Pengembangan Model Asesmen Cepat Kerusakan Jalan dan Restorasi Jaringan Jalan Terintegrasi dengan Foto Satelit dan Udara

Program Inovasi ITB 2026 – Skema Inovasi Unggul Berdampak

Febri Zukhruf[1], Taufiq Suryo Nugroho[1], Dody Dharma[2], Arif Rohman[3], Andrean Maulana[4], Muhammad Ario Eko Rahadianto[3], Muhammad Iqbal[3], Agung Ziahulhaq[5], Muhammad Althariq Fairuz[2], Randy Verdian[2], Dwi Novi Wulansari[1], Ahmad Raihan Adiwibowo[1]

[1]Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB [2]Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, ITB [3]Institut Teknologi Sumatera (ITERA)
[4]Institut Teknologi Nasional (ITENAS) [5]PT Nusantara Antara Jayatama

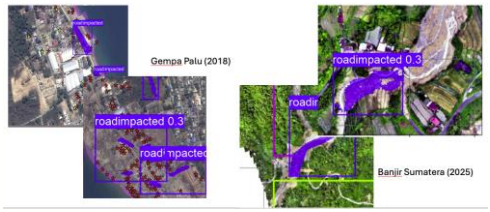
Abstrak

Asesmen kondisi jaringan jalan setelah bencana maupun dalam pemeliharaan rutin masih bergantung pada survei lapangan. Penelitian ini mengembangkan sistem asesmen jalan berbasis citra satelit dan udara dalam dua perangkat lunak. **RestoraX** membandingkan citra satelit pra- dan pascabencana untuk menentukan status setiap ruas, lalu menyusun urutan restorasi multi-kru berbasis Δ-betweenness. **Optant Aerial** menyaring indikasi kondisi perkerasan per segmen 100 m dari citra satelit 0,3 m dan ortofoto drone. Uji pada data nyata (Palu 2018 dan Banten): 45/45 run deteksi berhasil dan AUC 0,61–0,62 terhadap IRI lapangan. Kedua produk mencapai **TKT 5** dan RestoraX telah memperoleh dua pencatatan Hak Cipta.

Kata kunci: asesmen kerusakan jalan, citra satelit, drone, DINOv3, restorasi jaringan, TKT

Pendahuluan

Kebutuhan asesmen cepat infrastruktur sangat dibutuhkan terutama pada masa periode emas (72 jam setelah bencana), adanya citra satelit memungkin proses ini, penelitian ini kemudian bermaksud mengembangkan studi sebelumnya untuk mendeteksi kondisi ruas jalan secara otomatis dari citra satelit serta menghubungkan hasil deteksi dengan prioritas penanganan. Selain itu, eksplorasi konteks penggunaan data satelit dan foto udara untuk kondisi non bencana dilakukan pula pada penelitian ini.



Gambar 1. Penelitian sebelumnya terkait penggunaan YOLO untuk deteksi kerusakkan

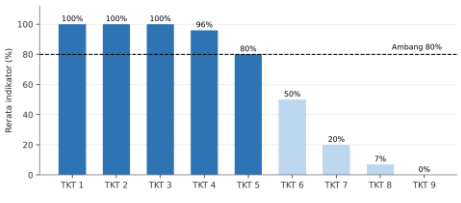
Data dan Mitra

Data RestoraX berupa citra satelit pra- dan pascabencana gempa baik gempa Palu 2018 maupun bencana Sumatera 2025 yang diperoleh dari BRIN, sedangkan Optant Aerial memakai citra SuperView Neo-1 0,3 m ruas nasional Banten dan ortofoto drone Lampung 10 cm. Jaringan jalan diambil dari OpenStreetMap untuk segmentasi ruas. Mitra **PT Nusantara Antara Jayatama** menyediakan data ground kerusakan jalan berupa IRI dan foto survei 238 segmen sebagai rujukan pelabelan dan validasi model.

Luaran

- Prototipe **RestoraX** (aplikasi web) dan **Optant Aerial** (aplikasi lokal), masing-masing mencapai **TKT 5**.
- Hak Cipta RestoraX: program komputer (No. 001514719) dan buku (No. 001508203).
- Artikel jurnal internasional berstatus draft, siap disubmit.

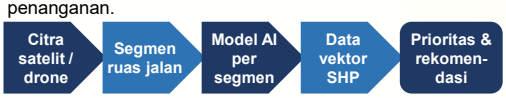
Penilaian TKT (template TKT Perangkat Lunak)



Gambar 2. Rerata indikator per level TKT (ambang 80%): TKT 5 tercapai

Metode Penelitian

Kedua produk memakai alur yang sama: citra dipotong menjadi **segmen ruas**, kondisi tiap segmen dinilai model kecerdasan buatan, lalu hasilnya disimpan sebagai **data vektor** (SHP/GeoJSON) untuk penentuan prioritas penanganan.



A. RestoraX — pascabencana (citra satelit)



Gambar 3. Arsitektur DINOv3 dan integrasi ke model jaringan

- Ruas dari OSM dipotong dan diberi koridor; DINOv3 (frozen) membaca citra pra dan pasca; head menentukan passable/blocked dan keparahan 0–100%.
- Ruas blocked diberi bobot Δ-betweenness lalu dijadwalkan ke beberapa kru dari depot.
- Uji: 5 lokasi Palu × 9 kombinasi resolusi pra→pasca (High/Medium/Low) = 45 run.

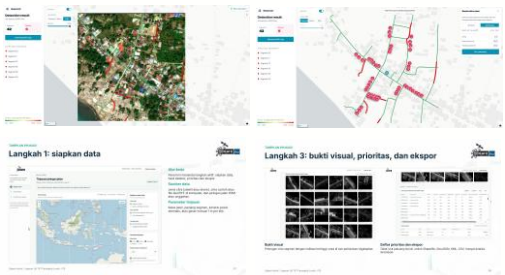
B. Optant Aerial — kondisi perkerasan



Gambar 4. Alur Optant Aerial: dari citra ke daftar prioritas

- Satelit 0,3 m: mask perkerasan + 17 fitur tekstur + Random Forest, dilatih pada 206 segmen berlabel IRI.
- Drone ≤ 10 cm: chip 20 × 20 m dan deteksi YOLOv8.
- Koreksi posisi citra otomatis; validasi silang per blok 1 km.

Prototipe aplikasi



Gambar 5. Antarmuka RestoraX (atas) dan Optant Aerial (bawah)

Pengembangan model Optant Aerial (M1–M6)



Gambar 6. Tahap M1–M6 dari uji kelayakan sampai aplikasi

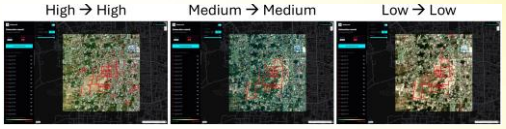
Hasil dan Pembahasan

RestoraX

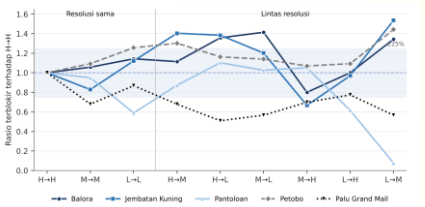
(https://restorax.atnolab.org)



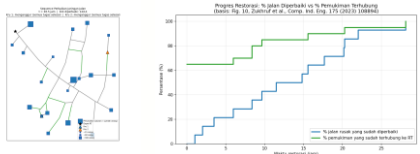
Gambar 7. Status ruas pada citra pra-/pascabencana Palu 2018



Gambar 8. Uji Balora pada resolusi H→H, M→M, L→L



Gambar 9. Rasio ruas terblokir terhadap acuan H→H



Gambar 10. Urutan perbaikan dua kru dan kurva pemulihan

45/45 run berhasil (8.631 evaluasi segmen); segmen stabil (≤ 3 selisih); deviasi deteksi **18%** (resolusi sama) dan **28%** (lintas resolusi).

Optant Aerial



Gambar 11. Ruas Banten (satelit 0,3 m) dan drone Lampung (10 cm)



Gambar 12. Kinerja deteksi terhadap data IRI lapangan mitra

AUC **0,61** (aspal) dan **0,62** (rigid); ketepatan Prioritas cek **79%** (aspal); jenis perkerasan **93%**; berfungsi sebagai penyaring ruas sebelum survei IRI.

Kesimpulan

Penelitian ini membangun sistem asesmen jalan berbasis citra satelit dan udara dengan alur bersama, yaitu citra dipotong menjadi segmen ruas, dinilai oleh model kecerdasan buatan, lalu disimpan sebagai data vektor untuk penentuan prioritas. RestoraX dicoba pada data nyata gempa Palu 2018 untuk menghasilkan deteksi kerusakan dan urutan restorasi jaringan, sedangkan Optant Aerial dapat digunakan sebagai penyaring ruas prioritas sebelum survei IRI. Pengembangan menuju TKT 6 diarahkan pada validasi akurasi terhadap data lapangan, uji skala kota, serta layanan rekomendasi prioritas oleh ITB bersama lembaga non-profit.