

Tutorial Pemetaan Mangrove Berbasis Citra Sentinel2A Menggunakan R Studio

Defani Arman Alfitriansyah

9 September 2025

A. Kajian Pustaka

1. Mangrove Vegetation Index (MVI)

Indeks Vegetasi Mangrove (MVI) merupakan sebuah indeks spektral yang secara spesifik dikembangkan untuk meningkatkan keakuratan dalam pemetaan mangrove. Indeks ini bekerja dengan memanfaatkan sifat pantulan cahaya (reflektansi) yang khas dari vegetasi mangrove, khususnya pada spektrum hijau, inframerah dekat (NIR), dan inframerah gelombang pendek (SWIR). Menurut Baloloy et al. (2020), MVI dirancang untuk menjawab kekurangan indeks vegetasi lain seperti NDVI, yang seringkali kesulitan membedakan mangrove dari vegetasi darat lainnya karena karakteristik unik mangrove terkait kelembapan dan kerapatan tajuknya.

Dalam tutorial ini, kita akan menggunakan Mangrove Vegetation Index (MVI) untuk tujuan utama memetakan distribusi spasial mangrove, bukan untuk mengestimasi biomassa. Keunggulan MVI adalah kemampuannya yang dirancang khusus untuk mendeteksi vegetasi mangrove dengan cara memanfaatkan kontras antara pantulan spektral yang tinggi pada kanal inframerah gelombang pendek (SWIR) dan inframerah dekat (NIR) dengan pantulan yang rendah pada kanal hijau (*Green*).

Menurut Baloloy et al. (2020), formula untuk menghitung MVI adalah:

$$MVI = \frac{NIR - Green}{SWIR - Green}$$

Untuk citra Sentinel-2A, band yang akan kita gunakan dalam perhitungan tersebut adalah:

- SWIR: Band 11 (1610 nm)
- Green: Band 3 (560 nm)
- NIR: Band 8 (842 nm)

Perhitungan MVI akan diterapkan pada setiap piksel di seluruh area citra. Nantinya, hasil dari indeks ini akan menjadi dasar untuk klasifikasi berbasis ambang batas (*threshold classification*) guna mengidentifikasi area mana yang merupakan mangrove. Peta mangrove yang dihasilkan dari proses ini kemudian akan kita gunakan sebagai batas area analisis (*mask*) untuk tahapan selanjutnya, seperti estimasi karbon dengan indeks vegetasi lain.

2. Klasifikasi Threshold

Menurut Gonzalez and Woods (2018), Metode *global thresholding* merupakan teknik fundamental dalam segmentasi citra yang bertujuan untuk memisahkan objek dari latar belakang. Proses ini dimulai dengan mendefinisikan sebuah nilai ambang batas skalar tunggal, T . Selanjutnya, setiap piksel dalam citra masukan berskala keabuan, $f(x,y)$, dievaluasi berdasarkan predikat biner. Secara spesifik, nilai intensitas piksel pada setiap koordinat (x,y) diuji: jika $f(x,y) > T$, piksel tersebut diklasifikasikan sebagai bagian dari objek dan nilai intensitas pada citra keluaran, $g(x,y)$, diatur menjadi nilai maksimum (misalnya, 255 atau 1). Namun, jika kondisi tersebut tidak terpenuhi ($f(x,y) \leq T$), piksel tersebut ditetapkan sebagai latar belakang dengan mengatur nilai $g(x,y)$ menjadi 0. Nilai threshold yang digunakan tidak ditentukan secara manual, melainkan mengacu langsung pada hasil penelitian Baloloy et al. (2020). Berdasarkan tabel penelitian tersebut untuk kawasan Asia Tenggara, piksel dengan nilai MVI 3.5 diklasifikasikan sebagai mangrove.

Secara matematis, proses klasifikasi biner ini (menurut Gonzalez dan Wood, 2018) dapat direpresentasikan dengan rumus berikut :

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(x,y) \geq T \\ 0 & \text{if } I(x,y) < T \end{cases}$$

Nilai Threshold MVI Mangrove Asia Baloloy et al. (2020)

Region	Mangrove Site	Mangrove Type	MVI Threshold
Southeast Asia	Philippines (countrywide mean threshold)	Fringe	3.5
	Can Gio Mangrove Forest, Vietnam	Delta	3.5
	West Kalimantan, Indonesia	Delta	3.5
	Prey Nob, Cambodia	Fringe	3
	Mueang Trat District, Trat, Thailand	Fringe/Estuary	3
South America	Baia do Arraial, Amazon Coast, Brazil	Delta	3
Africa	Mabokweni, Tanzania	Estuary	3
Australia	Prince Regent National Park, Western Australia	Estuary	3

Jika diaplikasikan pada indeks MVI (*Mangrove Vegetation Index*) dengan nilai *threshold* pada lokasi penelitian sebesar 3.5 maka pengaplikasian rumus threshold sebagai berikut :

$$Mangrove = \begin{cases} 1 & \text{jika } I(MVI) \geq 3.5 \\ 0 & \text{jika } I(MVI) < 3.5 \end{cases}$$

3. Paket Terra

Paket R ‘**terra**’ versi **1.8-60**, yang dipublikasikan pada 21 Juli 2025, adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang untuk analisis data spasial. Dikelola dan dikembangkan oleh Hijmans et al. (n.d.) bersama dengan beberapa kontributor lainnya, paket ini menyediakan berbagai metode untuk mengolah data vektor (seperti titik, garis, dan poligon) dan data raster (grid). Fungsionalitasnya mencakup operasi geometris seperti *intersect* dan *buffer*, serta berbagai operasi raster termasuk lokal, fokal, global, dan zonal. Selain itu, ‘terra’ mendukung penggunaan model regresi untuk prediksi spasial, mampu memproses file berukuran sangat besar, dan dirancang untuk menggantikan paket ‘raster’ dengan performa yang lebih cepat serta penggunaan yang lebih mudah. Paket ini memerlukan R versi 3.5.0 atau yang lebih baru, memiliki lisensi GPL (≥ 3), dan membutuhkan beberapa perangkat lunak sistem seperti C++17, GDAL, GEOS, dan PROJ untuk dapat berfungsi. Pengguna dapat menemukan informasi lebih lanjut di situs web rspatial.org atau melaporkan masalah melalui halaman GitHub proyek.

B. Tahapan Analisis

1. Instalasi Terra

Langkah pertama dalam analisis data spasial di R adalah memastikan paket yang dibutuhkan sudah terpasang. Pada tutorial ini, kita menggunakan paket terra yang merupakan paket terbaru dan lebih cepat dibandingkan raster. Paket ini mendukung pengolahan data raster dan vektor, serta sangat cocok untuk analisis citra satelit seperti pemetaan mangrove menggunakan MVI. Perintah `install.packages("terra")` digunakan untuk memasang paket dari CRAN, sedangkan `library(terra)` berfungsi memanggil paket agar siap digunakan pada sesi analisis. Instalasi terra dapat dilakukan dengan menulis kode sebagai berikut:

```
“{if(!require(terra)) install.packages(“terra”)} library(terra)
```

```
### **2. Menyiapkan data**
```

Setelah paket terra berhasil diinstal dan dimuat menggunakan sintaks `library(terra)`, tahap berikutnya

Selain mempersiapkan band untuk perhitungan indeks, visualisasi citra juga dapat dilakukan dengan membua SWIR-Green, vegetasi mangrove biasanya tampak dengan warna oranye hingga coklat, sehingga memudahkan id

```
``` r
Pemanggilan data
library(terra)
```

```
terra 1.8.42
```

```
NIR <- rast("D:/TUTORIAL R/MVI/NIR.tif")
Green <- rast("D:/TUTORIAL R/MVI/GREEN.tif")
SWIR <- rast("D:/TUTORIAL R/MVI/SWIR.tif")
```

```
Cek informasi raster
NIR
```

```
class : SpatRaster
dimensions : 5227, 3364, 1 (nrow, ncol, nlyr)
resolution : 8.983153e-05, 8.983153e-05 (x, y)
extent : 97.86669, 98.16888, 4.424832, 4.894381 (xmin, xmax, ymin, ymax)
coord. ref. : lon/lat WGS 84 (EPSG:4326)
source : NIR.tif
name : B8
```

```
Green
```

```
class : SpatRaster
dimensions : 5227, 3364, 1 (nrow, ncol, nlyr)
resolution : 8.983153e-05, 8.983153e-05 (x, y)
extent : 97.86669, 98.16888, 4.424832, 4.894381 (xmin, xmax, ymin, ymax)
coord. ref. : lon/lat WGS 84 (EPSG:4326)
source : GREEN.tif
name : B3
```

SWIR

```
class : SpatRaster
dimensions : 5227, 3364, 1 (nrow, ncol, nlyr)
resolution : 8.983153e-05, 8.983153e-05 (x, y)
extent : 97.86669, 98.16888, 4.424832, 4.894381 (xmin, xmax, ymin, ymax)
coord. ref. : lon/lat WGS 84 (EPSG:4326)
source : SWIR.tif
name : B11
```

```
Komposit false color (NIR, SWIR, Green)
plotRGB(c(NIR, SWIR, Green),
 r = 1, g = 2, b = 3,
 stretch = "lin")
```



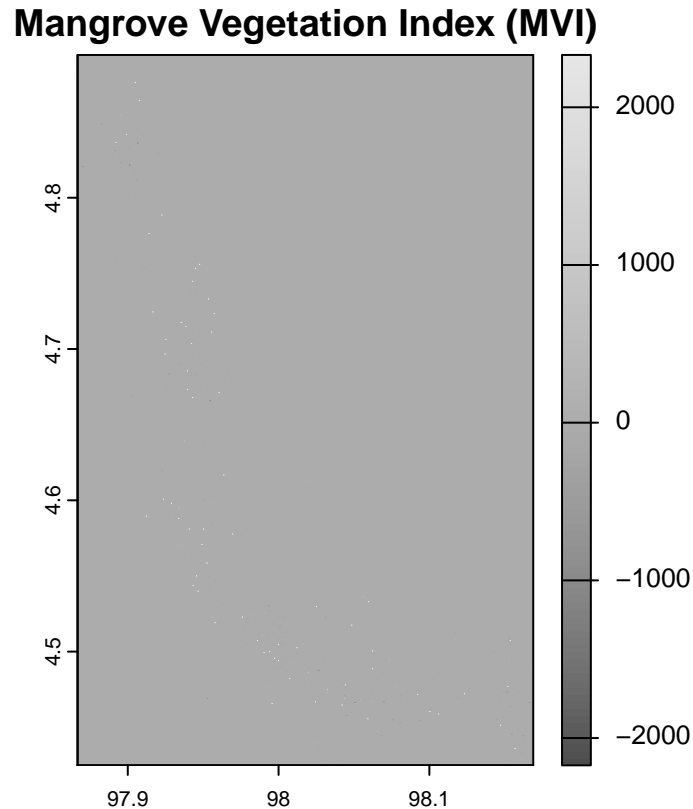
### 3. Kalkulasi Indeks MVI

Setelah ketiga band utama berhasil dipanggil, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan Mangrove Vegetation Index (MVI). Indeks ini dihitung menggunakan kombinasi tiga band Sentinel-2, yaitu Band 8 (NIR), Band 3 (Green), dan Band 11 (SWIR). Rumus MVI dalam kode R ditulis sebagai berikut :

```
#Rumus MVI
MVI <- (NIR - Green) / (SWIR - Green)
```

```
Plot hasil MVI
```

```
plot(MVI, col = gray.colors(100), main = "Mangrove Vegetation Index (MVI)")
```



Dalam penulisan sintaks R, operasi pengurangan direpresentasikan dengan simbol  $-$ , sedangkan pembagian dituliskan dengan simbol  $/$ . Tanda kurung  $()$  digunakan untuk memastikan bahwa pengurangan antara NIR - Green dan SWIR - Green dihitung terlebih dahulu sebelum dilakukan operasi pembagian. Tanpa tanda kurung, R akan membaca operasi sesuai aturan prioritas aritmatika yang bisa menghasilkan hasil berbeda dari rumus yang dimaksud. Oleh karena itu, penggunaan tanda kurung sangat penting untuk menjaga keakuratan perhitungan. Hasil kalkulasi kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta raster menggunakan fungsi `plot()`.

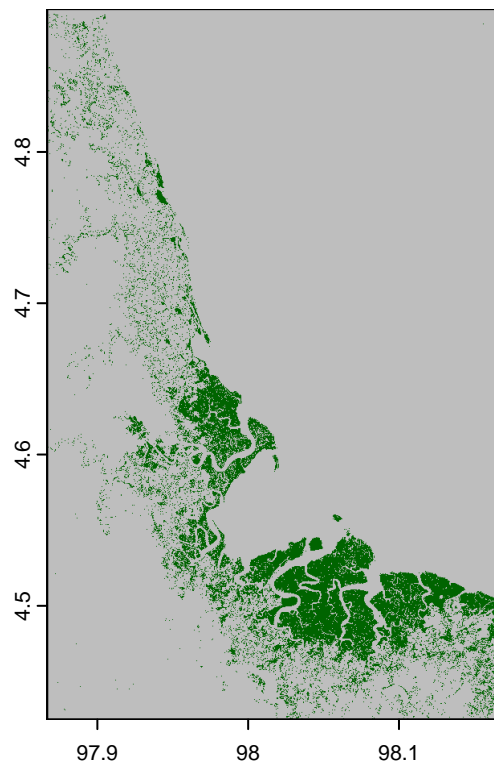
#### 4. Thresholding

Seperti yang sudah ditampilkan pada hasil perhitungan, peta indeks MVI divisualisasikan dalam warna abu-abu sehingga yang tampak hanyalah distribusi nilai piksel dari hasil perhitungan. Namun, untuk mendapatkan informasi mengenai area mangrove secara lebih spesifik, diperlukan proses ekstraksi dengan menerapkan nilai ambang batas (*threshold*). Berdasarkan tabel nilai ambang yang digunakan oleh Baloloy et al. (2020), mangrove dapat diidentifikasi dengan nilai MVI lebih besar dari 3.5. Oleh karena itu, piksel dengan nilai MVI  $\geq 3.5$  akan diklasifikasikan sebagai mangrove, sedangkan nilai di bawahnya dianggap bukan mangrove. Tahapan ini memungkinkan pemisahan area mangrove dari non-mangrove secara lebih tegas. Proses thresholding dapat dilakukan dengan menulis kode berikut:

## 5. Ekstraksi Piksel Mangrove

```
Terapkan threshold MVI berdasarkan Baloloy et al. (2020)
Piksel dengan nilai >= 3.5 dianggap mangrove
Mangrove <- MVI >= 3.5

Plot hasil klasifikasi threshold
plot(Mangrove,
 col = c("grey", "darkgreen"),
 legend = FALSE)
```



```
Keterangan warna:
white = Non-mangrove
darkgreen = Mangrove
```

## 6. Visualisasi Final

```
Thresholding hasil MVI
Mangrove <- MVI >= 3.5

Konversi ke faktor (kategori)
Mangrove <- as.factor(Mangrove)
```

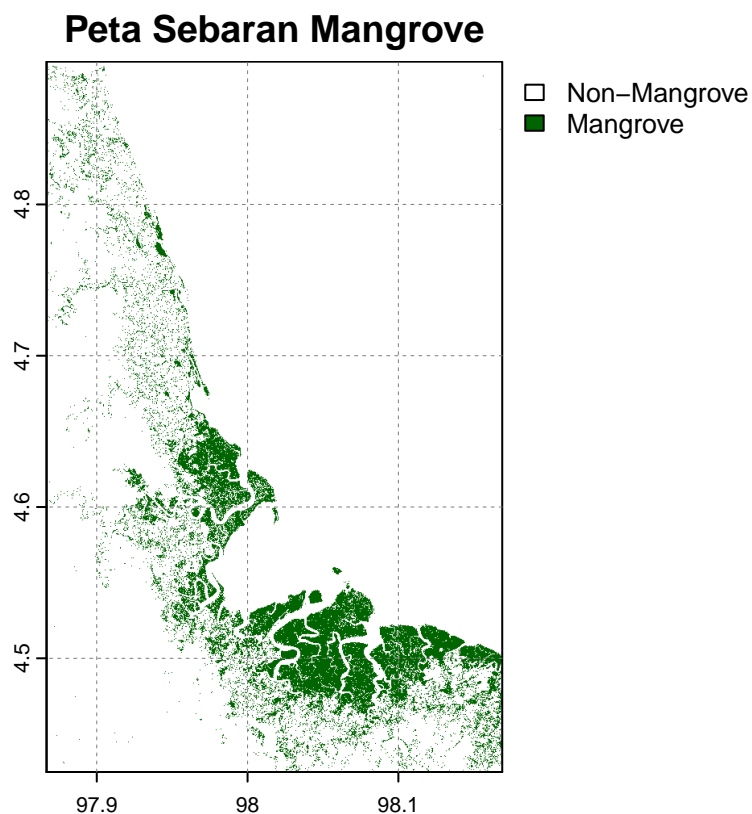
```

Set label kategori
levels(Mangrove) <- data.frame(value = c(0,1),
 label = c("Non-Mangrove", "Mangrove"))

Plot dengan legenda
plot(Mangrove, col = c("white", "darkgreen"),
 main = "Peta Sebaran Mangrove")

#Grid
grid(lty = 2,
 lwd = 0.5,
 col = "gray50")

```



## 7. Perhitungan Luas Pikel

Untuk mengetahui seberapa luas area mangrove hasil klasifikasi, kita dapat menghitung jumlah piksel yang masuk ke dalam kategori “Mangrove” dan “Non-Mangrove”. Karena citra Sentinel-2 memiliki resolusi spasial  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ , maka setiap piksel merepresentasikan luas sebesar  $100\text{ m}^2$  atau 0,01 hektar. Dengan demikian, total luas mangrove dapat diperoleh dengan mengalikan jumlah piksel pada kategori tertentu dengan luas per piksel, kemudian mengubahnya ke satuan hektar. Berikut contoh kodenya:

```

library(terra)

Hitung jumlah piksel per kategori

```

```

freq_mangrove <- freq(Mangrove)

Ukuran 1 piksel Sentinel-2 (10m x 10m)
pixel_area_m2 <- 10 * 10 # 100 m²
pixel_area_ha <- pixel_area_m2 / 10000 # 0.01 ha

Tabel ringkas
tabel_luas <- data.frame(
 Kategori = c("Non-Mangrove", "Mangrove"),
 `Total Piksel` = freq_mangrove[, "count"],
 `Luas (Hektar)` = round(freq_mangrove[, "count"] * pixel_area_ha, 2)
)

Print tabel
tabel_luas

```

```

Kategori Total.Piksel Luas..Hektar.
1 Non-Mangrove 16068914 160689.1
2 Mangrove 1514710 15147.1

```

### C. Lampiran

1. Data tutorial : <https://drive.google.com/drive/folders/1qjMyLq-vqnFA0IzAKAS9d9dG8MOdWWjW?usp=sharing>
2. Rmarkdown : [https://drive.google.com/drive/folders/1q0dWzPOW2Tb\\_wzW6ZnBrODb\\_nYnj\\_pzc?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1q0dWzPOW2Tb_wzW6ZnBrODb_nYnj_pzc?usp=sharing)
3. Halaman RPubs : <http://rpubs.com/defanii/1343104>

### D. Referensi Tutorial

- Baloloy, Alvin B., Ariel C. Blanco, Raymund Rhommel C. Sta. Ana, and Kazuo Nadaoka. 2020. "Development and Application of a New Mangrove Vegetation Index (MVI) for Rapid and Accurate Mangrove Mapping." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 166 (August): 95–117. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.001>.
- Gonzalez, Rafael C., and Richard E. Woods. 2018. *Digital Image Processing*. New York, NY: Pearson. <https://share.google/EBq8wn5exE6nQa0mp>.
- Hijmans, Robert J., Roger Bivand, Andrew Brown, Michael Chirico, Cordaco Emanuele, Krzysztof Dyba, Edzer Pebesma, Barry Rowlingson, and Michael D Summer. n.d. "Terra: Spatial Data Analysis." <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.terra>.