

Sidang Tugas Akhir

SEGMENTASI *BURNED AREA* MENGGUNAKAN MODEL U-NET PADA CITRA LANDSAT 9 (STUDI KASUS: SUMATERA SELATAN)

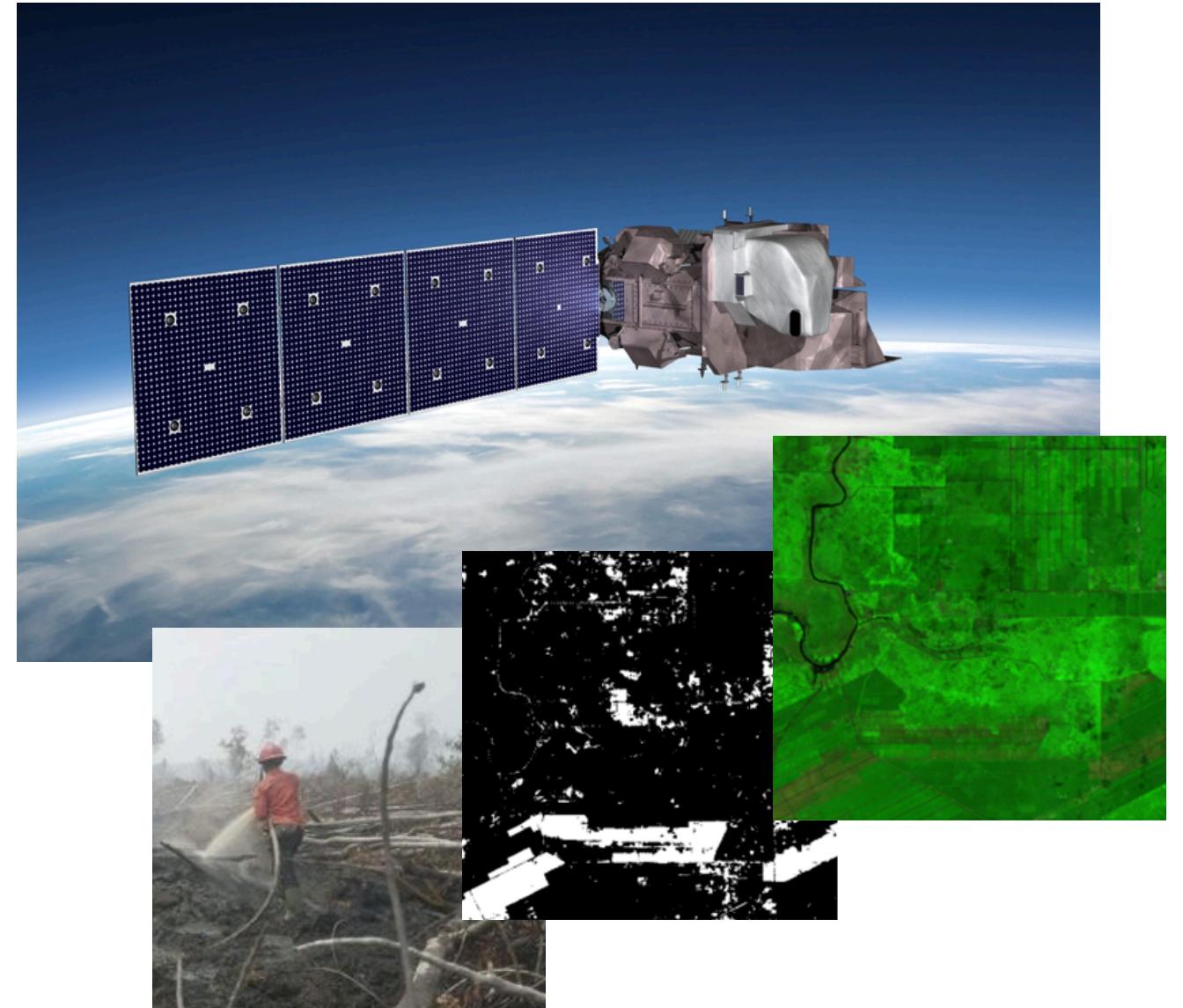
oleh
Alber Analafean
121450146
Sains Data

Dosen Pembimbing 1
Febri Dwi Irawati, M.Si.

Dosen Pembimbing 2
Mika Alvionita S, M.Si.

Dosen Penguji 1
Christyan Tamara Nadeak, M.Si.

Dosen Penguji 2
M. Syamsuddin Wisnubroto, M.Si.



OUTLINE

1. PENDAHULUAN
2. TINJAUAN PUSTAKA
3. METODE PENELITIAN
4. HASIL & PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN & SARAN

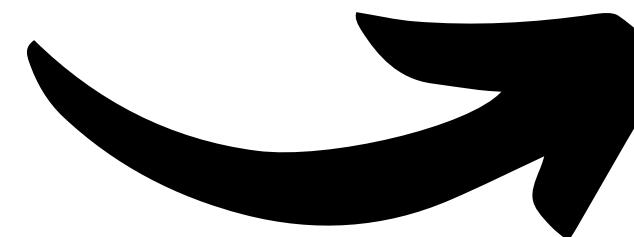
PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG



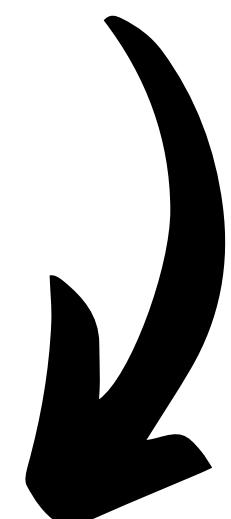
144 KARHUTLA
64,29% BENCANA
PADA BULAN TERSEBUT

Agustus 2023



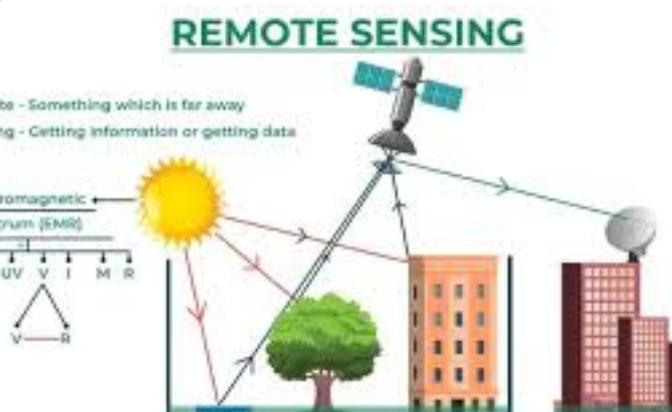
DAMPAK KEBAKARAN

- KERUSAKAN EKOSISTEM
- ANCAMAN FLORA FAUNA
- KERUGIAN EKONOMI & LINGKUNGAN

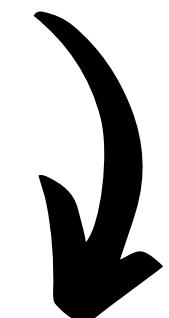


METODE REMOTE SENSING

1. INTERPRETASI VISUAL
2. KLASIFIKASI DIGITAL



LEBIH CEPAT
DAN EFISIEN



SOLUSI EFEKTIF PADA
CAKUPAN LUAS
DARIPADA SURVEI
LAPANGAN



PENTINGNYA
PEMANTAUAN DAN
DETEKSI BURNED AREA
PASCA KARHUTLA



LATAR BELAKANG

BERBAGAI PENDEKATAN DALAM MEMETAKAN AREA TERBAKAR



PENDEKATAN INDEKS SPEKTRAL (NDVI, NBR) MAMPU IDENTIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN KEBAKARAN & PEMULIHAN VEGETASI, NAMUN METODEINI TERBATAS DALAM MENGENALI POLA KOMPLEKS DAN KURANG GENERALISASI

PENDEKATAN DEEP LEARNING SEPERTI U-NET TELAH DITERAPKAN DETEKSI KARHUTLA DI SUMATERA

- PENELITIAN MADE (2023), MODEL U-NET DIPEROLEH AKURASI 0.95, IOU 0.78, DICE COEFFICIENT 0.69, DAN BINARY CROSS ENTROPY 0.14, YANG MENUNJUKKAN PERFORMA STABIL DAN AKURAT
- PENELITIAN PRABOWO(2022), MODEL U-NET DIPEROLEH JACCARD INDEX SEBESAR 0.93 DAN LOSS 0.07 SETELAH 200 EPOCHS, TERINDIKASI DETEKSI AREA TERRBAKAR EFEKTIF

SEHINGGA PENELITIAN MENERAPKAN MODEL U-NET UNTUK SEGMENTASI BURNED AREA MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 9, DENGAN INPUTAN CITRA MULTIBAND YAITU CITRA KOMPOSIT, NDVI, NBR. DENGAN EVALUASI MODEL DENGAN AKURASI, IOU, DICE COEFFICIENT DAN BINARY CROSS ENTROPY

RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana teknik ekstraksi fitur dari citra Landsat 9 dalam segmentasi burned area di Sumatera Selatan?
2. Bagaimana implementasi model U-Net dalam Segmentasi Burned Area menggunakan Citra Landsat 9 di Sumatera Selatan?
3. Bagaimana evaluasi model U-Net dalam Segmentasi Burned Area menggunakan Citra Landsat 9 di Sumatera Selatan?

TUJUAN

1. Menerapkan ekstraksi fitur (Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Burn Ratio, differenced Normalized Burn Ratio) dalam segmentasi burned area di Sumatera Selatan menggunakan citra satelit Landsat 9
2. Menerapkan model U-Net dalam segmentasi burned area di Sumatera Selatan berbasis citra satelit Landsat 9
3. Menerapkan evaluasi model U-Net dalam segmentasi burned area di Sumatera Selatan berbasis citra satelit Landsat 9

BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus sesuai tujuan penelitian, maka ditetapkan beberapa batasan. Cakupan Wilayah Penelitian ini dibatasi pada wilayah Provinsi Sumatera Selatan dengan menggunakan citra Landsat 9 TOA (Top Of Atmosphere) pada pathrow 124/062 dan 125/062.

TINJAUAN PUSTAKA

Burned Area



- Kebakaran hutan semakin meluas secara global dalam beberapa dekade terakhir, Menyebabkan hilangnya tutupan vegetasi, dapat memengaruhi proses hidrologi, komposisi tanaman, dan meningkatkan erosi tanah
- Melepaskan emisi signifikan: CO₂, CO, PM10, dan PM2.5
- Luas area terbakar menjadi indikator utama estimasi biomassa terbakar
- Sekitar 32% CO dan 40% CO₂ di atmosfer berasal dari pembakaran biomassa, memperparah pemanasan global

Landsat 9



- Program Landsat: misi pengamatan Bumi oleh NASA & USGS
- Landsat 9 diluncurkan 2021 untuk pengamatan berkelanjutan
- Membawa dua sensor: OLI-2 (Optical) & TIRS-2 (Thermal)
- Peningkatan OLI-2: akurasi radiometrik 14 bit (dari 12 bit), rasio SNR lebih baik → mampu deteksi perbedaan halus di area gelap
- Resolusi: 30 m (multispektral), 15 m (pankromatik), 100 m (termal)
- Data Landsat telah digunakan dalam berbagai:
 - Aplikasi pemerintah
 - Publik, swasta, dan keamanan nasional.
 - Contohnya meliputi pengelolaan lahan dan air, penelitian perubahan global, eksplorasi minyak dan mineral, peramalan hasil pertanian, pemantauan polusi, deteksi perubahan permukaan lahan, dan pemetaan kartografi

Landsat 9

Tabel 2.1 Deskripsi Band Sensor OLI dan TIRS Landsat 9

Band Number	Band Description	Band Range (nm)
OLI-2 Sensors		
1	<i>Coastal Aerosol</i>	435–451
2	<i>Blue</i>	452–512
3	<i>Green</i>	533–590
4	<i>Red</i>	636–673
5	<i>Near-Infrared (NIR)</i>	851–879
6	<i>Short Wavelength Infrared (SWIR) 1</i>	1566–1651
7	<i>Short Wavelength Infrared (SWIR) 2</i>	2107–2294
8	<i>Panchromatic</i>	503–676
9	<i>Cirrus</i>	1363–1384
TIRS-2 Sensors		
10	<i>Thermal Infrared Sensor 1</i>	10600–11190
11	<i>Thermal Infrared Sensor 2</i>	11500–12510

Ekstraksi Fitur

NDVI

- Indeks vegetasi populer untuk mengukur kesehatan tanaman
- Berdasarkan perbedaan ternormalisasi antara panjang gelombang yang diserap & dipantulkan klorofil, Mampu bekerja di berbagai kondisi lingkungan

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NBR

- Indeks penginderaan jauh untuk identifikasi area terbakar & klasifikasi tingkat keparahan kebakaran
- NBR fokus pada deteksi kebakaran

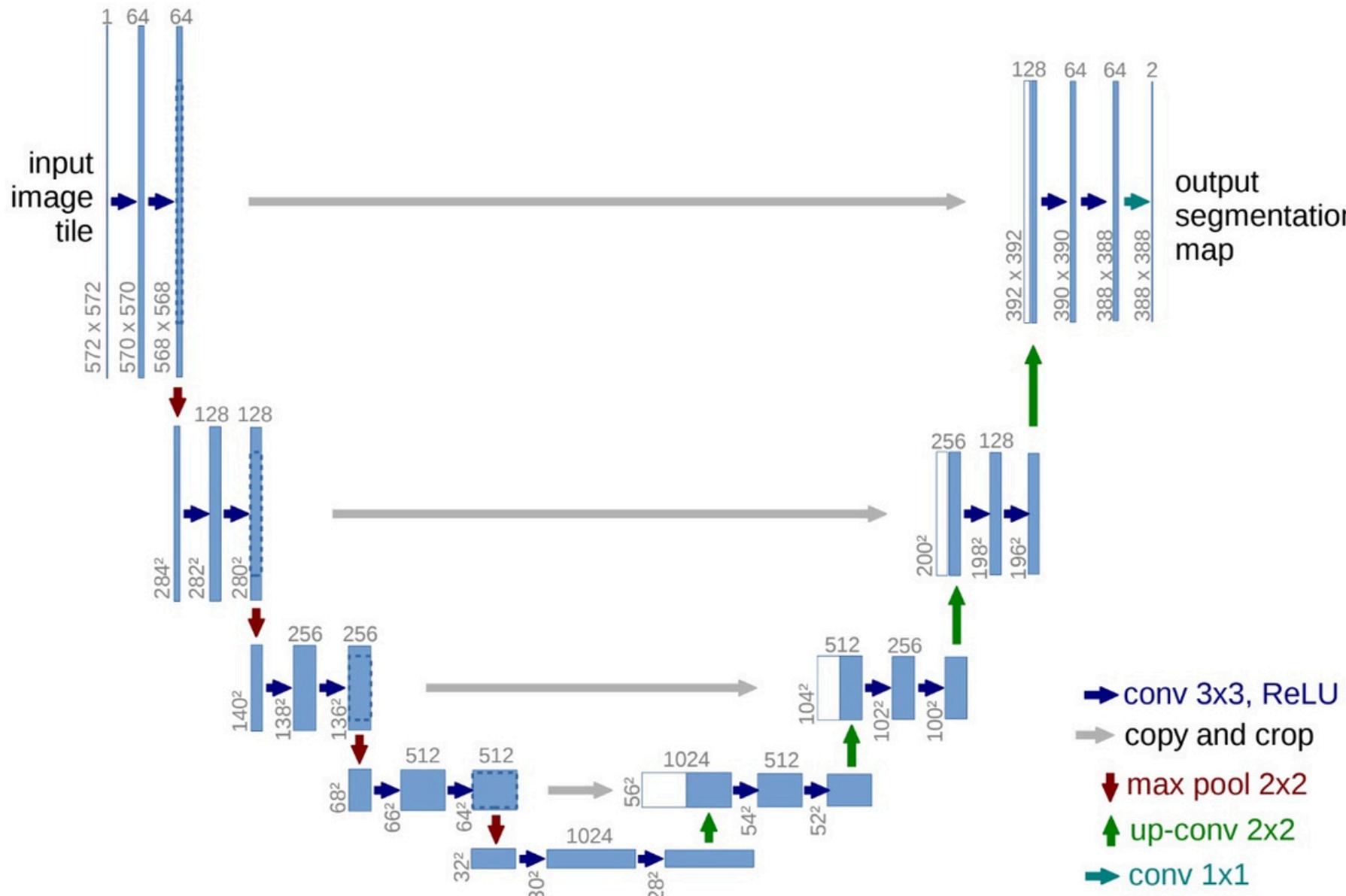
$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

dNBR

- Indeks penginderaan jauh untuk mengukur tingkat keparahan kebakaran hutan
- Menggunakan perbandingan NBR sebelum dan sesudah kebakaran
- NBR dihitung dari rasio perbedaan pantulan NIR dan SWIR2

$$dNBR = NBR_{Prefire} - NBR_{Postfire}$$

Model U-Net



- CNN khusus untuk segmentasi citra, awalnya dikembangkan untuk citra biomedis oleh Ronneberger et al. (2015).
- Struktur berbentuk "U": 4 blok encoder + 4 blok decoder, dihubungkan bottleneck
- Encoder:
 - Ekstraksi konteks citra dengan 2 kali konvolusi 3×3 + ReLU.
 - Max-pooling $2 \times 2 \rightarrow$ downsampling
- Bottleneck: 2 kali konvolusi 3×3 + ReLU \rightarrow menangkap fitur paling abstrak
- Decoder:
 - Upsampling + konvolusi 2×2 (up-convolution).
 - Concatenate dengan feature map dari encoder (skip connection).
 - $2 \times$ konvolusi 3×3 + ReLU.
- Skip Connection: menjaga informasi spasial, memudahkan deteksi tepi & detail halus
- Output Layer:
 - Konvolusi 1×1 + Sigmoid (klasifikasi biner), Softmax jika multi-kelas

Penelitian terdahulu menggunakan Model U-Net dalam segmentasi citra satelit

Referensi	Data	Hasil	Arsitektur
Lisa Knopp, dkk (2020) [20]	Citra Sentinel-2	Mengembangkan model segmentasi area kebakaran berbasis deep learning menggunakan arsitektur U-Net pada citra Sentinel-2. Model dilatih dengan kombinasi spektral optimal (RGB, NIR, SWIR) untuk meningkatkan akurasi segmentasi. Hasil penelitian menunjukkan model U-Net mencapai akurasi 98% dengan kappa 94%, serta kecepatan inferensi yang jauh lebih cepat dibanding metode Random Forest, menjadikannya efektif untuk pemetaan cepat area kebakaran tanpa membutuhkan data pra-kejadian.	
Yudhi Prabowo, dkk (2022) [5]	Landsat-8 TOA	Model U-Net menunjukkan kinerja baik dengan Jaccard Index 0,93 dan nilai loss 0,07 setelah 200 epoch pelatihan. Penggunaan false color composite (SWIR-2, NIR, Red) terbukti efektif untuk visualisasi area terbakar.	

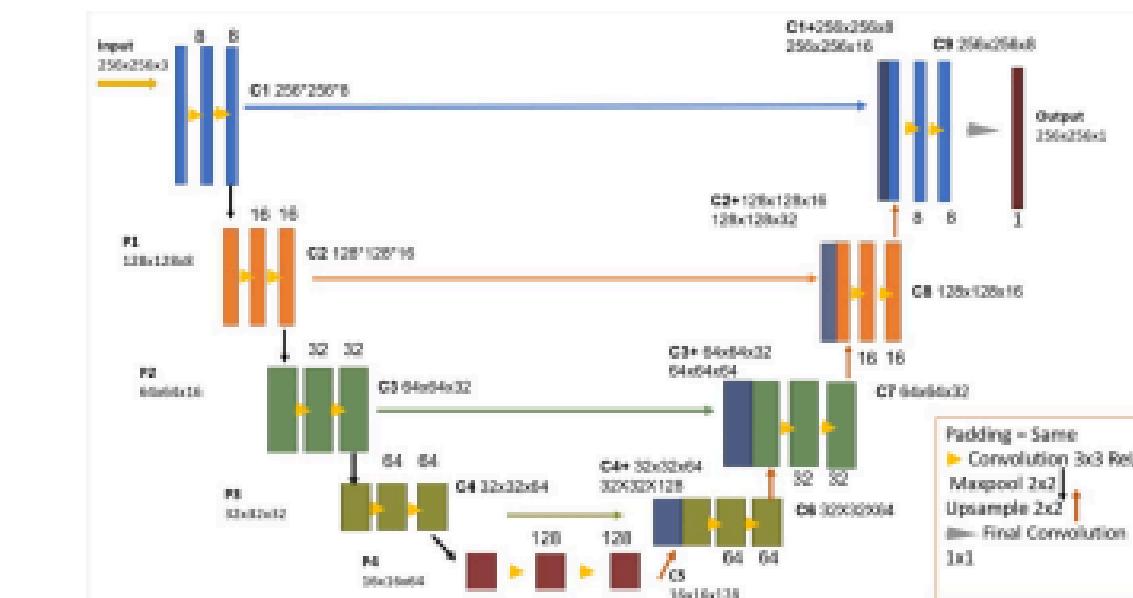
I. Made Landsat-8
Murwantara,
dkk (2023)
[7]

Model terbaik menggunakan citra false color pada Landsat-8, mencapai akurasi 0,95, IoU 0,78, Dice Coefficient 0,69, dan Binary Cross-Entropy Loss 0,14. False color lebih efektif untuk mengidentifikasi area terbakar dibandingkan natural color.

Nair Shruti,
dkk (2024)
[12]

Model U-Net dengan ResNet50 memiliki akurasi lebih baik daripada DeepLabV3+, mencapai akurasi 86.92% dan IoU 83.12%. Penambahan data sintetis hingga 22.85% dari total dataset meningkatkan akurasi model. Band NDVI, SWIR, dan NIR meningkatkan segmentasi dibandingkan RGB tradisional.

Tidak Digambarkan, hanya dijelaskan jumlah filter awal digunakan yaitu antara 16 hingga 32



Won Kyung
Baek, dkk
(2024) [22]

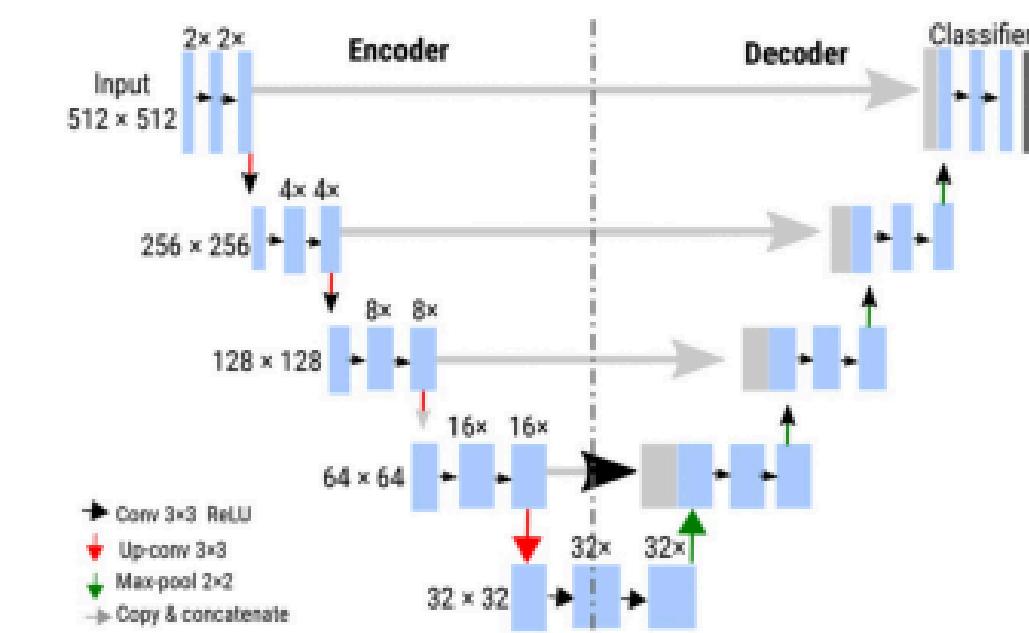
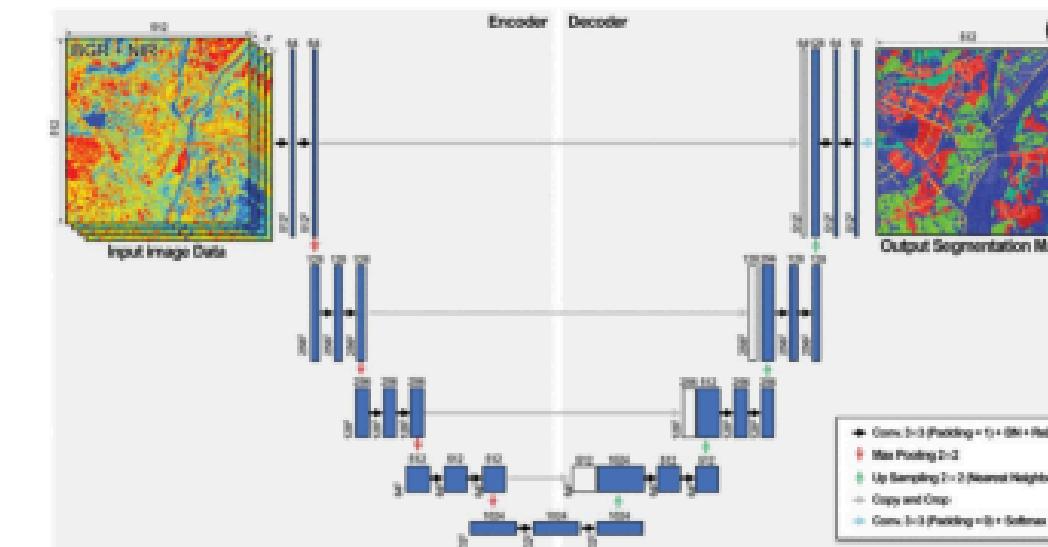
Sentinel-2

Model SiU-Net dengan input terpisah RGB dan NIR mampu meningkatkan akurasi klasifikasi tutupan lahan dibandingkan U-Net dan DeepLabV3+, dengan F1 Score tertinggi 0,797. SiU-Net efektif mengurangi bias pada data tidak seimbang dan lebih baik dalam mendeteksi batas objek, terutama pada kelas minoritas.

Fernando
Pech-May,
dkk (2024)
[23]

Sentinel-1
SAR

Model U-Net untuk segmentasi daerah banjir dengan citra SAR Sentinel-1 di wilayah Tabasco, Meksiko. Model dilatih menggunakan dataset Sen1Floods11 dan menunjukkan kinerja terbaik pada 200 epoch dengan akurasi 94,31% dan IoU score sebesar 73,02%. Hasil ini menunjukkan bahwa U-Net mampu mengidentifikasi area banjir secara efektif meskipun terdapat tantangan ketidakseimbangan data dan kompleksitas citra radar.



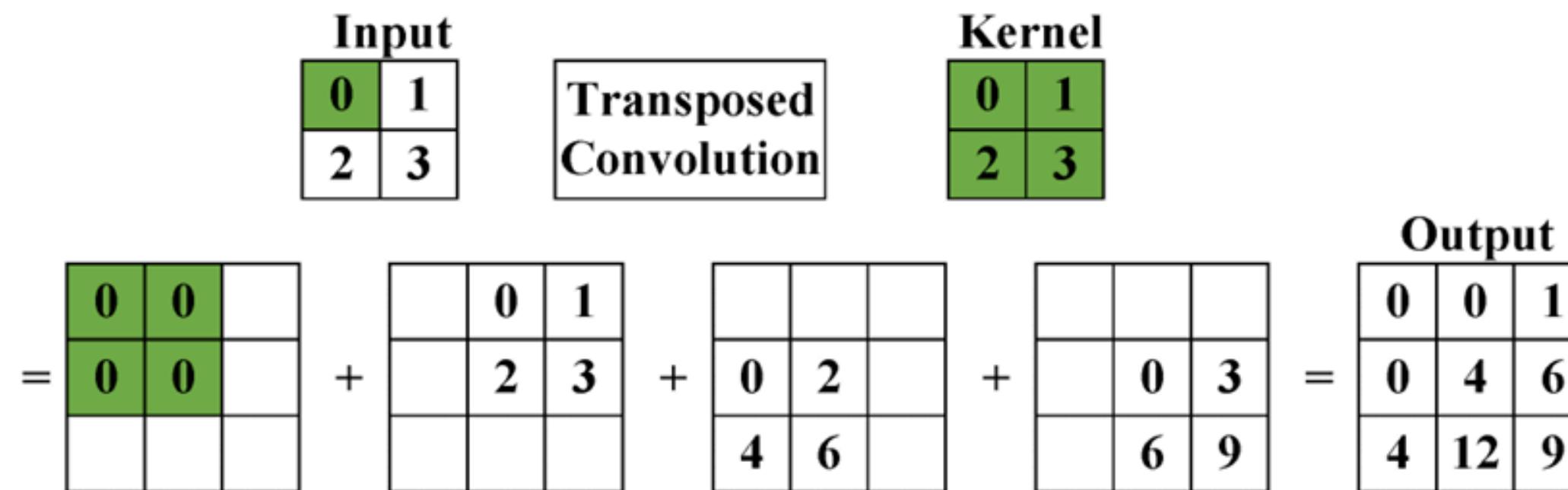
Konvolusi

- Proses inti CNN untuk menghasilkan peta fitur dari data input
- Melibatkan perkalian elemen demi elemen antara filter & area lokal input, lalu menjumlahkan hasilnya
- Mampu mengenali pola spasial: tepi, tekstur, bentuk kompleks
- Menyusun pola menjadi representasi fitur tingkat tinggi

Input	Kernel	Output													
<table border="1"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr></table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	*	<table border="1"><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td></tr></table>	0	1	2	3
0	1	2													
3	4	5													
6	7	8													
0	1														
2	3														
	=	<table border="1"><tr><td>19</td><td>25</td></tr><tr><td>37</td><td>43</td></tr></table>	19	25	37	43									
19	25														
37	43														

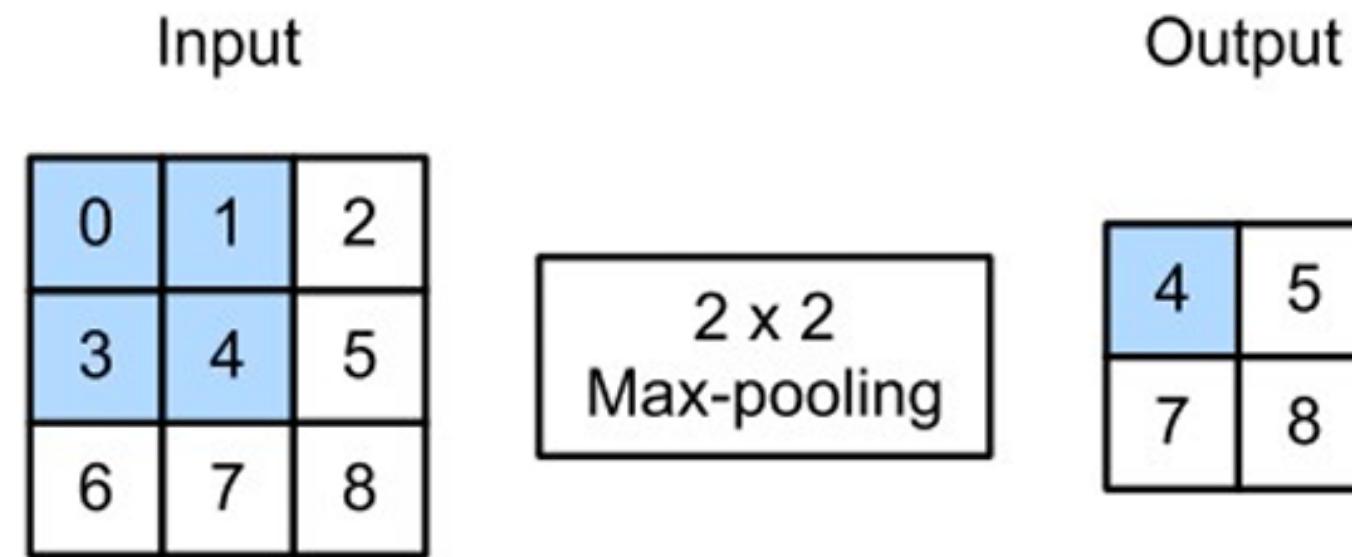
Konvolusi Transpos

- Operasi kebalikan dari konvolusi standar
- Digunakan untuk memperbesar dimensi citra (upsampling)
- Menguraikan kembali data yang telah dikonvolusi untuk mengembalikan komponen spasial yang dipadatkan
- Penting dalam proses rekonstruksi spasial pada arsitektur U-Net

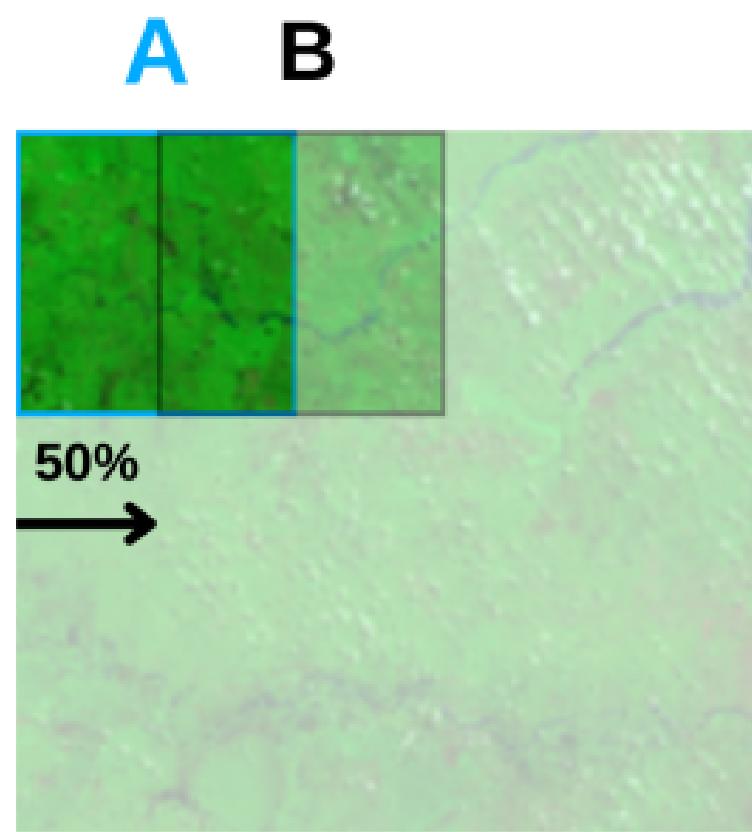


Max Pooling

- Lapisan pooling memproses peta fitur untuk mengurangi parameter & beban komputasi tanpa kehilangan informasi penting
- Membantu efisiensi dan mencegah overfitting
- Max pooling: downsampling dengan membagi citra menjadi sel teratur, memilih nilai maksimum tiap sel



Overlapping Citra



- Memperluas cakupan konteks semantik & menjaga kesinambungan informasi di batas citra
- Mengurangi potensi kesalahan klasifikasi pada area tepi
- Memberikan informasi spasial lebih lengkap → meningkatkan generalisasi model
- Berperan sebagai augmentasi data alami yang membuat model lebih robust & presisi, Terbukti meningkatkan akurasi melalui perbaikan metrik evaluasi [29].

Fungsi Aktivasi

ReLU

- Fungsi aktivasi untuk transformasi nonlinier sederhana
- Didefinisikan: output = $\max(0, x)$
- Menghilangkan nilai negatif & mempertahankan nilai positif apa adanya
- Membantu jaringan belajar pola kompleks dengan efisiensi tinggi

$$\text{ReLU}(x) = \max(0, x)$$

Sigmoid

- Fungsi aktivasi yang memetakan nilai input real $R \rightarrow (0, 1)$
- Disebut squashing function karena memampatkan seluruh nilai ke rentang 0-1
- Cocok untuk probabilitas atau klasifikasi biner

$$\text{sigmoid}(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Evaluasi Model

Binary accuracy

$$\text{Binary Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

IoU

$$IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN}$$

Dice Coefficient

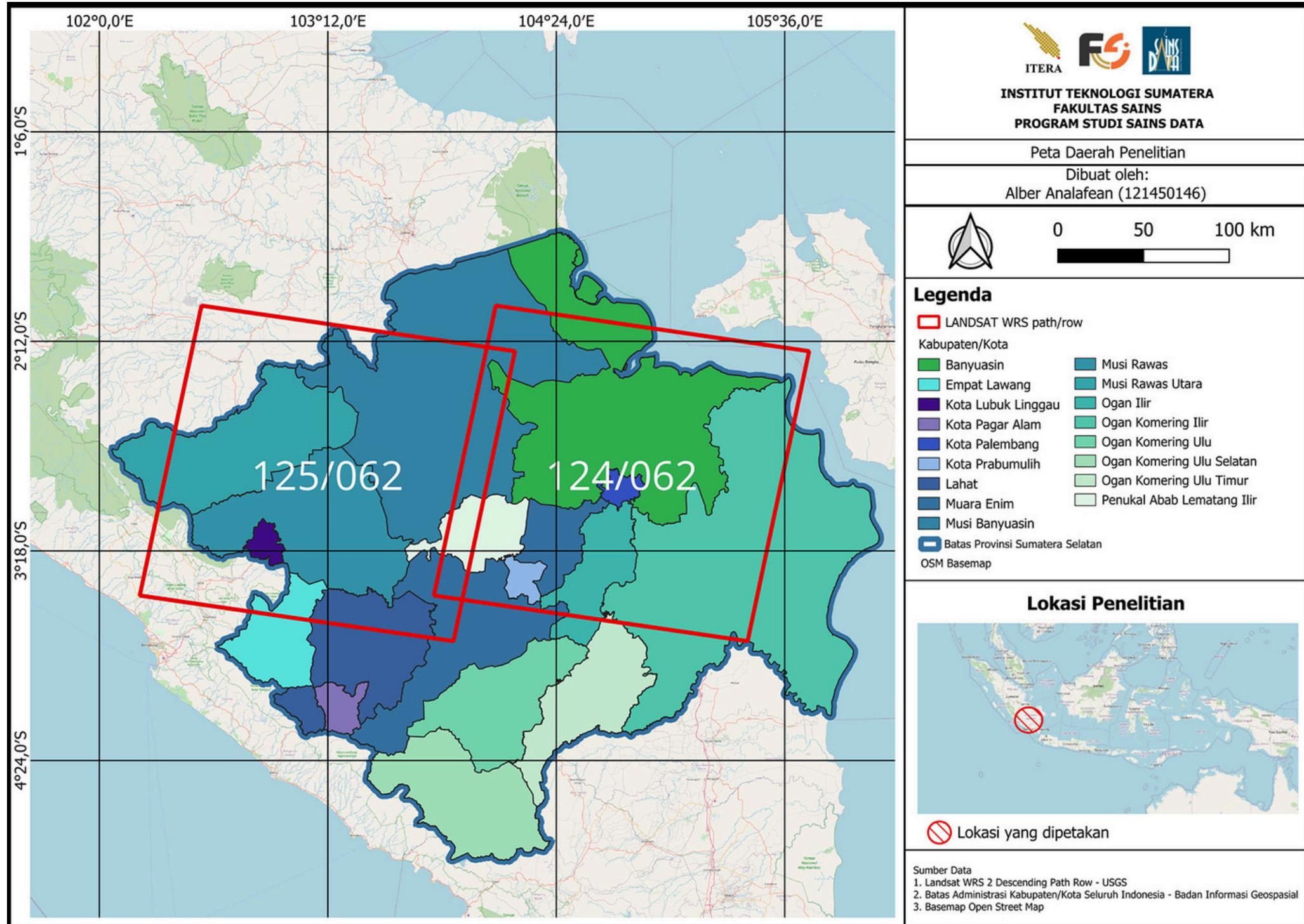
$$\text{Dice Coefficient} = \frac{2 \times TP}{(2 \times TP) + FP + FN}$$

Binary Cross Entropy

$$BCE = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i \cdot \log(p_i) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - p_i)]$$

METODE PENELITIAN

DAERAH PENELITIAN



Penelitian ini berlokasi di Provinsi Sumatera Selatan (1° – 4° LS, 102° – 106° BT) seluas $\pm 86.771,68 \text{ km}^2$, dipilih karena banyaknya kejadian karhutla. Karakteristik geografinya mendukung terbentuknya burned area. Penelitian dilakukan tahun 2023 menggunakan citra Landsat 9 untuk segmentasi area terbakar.

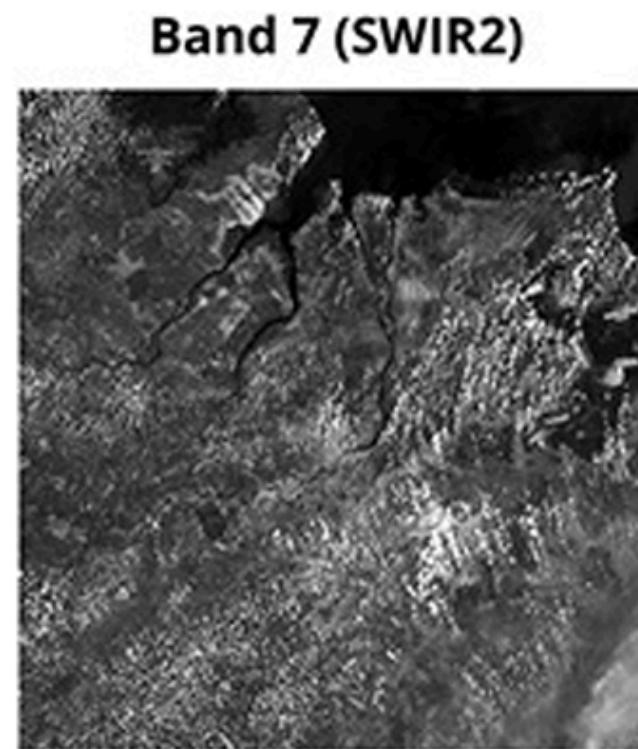
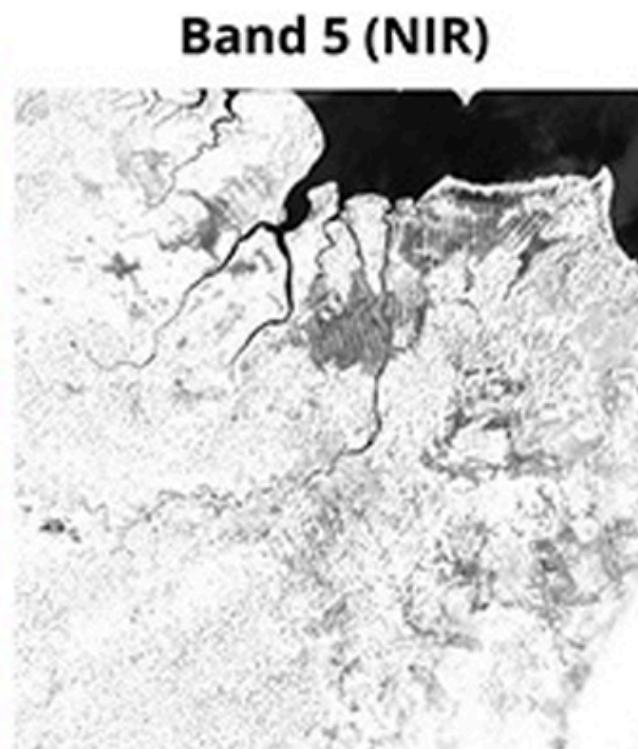
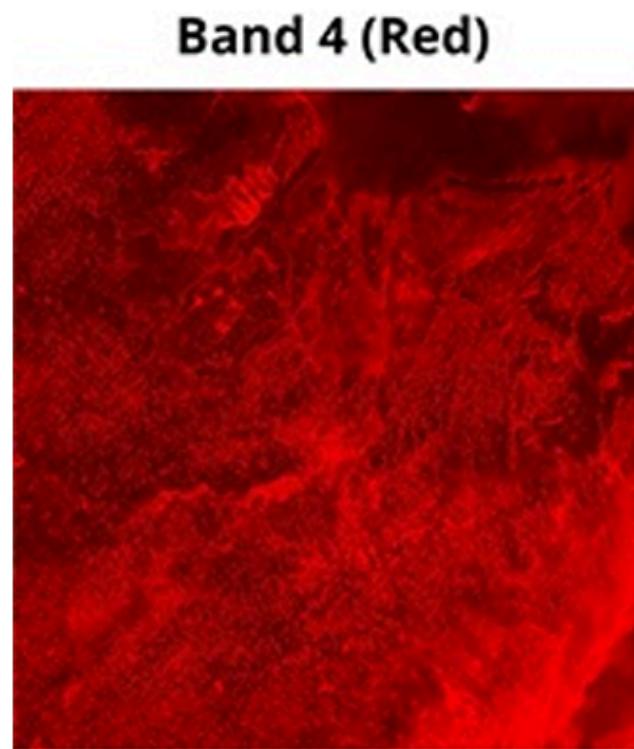
DESKRIPSI DATA

- Sumber: Landsat 9 – Collection 2 Tier 1 TOA, diakses via Google Earth Engine API.
- Sudah melalui koreksi radiometrik & geometrik → kualitas geolokasi & kalibrasi terjamin.
- Band yang digunakan: B4 (RED), B5 (NIR), B7 (SWIR2)
- Pemilihan citra: diurutkan berdasarkan CLOUD_COVER terendah → meminimalkan gangguan awan.
- Cakupan: *Pathrow* 124062 & 125062, luas 185×180 km, resolusi 30 m/piksel.
- Format: GeoTIFF (.tiff), nilai reflektansi TOA skala 0–1.
- Rentang waktu data:

Kondisi	Rentang Waktu	Citra
Prefire (Sebelum Kebakaran)	1 Januari – 31 Juli 2023	Komposit(False Color), NDVI, NBR, dNBR (NBR Prefire)
Kejadian Kebakaran	1 Agustus – 31 Oktober 2023	-
Postfire (Setelah Kebakaran)	1 November – 30 Juni 2024	Komposit(False Color), NDVI, NBR, dNBR (NBR Postfire)

DESKRIPSI DATA

CONTOH GAMBARAN DATA



Nilai Reflektansi Citra Band 4								
...
...	0.3569	0.1840	0.1582	0.2390	0.3758	0.4476
...	0.3497	0.1762	0.1306	0.1547	0.2417	0.2857
...	0.3896	0.2477	0.1127	0.0937	0.1208	0.1732
...	0.4353	0.2951	0.1102	0.0935	0.1256	0.2043
...	0.3735	0.2182	0.1278	0.1038	0.1241	0.2349
...	0.2730	0.1443	0.1270	0.1039	0.0887	0.1984
...

Nilai Reflektansi Citra Band 5								
...
...	0.5029	0.3094	0.25	0.3488	0.4945	0.5785
...	0.4921	0.2716	0.2071	0.2359	0.3374	0.4043
...	0.5296	0.3756	0.2547	0.2229	0.2034	0.2904
...	0.5749	0.454	0.3278	0.3058	0.271	0.3491
...	0.5336	0.4155	0.3754	0.3929	0.3766	0.4142
...	0.4584	0.3863	0.3681	0.4374	0.4822	0.4589
...

Nilai Reflektansi Citra Band 7								
...
...	0.2962	0.1291	0.0978	0.1958	0.3389	0.4017
...	0.2919	0.135	0.0731	0.1052	0.196	0.2601
...	0.3273	0.2049	0.0756	0.0654	0.1003	0.166
...	0.3617	0.2535	0.0894	0.0824	0.109	0.1788
...	0.3287	0.2084	0.1329	0.1076	0.1236	0.2019
...	0.2628	0.164	0.1449	0.1188	0.1013	0.1763
...

yang ditampilkan citra Pathrow 124062 pada 6 November 2023

PERANGKAT KOMPUTASI



Google Earth Engine



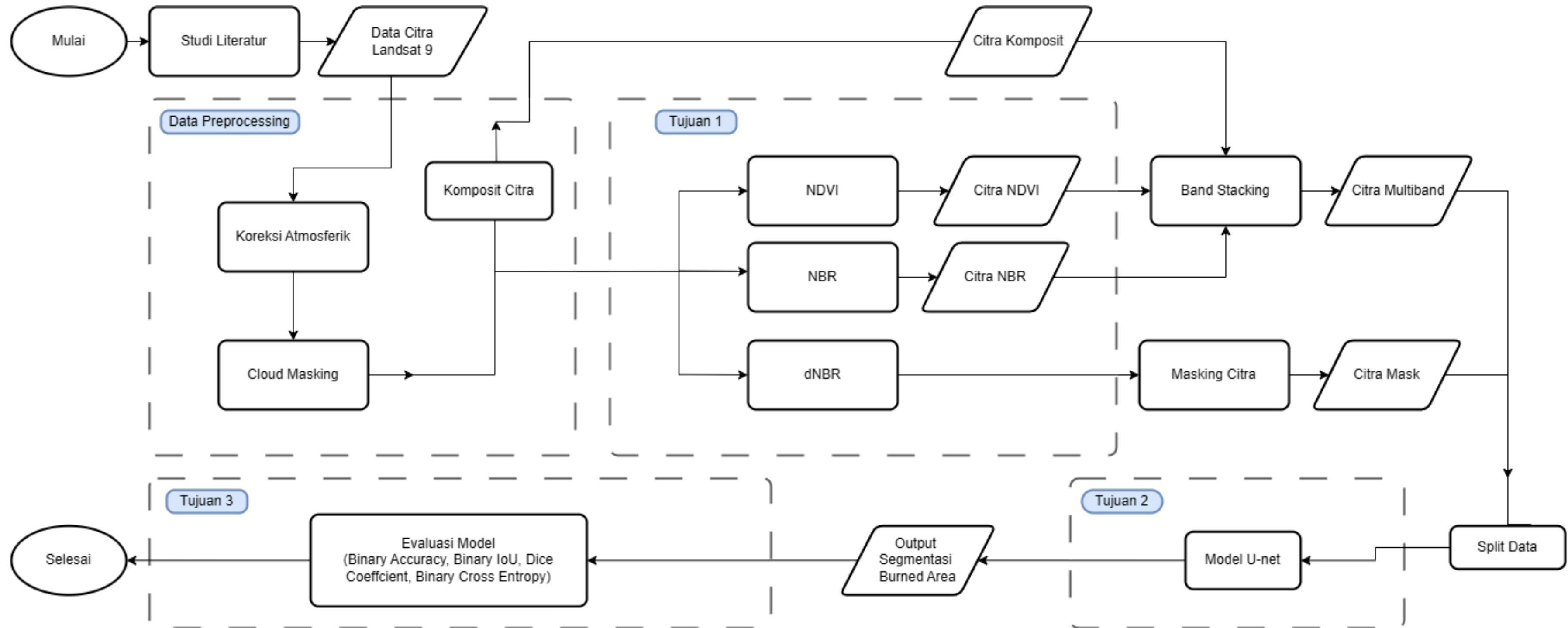
Informasi Spesifikasi Perangkat Keras

Spesifikasi	Detail
Akselerator	A100 GPU
CPU Core	8
Tipe GPU	NVIDIA A100-SXM4
GPU Memory	40 GB
RAM	83.5 GB
Disk Space	235.7 GB

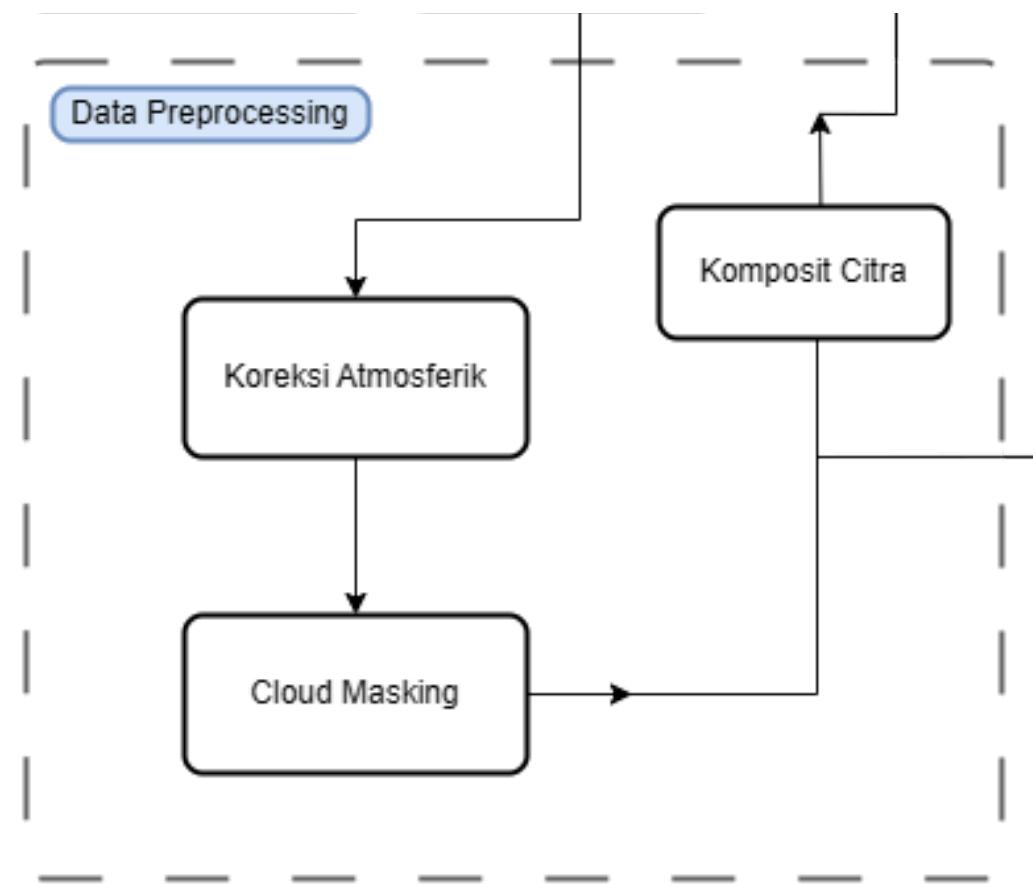
Informasi Library

Library	Versi	Kegunaan
ee	1.5.24	Akses dan praproses data dari Google Earth Engine
Pandas	2.2.2	Manipulasi data
Numpy	2.0.2	Manipulasi array atau matriks
Folium	0.19.7	Visualisasi data spasial
Geemap	0.35.3	Peta interaktif
Rasterio	1.4.3	Membaca dan memanipulasi data raster geospasial
Patchify	0.2.3	Memotong gambar besar menjadi patch kecil
Matplotlib	3.10.0	Membuat grafik, plot, dan visualisasi data
Tensorflow	2.18.0	Membangun model machine learning dan deep learning

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



DATA PREPROCESSING



1. KOREKSI ATMOSFERIK (DOS)

Koreksi atmosferik dilakukan untuk menghilangkan pengaruh gangguan atmosfer, seperti aerosol dan uap air, sehingga nilai reflektansi permukaan menjadi lebih akurat. Penelitian ini menggunakan metode Dark Object Subtraction (DOS) dengan mengidentifikasi piksel paling gelap yang diasumsikan memiliki reflektansi mendekati nol, kemudian mengurangkannya dari seluruh piksel citra. Langkah ini bertujuan mengoreksi efek kabut dan hamburan atmosfer secara sederhana agar data lebih merepresentasikan kondisi sebenarnya di permukaan bumi.

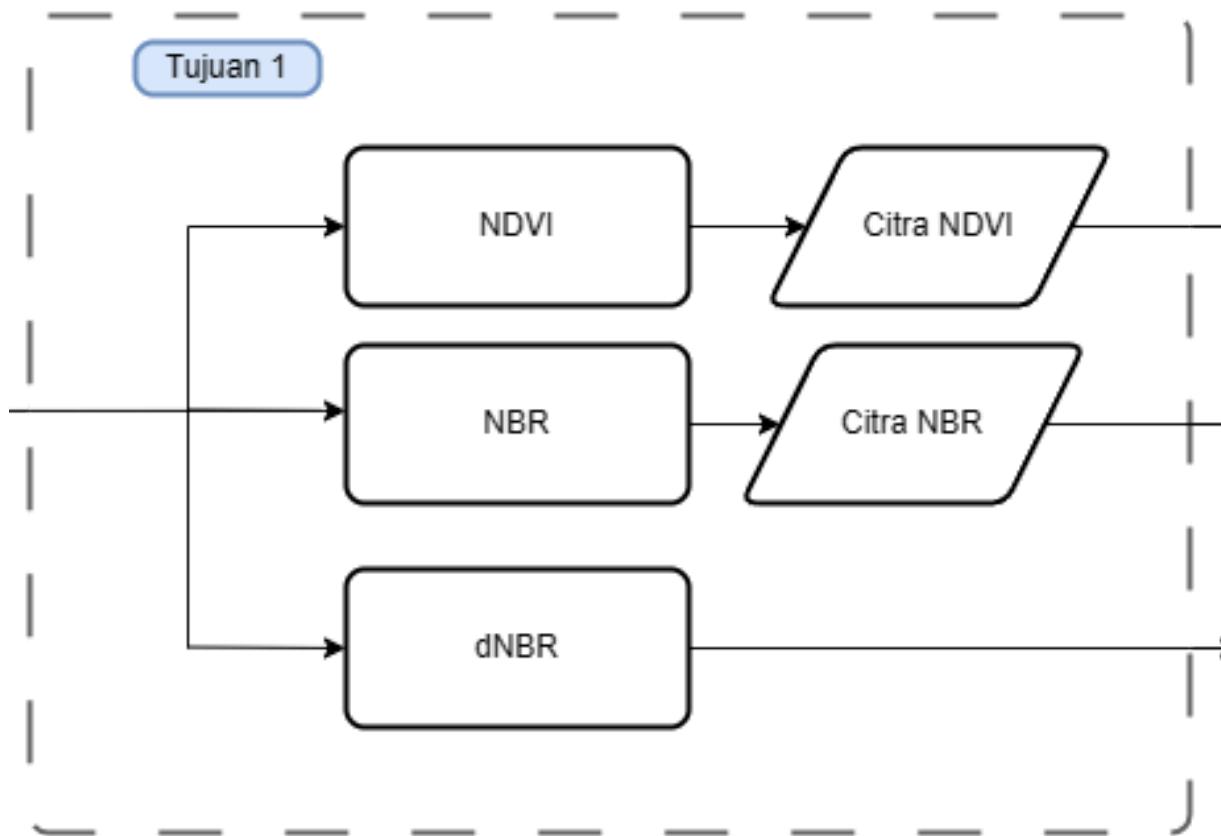
2. CLOUD MASKING (QA BAND)

Cloud Masking adalah proses menghapus atau menandai piksel citra satelit yang tertutup awan maupun bayangan awan karena piksel tersebut tidak merepresentasikan permukaan bumi secara akurat dan dapat mengganggu analisis. Pada penelitian ini, proses dilakukan menggunakan Quality Assessment (QA) bands

3. KOMPOSIT CITRA

Kombinasi band dilakukan untuk menghasilkan citra komposit false color yang digunakan guna meningkatkan kejelasan dalam mendeteksi area terbakar. Citra ini dibuat dengan menggabungkan band spektral yang sensitif terhadap perubahan vegetasi dan kelembapan lahan pascakebakaran, yaitu Band 7 (SWIR2), Band 5 (NIR), dan Band 4 (Red)

EKSTRAKSI FITUR



1. NDVI

Proses NDVI dilakukan pada citra Landsat 9 sebagai salah satu kanal citra multiband yang akan digunakan sebagai input model. Perhitungannya menggunakan Band 5 (NIR) dan Band 4 (Red) sesuai persamaan 2.1, setelah citra melewati tahap preprocessing. Hasil NDVI berupa citra raster yang menunjukkan variasi kerapatan vegetasi pada area penelitian, dengan nilai berada pada rentang -1 hingga $+1$.

2. NBR

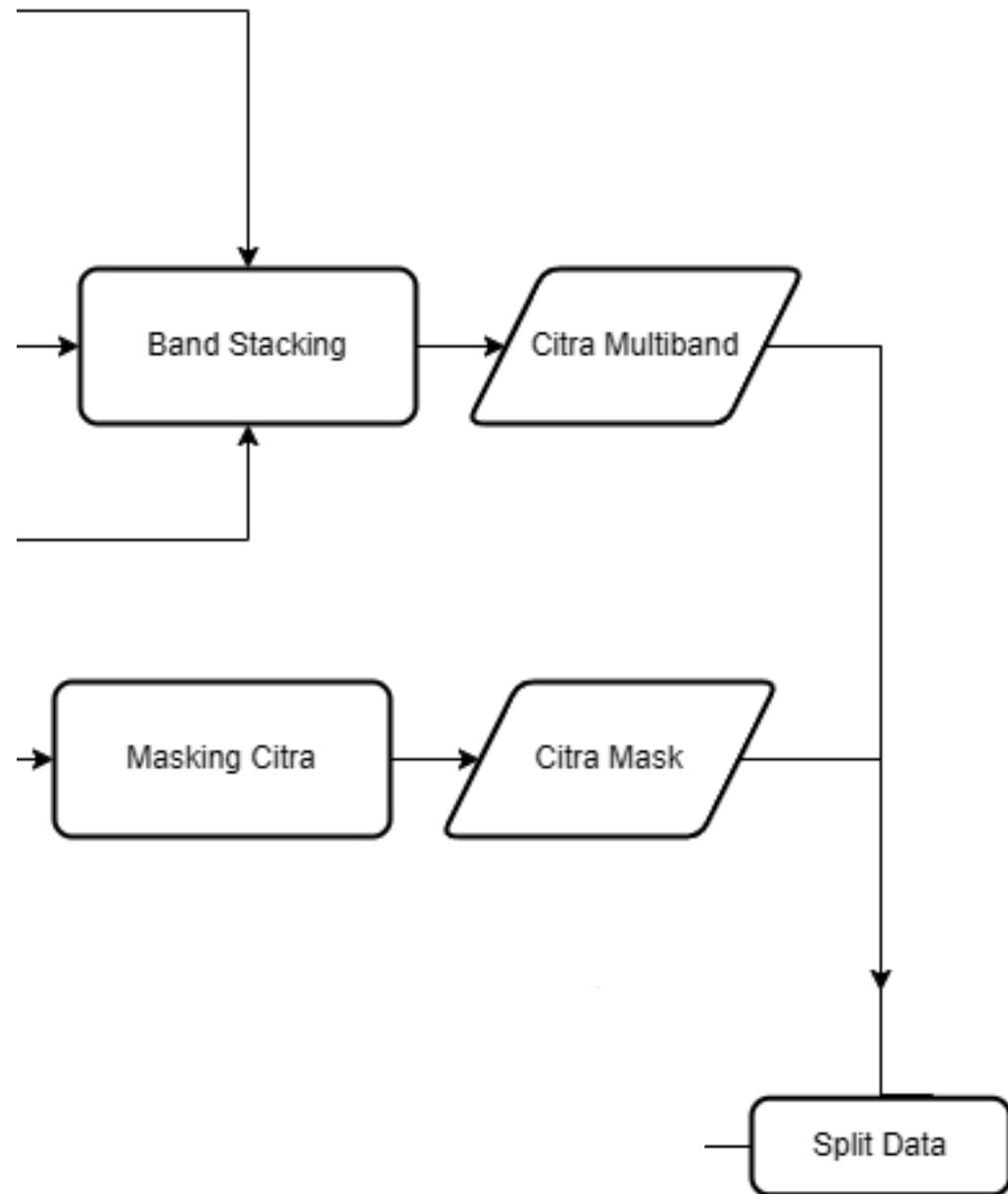
Proses NBR dilakukan pada citra Landsat 9 sebagai salah satu kanal citra multiband untuk input model. Perhitungan menggunakan Band 5 (NIR) dan Band 7 (SWIR2) sesuai persamaan 2.2, setelah citra melewati tahap preprocessing. Hasilnya berupa citra raster dengan nilai antara -1 hingga $+1$ yang merepresentasikan tingkat perubahan vegetasi terkait kebakaran, disertai interpretasi nilai NBR.

3. DNBR

Proses dNBR dilakukan sebagai ambang batas untuk membuat citra mask area terbakar. Perhitungannya mengikuti persamaan 2.3 dengan membandingkan nilai NBR pra-kebakaran (prefire) dan NBR pasca-kebakaran (postfire) untuk setiap piksel. Selisih kedua nilai tersebut menghasilkan dNBR yang merepresentasikan perubahan vegetasi akibat kebakaran. Hasilnya divisualisasikan dalam citra yang menunjukkan tingkat keparahan kebakaran.

BAND STACKING

Proses band stacking dilakukan dengan menggabungkan beberapa kanal citra satelit, yaitu komposit false color, NDVI, dan NBR, menjadi satu citra multiband yang memuat seluruh informasi spektral. Langkah ini memudahkan analisis lanjutan, seperti segmentasi, karena semua data telah terintegrasi dalam satu file raster. Hasil akhir disimpan dalam format GeoTIFF.



MASKING CITRA

Masking citra dilakukan setelah dihasilkan nilai dNBR, untuk membuat label atau ground truth yang digunakan dalam proses segmentasi. Proses masking ini menggunakan metode thresholding, dengan nilai threshold (ambang batas) ditentukan berdasarkan nilai dNBR. citra diperoleh dari masking citra adalah citra mask berbentuk biner. Citra mask ini berfungsi sebagai label referensi (ground truth) dalam pelatihan model segmentasi

SPLIT DATA

Tahapan sebelum dilakukan split data, diawali dengan image patching berfungsi memotong citra satu scene menjadi beberapa banyak patch kecil, dengan patch dipotong menggunakan overlapping 50% untuk memperbanyak data. Dengan setiap bagian patch terdiri dari pasangan citra multiband dan citra mask yang berasal dari area yang sama. Selanjutnya dilakukan split data dengan rasio pembagian data dengan 70% untuk training, dan 15% masing-masing untuk validation dan testing

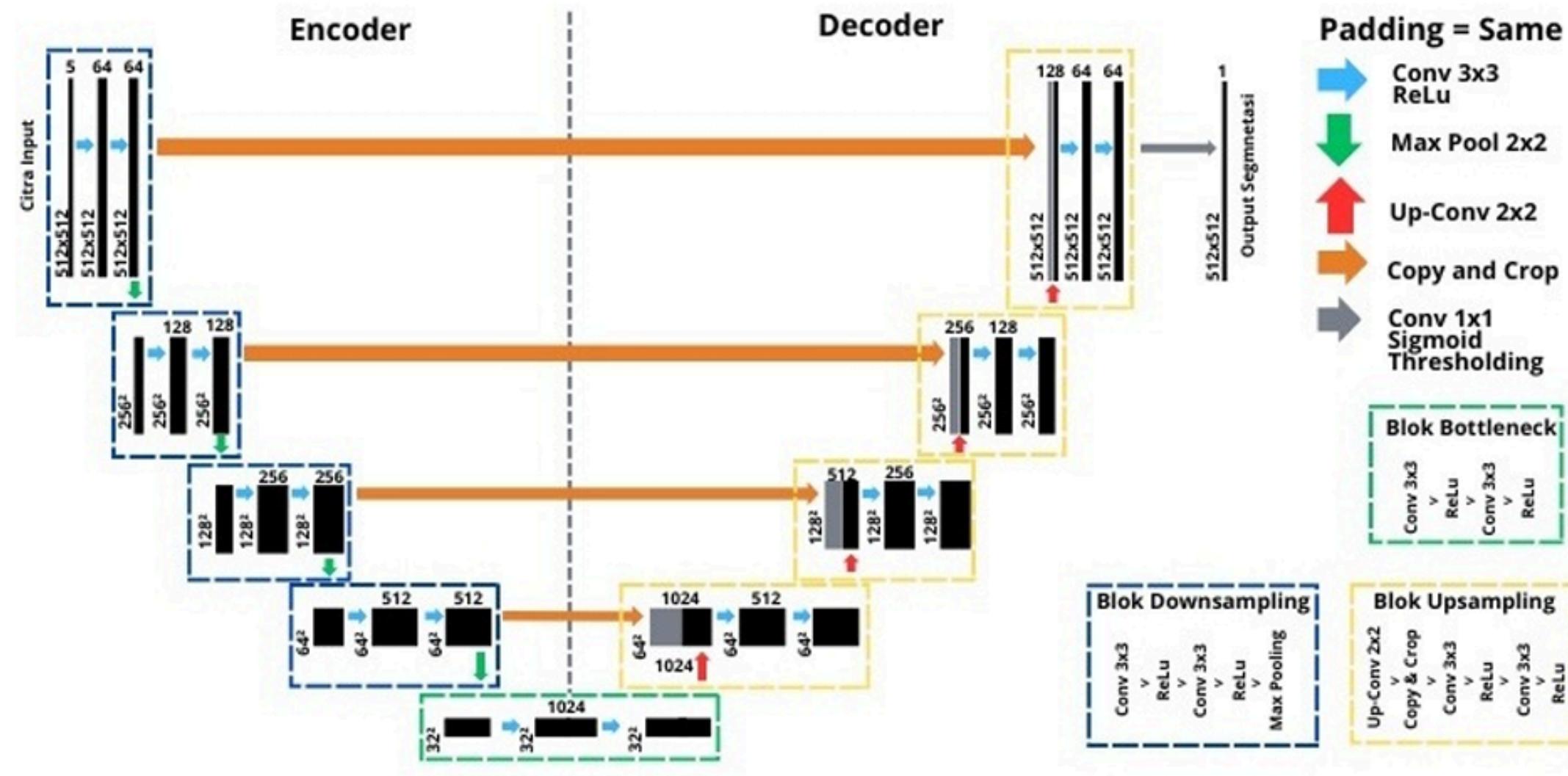
MODEL U-NET

- Input citra: 512×512 piksel, 5 channel.
- Encoder:
- 4 blok downsampling dengan konvolusi 3×3 + ReLU \rightarrow max pooling 2×2 .
- Mengekstrak fitur & mengurangi resolusi citra.
- Bottleneck: lapisan tengah untuk menangkap fitur paling abstrak.
- Decoder:
- 4 blok upsampling dengan konvolusi transpos 2×2 .
- Skip connection menggabungkan fitur dari encoder untuk mempertahankan informasi spasial.
- Output layer: konvolusi 1×1 + sigmoid \rightarrow thresholding menghasilkan peta segmentasi biner (terbakar / tidak terbakar) ukuran 512×512 .

Tabel 3.7 Konfigurasi Hyperparameter Model

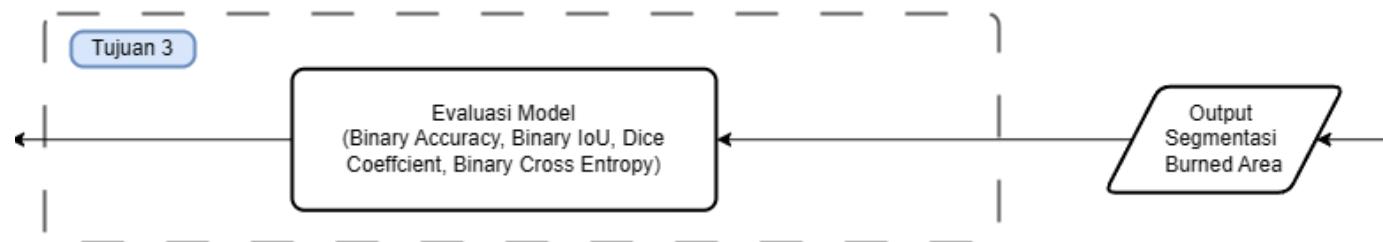
Hyperparamater	Konfigurasi
Learning rate	0.0001
Epochs	200
Optimizer	Adam
Callback	Early Stopping dan ReduceLROnPlateau
Batch Size	4

MODEL U-NET



Gambar 3.3 Rancangan Arsitektur U-Net

EVALUASI MODEL



- Evaluasi dilakukan setelah U-Net menghasilkan output segmentasi.
- Perbandingan prediksi vs ground truth dilakukan piksel per piksel pada data uji.
- Tujuan: mengukur akurasi segmentasi area terbakar dan tidak terbakar.
- Metrik evaluasi:
 - Binary Accuracy → persentase prediksi benar.
 - IoU → tingkat tumpang tindih area prediksi & ground truth.
 - Dice Coefficient → kesamaan hasil segmentasi & label.
 - Binary Cross-Entropy (BCE) → akurasi prediksi probabilistik terhadap label aktual.

HASIL & PEMBAHASAN

DESKRIPSI DATA

TABEL PERSENTASE CLOUD COVER (CITRA TERBAIK)

Pathrow	Kondisi	Tanggal Citra	Cloud Cover (%)	Product ID
124062	Prefire	2023-07-26	14.07	LC09_L1TP_124062_20230726_20230726_02_T1
124062	Prefire	2023-04-21	29.16	LC09_L1TP_124062_20230421_20230421_02_T1
124062	Prefire	2023-06-24	33.04	LC09_L1TP_124062_20230624_20230624_02_T1
124062	Prefire	2023-03-20	54.76	LC09_L1TP_124062_20230320_20230320_02_T1
124062	Prefire	2023-04-05	56.74	LC09_L1TP_124062_20230405_20230405_02_T1
124062	Prefire	2023-05-23	57.75	LC09_L1TP_124062_20230523_20230523_02_T1
124062	Prefire	2023-07-10	83.95	LC09_L1TP_124062_20230710_20230710_02_T1
124062	Prefire	2023-01-15	84.48	LC09_L1TP_124062_20230115_20230313_02_T1
124062	Prefire	2023-02-16	86.69	LC09_L1TP_124062_20230216_20230310_02_T1
124062	Prefire	2023-06-08	93.87	LC09_L1TP_124062_20230608_20230608_02_T1
124062	Prefire	2023-05-07	100.00	LC09_L1TP_124062_20230507_20230507_02_T1
124062	Prefire	2023-03-04	100.00	LC09_L1TP_124062_20230304_20230307_02_T1

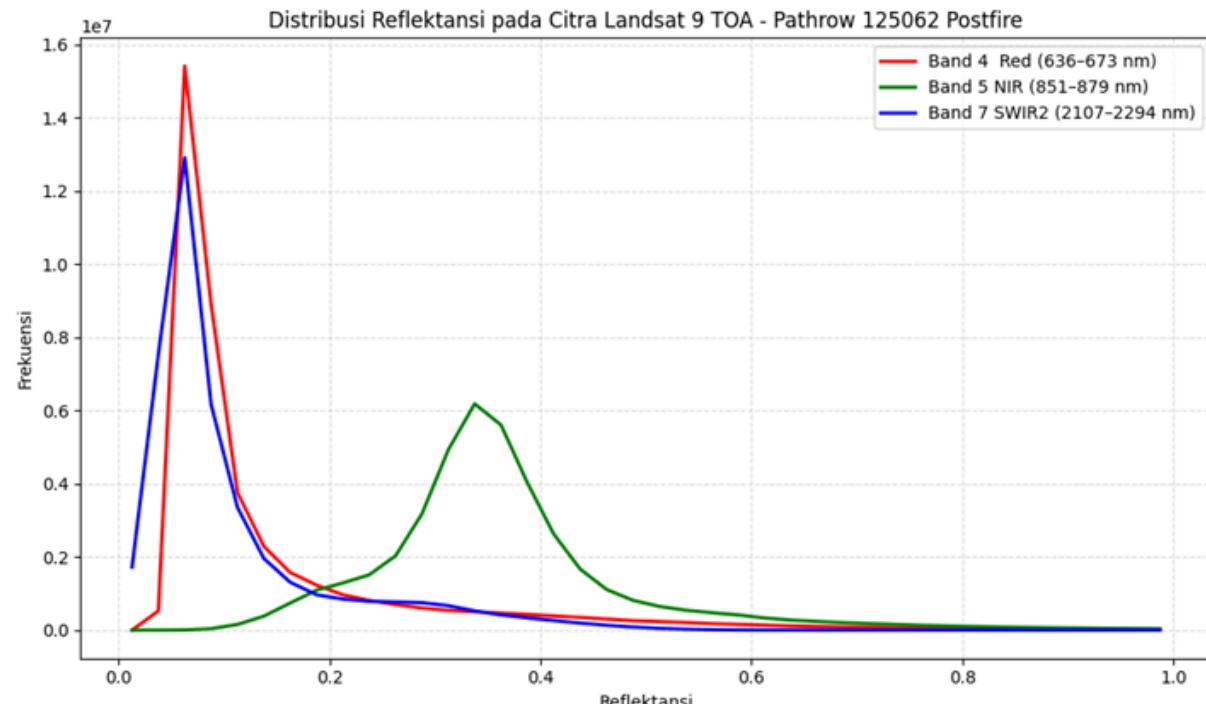
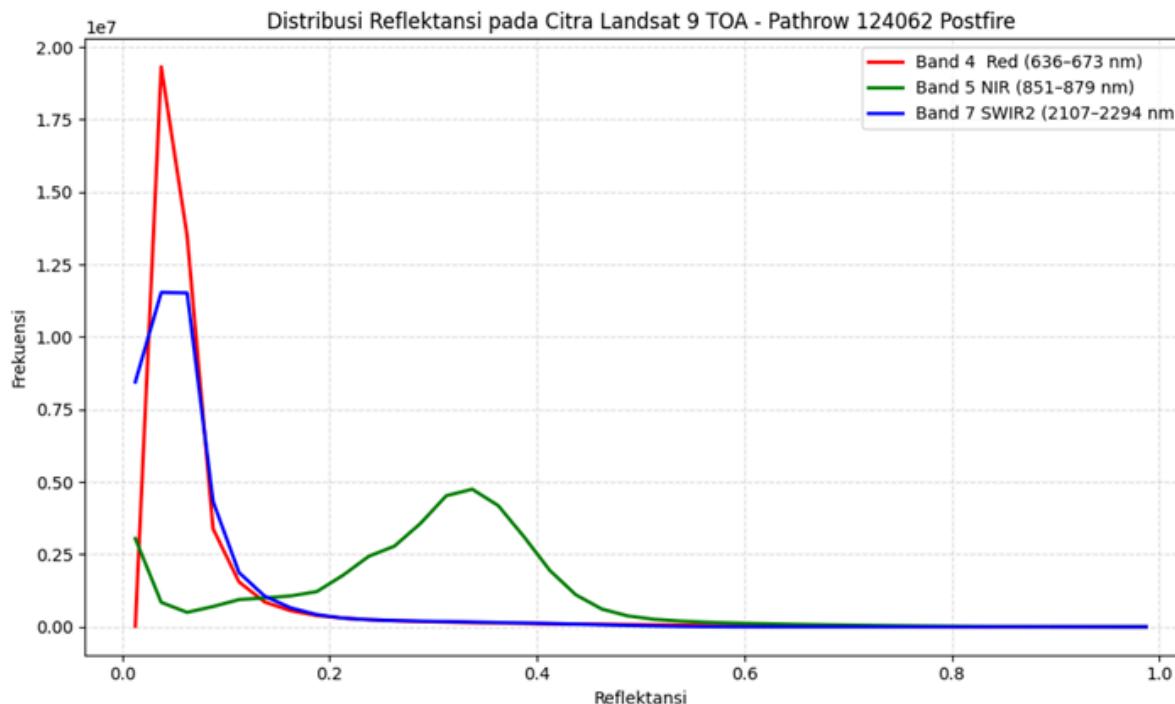
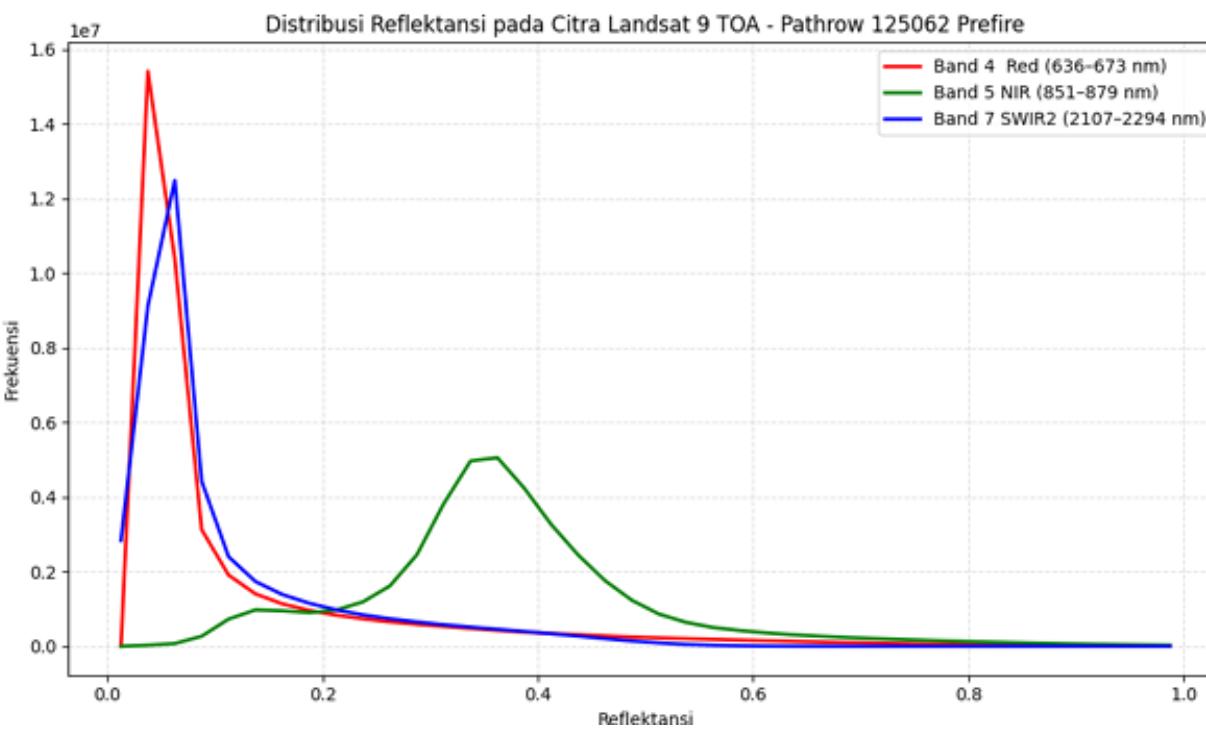
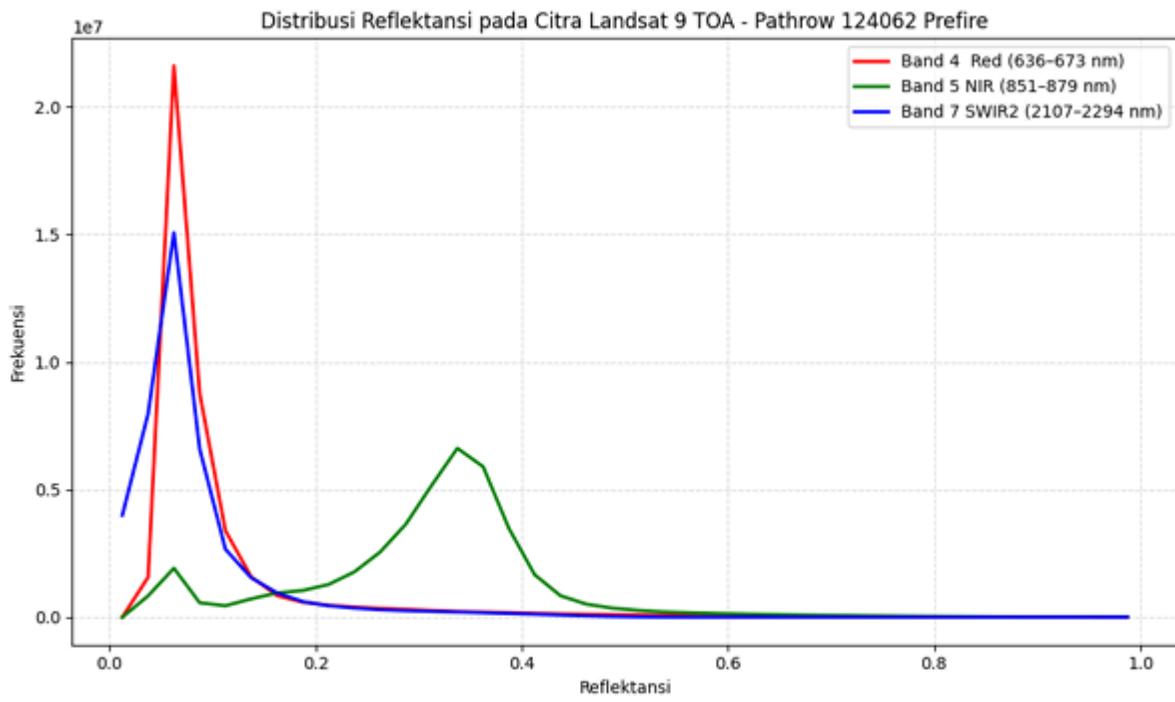
Pathrow	Kondisi	Tanggal Citra	Cloud Cover (%)	Product ID
125062	Prefire	2023-05-14	26.38	LC09_L1TP_125062_20230514_20230514_02_T1
125062	Prefire	2023-01-22	50.78	LC09_L1TP_125062_20230122_20230313_02_T1
125062	Prefire	2023-06-15	65.17	LC09_L1TP_125062_20230615_20230615_02_T1
125062	Prefire	2023-04-12	66.80	LC09_L1TP_125062_20230412_20230412_02_T1
125062	Prefire	2023-01-06	73.91	LC09_L1TP_125062_20230106_20230314_02_T1
125062	Prefire	2023-04-28	75.61	LC09_L1TP_125062_20230428_20230428_02_T1
125062	Prefire	2023-02-07	87.14	LC09_L1TP_125062_20230207_20230310_02_T1
125062	Prefire	2023-07-01	90.55	LC09_L1TP_125062_20230701_20230701_02_T1
125062	Prefire	2023-05-30	91.37	LC09_L1TP_125062_20230530_20230530_02_T1
125062	Prefire	2023-03-27	92.76	LC09_L1TP_125062_20230327_20230327_02_T1
125062	Prefire	2023-07-17	95.70	LC09_L1TP_125062_20230717_20230717_02_T1

Pathrow	Kondisi	Tanggal Citra	Cloud Cover (%)	Product ID
124062	Postfire	2024-05-09	7.42	LC09_L1TP_124062_20240509_20240509_02_T1
124062	Postfire	2024-06-10	17.72	LC09_L1TP_124062_20240610_20240610_02_T1
124062	Postfire	2023-11-15	23.63	LC09_L1TP_124062_20231115_20231115_02_T1
124062	Postfire	2024-06-26	38.13	LC09_L1TP_124062_20240626_20240626_02_T1
124062	Postfire	2024-03-22	44.23	LC09_L1TP_124062_20240322_20240322_02_T1
124062	Postfire	2024-05-25	50.42	LC09_L1TP_124062_20240525_20240525_02_T1
124062	Postfire	2024-02-19	51.83	LC09_L1TP_124062_20240219_20240219_02_T1
124062	Postfire	2024-04-23	52.63	LC09_L1TP_124062_20240423_20240423_02_T1
124062	Postfire	2023-12-17	69.01	LC09_L1TP_124062_20231217_20231217_02_T1
124062	Postfire	2024-03-06	96.90	LC09_L1TP_124062_20240306_20240306_02_T1

Pathrow	Kondisi	Tanggal Citra	Cloud Cover (%)	Product ID
125062	Postfire	2024-06-17	37.03	LC09_L1TP_125062_20240617_20240617_02_T1
125062	Postfire	2023-11-06	41.67	LC09_L1TP_125062_20231106_20231106_02_T1
125062	Postfire	2024-04-30	43.43	LC09_L1TP_125062_20240430_20240430_02_T1
125062	Postfire	2024-03-29	46.65	LC09_L1TP_125062_20240329_20240329_02_T1
125062	Postfire	2024-05-16	48.69	LC09_L1TP_125062_20240516_20240516_02_T1
125062	Postfire	2024-04-14	58.24	LC09_L1TP_125062_20240414_20240414_02_T1
125062	Postfire	2023-12-08	69.28	LC09_L1TP_125062_20231208_20231208_02_T1
125062	Postfire	2024-01-09	77.90	LC09_L1TP_125062_20240109_20240109_02_T1
125062	Postfire	2024-02-26	80.47	LC09_L1TP_125062_20240226_20240226_02_T1
125062	Postfire	2024-01-25	81.34	LC09_L1TP_125062_20240125_20240125_02_T1
125062	Postfire	2024-03-13	92.27	LC09_L1TP_125062_20240313_20240313_02_T1
125062	Postfire	2023-11-22	92.79	LC09_L1TP_125062_20231122_20231122_02_T1
125062	Postfire	2023-12-24	100.00	LC09_L1TP_125062_20231224_20231224_02_T1
125062	Postfire	2024-06-01	100.00	LC09_L1TP_125062_20240601_20240601_02_T1

DESKRIPSI DATA

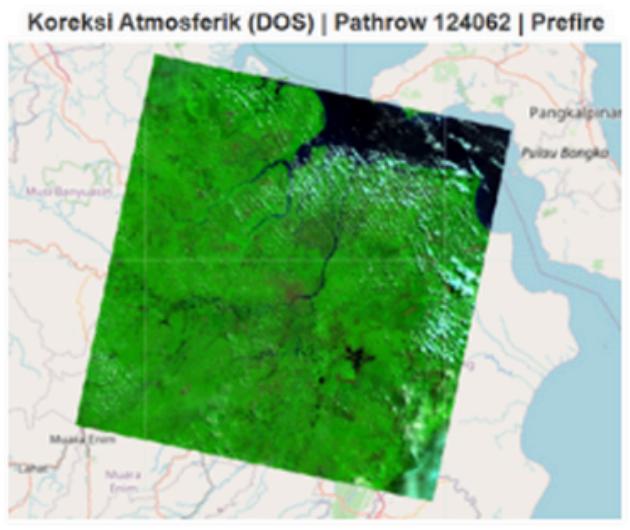
DISTRIBUSI REFLEKTANSI SETIAP BAND



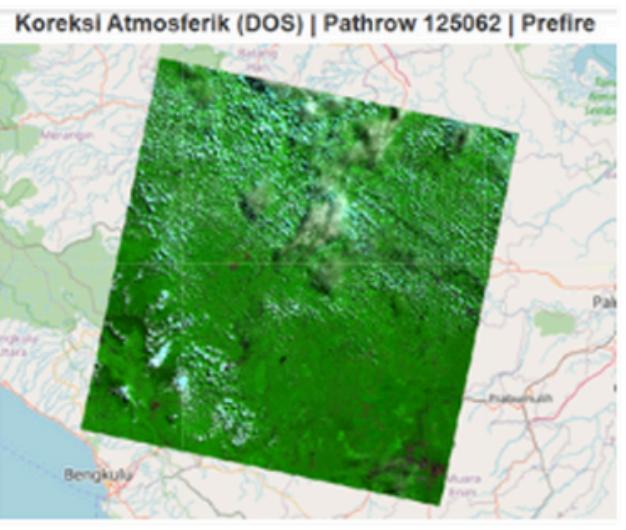
- Pathrow 124062 prefire: NIR punya dua puncak (tertinggi ~0,35), Red & SWIR2 puncak rendah (~0,05) → dominasi vegetasi sehat.
- Pathrow 125062 prefire: Pola mirip Gambar 4.2, NIR dominan di 0,35–0,4, Red & SWIR2 puncak rendah (~0,05) → vegetasi sehat.
- Pathrow 124062 postfire: NIR turun signifikan, Red & SWIR2 bergeser dan menyebar; SWIR2 naik sedikit → indikasi residu kebakaran & berkurangnya kelembapan.
- Pathrow 125062 postfire: NIR turun drastis (puncak 0,4 hilang), Red & SWIR2 naik di reflektansi rendah → tanda jelas area terbakar & hilangnya vegetasi.

DATA PREPROCESSING

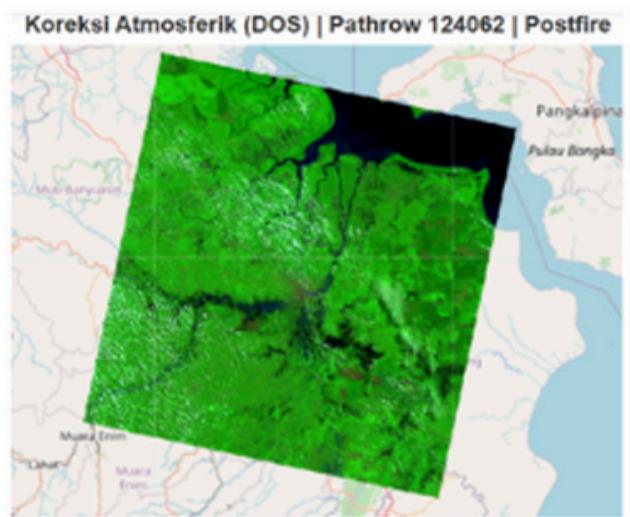
1. Koreksi Atmosferik (DOS)



(a)



(b)



(c)

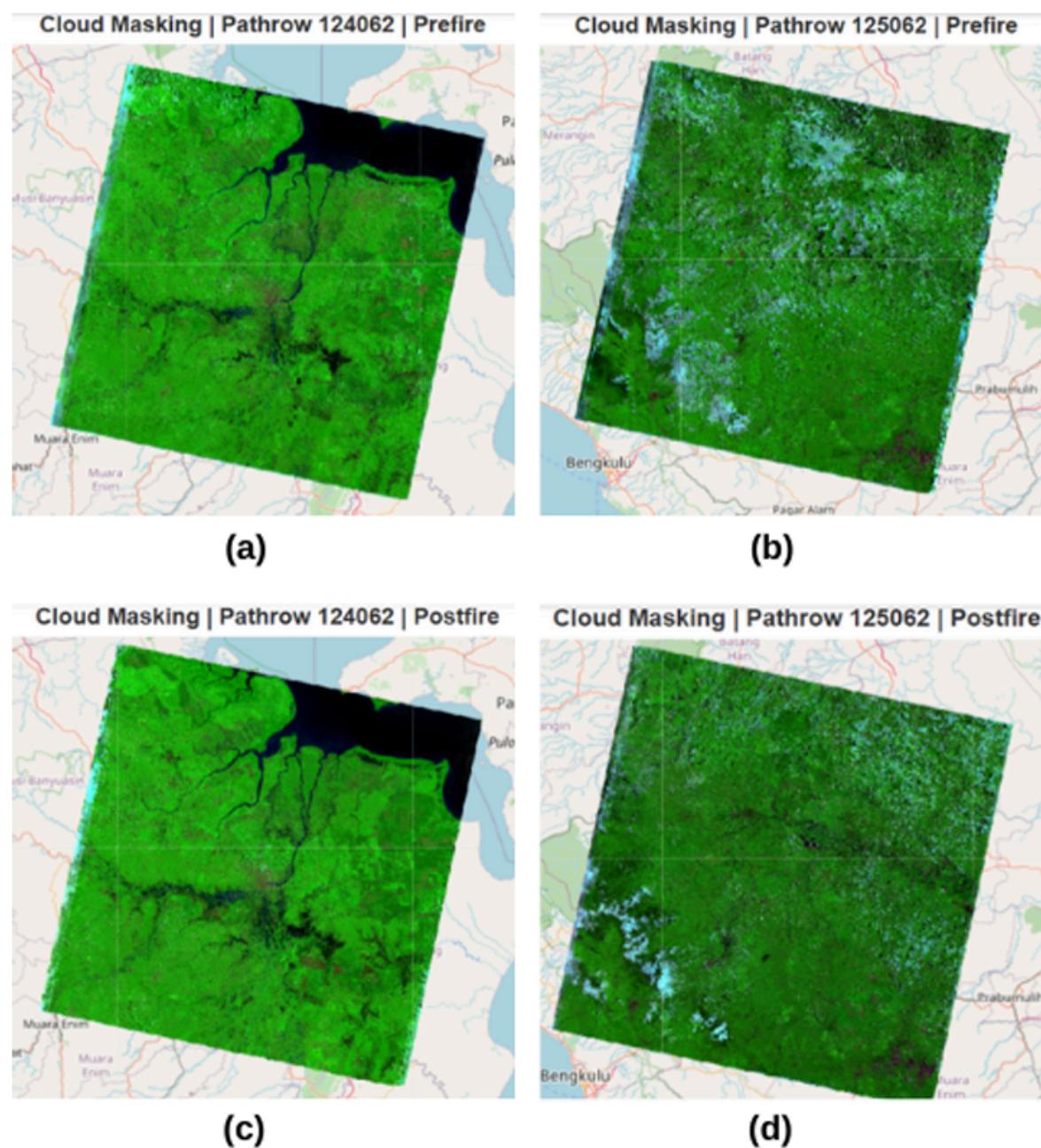


(d)

- Koreksi atmosferik merupakan tahap penting dalam pra pemrosesan citra satelit untuk menghilangkan pengaruh atmosfer terhadap nilai reflektansi yang terekam sensor
- Gambar 4.6(a) → Pathrow 124062 prefire: hasil koreksi atmosferik (DOS) false color B7–B5–B4, vegetasi hijau lebih jelas & tajam → reflektansi lebih akurat.
- Gambar 4.6(b) → Pathrow 125062 prefire: hasil DOS, vegetasi sehat tampak hijau cerah, area terbuka & perbedaan vegetasi terlihat jelas.
- Gambar 4.6(c) → Pathrow 124062 postfire: hasil DOS, perbedaan vegetasi sehat dan area terbuka tetap terlihat tajam, indikasi penurunan tutupan vegetasi mulai terlihat.
- Gambar 4.6(d) → Pathrow 125062 postfire: hasil DOS menunjukkan warna hijau pudar dan tekstur kasar → indikasi degradasi vegetasi & dampak kebakaran.

DATA PREPROCESSING

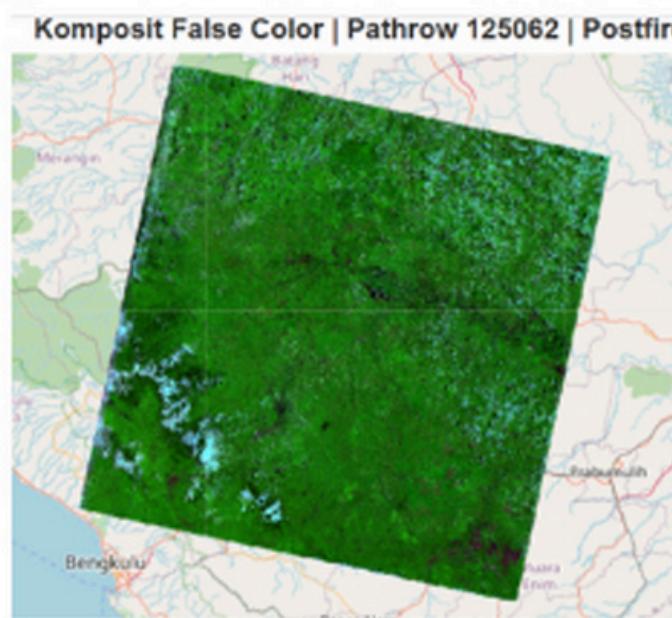
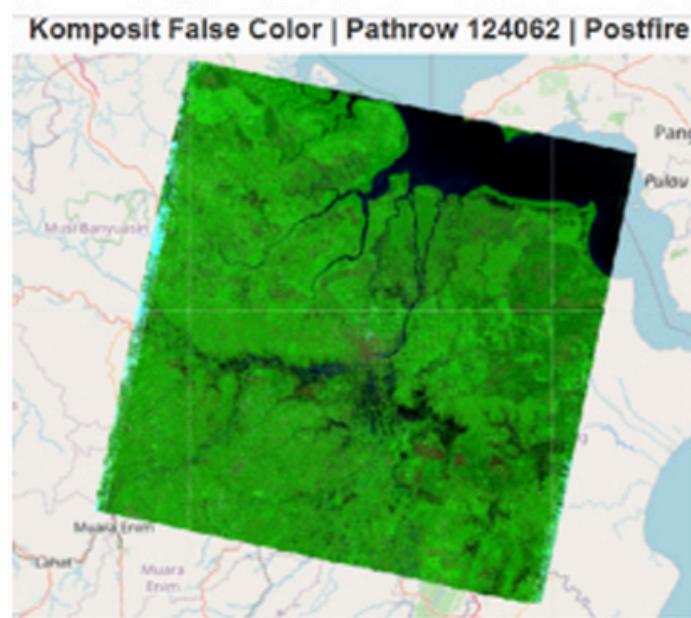
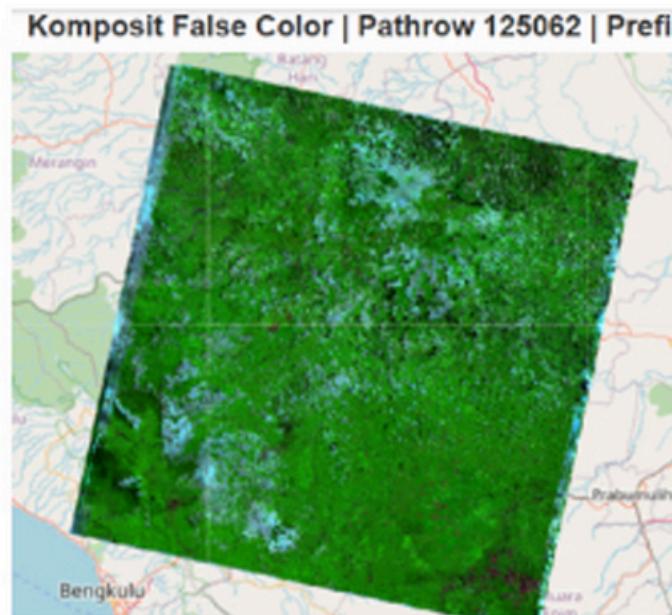
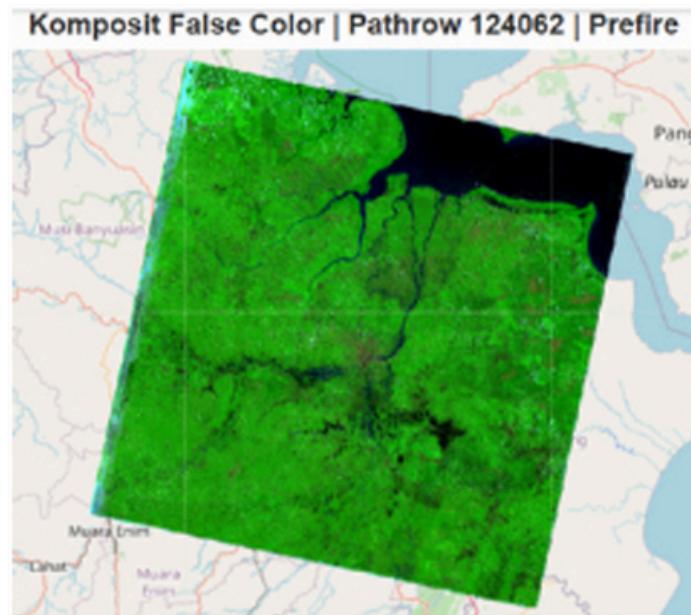
2. Cloud Masking



- Cloud masking merupakan langkah penting dalam pra-pemrosesan citra satelit untuk mengurangi pengaruh awan dan bayangan awan, menggunakan QA Band (QA_Pixel)
- Gambar 4.7(a) → Pathrow 124062 prefire: hasil cloud masking false color menunjukkan area bebas awan lebih jelas, vegetasi dan lahan terbuka terlihat tanpa gangguan atmosfer.
- Gambar 4.7(b) → Pathrow 125062 prefire: hasil masking menghilangkan sebagian besar awan & bayangan, meningkatkan kejelasan citra untuk analisis vegetasi.
- Gambar 4.7(c) → Pathrow 124062 postfire: cloud masking efektif mengurangi tutupan awan, sehingga area terdampak kebakaran terlihat lebih jelas.
- Gambar 4.7(d) → Pathrow 125062 postfire: sebelum masking terdapat awan & bayangan luas, setelah masking area tersebut diminimalkan, mempermudah deteksi area terbakar.

DATA PREPROCESSING

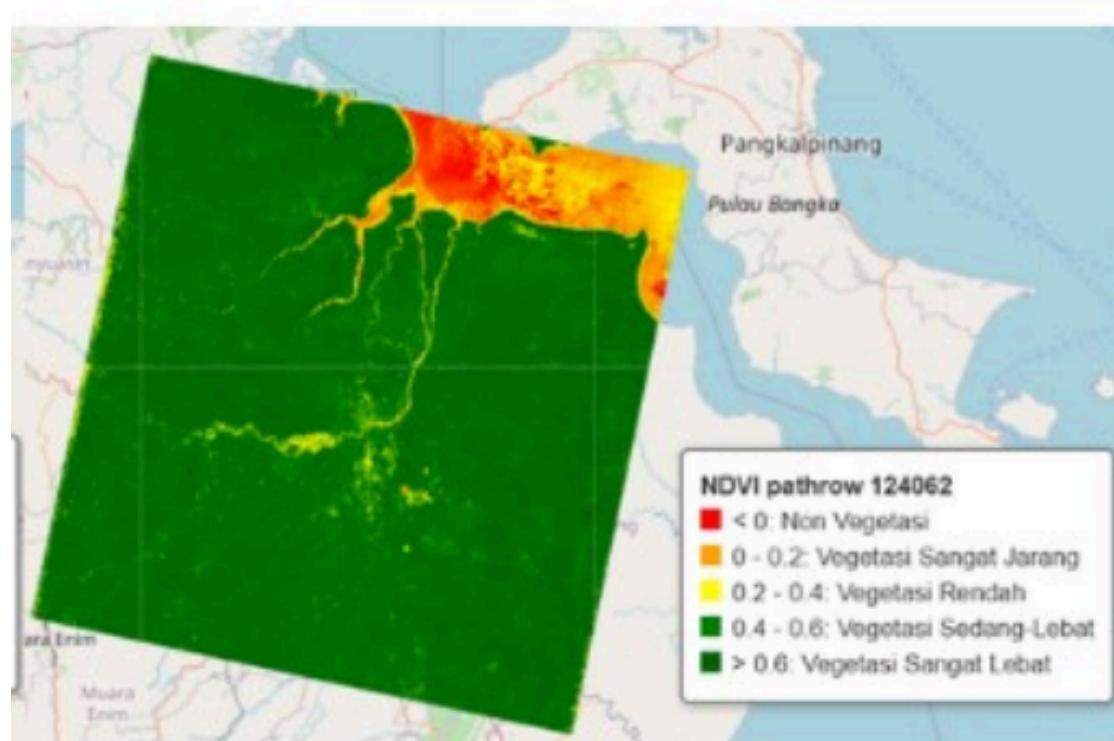
3. Komposit Citra



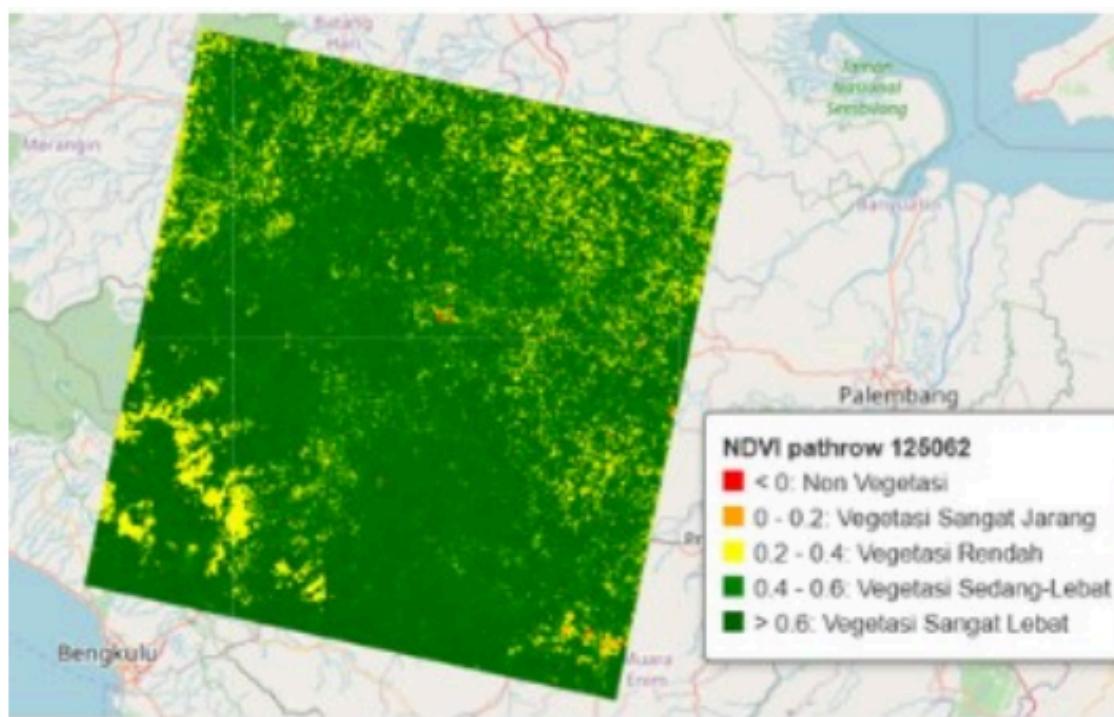
- Komposit citra digunakan sebagai salah satu input untuk model segmentasi.
- False Color dengan kombinasi Band 7 (SWIR), Band 5 (NIR), dan Band 4 (Red).
- Penggunaan False Color efektif menonjolkan perbedaan vegetasi sehat, area terbakar, dan lahan terbuka.
- Berdasarkan penelitian Made dkk. [7] menunjukkan bahwa U-Net dengan input false color memberikan akurasi, IoU, dan Dice Coefficient lebih tinggi dibanding natural color, khususnya pada citra satelit.

EKSTRAKSI FITUR

1. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

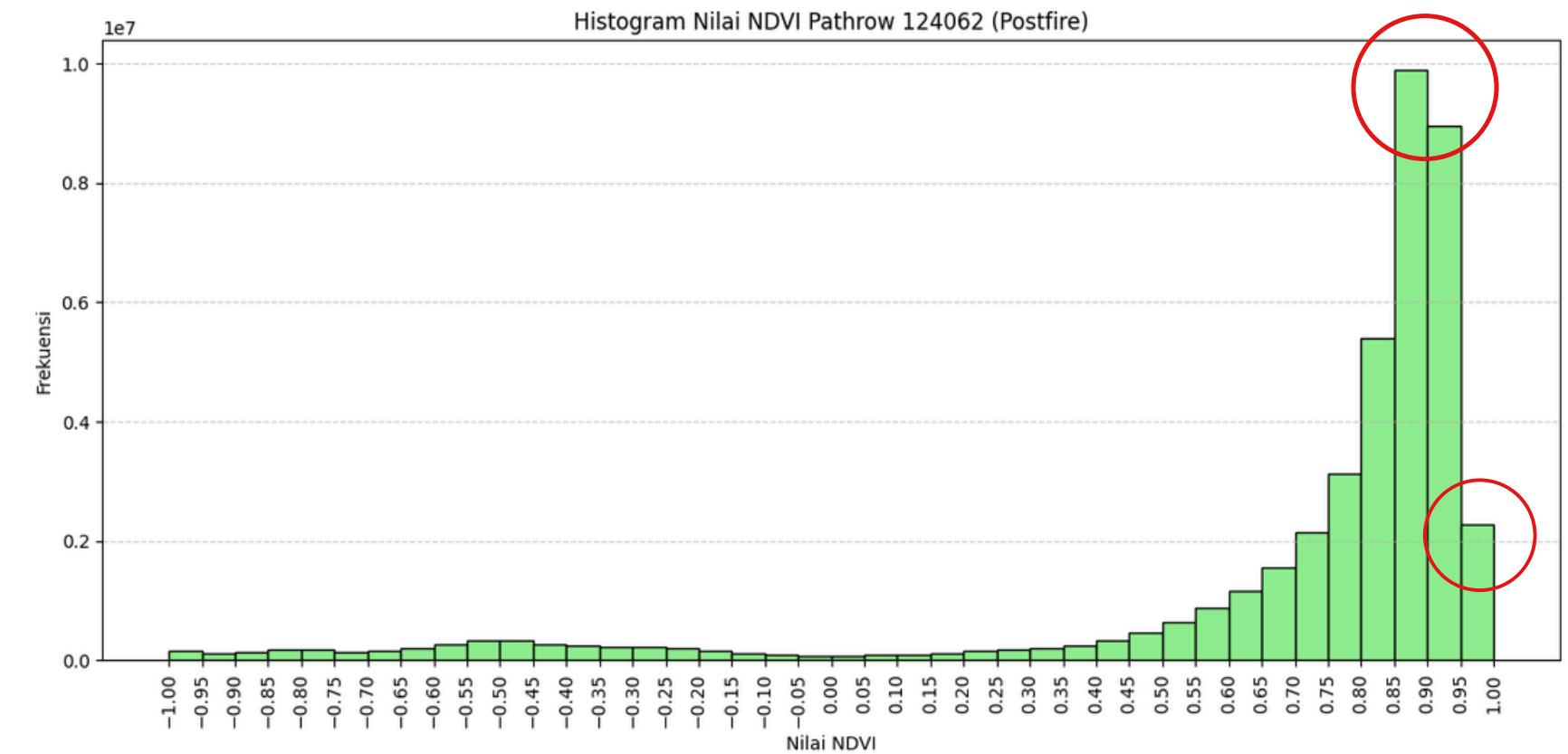
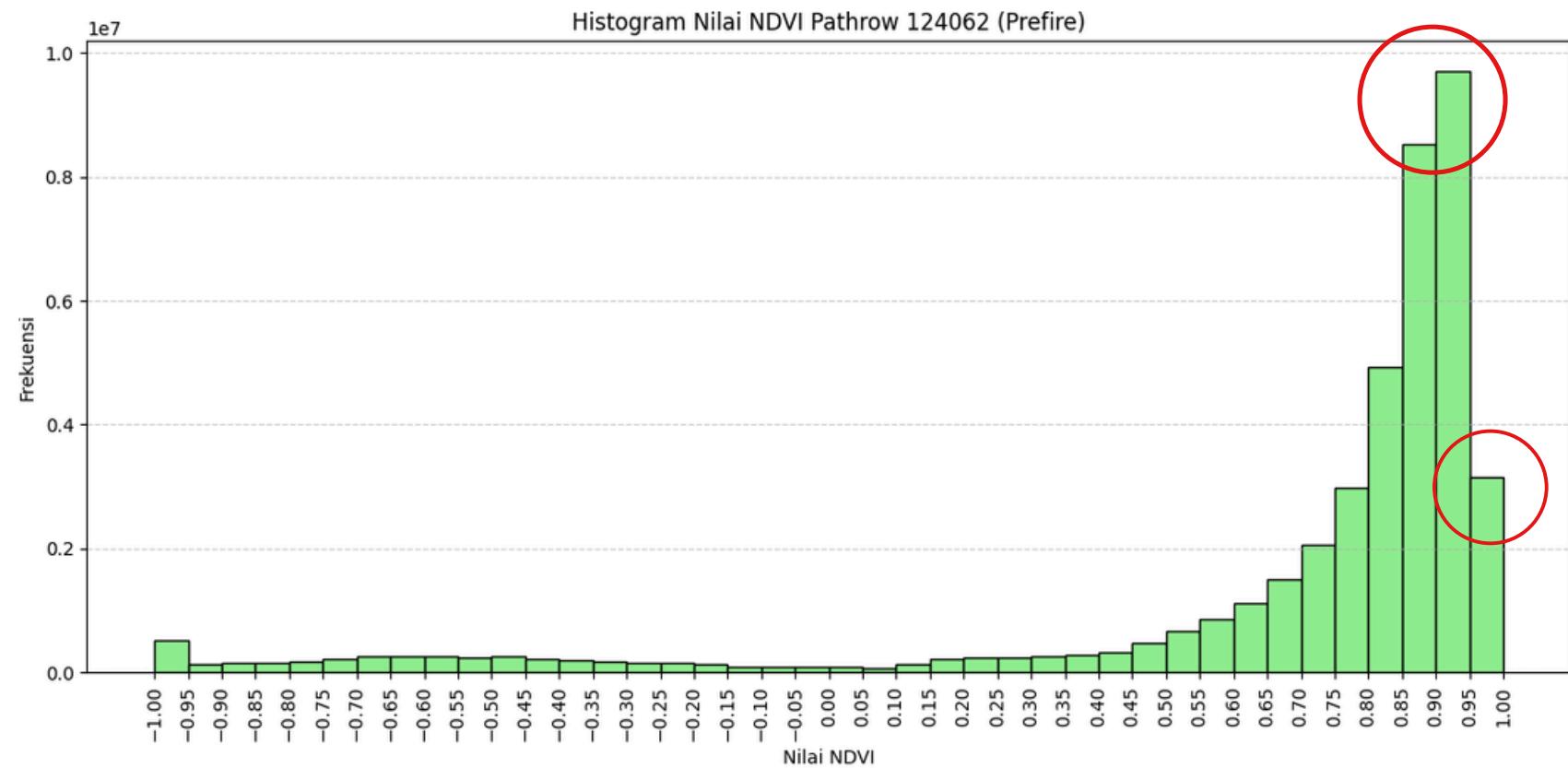


- Gambar Pathrow 124062: peta NDVI postfire memperlihatkan variasi tingkat kehijauan, dengan area bernilai rendah menandakan vegetasi jarang atau rusak, dan area bernilai tinggi menunjukkan vegetasi sehat.
- Gambar Pathrow 125062: pola distribusi NDVI postfire juga bervariasi, mencerminkan perbedaan kerapatan vegetasi di wilayah studi pasca kebakaran.



EKSTRAKSI FITUR

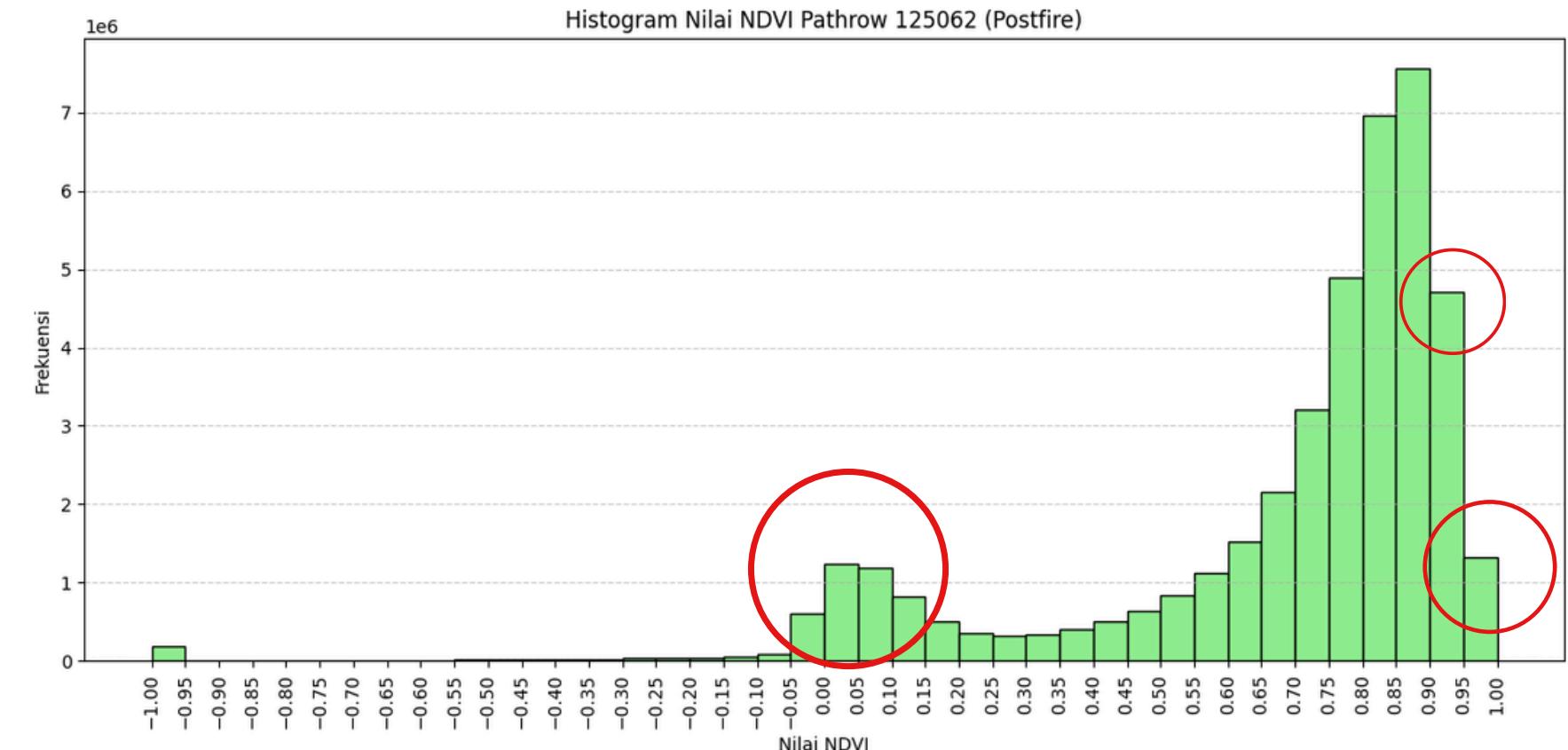
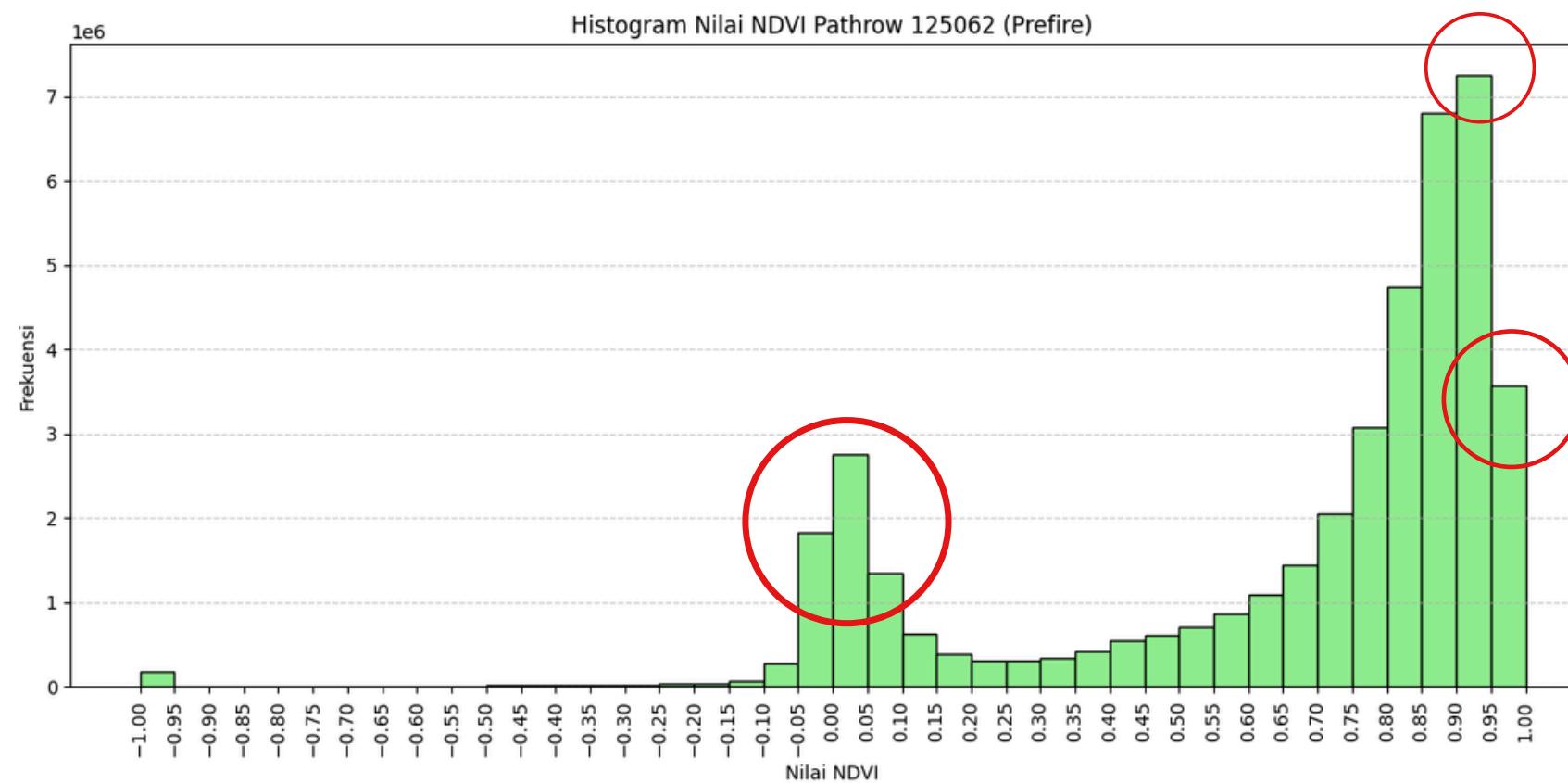
1. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



Terdapat perbedaan frekuensi pada puncak NDVI pada nilai 0.90-0.95 pada prefire yang mana mengalami penurunan pada postfire, hal ini terjadi juga pada nilai 0.95-1 yang mengalami penurunan pada postfire, yang menunjukkan terdapat perubahan vegetasi

EKSTRAKSI FITUR

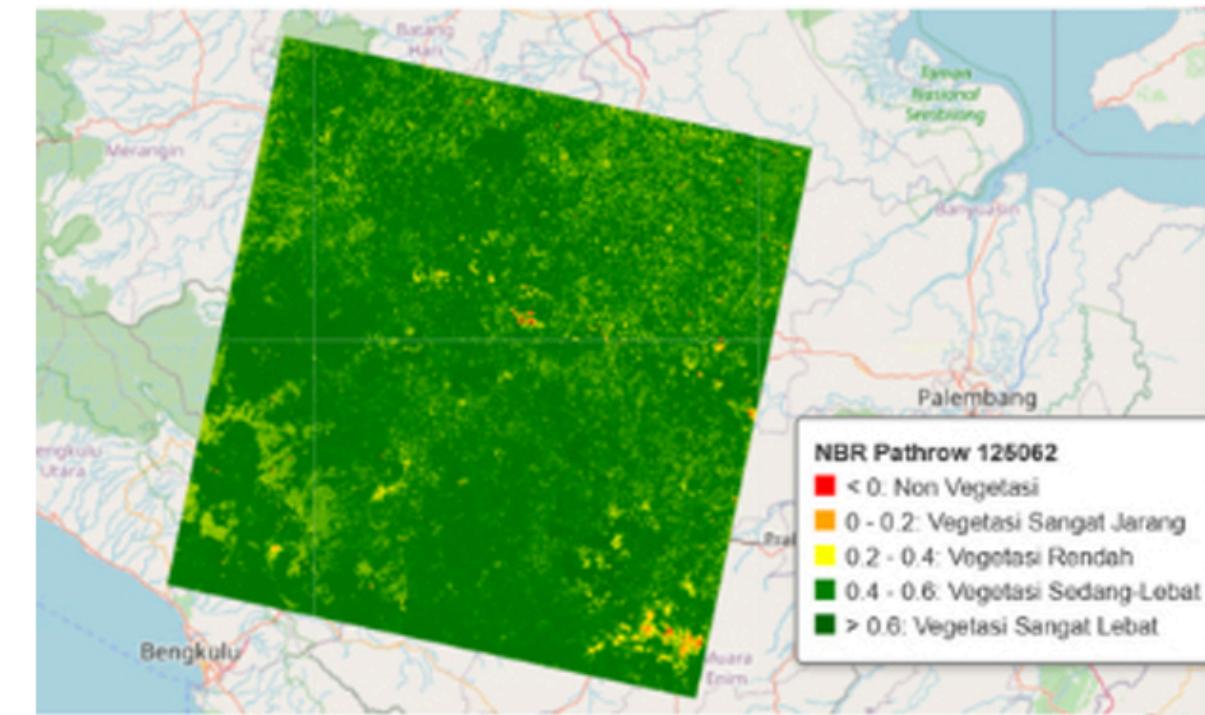
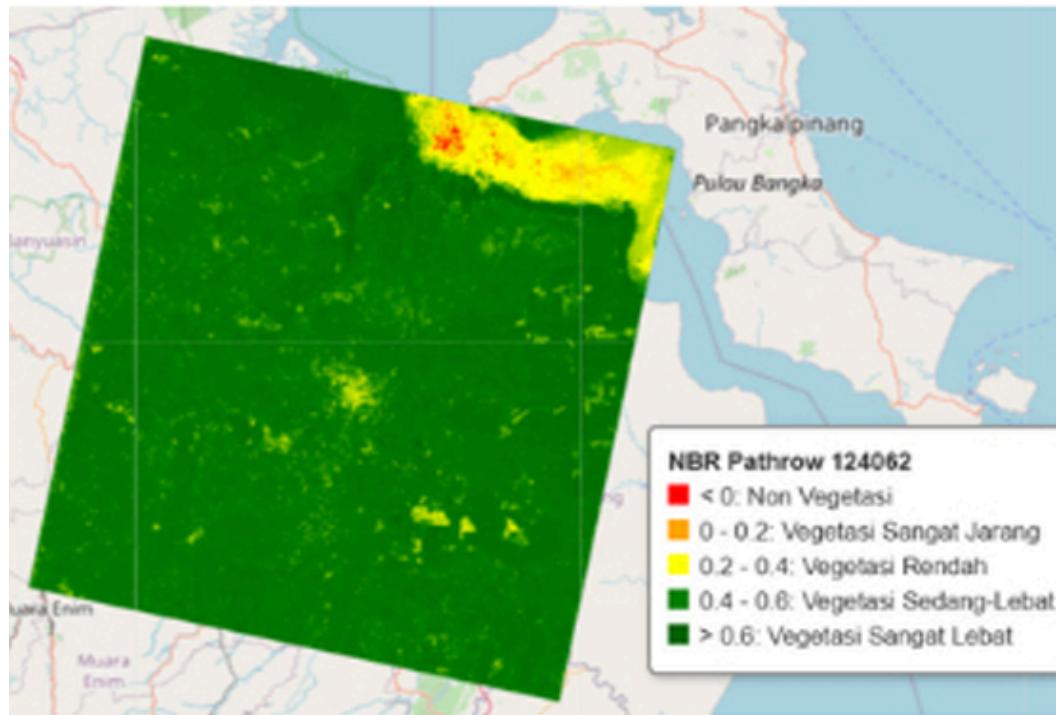
1. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



Terdapat perbedaan frekuensi pada puncak NDVI pada nilai 0.90-0.95 pada prefire yang mana mengalami penurunan pada postfire, hal ini terjadi juga pada nilai 0.95-1 yang mengalami penurunan pada postfire, yang menunjukkan terdapat perubahan vegetasi, Dan pada nilai -0.05 - 0.1 juga mengalami penurunan

EKSTRAKSI FITUR

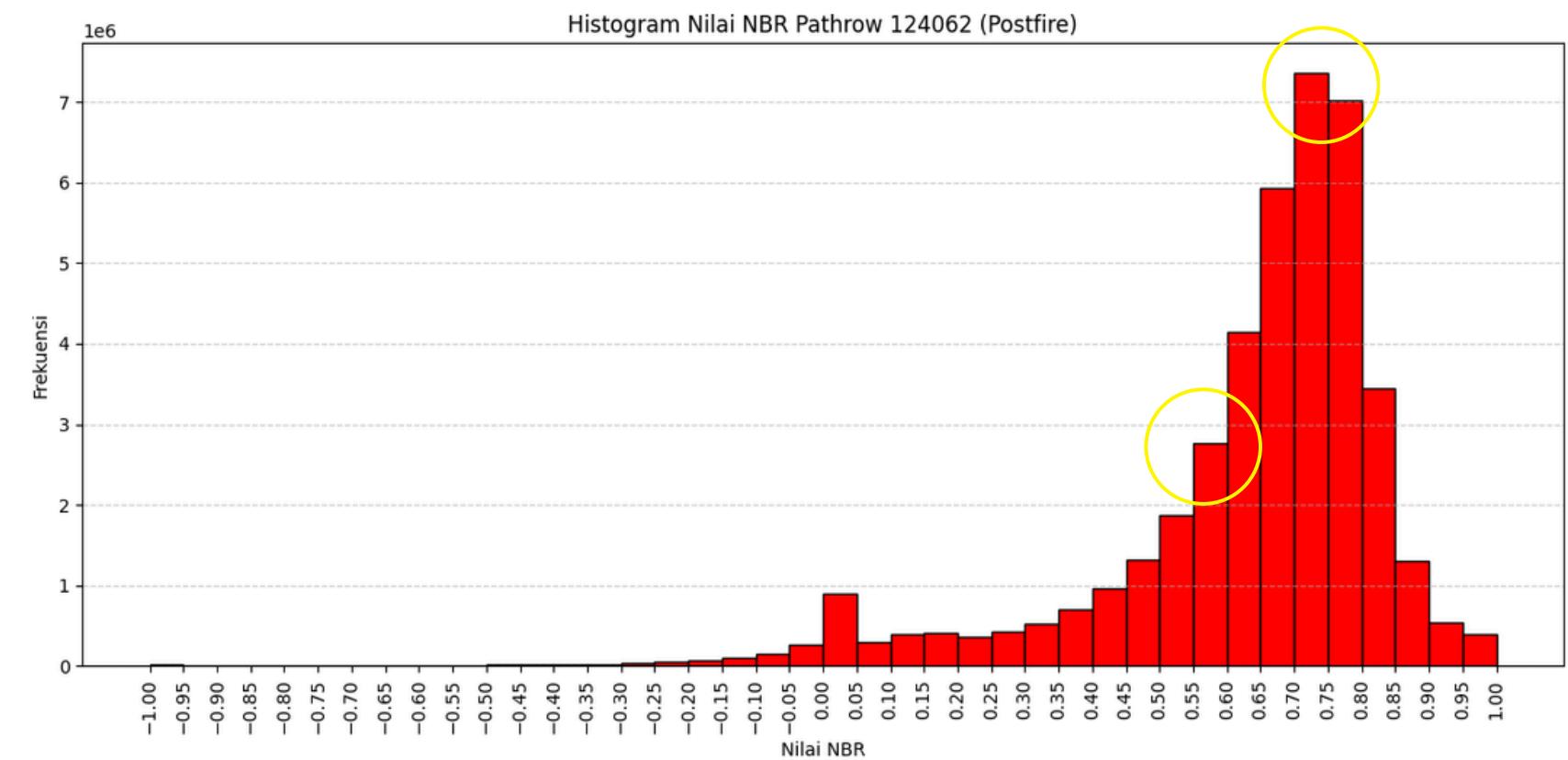
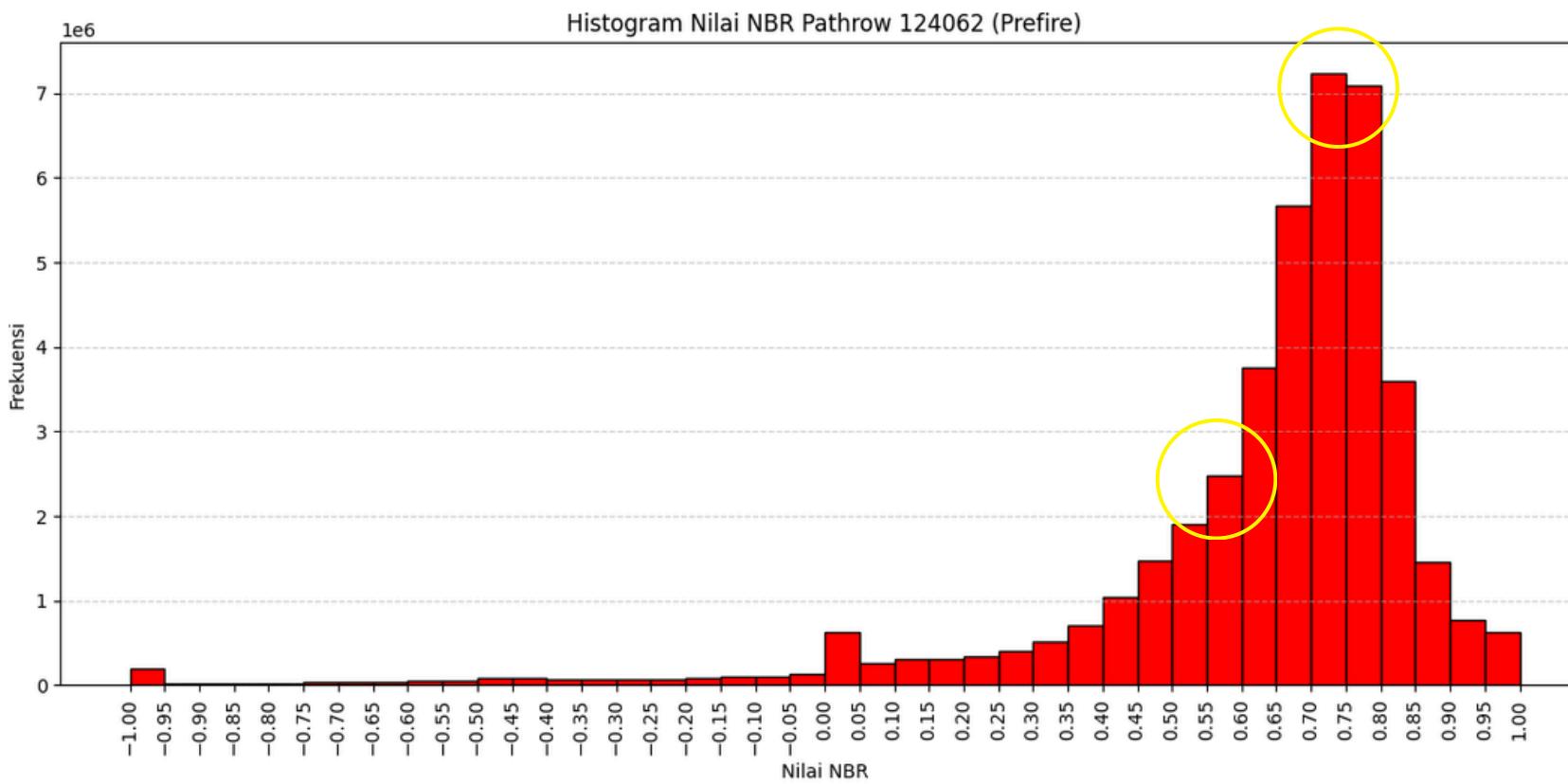
2. NBR (Normalized Burn Ratio)



- Gambar Pathrow 125062: NBR postfire menunjukkan nilai rendah pada area terdampak kebakaran, mengindikasikan hilangnya vegetasi dan peningkatan kelembapan tanah.
- Gambar Pathrow 124062: pola serupa terlihat dengan nilai NBR rendah di area terbakar, menandakan degradasi vegetasi akibat kebakaran.

EKSTRAKSI FITUR

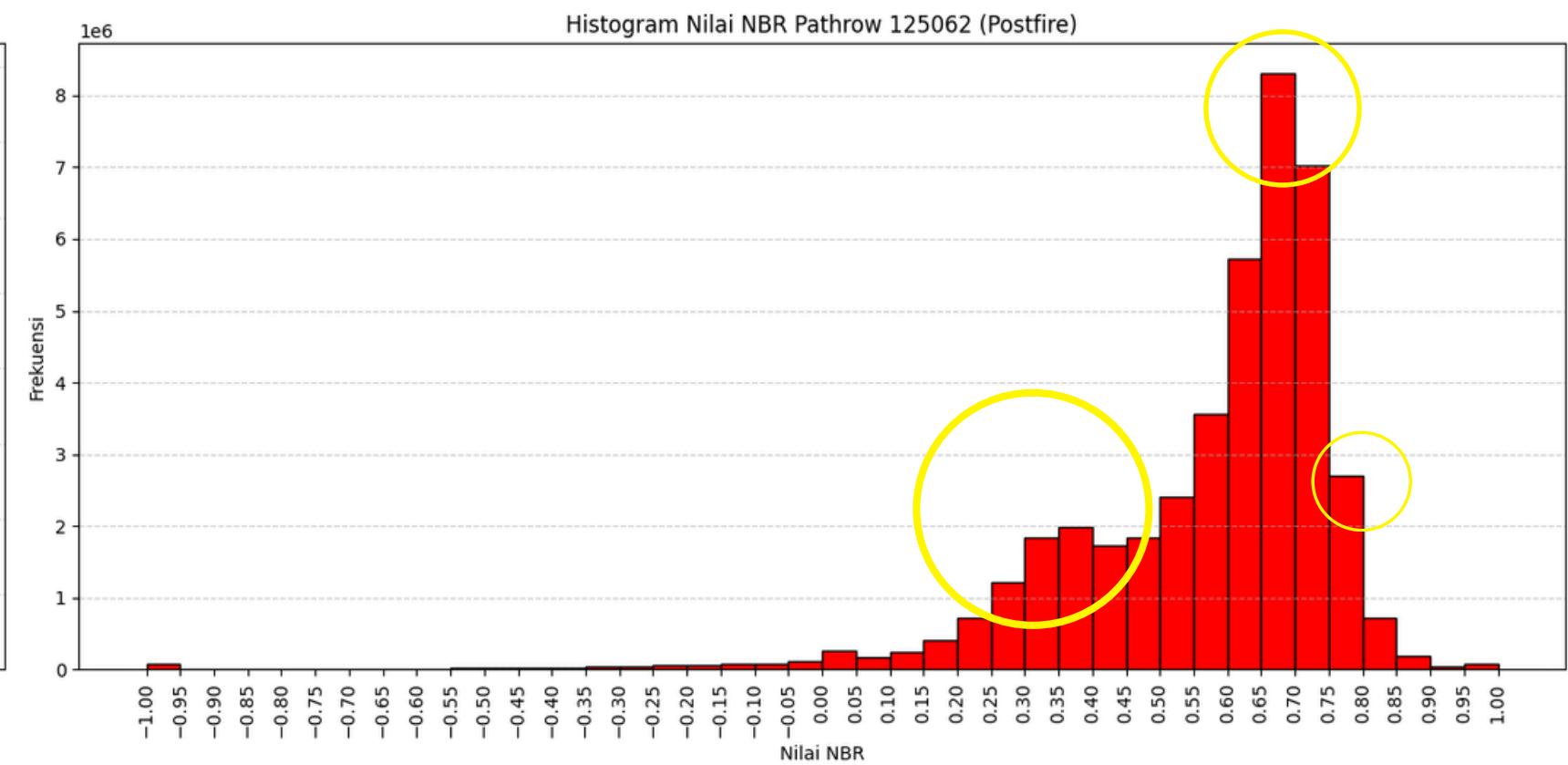
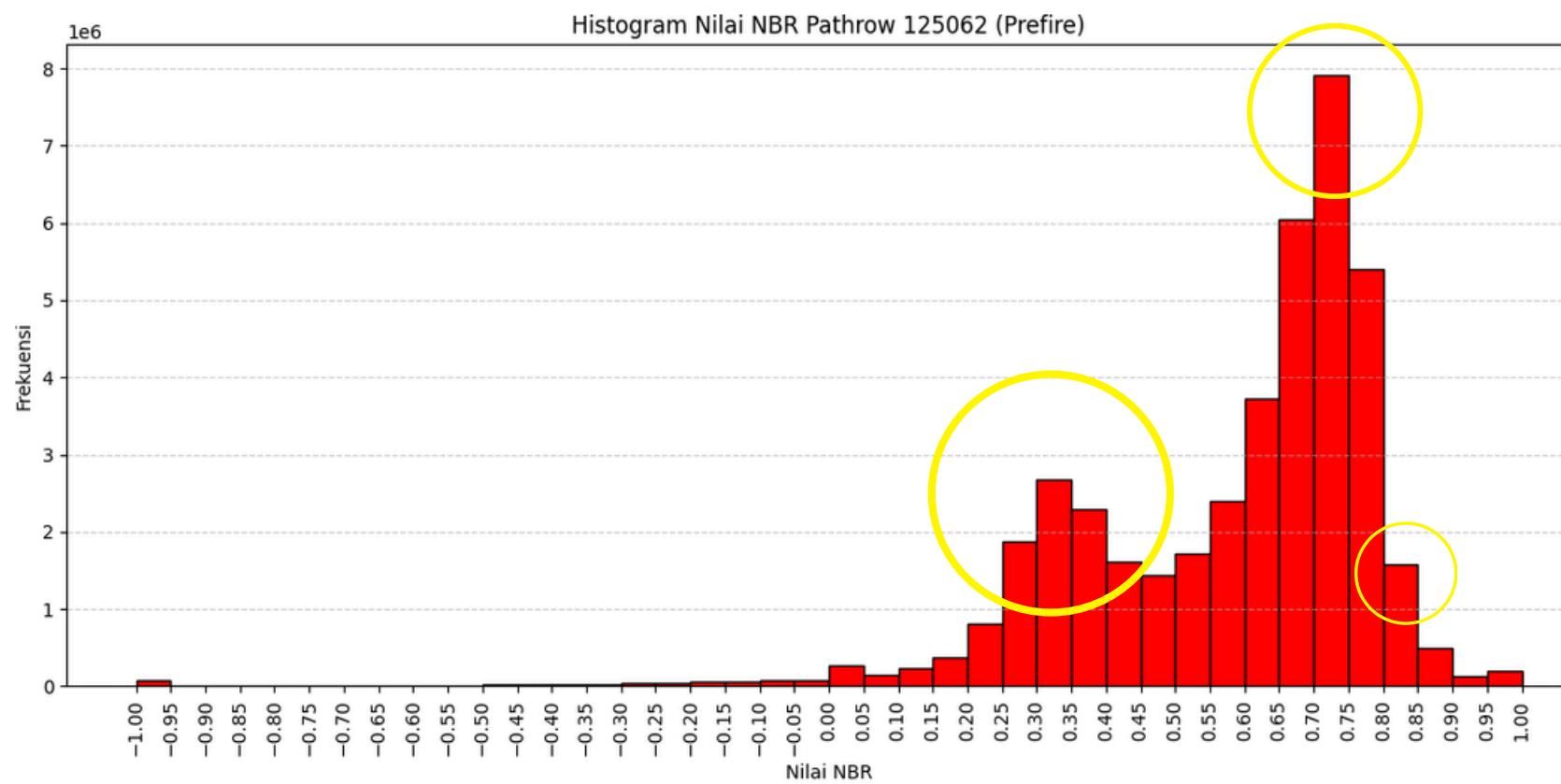
2.NBR (Normalized Burn Ratio)



Terdapat perbedaan frekuensi pada puncak NBR pada nilai 0.70-0.75 pada prefire yang mana mengalami peningkatan pada postfire yang menunjukkan masih vegetasi sehat, namun pada nilai < 0.6 di prefire mengalami penurunan di postfire, yang menunjukkan terjadi degradasi akibat kebakaran

EKSTRAKSI FITUR

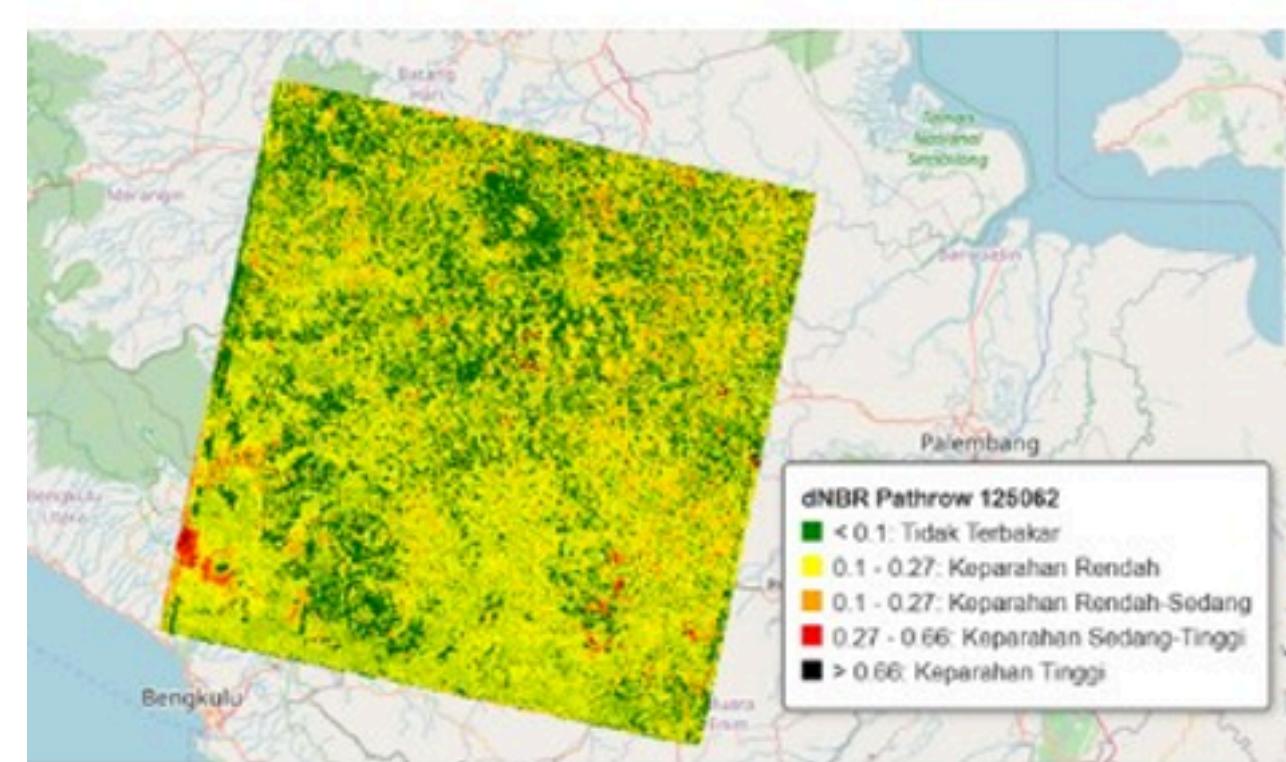
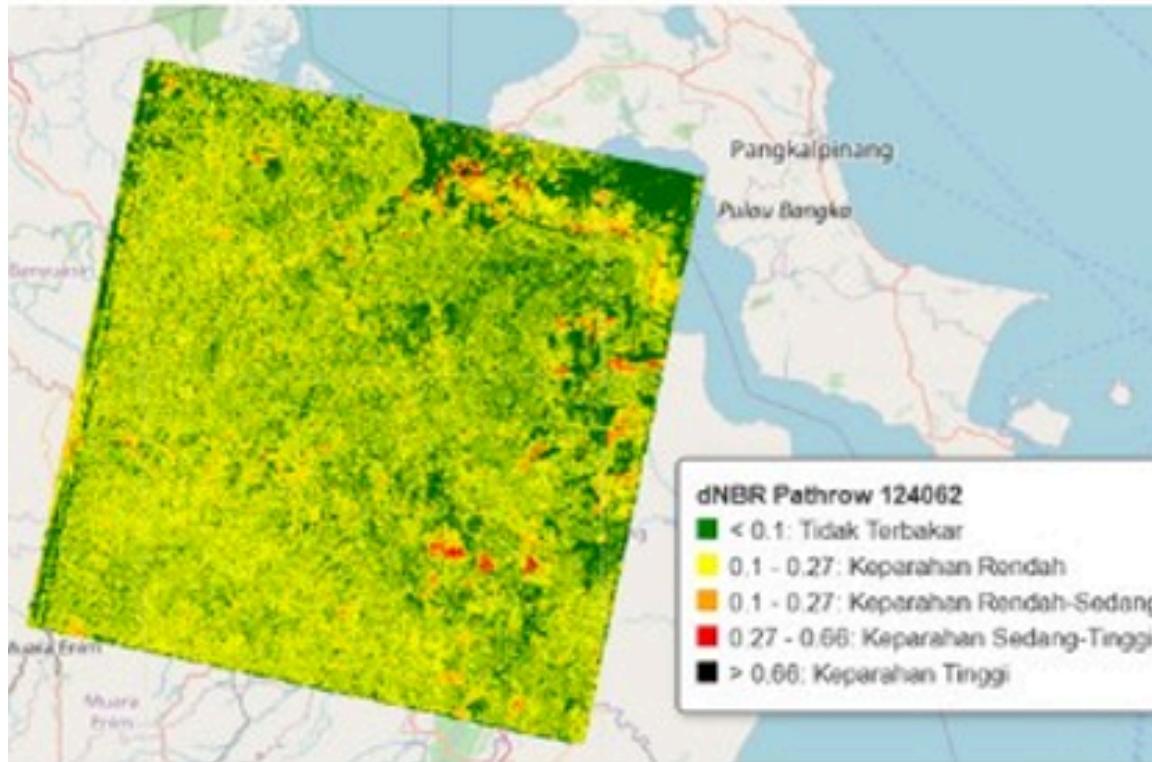
2.NBR (Normalized Burn Ratio)



Terdapat perbedaan frekuensi pada puncak NBR pada nilai 0.70-0.75 pada prefire yang mana mengalami peningkatan pada postfire yang menunjukkan masih vegetasi sehat, namun pada nilai 0.25-0.35 di prefire mengalami penurunan di postfire, yang menunjukkan terjadi degradasi akibat kebakaran

EKSTRAKSI FITUR

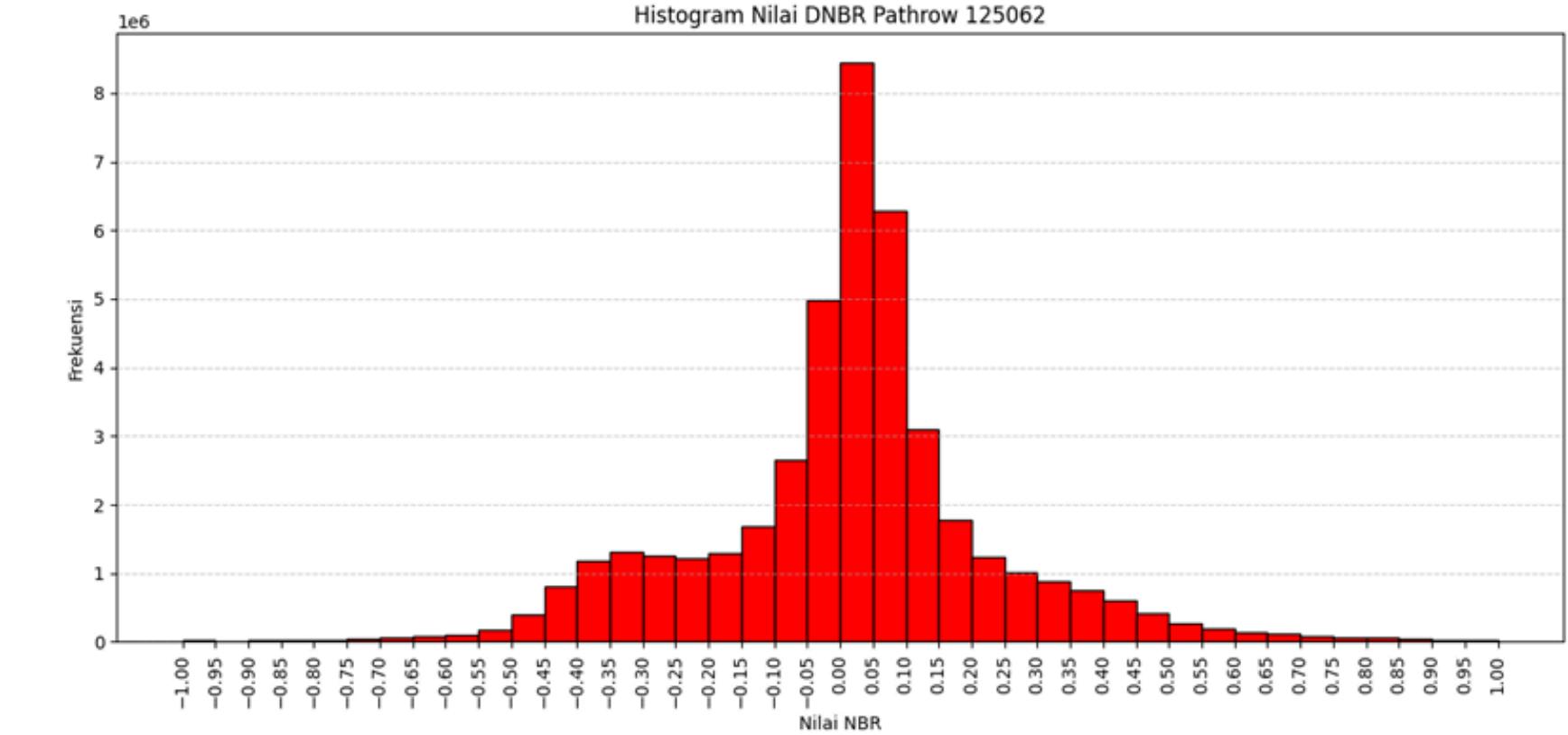
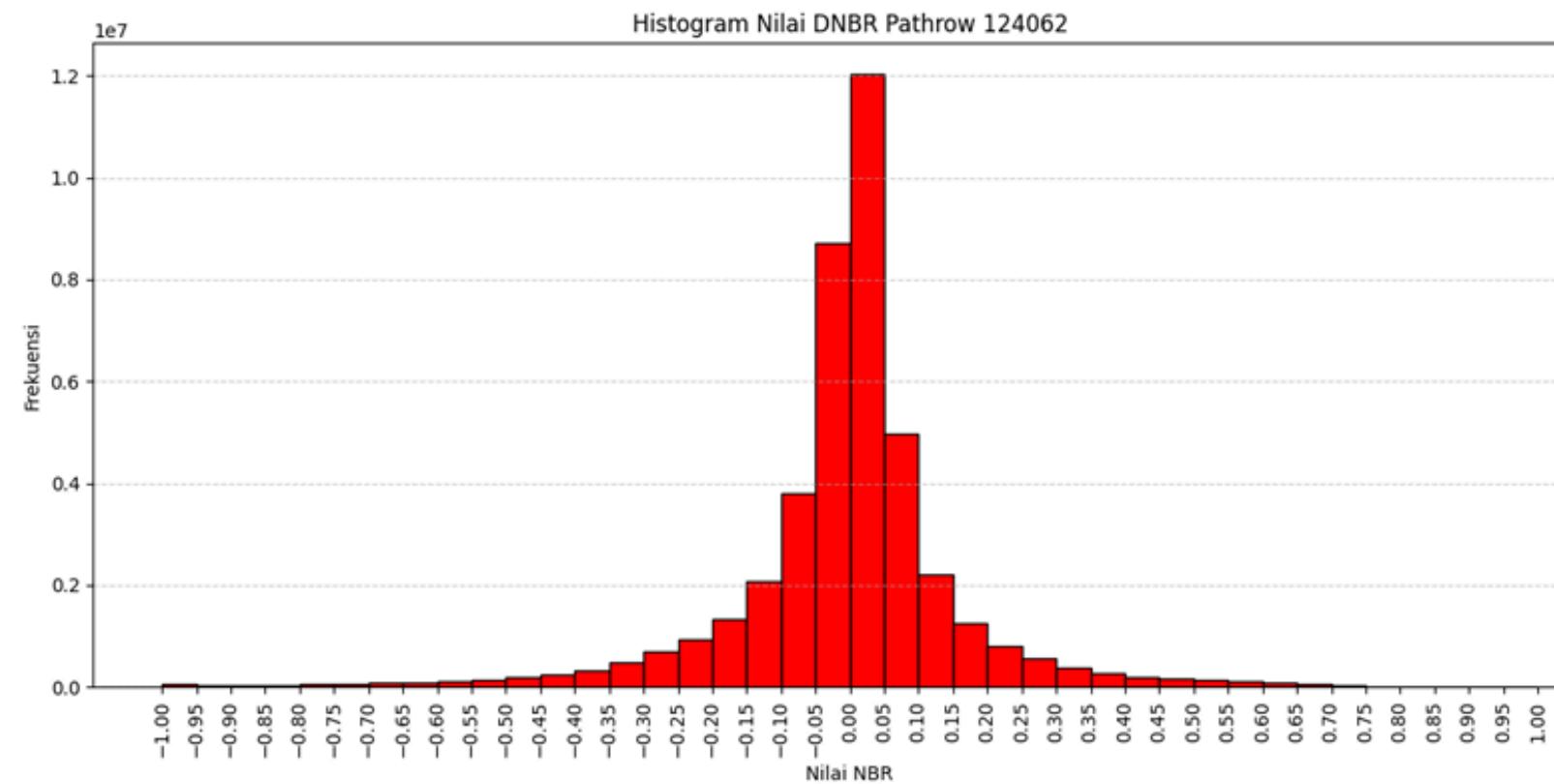
3.DNBR (Difference Normalized Burn Ratio)



- Gambar Pathrow 124062: dNBR menunjukkan keparahan tinggi kebakaran di bagian timur, tenggara, dan beberapa area di utara dekat laut. Dan sisanya dominan keparahan rendah
- Gambar Pathrow 125062: keparahan tinggi kebakaran terletak di barat daya dan tenggara. Dan sisanya dominan keparahan rendah

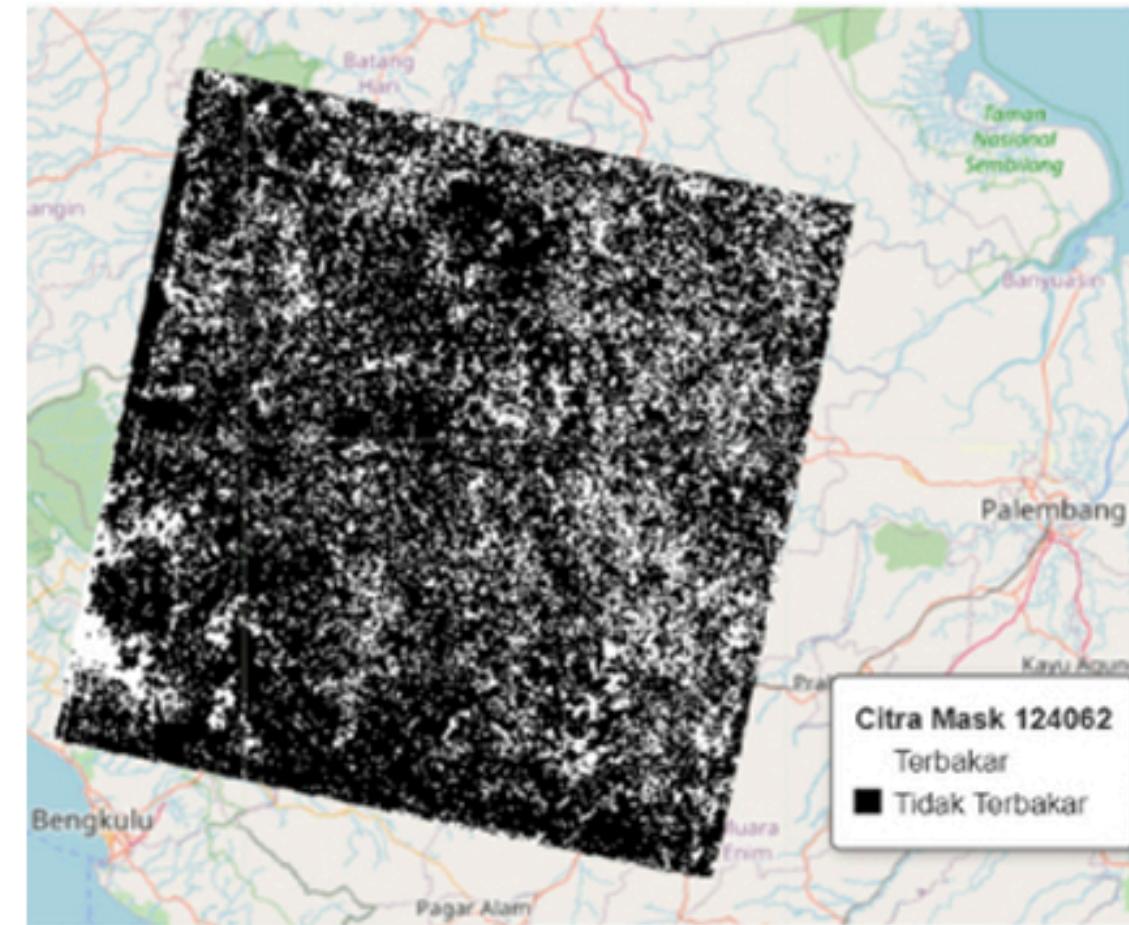
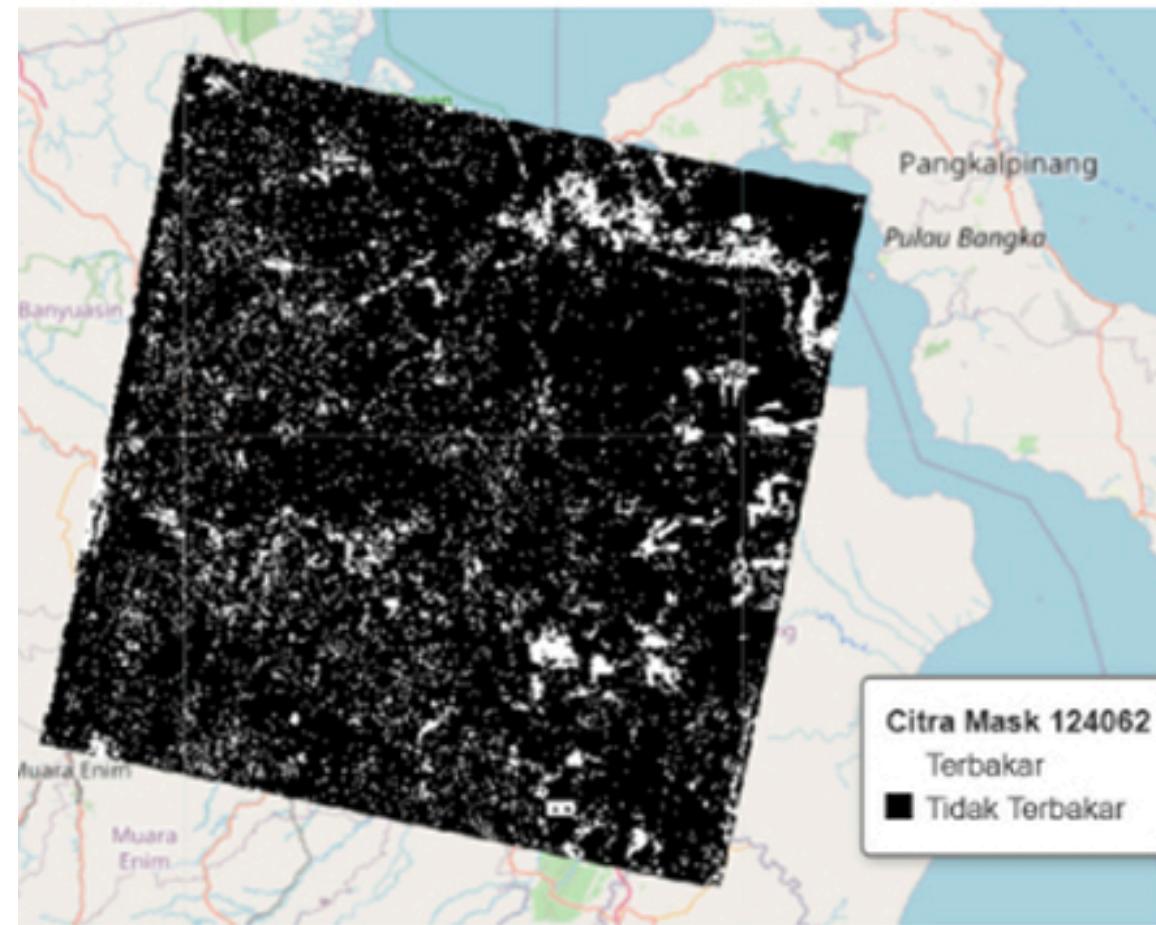
EKSTRAKSI FITUR

3.DNBR (Difference Normalized Burn Ratio)



- Pada pathrow 124062
 - Nilai dNBR kisaran 0.00–0.05, puncak frekuensi $\sim 1,2 \times 10^7$ piksel.
 - Mengindikasikan sedikit perubahan vegetasi atau area tidak terbakar.
 - Nilai >0.1 ada, menunjukkan kebakaran ringan–sedang; >0.6 (keparahan tinggi) jarang.
- Pada Pathrow 125062
 - Distribusi dNBR lebih menyebar, frekuensi piksel lebih tinggi.
 - Sebaran luas menunjukkan dampak kebakaran lebih besar.
 - Banyak piksel pada kelas dNBR menengah–tinggi → kerusakan vegetasi dari ringan hingga sedang, sedikit area dengan keparahan berat.

MASKING CITRA



Masking citra dilakukan untuk memperoleh citra mask, yang diperoleh dari thresholding nilai dnbr. Ketika nilai dnbr > 0.1 menunjukkan area terbakar yang ditunjukkan piksel berwarna putih (1) dan ketika nilai dnbr < 0.1 menunjukkan area tidak terbakar yang ditunjukkan pada piksel berwarna hitam (0)

BAND STACKING

Proses band stacking dilakukan untuk menggabungkan beberapa layer atau kanal citra satelit, seperti komposit False Color, NDVI, dan NBR, menjadi satu citra multiband yang mencakup seluruh informasi spektral.

Tabel 4.5 Urutan Band citra *multiband* disimpan

Band	Informasi disimpan
Band 1	NDVI
Band 2	NBR
Band 3	False Color (Band 4)
Band 4	False Color (Band 5)
Band 5	False Color (Band 7)

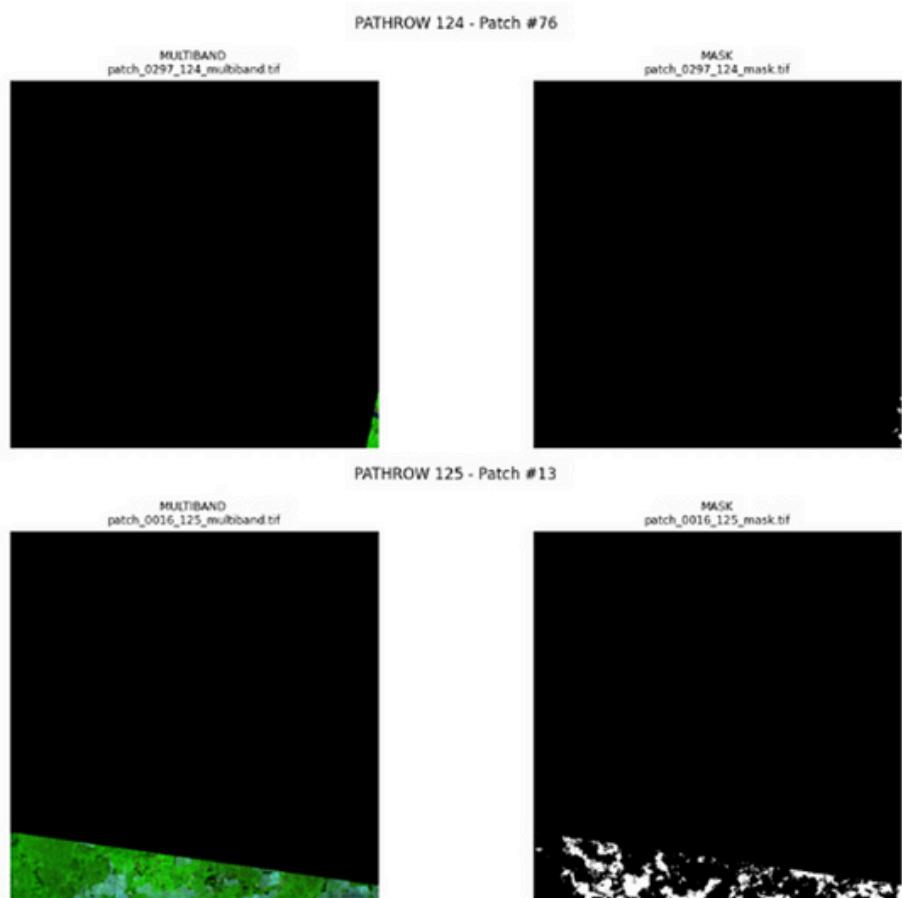


ilustrasi citra multiband

SPLIT DATA

- Sebelum dilakukan split data, dilakukan Pengecekan ukuran citra per pathrow → ditemukan ukuran tidak seragam meskipun sudah difilter di GEE:
 - Pathrow 124062: 7587×7772 piksel
 - Pathrow 125062: 7584×7774 piksel
- Dilakukan clipping raster menggunakan shapefile WRS-2 Path Row (USGS) → batas resmi pathrow Landsat
- menghasilkan ukuran seragam 7313×6533 piksel.
- Sebelum split data, citra dipecah menjadi beberapa patch

SPLIT DATA



Tabel 4.6 Jumlah patch citra sebelum filtering

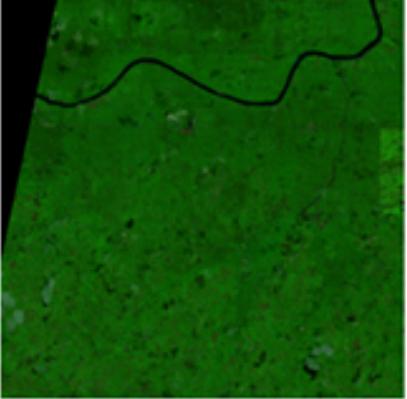
Pathrow	Jumlah patch Citra diperoleh
124062	648
125062	648
Total	1296

Tabel 4.7 Jumlah data setelah *filtering*

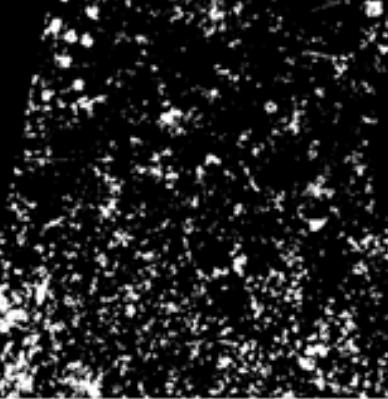
Pathrow	Jumlah patch citra tidak layak	Jumlah patch citra layak
124062	144	504
125062	144	504
Total	288	1008

SPLIT DATA

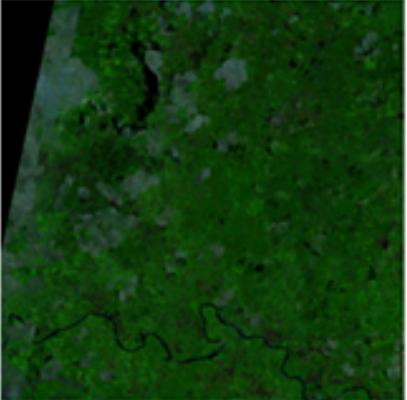
Multiband patch_0058_124_multiband.tif



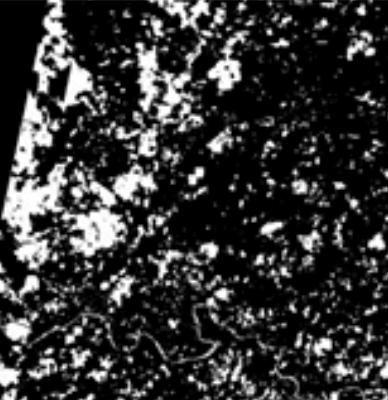
Mask patch_0058_124_mask.tif



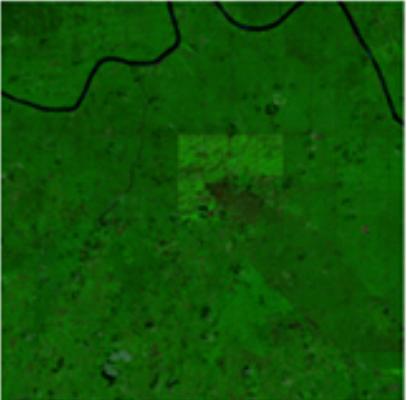
Multiband patch_0058_125_multiband.tif



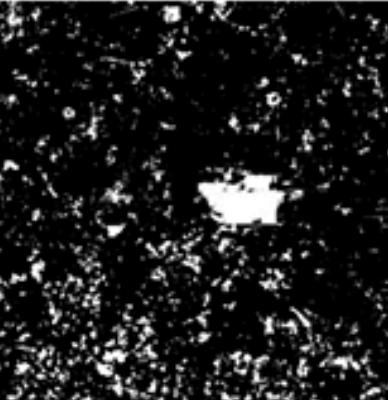
Mask patch_0058_125_mask.tif



Multiband patch_0059_124_multiband.tif



Mask patch_0059_124_mask.tif



Tabel 4.8 Rasio split data

Data	Persentase	Jumlah Data
Train	70%	706
Test	15%	151
Val	15%	151
Total	100%	1008

MODEL U-NET

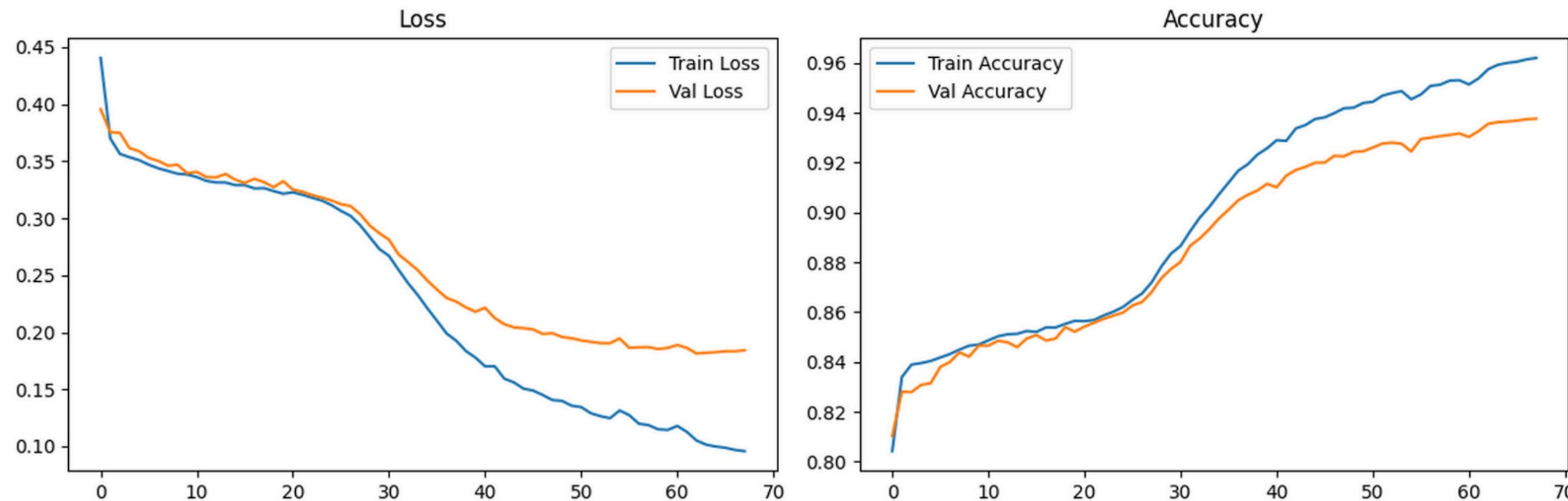
Tabel 4.9 Parameter model U-Net

Layer (type)	Output Shape	Param #	Connected to
input_layer (InputLayer)	(None, 512, 512, 5)	0	-
conv2d (Conv2D)	(None, 512, 512, 64)	2,944	input_layer
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 512, 512, 64)	36,928	conv2d
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 256, 256, 64)	0	conv2d_1
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 256, 256, 128)	73,856	max_pooling2d
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 256, 256, 128)	147,584	conv2d_2
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 128, 128, 128)	0	conv2d_3
conv2d_4 (Conv2D)	(None, 128, 128, 256)	295,168	max_pooling2d_1
conv2d_5 (Conv2D)	(None, 128, 128, 256)	590,080	conv2d_4
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 64, 64, 256)	0	conv2d_5
conv2d_6 (Conv2D)	(None, 64, 64, 512)	1,180,160	max_pooling2d_2
conv2d_7 (Conv2D)	(None, 64, 64, 512)	2,359,808	conv2d_6
max_pooling2d_3 (MaxPooling2D)	(None, 32, 32, 512)	0	conv2d_7
conv2d_8 (Conv2D)	(None, 32, 32, 1024)	4,719,616	max_pooling2d_3
conv2d_9 (Conv2D)	(None, 32, 32, 1024)	9,438,208	conv2d_8

MODEL U-NET

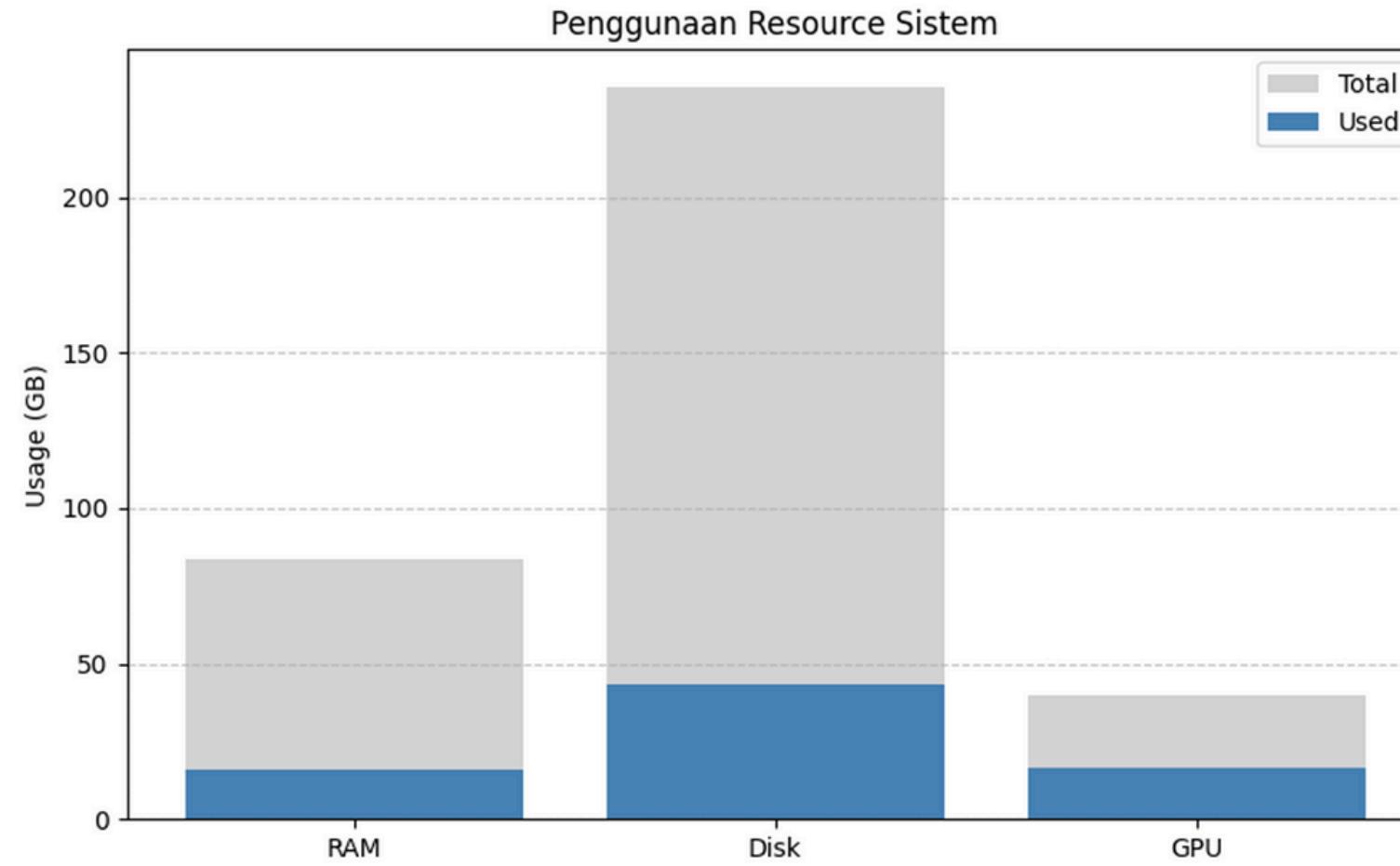
conv2d_transpose (Conv2DTranspose)	(None, 64, 64, 512)	2,097,664	conv2d_9
concatenate (Concatenate)	(None, 64, 64, 1024)	0	conv2d_transpose, conv2d_7
conv2d_10 (Conv2D)	(None, 64, 64, 512)	4,719,104	concatenate
conv2d_11 (Conv2D)	(None, 64, 64, 512)	2,359,808	conv2d_10
conv2d_transpose_1 (Conv2DTranspose)	(None, 128, 128, 256)	524,544	conv2d_11
concatenate_1 (Concatenate)	(None, 128, 128, 512)	0	conv2d_transpose_1, conv2d_5
conv2d_12 (Conv2D)	(None, 128, 128, 256)	1,179,904	concatenate_1
conv2d_13 (Conv2D)	(None, 128, 128, 256)	590,080	conv2d_12
conv2d_transpose_2 (Conv2DTranspose)	(None, 256, 256, 128)	131,200	conv2d_13
concatenate_2 (Concatenate)	(None, 256, 256, 256)	0	conv2d_transpose_2, conv2d_3
conv2d_14 (Conv2D)	(None, 256, 256, 128)	295,040	concatenate_2
conv2d_15 (Conv2D)	(None, 256, 256, 128)	147,584	conv2d_14
conv2d_transpose_3 (Conv2DTranspose)	(None, 512, 512, 64)	32,832	conv2d_15
concatenate_3 (Concatenate)	(None, 512, 512, 128)	0	conv2d_transpose_3, conv2d_1
conv2d_16 (Conv2D)	(None, 512, 512, 64)	73,792	concatenate_3
conv2d_17 (Conv2D)	(None, 512, 512, 64)	36,928	conv2d_16
conv2d_18 (Conv2D)	(None, 512, 512, 1)	65	conv2d_17

MODEL U-NET



- Loss train & validation turun konsisten hingga ~epoch 68.
- Tidak ada fluktuasi signifikan pada val_loss → model tidak overfitting.
- Akurasi train & validation naik bertahap dan saling mendekati → generalisasi baik.
- EarlyStopping & ReduceLROnPlateau membantu mencegah pelatihan berlebihan.

MODEL U-NET

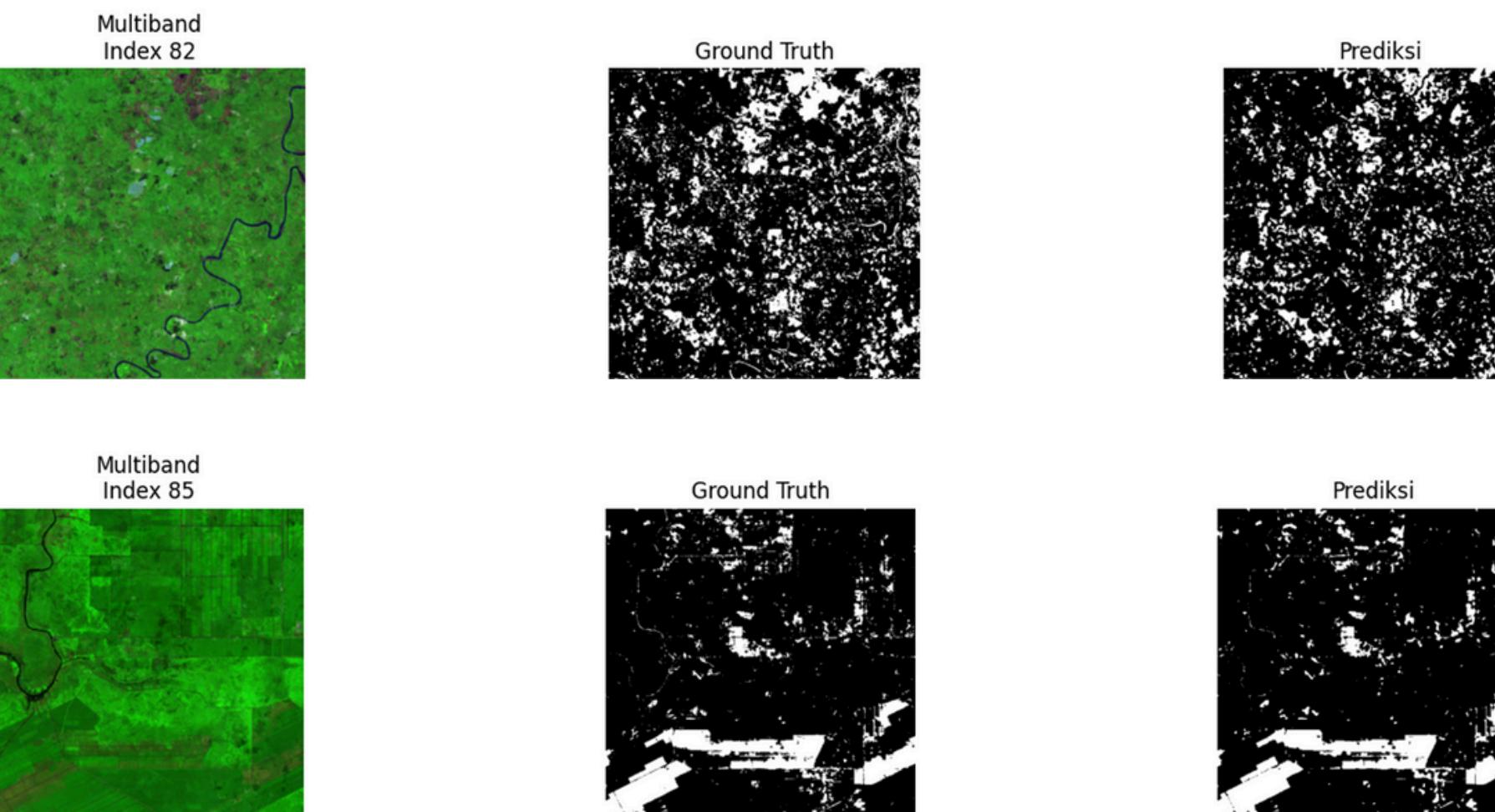


Proses training model dijalankan pada perangkat komputasi dengan spesifikasi yang tercantum pada Tabel 3.2, memakan waktu 20 menit 21 detik. Selama pelatihan, penggunaan memori GPU tercatat 16,68 GB dari total 40 GB, RAM sebesar 16,16 GB dari total 83,48 GB, dan ruang disk sebesar 43,49 GB dari total 235,68 GB.

EVALUASI MODEL

Evaluasi Model	Nilai
Akurasi	0.93523
IoU	0.70858
Dice Coefficient	0.82944
Binary Cross Entropy	0.18111

sebagian sampel prediksi segmentasi burned area



PEMBAHASAN SEGMENTASI BURNED AREA

- Model U-Net menggunakan 5 kanal input: 3 kanal komposit false color + NDVI + NBR.
- NDVI digunakan untuk membedakan vegetasi sehat dan lahan terbakar; NBR sensitif terhadap perubahan akibat kebakaran.
- Overlapping patch diterapkan menyeluruh pada seluruh data pelatihan untuk memperkaya variasi spasial, berbeda dari penelitian pembanding yang hanya sebagian.
- Pelabelan dilakukan otomatis menggunakan threshold dNBR, lebih efisien dan konsisten dibanding delineasi manual.
- Model di Training: 200 epoch, loss Binary Cross Entropy, GPU A100, dataset 1008 pasangan citra-label.
- Performa Model:

Evaluasi Model	Hasil Penelitian Penulis	Hasil Penelitian Made, dkk. (2023)
Akurasi	0.94	0.95
IoU	0.71	0.78
Dice Coefficient	0.83	0.69
Binary Cross-Entropy	0.18	0.14

- Dibanding penelitian Made (2023): akurasi sedikit lebih rendah, namun Dice Coefficient lebih tinggi → segmentasi spasial lebih presisi.
- Kontribusi signifikan datang dari integrasi NDVI & NBR dalam input model.

KESIMPULAN & SARAN

KESIMPULAN & SARAN

KESIMPULAN

- Ekstraksi Fitur → Data Landsat 9 diproses melalui koreksi atmosferik (DOS), cloud masking (QA Band), komposit false color (B7–B5–B4), serta penambahan indeks NDVI dan NBR untuk memperkaya informasi spektral.
- Implementasi Model → Model U-Net digunakan untuk segmentasi burned area dengan input multiband (false color + NDVI + NBR), menghasilkan pelatihan stabil tanpa indikasi overfitting atau underfitting.
- Evaluasi Model → Model mencapai akurasi 0,93523, IoU 0,70858, dan Dice Coefficient 0,82944, menunjukkan segmentasi area terbakar yang presisi dan konsisten terhadap ground truth.

SARAN

- Kendala Komputasi → Ukuran data besar & kompleksitas spasial membutuhkan GPU dan Memory besar; solusi yang disarankan adalah pemrosesan berbasis cloud (mis. GCP) untuk efisiensi, paralelisasi, dan skalabilitas.
- Perluasan Cakupan & Analisis Temporal → Disarankan memperluas wilayah studi ke seluruh Sumatera dan memperpanjang rentang waktu analisis (2015–2025) untuk mempelajari tren kebakaran secara temporal.
- Pengembangan Metode & Data → model segmentasi terbaru (Attention U-Net, U-Net++, SegFormer) serta pertimbangkan citra resolusi lebih tinggi seperti Sentinel-2 untuk meningkatkan akurasi spasial, terutama di area heterogen.



FAKULTAS SAINS
Institut Teknologi Sumatera



TERIMA KASIH



Profil



Nama

: Alber Analafean

NIM

: 121450146

Kelompok Keilmuan : Big Data (Kecerdasan Komputasional
dan Visi)

IPK

: 3.19

Hari, Tanggal Sidang: Sabtu, 16 Agustus 2025