supaya citra besar tampil cepat. *Bab 1.*

Processing Toolbox: panel QGIS yang memuat alat pengolahan data, seperti Hillshade, Slope, dan Reclassify by table. *Bab 3.*

Python Console: jendela QGIS tempat Anda menjalankan skrip Python. *Bab 1.*

Raster: data berupa kertas berpetak. Tiap petak (piksel) menyimpan satu angka. *Bab 1.*

Raster calculator (kalkulator raster): alat hitung antar-raster, piksel demi piksel. *Bab 6.*

Reklasifikasi (reclassify): mengganti nilai raster berdasarkan tabel aturan. Proses ini satu arah, jadi simpan raster asli. *Bab 5.*

Rentang (range): batas bawah dan batas atas nilai lama dalam tabel reklasifikasi. *Bab 5.*

Resolusi (resolution): sisi piksel di lapangan. Di paket B3, 2 m berarti satu piksel mewakili 2 m x 2 m. *Bab 1.*

Sentinel-2: satelit yang penamaan bandnya (B02, B03, B04, B08) dipinjam oleh paket data B3. Isi data B3 sendiri sintetis. *Pendahuluan.*

Singleband pseudocolor: mode tampilan QGIS yang memberi warna pada satu band menurut deretan warna. *Bab 3.*

Statistik zonal (zonal statistics): ringkasan nilai raster, misalnya rata-rata, di dalam tiap poligon. *Bab 6.*

Tipe data (data type): jenis angka yang disimpan raster, misalnya bilangan bulat atau pecahan. Tipe data menentukan apakah hasil hitungan bisa berkoma. *Bab 1.*

UInt16: tipe data bilangan bulat tanpa tanda minus dari 0 sampai 65.535. *Bab 1.*

UTM (Universal Transverse Mercator): sistem koordinat berunit meter. Cocok untuk menghitung luas dan lereng. *Pendahuluan, 3.*

VRT (virtual raster): berkas penunjuk kecil yang tidak menyalin data. Berkas ini dibuat oleh Build virtual raster. *Bab 2.*

Z factor: pengali yang menyamakan satuan tinggi dengan satuan mendatar saat menghitung lereng. Pada DEM berkoordinat meter dengan tinggi dalam meter, nilainya 1. *Bab 3.*

Daftar Pustaka

Daftar ini memuat sumber yang dipakai menyusun buku ini. Semua tautan dibuka dan dicek pada 7 Oktober 2026. Tahun terbit tidak tertulis pada halaman dokumentasi, jadi ditulis (t.t.).

Dokumentasi resmi

- Esri. (t.t.). *Composite Bands (Data Management)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/data-management/composite-bands.html>.
- Esri. (t.t.). *Composite Bands (Data Management)*. Dokumentasi ArcMap. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/data-management-toolbox/composite-bands.htm>.
- Esri. (t.t.). *Contour (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/contour.html>.
- Esri. (t.t.). *Divide (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/divide.html>.
- Esri. (t.t.). *Extract by Mask (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/extract-by-mask.html>.
- Esri. (t.t.). *Extract by Mask (Spatial Analyst)*. Dokumentasi ArcMap. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/extract-by-mask.htm>.
- Esri. (t.t.). *Hillshade (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/hillshade.html>.
- Esri. (t.t.). *NDVI function*. Dokumentasi ArcGIS Pro, fungsi raster. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/help/analysis/raster-functions/ndvi-function.html>.
- Esri. (t.t.). *Raster Calculator (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/raster-calculator.html>.
- Esri. (t.t.). *Raster Calculator (Spatial Analyst)*. Dokumentasi ArcMap. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>.
- Esri. (t.t.). *Reclassify (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/reclassify.html>.
- Esri. (t.t.). *Reclassify (Spatial Analyst)*. Dokumentasi ArcMap. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/reclassify.htm>.
- Esri. (t.t.). *Slope (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/slope.html>.
- Esri. (t.t.). *Slope (Spatial Analyst)*. Dokumentasi ArcMap. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/slope.htm>.
- Esri. (t.t.). *Zonal Statistics as Table (Spatial Analyst Tools)*. Dokumentasi ArcGIS Pro. <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-analyst/zonal-statistics-as-table.html>.
- QGIS Project. (t.t.). 13.2. *Raster Analysis*. QGIS Documentation, versi 3.44. https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/working_with_raster/raster_analysis.html.

- QGIS Project. (t.t.). 24.1.18. *Raster analysis*. QGIS Documentation, versi 3.44.
https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/rasteranalysis.html.
- QGIS Project. (t.t.). 24.1.20. *Raster terrain analysis*. QGIS Documentation, versi 3.44.
https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/rasterterrainanalysis.html.
- QGIS Project. (t.t.). 24.2.3. *Raster extraction*. QGIS Documentation, versi 3.44.
https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/processing_algs/gdal/rasterextraction.html.
- QGIS Project. (t.t.). *Raster miscellaneous*. QGIS Documentation, versi 3.44.
https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/processing_algs/gdal/rastermiscellaneous.html.

Aplikasi Live Penulis

Berikut aplikasi web milik penulis yang bisa Anda buka langsung. Daftar ini dicek pada 7 Oktober 2026. Sumbernya bagian Aplikasi Live di <https://badarmubarok.id/#aplikasi-live>.

No.	Aplikasi	Tautan
1	SIM RHL — Sistem Informasi Manajemen Rehabilitasi Hutan dan Lahan (Fakultas Kehutanan UGM), Versi PC	https://simrhl.badarmubarok.id
2	SIM RHL, Versi HP	https://m.simrhl.badarmubarok.id
3	ScienceThink — RAD Tool (Rapid Application Development)	https://sciencethink.badarmubarok.id
4	Peta Landsystem Indonesia — peta landsystem dan peta tematik lainnya	https://landsystem.badarmubarok.id
5	Analisis Kebutuhan Unsur Hara — aplikasi Web GIS analisis unsur hara	https://unsurhara.badarmubarok.id
6	Analisa Karbon — Web GIS estimasi cadangan karbon dari citra satelit	https://karbon.badarmubarok.id
7	Aplikasi Deforestasi — deteksi perubahan tutupan hutan (2001–2025)	https://deforestasi.badarmubarok.id
8	Deteksi Area Terbakar — pemetaan tingkat keparahan area terbakar (NBR/dNBR)	https://kebakaran.badarmubarok.id
9	Mata Elang — platform deteksi konservasi berbasis AI	https://mataelang.badarmubarok.id
10	SIM Konflik — Sistem Informasi Manajemen Konflik	https://simkonflik.badarmubarok.id
11	Seri Buku GIS Kehutanan dan Pertanian — 12 buku praktik GIS (dalam bahasa Indonesia)	https://badarmubarok.id/buku-gis/

RASTER DAN CITRA DASAR

Membaca piksel, band, warna, ketinggian, dan kesehatan tanaman dari citra (kehutanan dan pertanian).

Yang akan Anda pelajari

- 1** Raster Itu Kotak-Kotak Berangka: Membaca Isi Sebuah Citra
- 2** Band dan Komposit Warna: Melihat Hutan dengan Mata Satelit
- 3** DEM: Bumi dalam Angka: Hillshade, Lereng, dan Kontur
- 4** Memotong Raster: Fokus pada Area Kerja
- 5** Reklasifikasi Sederhana: Dari Ribuan Angka ke Beberapa Kelas
- 6** NDVI: Mengukur Kehijauan Tanaman dengan Satu Rumus
- 7** Proyek Mini: Laporan Singkat Kondisi KPH Contoh



**Pindai untuk membuka
seluruh seri buku GIS**

Buku PDF, paket data, dan skrip
<https://badarmubarok.id/buku-gis/>