

**DASHBOARD BERBASIS R SHINY**  
**VISUALISASI INTERAKTIF TREN DEFORESTASI DAN DAMPAK**  
**LINGKUNGAN DI KALIMANTAN**



Disusun Oleh:

Arif Budiman	(222312994)
Aura Hanifa Kasetya Putri	(222313003)
M.Arkillah Ibnu.A.	(222313191)

Dosen Pengampu : Yuliagnis Transver Wijaya, S.ST, M.Sc.

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV KOMPUTASI STATISTIK**  
**POLITEKNIK STATISTIKA STIS**

**2025**

## **I. Latar Belakang**

Indonesia, sebagai negara megabiodiversitas, memiliki salah satu kawasan hutan tropis terbesar di dunia. Hutan-hutan ini berfungsi penting dalam menjaga keseimbangan iklim global, mendukung siklus hidrologi, serta menyediakan sumber daya alam bagi jutaan masyarakat. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, Indonesia menghadapi tekanan serius akibat laju deforestasi yang tinggi. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), meskipun tren deforestasi cenderung menurun dalam beberapa tahun terakhir, ancaman terhadap keberlanjutan hutan Indonesia masih sangat tinggi. Faktor penyebab utama deforestasi meliputi ekspansi perkebunan kelapa sawit, pembukaan tambang, pembangunan infrastruktur, kebakaran hutan dan lahan (karhutla), serta praktik pertanian berpindah yang tidak berkelanjutan.

Dampak deforestasi sangat luas dan multidimensional. Salah satu dampak paling kritis adalah hilangnya habitat alami yang menyebabkan menurunnya populasi flora dan fauna, terutama yang berstatus terancam punah. Selain itu, alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan skala besar telah menyebabkan degradasi ekosistem, menurunnya kualitas tanah, dan gangguan pada siklus air, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan frekuensi bencana ekologis seperti banjir dan kekeringan.

Deforestasi juga berpengaruh pada kondisi lingkungan yang lebih luas, seperti penurunan kualitas udara dan kenaikan suhu. Proses pembukaan lahan yang tidak terkendali sering kali diikuti oleh kebakaran hutan yang menghasilkan kabut asap, yang mengganggu kualitas udara dan berdampak buruk pada kesehatan manusia, ekosistem, serta kegiatan ekonomi. Selain itu, perubahan fungsi lahan turut berkontribusi pada kenaikan suhu lokal, memperburuk dampak perubahan iklim yang sudah terasa di berbagai wilayah Indonesia, khususnya di Kalimantan.

Mengingat kompleksitas masalah yang ditimbulkan oleh deforestasi serta keterkaitannya dengan aspek keanekaragaman hayati dan perubahan tata guna lahan, dibutuhkan pendekatan informasi yang terintegrasi, komprehensif, dan mudah diakses oleh berbagai pemangku kepentingan. Dalam konteks inilah, pemanfaatan teknologi informasi melalui pengembangan dashboard visual interaktif menjadi sangat relevan.

Dashboard interaktif yang dibangun menggunakan R Shiny dirancang untuk memenuhi kebutuhan yang telah disebutkan. Dengan memanfaatkan berbagai sumber data nasional dan internasional serta analisis statistik berkualitas tinggi, dashboard ini berfungsi sebagai alat untuk eksplorasi, pendidikan, dan pengambilan keputusan berbasis data dalam konteks degradasi hutan Kalimantan. Pada fase awal pengembangan, diajukan sebuah proposal yang memastikan analisis konseptual, tujuan, dan jadwal kerja proyek dashboard hutan Kalimantan. Laporan finalisasi ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban atas penyelesaian proyek tersebut sekaligus mendokumentasikan semua hasil yang telah dicapai.

Dashboard ini mencakup berbagai fitur visualisasi data, seperti grafik yang menunjukkan tahun-tahun deforestasi, komposisi penyebab deforestasi, fitur interaktif, dan bahkan model regresi untuk menganalisis penyebab dan dampak deforestasi. Melalui bagian ini, setiap langkah proses pengembangan, mulai dari perencanaan hingga evaluasi sistem, dijelaskan dengan jelas dan ringkas.

## **II. Objective**

### **1. Rumusan Masalah**

- 1) Bagaimana fitur interaktif dan struktur dashboard hutan Kalimantan dirancang agar pengguna dapat menjelajahi informasi dengan cara yang jelas dan mudah dipahami?
- 2) Bagaimana metode pengumpulan data, teknik analisis statistik, dan teknik visualisasi yang sesuai untuk menyajikan informasi deforestasi dan emisi karbon dalam dashboard secara mudah dipahami?
- 3) Apa temuan utama dari analisis data emisi karbon dan deforestasi di Kalimantan dari tahun 2015 hingga 2024, dan bagaimana model regresi dan pola yang disebutkan di atas dapat diinterpretasikan?
- 4) Bagaimana interpretasi model regresi dashboard dapat membantu menjelaskan hubungan antara penyebab deforestasi dan dampaknya terhadap emisi karbon?
- 5) Bagaimana dashboard yang dikembangkan dapat berkontribusi pada pendidikan publik, memperkuat pengambilan keputusan berbasis data, dan

meningkatkan kesadaran akan pentingnya perlindungan lingkungan di Kalimantan?

## **2. Tujuan**

- 1) Menjelaskan fitur dan elemen interaktif yang diimplementasikan dalam dashboard.
- 2) Menjelaskan teknik analisis data, analisis statistik, dan visualisasi yang digunakan.
- 3) Menyajikan temuan analisis berdasarkan data deforestasi dan emisi karbon Kalimantan dari tahun 2015 hingga 2024.
- 4) Memberikan interpretasi statistik dari model regresi yang ditampilkan pada dashboard.
- 5) Menjelaskan kontribusi dashboard dalam konteks pendidikan, analisis kebijakan, dan penilaian lingkungan.

## **III. Deskripsi Sistem Dashboard**

Dashboard Deforestasi Kalimantan adalah sistem visualisasi data interaktif yang dibangun menggunakan perpustakaan R Shiny. Sistem ini menggabungkan berbagai jenis data spasial dan temporal tentang deforestasi dan emisi karbon di Kalimantan dari tahun 2015 hingga 2024, kemudian menampilkannya dengan cara yang mudah dipahami oleh pengguna.

Dashboard ini tidak hanya menampilkan data secara statis, tetapi juga dilengkapi dengan berbagai fitur interaktif, seperti pemilihan provinsi, pemilihan tahun, grafik interaktif, dan perhitungan prediktif menggunakan model regresi. Antarmuka pengguna (UI) dirancang dengan pendekatan responsif dan navigatif agar dapat diakses oleh berbagai kalangan, termasuk akademisi, pembuat kebijakan, dan masyarakat umum yang ingin memperoleh informasi lingkungan berbasis data.

### **1. Struktur Navigasi Utama**

Navigasi utama dashboard diletakkan dalam sidebar kiri yang tetap statis saat pengguna berpindah halaman. Sidebar ini terdiri dari beberapa menu utama yang mengarahkan pengguna ke berbagai fitur utama dalam dashboard:

- 1) Dashboard
- 2) Eksplorasi & Analisis
  - Peta Deforestasi

- Peta Emisi Karbon Bruto
- Regresi Penyebab Deforestasi
- Regresi Dampak Deforestasi

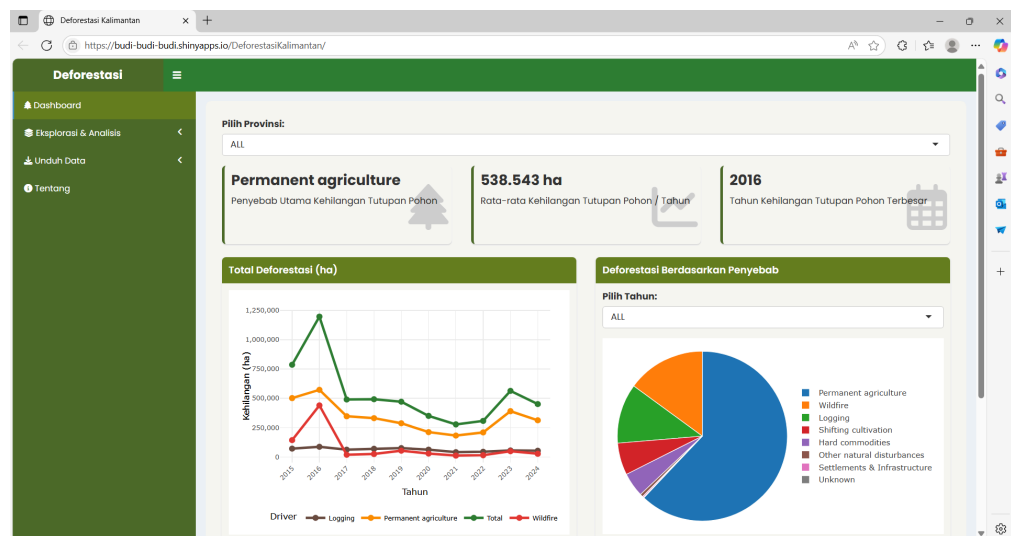
### 3) Unduh Data

- Data Deforestasi
- Data Emisi Karbon Bruto

### 4) Tentang

- Ringkasan
- Analisis Statistik
- Sumber
- Data Lainnya
- Panduan Pengguna
- Metadata
- Anggota Tim

## 2. Tab Dashboard



Halaman utama atau tab Dashboard berfungsi sebagai pusat informasi ringkas terkait deforestasi berdasarkan data agregat dan indikator kunci. Terdapat fitur dropdown di bagian atas dashboard pada halaman ini. Pengguna dapat memilih provinsi dari dropdown, seperti Kalimantan Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Utara. Hal ini akan menyesuaikan semua konten dashboard berdasarkan wilayah tersebut. Setiap komponen visual akan secara otomatis menyesuaikan perubahan ini. Di bawah

menu tarik-turun provinsi, pengguna akan melihat tiga kotak informasi:

- a. Penyebab utama hilangnya tutupan hutan  
Menampilkan kategori penyebab utama berdasarkan agregasi tertinggi dalam periode waktu yang diteliti.
- b. Rata-rata hilangnya tutupan hutan per tahun  
Memberikan gambaran tentang luas deforestasi (dalam ribuan hektar) yang terjadi setiap tahun.
- c. Tahun dengan hilangnya tutupan hutan terbesar  
Mengidentifikasi tahun terburuk dalam hal hilangnya tutupan hutan.

Setelah *value box*, terdapat dua grafik interaktif berbasis Plotly:

1) Grafik Garis: Total Deforestasi per Tahun (2015–2024)

Grafik ini menggambarkan situasi ketika hutan mengalami penebangan dari satu periode ke periode berikutnya berdasarkan tiga penyebab utama:

- *Logging*
- *Permanent Agriculture*
- *Wildfire*
- Total Driver (akumulasi keseluruhan)

Fitur interaktif memungkinkan pengguna untuk mengarahkan kursor untuk melihat nilai spesifik per tahun dan kategori, serta memperbesar atau mengklik untuk fokus pada area tertentu.

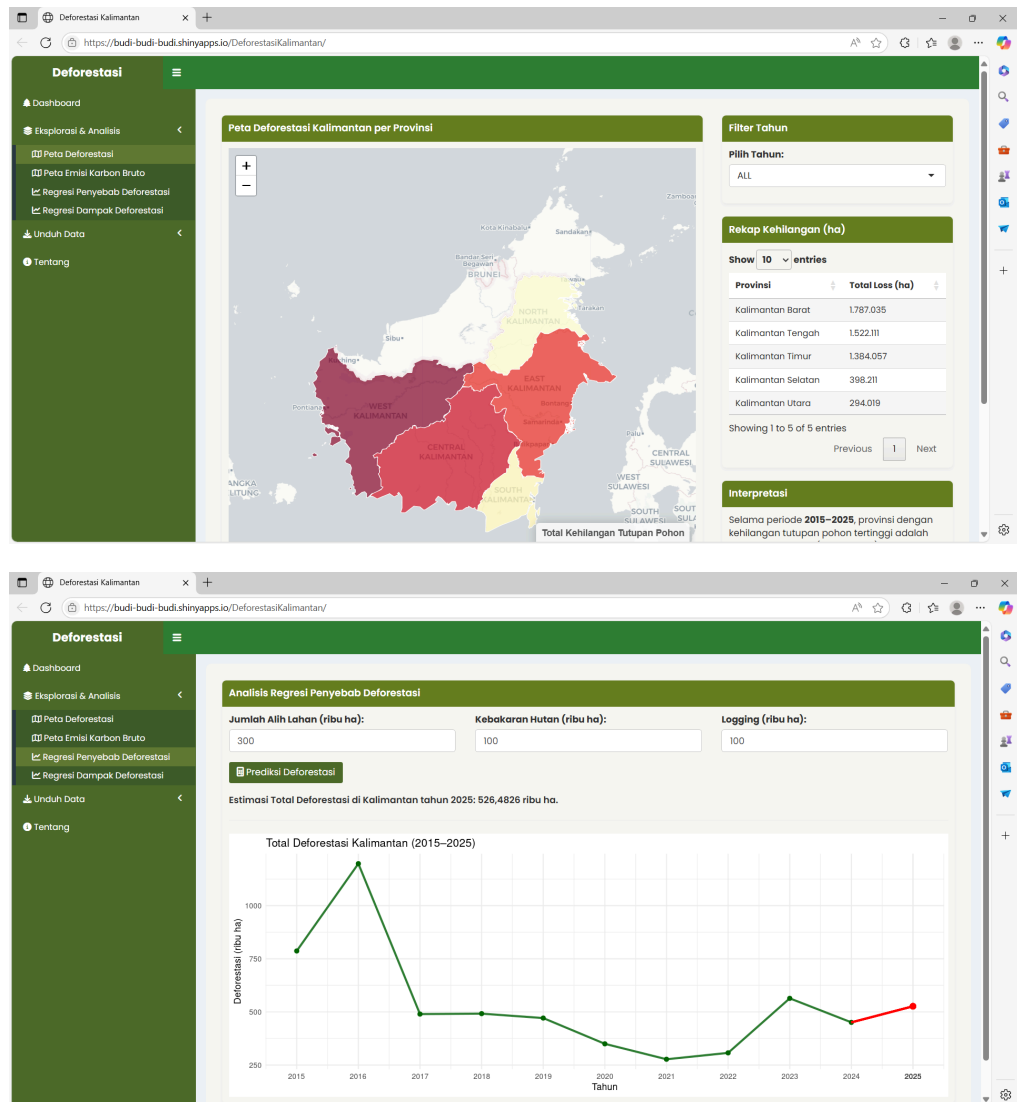
2) Grafik Lingkaran: Komposisi Penyebab Deforestasi

Grafik lingkaran menggambarkan faktor-faktor berikut yang berkontribusi terhadap deforestasi:

- *Permanent Agriculture*
- *Logging*
- *Wildfire*
- *Shifting Cultivation*
- *Hard Commodities*
- *Other Natural Disturbances*
- *Settlements & Infrastructure*
- *Unknown*

Grafik ini dilengkapi dengan menu *dropdown* untuk memilih tahun (2015–2024), memungkinkan pengguna melihat tren penyebab deforestasi dari satu periode ke periode berikutnya.

### 3. Tab Eksplorasi & Analisis



Tab Eksplorasi & Analisis merangkum eksplorasi pengguna melalui tiga submenu utama yang membedakan analisis spasial dan statistik prediktif:

#### a. Peta Deforestasi

Halaman ini menggambarkan alat interaktif yang memvisualisasikan luas deforestasi berdasarkan provinsi Kalimantan. Warna digunakan untuk menunjukkan tingkat kepunahan pohon (semakin parah peringatan, semakin luas deforestasi yang terjadi). Pengguna dapat memilih tahun yang diinginkan

menggunakan menu *dropdown* yang disediakan. Tabel ringkasan kehilangan hutan per hektar menampilkan total kehilangan tutupan lahan mulai dari yang terbesar hingga terkecil.

b. Peta Emisi Karbon Bruto

Struktur dan tampilan area ini menunjukkan deforestasi, tetapi indikator yang digunakan adalah jumlah emisi karbon dioksida (dalam ton), yang merupakan penekan diam dari akhir dunia. Dengan cara ini, pengguna dapat membandingkan laju deforestasi suatu wilayah dengan kontribusi emisinya.

c. Regresi Penyebab Deforestasi

Fitur ini berfungsi sebagai kalkulator prediksi deforestasi berdasarkan model regresi panel. Pengguna diminta untuk memasukkan nilai untuk tiga variabel bebas:

- Luas alih lahan (ribu ha)
- Luas kebakaran hutan (ribu ha)
- Luas logging (ribu ha)

Setelah input dimasukkan, pengguna memilih tombol “Prediksi Deforestasi”, dan sistem akan menghitung dan menampilkan nilai prediksi berdasarkan regresi yang telah ditentukan sebelumnya. Model ini memungkinkan pengguna untuk memahami sensitivitas variabel yang menyebabkan penurunan pohon.

d. Regresi Dampak Deforestasi

Struktur menu ini serupa dengan fitur regresi penyebab deforestasi, tetapi dengan fokus pada dampak yang disebabkan oleh kehilangan tutupan pohon. Pengguna hanya perlu memasukkan satu variabel bebas, yaitu *Tree Cover Loss*(ribu ha). Output yang diperoleh adalah prediksi emisi karbon bruto berdasarkan model regresi linier. Fitur ini sangat membantu dalam memahami bagaimana deforestasi mempengaruhi emisi karbon secara kuantitatif.

#### 4. Tab Unduh Data



**Tabel Data Regresi Penyebab Deforestasi**

Show 10 entries Search:

	Provinsi	Tahun	Deforestasi (ribu ha)	Kebakaran Hutan (ribu ha)	Alih Lahan (ribu ha)	Logging (ribu ha)
31	Kalimantan Timur	2015	183.87346	7.51605	140.79488	22.97223
32	Kalimantan Timur	2016	313.95743	56.30896	203.35899	36.80378
33	Kalimantan Timur	2017	134.29775	3.66359	97.99781	22.4946
34	Kalimantan Timur	2018	147.74204	2.40591	102.97109	28.053
35	Kalimantan Timur	2019	132.05909	3.78277	88.6081	28.36528
36	Kalimantan Timur	2020	91.82083	4.94845	58.16315	20.88459
37	Kalimantan Timur	2021	74.06134	4.35325	49.07231	13.4858
38	Kalimantan Timur	2022	61.56269	2.22561	41.71218	10.76546
39	Kalimantan Timur	2023	134.30686	3.45561	103.75888	13.09887
40	Kalimantan Timur	2024	110.37572	4.0742	85.1969	12.93107

Showing 1 to 10 of 10 entries (filtered from 50 total entries) Previous 1 Next

Unduh Data

Download Data Regresi Penyebab (.xlsx)

Fitur Unduh Data ditujukan bagi pengguna yang ingin melakukan eksplorasi data lebih lanjut atau melakukan replikasi analisis secara independen. Terdapat dua submenu:

a. Data Deforestasi

Menampilkan tabel interaktif berisi data regresi penyebab deforestasi, terdiri atas kolom:

- Provinsi
- Tahun
- Deforestasi (ribu ha)
- Kebakaran hutan (ribu ha)
- Logging (ribu ha)
- Alih lahan (ribu ha)

Tabel dilengkapi fitur pencarian, pengurutan, dan tombol ekspor ke format .xlsx.

b. Data Emisi Karbon Bruto

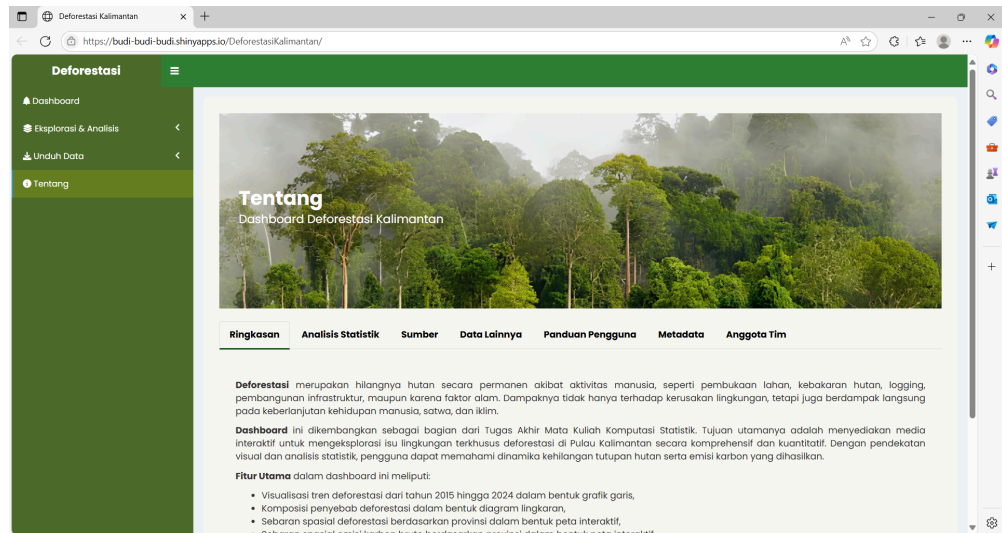
Menyediakan tabel regresi dampak deforestasi dengan kolom:

- Tahun
- Deforestasi (ribu ha)
- Emisi Karbon Bruto (juta ton)

Kedua submenu ini bertujuan mendukung keterbukaan data dan

reproducibility dalam analisis.

## 5. Tab Tentang



Tab Tentang menyediakan informasi mengenai segala hal yang berkaitan dengan konteks, metodologi, ringkasan data, dan anggota tim pengembangan dashboard. Submenu yang disediakan antara lain:

- Ringkasan: Penjelasan umum mengenai masalah deforestasi, tujuan dashboard, dan fitur utama.
- Analisis Statistik: Menyajikan model regresi panel dan regresi linier, beserta output, interpretasi, dan hubungan matematisnya.
- Sumber: Sumber resmi seperti GitHub, Copernicus, BPS, dan GFW.
- Data Lainnya: Menyediakan variabel yang tidak digunakan dalam analisis utama (misalnya, suhu, curah hujan, IPM, dll.), tetapi dapat digunakan untuk menentukan pentingnya analisis sekunder.
- Panduan Pengguna: Informasi dalam bentuk video interaktif tentang penggunaan berbagai komponen dashboard.
- Metadata mencakup definisi variabel, sumber, satuan, dan struktur data.
- Anggota Tim: Memaparkan nama dan peran masing-masing anggota pengembang dashboard.

## 6. Library dan Pustaka R yang Digunakan

Library	Fungsi
shiny	Membangun aplikasi web interaktif berbasis R.
shinydashboard	Menyusun layout dashboard menggunakan sidebar, tab, dan box.
ggplot2	Membuat visualisasi grafik statis seperti bar chart dan line chart.
plotly	Mengubah grafik menjadi interaktif (hover, klik, zoom) secara dinamis.
dplyr	Melakukan manipulasi data seperti filter, select, group, dan summarise.
readxl	Membaca data dari file Excel (.xlsx).
leaflet	Membuat peta interaktif dengan fitur zoom dan warna dinamis.
sf	Mengolah data spasial (shapefile, GeoJSON, dll) untuk keperluan pemetaan.
scales	Mengatur skala angka dan label pada grafik (misal format ribuan, persen).
stringr	Memanipulasi string (karakter), seperti penggabungan, pemisahan, atau pencarian.
htmltools	Menambahkan elemen HTML khusus ke dalam UI dashboard.
tidyverse	Framework yang menyatukan pustaka data wrangling seperti dplyr, ggplot2.
plm	Melakukan analisis regresi panel data (panel linear models).

## IV. Metodologi dan Analisis Statistik

Pengembangan dashboard hutan Kalimantan didasarkan pada penelitian kuantitatif menggunakan data berkualitas tinggi. Tujuan utama metodologi ini adalah untuk memahami bagaimana faktor-faktor tertentu dapat memengaruhi tingkat kehilangan hutan dan bagaimana kelembaban hutan memengaruhi lingkungan,

khususnya terkait dengan emisi karbon. Oleh karena itu, proses ini tidak hanya terbatas pada eksplorasi visual; tetapi juga mencakup evaluasi model statistik untuk meningkatkan fitur prediktif yang tersedia dalam dashboard.

## 1. Struktur Data dan Sumber Informasi

Informasi yang digunakan disajikan dalam format panel dan diperoleh dari data yang dikumpulkan dari lima provinsi di Kalimantan (Kalimantan Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Utara) selama periode sepuluh tahun, yaitu dari 2015 hingga 2024. Dengan demikian, terdapat sekitar 50 observasi total yang tersedia. Sumber data yang digunakan meliputi:

- Global Forest Watch (GFW): Data Kerugian Tutupan Hutan dan Emisi Karbon Bruto.
- Badan Pusat Statistik (BPS): Data sosial dan ekonomi, seperti jumlah penduduk, Indeks Pembangunan Manusia (IPM), dan produksi kayu.
- Copernicus Climate Data Store: data rata-rata dan curah hujan.
- KLHK dan BNPB: Statistik tentang hutan dan lahan.
- GitHub (ans-4175): Kumpulan data spasial dalam format GeoJSON yang digunakan untuk visualisasi data.

## 2. Variabel yang Digunakan

Analisis dalam dashboard ini menggunakan dua jenis model, yaitu regresi panel dan regresi garis.

### a. Variabel Respon

- 1) *Tree Cover Loss* (ribu ha): Menunjukkan jumlah kehilangan tutupan pohon per provinsi per tahun. Digunakan sebagai variabel target dalam model regresi panel.
- 2) *Gross Carbon Emission* (juta ton): Menunjukkan jumlah karbon dioksida yang dilepaskan akibat kehilangan tutupan lahan. Digunakan sebagai variabel target dalam model regresi garis sederhana.

### b. Variabel Eksplanatori

Variabel-variabel bebas yang diuji dalam tahap eksplanatori awal antara lain:

Variabel	Keterangan
Alih Lahan	Luas konversi hutan menjadi pertanian permanen (ribu ha)
Kebakaran Hutan	Luas wilayah terdampak karhutla (ribu ha)
Logging	Luas kegiatan penebangan pohon (ribu ha)
Produksi kayu	Volume kayu hasil produksi (ribu m <sup>3</sup> )
Suhu Rata-Rata Tahunan	Suhu tahunan rata-rata per provinsi (°C)
Curah Hujan Tahunan	Curah hujan rata-rata tahunan (mm)
Jumlah Penduduk	Total populasi provinsi (ribu jiwa)
Indeks Pembangunan Manusia	Indeks kualitas pembangunan manusia (skor 0–100)

Terdapat beberapa variabel yang tidak dapat digunakan untuk analisis, yaitu variabel produksi kayu, suhu rata-rata tahunan, curah hujan tahunan, jumlah penduduk, dan IPM. Variabel yang tidak digunakan dalam model telah dianalisis secara statistik, tetapi tidak menunjukkan signifikansi saat digunakan dalam model regresi. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa model tersebut tidak terlalu efisien, seperti yang ditunjukkan oleh nilai Adjusted R<sup>2</sup>. Namun, semua data disediakan dalam dashboard (di bawah menu “Data Lainnya”) sehingga pengguna dapat menggunakannya untuk eksplorasi atau pengembangan model jangka panjang.

### 3. Pengolahan dan Integrasi Data

- Pembersihan dan Standardisasi: Informasi dari berbagai sumber dikumpulkan dari data mentah dan data yang tidak terstruktur, kemudian diformat menjadi dokumen tunggal yang mudah dibaca (misalnya, ribu hektar, juta ton, dll).
- Penggabungan Data: Setiap variabel dimasukkan ke dalam panel berdasarkan provinsi dan tahun.
- Eksplorasi Awal: Analisis korelasi, distribusi variabel, dan visualisasi

diagram pencar digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel bebas dan variabel respons.

- d. Seleksi Variabel: Untuk menentukan kombinasi terbaik berdasarkan signifikansi (nilai p), nilai  $R^2$ , dan AIC/BIC, variabel dianalisis menggunakan metode regresi awal dan regresi bertahap.

#### 4. Model Regresi

Sebelum model ditampilkan di dashboard, dilakukan uji awal untuk memastikan bahwa metode regresi yang digunakan mampu memvalidasi hasil dan meminimalkan asumsi. Berikut adalah contoh uji-uji yang dilakukan:

- Uji signifikansi parameter: Gunakan nilai p ( $< 0,05$ ) untuk menilai kontribusi setiap variabel.
- Asumsi regresi meliputi normalitas residu, homoskedastisitas, dan linearitas.
- Uji multikolinearitas: Dengan menganalisis korelasi antara variabel penjelas.
- Validasi silang sederhana: Untuk mengevaluasi stabilitas model di luar data studi.
- Uji Hausman: Untuk memilih antara model *fixed effects* dan *random effects* dalam regresi panel (hasil: *random effects* lebih sesuai).

Setelah langkah ini, dua model dipilih dan digunakan dalam dashboard:

- a. Regresi Panel: Penyebab Deforestasi

Model ini digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang berkontribusi terhadap kehilangan tutupan pohon berdasarkan variabel panel (provinsi dan tahun). Model *random effects* dipilih karena dapat mengontrol efek waktu sambil juga menyesuaikan variasi antar provinsi.

Rumus Model:

$$Tree\ Cover\ Loss_{it} = \beta_0 + \beta_1(Alih\ Lahan_{it}) + \beta_2(Kebakaran_{it}) + \beta_3(Logging_{it}) + u_0 + \epsilon_{it}$$

Keterangan: i menyatakan provinsi dan t menyatakan tahun.

Hasil Estimasi:

Oneway (individual) effect Random Effect Model  
(Swamy-Arora's transformation)

Call:

```
plm(formula = formula_fe, data = pdata, model = "random")
```

Balanced Panel: n = 5, T = 10, N = 50

Effects:

	var	std.dev	share
idiosyncratic	2.391	1.546	0.116
individual	18.306	4.279	0.884

theta: 0.8865

Residuals:

Min.	1st Qu.	Median	3rd Qu.	Max.
-2.46727	-0.84642	-0.15289	0.48888	4.55404

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z )
(Intercept)	1.5950006	2.0005324	0.7973	0.4253
X4	1.0258454	0.0087194	117.6506	<2e-16 ***
X5	1.0128740	0.0055984	180.9229	<2e-16 ***
X3	1.1584662	0.0594444	19.4882	<2e-16 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares: 230480

Residual Sum of Squares: 105.66

R-Squared: 0.99954

Adj. R-Squared: 0.99951

Chisq: 100297 on 3 DF, p-value: < 2.22e-16

Persamaan Regresi:

$$\widehat{Tree\ Cover\ Loss} = 1,595 + 1,0258(\text{Alih Lahan}) + 1,0129(\text{Kebakaran}) + 1,1585(\text{Logging})$$

Interpretasi:

Menurut model ini, variabel kebakaran, penebangan, dan alih lahan memiliki dampak signifikan terhadap laju kehilangan tutupan pohon di Kalimantan.

Koefisien mendekati 1 menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan linier. Model ini digunakan dalam dashboard interaktif di mana pengguna dapat memasukkan nilai variabel X dan memprediksi nilai Y (Kehilangan Tutupan Pohon) secara otomatis.

b. Regresi Linear: Dampak Deforestasi

Model ini digunakan untuk mengukur seberapa besar pengaruh kehilangan tutupan pohon terhadap emisi karbon bruto.

Rumus Model:

$$\text{Gross Carbon Emission} = \alpha_0 + \alpha_1(\text{Tree Cover Loss}) + \varepsilon$$

Hasil Estimasi:

```
Call:
lm(formula = YY ~ XX, data = data_akibat)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-11.4042  -3.3701  -0.1168   4.2758  12.0407

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  98.493894   5.193666  18.964 6.18e-08 ***
XX           0.038998   0.008691   4.487 0.00204 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.118 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7156,    Adjusted R-squared:  0.6801
F-statistic: 20.13 on 1 and 8 DF,  p-value: 0.002037
```

Persamaan Regresi:

$$\widehat{\text{Gross Carbon Emission}} = 98,49 + 0,039(\text{Tree Cover Loss})$$



Interpretasi:

Diperkirakan bahwa setiap 1.000 hektar kehilangan pohon akan meningkatkan emisi karbon sebesar 0,039 juta ton. Model ini sangat akurat dan digunakan sebagai kalkulator prediktif di dashboard pada menu “Regresi Dampak Deforestasi”.

## V. Evaluasi

### 1. Kelebihan dan Kendala Teknis

- Kelebihan
  - Visualisasi komprehensif: Penggunaan berbagai format grafis (garis, pie, peta, tabel, dan regresi) membuat dashboard ini informatif dari perspektif statistik atau spasial.
  - Pendekatan analitik terintegrasi: Dashboard tidak hanya menampilkan data, tetapi juga memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi regresi secara otomatis (fitur prediktif).
  - Data transparan dan terbuka: Dashboard menyediakan data mentah dan hasil olahan dalam format yang dapat dilihat, sesuai dengan prinsip data terbuka dan sains terbuka.
  - Informatif dan bersih: Tata letak antarmuka yang konsisten memudahkan pengguna untuk memahami informasi dashboard dari berbagai latar belakang.
- Kendala Teknis
  - Ukuran file dan ketergantungan: Beberapa *library*, seperti Leaflet, Plotly, dan Shiny Dashboard, sering dijalankan pada server dengan spesifikasi yang berbeda-beda, yang sering menyebabkan lag selama pengujian awal.
  - Keterbatasan variabel data sekunder: Meskipun ada variabel lain (seperti suhu, curah hujan, dan IPM), keterbatasan format, ketidaksesuaian waktu, dan noise dalam data, faktor-faktor ini menghambat penggunaan optimal model utama.
  - Integrasi spasial awal: Pada langkah pertama, proses menganalisis berkas GeoJSON dan menghubungkannya ke panel data untuk setiap tahun memiliki beberapa masalah struktural, terutama terkait dengan

penampilan tahun.

Hal ini telah diatasi melalui optimasi struktur data spasial di dashboard belakang, entri data manual, dan penyesuaian ukuran paket aplikasi.

## **2. Perbandingan Rancangan Awal dan Implementasi**

- **Kesesuaian**

Sebagian besar komponen yang diusulkan dalam proposal awal berhasil diimplementasikan dalam dashboard pada akhirnya. Hal ini mencakup:

- Visualisasi deforestasi dalam bentuk grafik garis
- Diagram yang menunjukkan penyebab deforestasi
- Deforestasi geografis dan emisi karbon per provinsi
- Model regresi penyebab dan dampak deforestasi
- Analisis kesesuaian data dan tabel
- Dokumentasi halaman dan panduan pengguna

Dashboard berfokus pada analisis visual, yang merupakan tujuan utama sejak awal proses.

- **Perbedaan dan Penyesuaian**

Beberapa elemen mengalami perubahan atau pengembangan tambahan dibandingkan dengan rancangan awal:

- Variabel model akhir disederhanakan: Tidak semua variabel yang direncanakan dapat digunakan karena tidak signifikan secara statistik. Variabel seperti IPM, suhu, dan curah hujan dikeluarkan dari model utama tetapi juga disediakan di dashboard.
- Penambahan fitur regresi interaktif: fitur input nilai regresi oleh pengguna dan prediksi otomatis (kalkulator regresi) dapat membantu meningkatkan fungsi dashboard.
- Dokumentasi lebih lengkap: Halaman “Tentang” mencakup hal-hal berikut: metadata, analisis file PDF, dan sumber, tim, serta data lain yang melebihi ruang lingkup proposal awal.
- Penguatan navigasi: tata letak dan struktur sidebar, seperti penggunaan ikon, subtab, dan scroll ditingkatkan untuk memudahkan navigasi.

Penyesuaian dan penambahan tersebut dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan pengalaman pengguna serta memastikan bahwa dashboard dapat digunakan

secara efektif untuk eksplorasi dan pendidikan.

## VI. Kontribusi

### 1. Kontribusi Dashboard

- 1) Menyediakan platform eksplorasi visual yang interaktif dan komprehensif mengenai deforestasi Kalimantan.
- 2) Memfasilitasi analisis kuantitatif berbasis model regresi terhadap penyebab dan dampak deforestasi.
- 3) Mendorong kesadaran lingkungan dan literasi data melalui media digital terbuka.
- 4) Mendukung upaya mitigasi dan konservasi kawasan hutan di Kalimantan.
- 5) Menjadi alat bantu pemerintah dalam menyusun dan mengevaluasi kebijakan berbasis data untuk penanganan kebakaran hutan dan pengalihan lahan ilegal

### 2. Kontribusi Anggota Tim

Nama Anggota	Kontribusi
M. Arkillah Ibnu A.	Pengumpulan data, pembuatan video panduan, dan penelusuran sumber pendukung.
Aura Hanifa Kasetya Putri	Pembuatan grafik interaktif dan penulisan interpretasi visualisasi.
Arif Budiman	Pengembang utama dashboard, analisis data, dan desain tampilan (UI/UX).

## VII. Kesimpulan

Deforestasi di Pulau Kalimantan merupakan masalah lingkungan yang kompleks yang berdampak negatif pada ekosistem, lingkungan, serta kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat. Berbagai aktivitas seperti penebangan hutan, kebakaran hutan, dan perubahan fungsi lahan telah diidentifikasi sebagai penyebab utama penurunan populasi pohon dalam satu dekade. Dalam situasi seperti ini, diperlukan data dan alat bantu visual yang tidak hanya menyediakan informasi tetapi juga mendorong pemahaman dan pengambilan keputusan berdasarkan fakta.

Sebagai tanggapan atas kebutuhan yang disebutkan di atas, dashboard interaktif untuk Deforestasi Kalimantan telah berhasil dikembangkan dengan memanfaatkan platform R Shiny. Dashboard ini menyediakan informasi interaktif tentang deforestasi dari tahun 2015 hingga 2024 menggunakan berbagai fitur, termasuk visualisasi grafik tren, diagram penyebab, peta tematik, dan simulasi regresi prediktif. Semua fitur ini memungkinkan pengguna tidak hanya melihat data secara statistik, tetapi juga melakukan eksplorasi yang lebih mendalam sesuai dengan kebutuhan masing-masing pengguna.

Melalui pengumpulan data, pengembangan model, dan validasi statistik, dashboard ini dapat menyediakan informasi penting tentang hubungan antara deforestasi dan faktor-faktor yang berkontribusi (misalnya, *logging*, alih fungsi lahan, dan kebakaran), serta dampaknya terhadap emisi karbon. Dashboard ini memiliki dasar analitis yang kuat berkat penggunaan regresi panel dan regresi garis. Selain itu, penyediaan data yang dapat diunduh dan dokumentasi yang terbuka membuat sistem ini beroperasi berdasarkan prinsip keterbukaan pengetahuan dan aksesibilitas.

Implementasi dashboard ini telah membuktikan bahwa visualisasi data yang dilakukan dengan akurat dan didasarkan pada analisis statistik dapat menjadi faktor penting dalam meningkatkan literasi lingkungan, memperkaya kegiatan akademik, dan memperkuat proses pengambilan keputusan berdasarkan data. Oleh karena itu, dashboard ini tidak hanya berfungsi sebagai alat eksplorasi visual, tetapi juga sebagai alat pendidikan, advokasi, dan inovasi dalam upaya memahami sejarah Indonesia dan lingkungannya dengan lebih baik.

## VIII. Referensi

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Angka deforestasi (netto) Indonesia di dalam dan di luar kawasan hutan tahun 2013-2022 (ha/th)*. <https://www.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Luas penutupan lahan Indonesia tahun 2014-2023 menurut kelas (ribu ha)*. <https://www.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Rekapitulasi luas penutupan lahan hutan dan non hutan menurut provinsi tahun 2014-2023 (ribu ha)*. <https://www.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik lingkungan hidup dan sosial ekonomi Kalimantan*. <https://bps.go.id>
- Copernicus Climate Data Store. (2024). *ERA5 climate reanalysis*. <https://cds.climate.copernicus.eu>

- Food and Agriculture Organization. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Indonesia country report*. <https://fra-data.fao.org/IDN>
- Global Forest Watch. (2023). *Indonesia country dashboard*. <https://www.globalforestwatch.org>
- International Union for Conservation of Nature. (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species: Kalimantan*. <https://www.iucnredlist.org>
- IQAir. (2023). *Indonesia Air Quality Index (AQI) and PM2.5 Air Pollution*. <https://www.iqair.com/id>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2023). *Data kebakaran hutan dan lahan*. <https://sipongi.menlhk.go.id>
- Syuhada, A. A. (2024). *Peta Indonesia GeoJSON*. GitHub. <https://github.com/ans-4175/geojson-indonesia>
- Wickham, H., Çetinkaya-Rundel, M., & Golemund, G. (2023). *R for data science* (2nd ed.). O'Reilly Media
- World Bank. (2023). *Climate Change Knowledge Portal: Indonesia Climate Data - Historical*. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>