



Analisis Metode Pelaksanaan Perencanaan Teknis dan Detail Engineering Design (DED) Pada Ruas Jalan Nasional Provinsi Kalimantan Timur

Edison Hatoguan Manurung¹, Muhammad Ricko Nasution²

¹⁻²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Jakarta, Indonesia

email: ricko.muhammad80@gmail.com

Article Info

Article history:

Received June 17, 2026

Revised July 11, 2026

Accepted July 15, 2026

Keywords:

National Road Planning,
Detailed Engineering Design,
LiDAR, Bathymetry,
Geotechnics, East Kalimantan.

ABSTRACT

National road networks are required to possess adequate capacity, optimal structural integrity, and high safety standards. The technical planning and design phase is critical for minimizing the risks of premature structural failure and cost overruns. This study aims to comprehensively analyze the primary data collection stage involving a series of geodetic, geophysical, geotechnical, and hydrological surveys and its application in formulating the Detailed Engineering Design (DED). The methodology relies on integrated field observations conducted alongside the Planning Core Team of the East Kalimantan Province P2JN Work Unit. Investigation results demonstrate that integrating cutting-edge technologies such as Terrestrial LiDAR for critical slope morphology modeling, bathymetric surveys using Single/Multi-Beam Echo Sounders, Wenner-Schlumberger resistivity geoelectric testing, and tidal analysis (Admiralty Method) is crucial for ensuring the validity of design parameters. Data regarding subgrade bearing capacity (CBR) and existing pavement rebound deflection (Benkelman Beam) serve as the basis for designing overlays or rigid pavements adapted to local expansive clay characteristics. The final design output is a legally and technically sound DED document ready for tender, ensuring both construction cost efficiency and public safety.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received June 17, 2026

Revised July 11, 2026

Accepted July 15, 2026

Keywords:

Perencanaan Jalan Nasional,
Detail Engineering Design,
LiDAR, Batimetri, Geoteknik,
Kalimantan Timur.

ABSTRACT

Jaringan jalan nasional dituntut memiliki kapasitas penampungan memadai, kekuatan struktural optimal, serta keselamatan tinggi. Fase perencanaan teknis (*Planning & Design*) merupakan tahapan paling kritis guna meminimalkan risiko kegagalan struktural dini dan pembengkakan biaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif tahapan pengumpulan data primer melalui rangkaian survei geodesi, geofisika, geoteknik, dan hidrologi, serta penerapannya dalam penyusunan *Detail Engineering Design* (DED). Metodologi yang digunakan berbasis observasi lapangan terintegrasi pada Core Team PPK Perencanaan Satker P2JN Provinsi Kalimantan Timur. Hasil investigasi menunjukkan bahwa integrasi teknologi mutakhir seperti Terrestrial LiDAR untuk pemodelan morfologi lereng kritis, survei batimetri dengan Single/Multi-Beam Echo Sounder, pengujian geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner-Schlumberger, serta analisis pasang surut air laut (*Admiralty Method*) sangat menentukan validitas parameter desain. Data interaksi daya dukung tanah dasar (CBR) dan lendutan balik perkerasan eksisting (*Benkelman Beam*) menjadi basis perancangan tebal lapis tambah (*overlay*) maupun rigid pavement yang adaptif terhadap karakteristik lempung ekspansif lokal. Hasil akhir perencanaan dituangkan dalam



dokumen DED legal-teknis siap lelang yang menjamin efisiensi biaya konstruksi (*Cost Efficiency*) dan keselamatan publik.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Muhammad Ricko Nasution

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Jakarta, Indonesia

email: ricko.muhammad80@gmail.com

PENDAHULUAN

Infrastruktur transportasi darat, khususnya jaringan jalan raya nasional, memegang peranan vital sebagai urat nadi logistik dan mobilitas makroekonomi regional antarpusat pertumbuhan. Seiring dengan perpindahan pusat pemerintahan menuju Ibu Kota Nusantara (IKN) di Provinsi Kalimantan Timur, beban akumulatif sumbu kendaraan (ESAL) diproyeksikan melonjak secara eksponensial. Guna mengantisipasi kegagalan struktur dini pada badan jalan, fase perencanaan teknis (*Planning & Design*) mutlak memerlukan pendekatan saintifik yang presisi tinggi sebelum konstruksi fisik dimulai.

Kondisi geologis spesifik wilayah Kalimantan Timur yang didominasi oleh perbukitan bergelombang curam, potensi sebaran batubara dangkal (*coal seam outcrop*), rawa dengan tanah lempung lunak ekspansif jenuh air tinggi, serta curah hujan tahunan yang ekstrem, kerap memicu kegagalan lereng (*slope failure*) dan degradasi dini perkerasan jalan nasional.

Kegagalan perencanaan teknis, seperti kesalahan geometrik, kalkulasi tebal perkerasan yang tidak akurat, serta buruknya kapasitas saluran drainase samping, berimplikasi langsung pada pembengkakan biaya (*cost overrun*) dan risiko fatalitas kecelakaan lalu lintas. Penelitian ini memfokuskan kajian pada tata kelola dan metodologi pelaksanaan pengumpulan data primer lapangan serta proses pengolahannya menjadi dokumen *Detail Engineering Design* (DED) siap kerja. Ruang lingkup investigasi mencakup sinkronisasi manajemen kendali mutu antara Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) Perencanaan Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Kalimantan Timur bersama Core Team PT. Indec Internusa KSO sebagai konsultan perencana perumus solusi rekayasa (*engineering solutions*).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitis dengan metode observasi lapangan secara langsung (*insitu*), wawancara teknis (*interview*) bersama para tenaga ahli utama (*Key Experts*).

Studi literatur dokumen kontrak perencanaan, serta pengumpulan data mentah (*raw data*) hasil unduhan instrumen survei di koridor jalan nasional Provinsi Kalimantan Timur. Keandalan analisis rekayasa ditunjang oleh penggunaan instrumen survei digital terkalibrasi guna memperoleh parameter masukan yang valid untuk pemodelan komputer.

Kerangka kerja operasional Core Team didesain berdasarkan fungsionalitas keahlian teknik sipil yang dipimpin oleh seorang Team Leader (Ahli Utama Teknik Jalan Raya) yang membawahi para tenaga ahli spesialis meliputi: Highway Engineer, Pavement Engineer, Geotechnical/Soil Engineer, Hydrology/Drainase Engineer, serta Quantity & Cost Estimator.



Disiplin Survei	Instrumen / Alat yang Digunakan	Fungsi Utama Perencanaan
Survei Topografi Terestrial	Total Station ES 65, Reflektor, Tribrach, Statif, GPS Geodetic Comnav T300	Memetakan situasi detail, poligon KKH, perataan KKV, dan Original Ground Level (OGL).
Survei Penginderaan Jauh	UAV Drone DJI Matrice 300 RTK, Sensor LiDAR Zenmuse L1, IMU, GPS Hi-Target v200	Scanning morfologi 3D area rawan longsor menembus vegetasi lebat untuk memproduksi DTM dan kontur makro.
Survei Batimetri (Sungai)	Garmin GPS Maps 585 Plus, Transducer Akustik, GPS Geodetic vRTK & iRTK	Mengukur kedalaman palung sungai (thalweg) dan potensi gerusan lokal di rencana lokasi jembatan.
Survei Pasang Surut	Papan Duga Air (Peilschaal) Manual, Sensor Tekanan Otomatis, GNSS RTK Base	Menentukan elevasi Muka Air Pasang Tertinggi (HAT) dan nilai reduksi Chart Datum (MSL).
Investigasi Geoteknik	Mesin Bor Teknik (Deep Boring), Split Spoon Sampler (N-SPT), Alat Sondir Hidrolik (CPT)	Memetakan stratigrafi lapisan tanah vertikal, mengambil sampel UDS, menetapkan letak batuan keras (bedrock).
Daya Dukung Perkerasan	Benkelman Beam (BB) Truk Beban Standar, Dynamic Cone Penetrometer (DCP)	Mengukur lendutan balik permukaan jalan untuk overlay aspal serta menghitung nilai CBR tanah dasar secara insitu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Integrasi Survei LiDAR Terrestrial untuk Penanganan Longsoran

Dalam mitigasi area kritis rawan longsoran di sepanjang koridor perbukitan Kalimantan Timur, survei terestrial konvensional memiliki limitasi jarak pandang akibat tutupan vegetasi hutan hujan tropis yang lebat. Implementasi sensor LiDAR Zenmuse L1 yang diintegrasikan pada UAV DJI Matrice 300 RTK terbukti mampu memancarkan jutaan pulsa laser per detik yang menembus sela-sela kanopi daun (*multi-echo return capabilities*).

Sebelum penerbangan akuisisi dilaksanakan, tim surveyor memasang patok beton *Bench Mark* (BM) dan *Control Point* (CP) secara berpasangan dengan jarak minimal 50 meter antartitik untuk menjaga visibilitas arah azimuth. Penentuan koordinat absolut (X, Y, Z) BM diikat secara diferensial pasca-proses (*post-processing*) memanfaatkan pengamatan satelit metode GPS Static Jaring dan Static Radial terhadap stasiun CORS BIG terdekat yang terdaftar pada sistem SRGI 2013 (*Universal Transverse Mercator* - UTM). Data awan titik mentah (*raw point*) hasil rekaman sensor diproses menggunakan perangkat lunak DJI Terra bersama komponen data penjejakan jalur (*trajectory*) IMU.

Klasifikasi otomatis dan manual memisahkan objek non-tanah (vegetasi, kanopi, bangunan) dari permukaan tanah asli (*ground points*). Interpolasi titik-titik ground menghasilkan produk Digital Terrain Model (DTM) gundul yang menampilkan morfologi mikro tanah longsor secara transparan. DTM ini diekspor ke AutoCAD Civil 3D untuk memproduksi peta kontur detail berskala 1:500 sebagai cetak biru perhitungan stabilitas lereng makro (*slope stability analysis*) dan volume galian perbaikan lereng.



Karakteristik Investigasi Geoteknik dan Geofisika Nondestruktif (Geolistrik)

Kombinasi investigasi geoteknik destruktif lewat core drilling dan investigasi geofisika non-destruktif geolistrik tahanan jenis 2D (*Electrical Resistivity Tomography - ERT*) diaplikasikan guna memperoleh model bawah permukaan tanah secara berkesinambungan. Pengujian geolistrik menggunakan perangkat Resistivity Meter MAE X612EM dengan konfigurasi bentangan kabel elektroda Wenner-Schlumberger.

Hasil pemrosesan inversi data tahanan jenis semu via software Res2DInv menunjukkan penampang sebaran resistivitas vertikal dan lateral. Batasan lapisan diinterpretasikan berdasarkan korelasi data mekanika batuan lokal Kaltim :

- Tahanan jenis sangat rendah (< 5): Mengindikasikan lapisan tanah lempung lanauan jenuh air tinggi (*residual soil*) yang rawan bertindak sebagai bidang gelincir (*slip surface*).
- Tahanan jenis sedang (10 - 38): Mengindikasikan batuan sedimen lunak berupa batu serpih (*shale*) atau lensa batubara rapuh.
- Tahanan jenis tinggi (> 50): Lapisan batuan dasar kokoh (*bedrock/sandstone*).

Hasil scanning geolistrik dikompilasikan secara linier dengan data lubang bor (Bor Log eksplorasi sedalam 30 meter) dan pengujian Standard Penetration Test (N-SPT). Hasil Bor Log pada area tinjauan memperlihatkan stratigrafi dominan berupa Sandy Clay berbutir halus pada kedalaman 0-8 meter dengan nilai N-SPT berkisar 4-19 (kategori lunak hingga sedang), dan bertransisi menjadi lapisan Hard Clay dan Hard Sand dengan nilai N-SPT konsisten 60 pada kedalaman di bawah 15 meter. Temuan geoteknik ini menjadi landasan mutlak bagi *Geotechnical Engineer* untuk menentukan panjang tiang bor (bored pile diameter 600 mm) agar tertanam masuk minimal 3 kali diameter tiang ke dalam batuan dasar kokoh demi menjamin stabilitas Dinding Penahan Tanah (DPT).

Evaluasi Hidrologi, Batimetri, dan Parameter Siklus Pasang Surut Air

Pada ruas jalan nasional yang melintasi atau berbatasan langsung dengan ekosistem pesisir rawa mangrove dan sungai lebar (misalnya muara dekat Pelabuhan Kenyamukan), perancangan elevasi jalan (*grade line/red line*) dan dimensi *box culvert* dikendalikan oleh fluktuasi pasang surut air laut dan hidrografi palung perairan. Survei pasang surut dilaksanakan secara kontinu selama 15 hari (1 piantan) dengan pencatatan manual skala peilschaal visual dan sensor otomatis tiap interval 30 menit. Data fluktuasi elevasi dianalisis secara statistik menggunakan Metode Admiralty untuk mengekstrak 9 konstanta harmonis komponen pasut utama. Hasil hitungan memetakan nilai kritis elevasi absolut geodetik terhadap datum geoid lokasinya:

- *Highest Astronomical Tide* (HAT) / Pasang Tertinggi : +130,463 di atas nilai tengah air (Z0).
- *Lowest Astronomical Tide* (LAT) / Surut Terendah: -130,464 di bawah nilai tengah air (Z0).

Nilai HAT digunakan secara ketat oleh *Highway Engineer* untuk menetapkan tinggi timbunan jalan minimum bebas rob (*grade line* rencana diletakkan aman di atas level elevasi HAT plus tinggi jaga banjir). Sementara itu, survei batimetri dengan alat Garmin GPS Maps 585 Plus dipadukan dengan transducer gema akustik memetakan morfologi penampang melintang dasar sungai untuk menghitung kedalaman gerusan lokal (*scour analysis*) di sekeliling pilar jembatan pendukung jalan nasional.



Penentuan Desain Tebal Perkerasan Jalan Baru dan Lapis Tambah (Overlay)

Kekuatan struktural lapis fondasi perkerasan diuji menggunakan dua metode komplementer di lapangan. Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) murni tanpa galian dipetakan secara cepat memanfaatkan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) tiap interval stasiun tertentu (misal STA 28+000 dan STA 28+200). Nilai penetrabilitas skala penetrometer (SPP dalam satuan cm/pukulan) dikorelasikan secara matematis untuk mengeluarkan parameter modulus daya dukung berupa nilai *California Bearing Ratio* (CBR) lapangan. Berdasarkan grafik korelasi data DCP proyek, tanah subgrade eksisting memiliki nilai CBR berkisar antara 5,6 hingga 5,9. Konsekuensinya, merujuk pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) Kementerian PUPR terbaru, subgrade dengan CBR < 6 membutuhkan perbaikan tanah berupa aplikasi Geotextile Stabilator Kelas 1 (Kuat Tarik kN) dikombinasikan dengan pembongkaran tanah lunak bawaan dan penggantian material (*soil replacement*) setebal 30 cm menggunakan material timbunan pilihan.

Bagi segmen perkerasan lentur aspal eksisting yang mengalami degradasi fisik, survei kekuatan struktur dievaluasi via alat Benkelman Beam (BB) bersandarkan standar SNI 03-2416-1991. Nilai pengukuran gerakan vertikal (lendutan balik langsung akibat beban roda truk standar 8,16 ton) dikalikan faktor skala batang BB sebesar 1:2. Data lendutan balik representatif tersebut digunakan oleh *Pavement Engineer* untuk merancang ketebalan lapis tambah aspal (*overlay*) struktural yang efisien agar mampu melayani akumulasi beban lalu lintas rencana selama umur rencana 10 hingga 20 tahun ke depan.

Penyusunan Cetak Biru Produk Akhir Detail Engineering Design (DED)

Seluruh sintesis data survei primer lapangan diolah secara terintegrasi ke dalam paket produk final berupa dokumen DED. Komponen utama dari DED jalan nasional Provinsi Kalimantan Timur ini mengikat secara hukum 4 pilar dokumen yaitu:

1. **Gambar Kerja Teknik Akhir (*Engineering Drawings*):** Menuangkan rancangan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, gambar tipikal potongan melintang jalan daerah timbunan ekstrem lengkap dengan susunan lapis perkerasan struktural (AC-WC Modifikasi PG 70 setebal 4 cm, AC-BC setebal 6 cm, AC-Base setebal 8 cm, Lapis Fondasi Agregat Kelas A setebal 15 cm, dan Lapis Fondasi Agregat Kelas B setebal 15 cm). Terlampir pula detail pembesian Dinding Penahan Tanah (DPT) beton mutu f'c 30 MPa yang disokong fondasi tiang bor (bored pile) sedalam 6 meter beserta sistem subdrain pipa PVC berlubang (2") yang dibungkus Geotextile Non-Woven sebagai media penyaring porous penguras air lereng.
2. **Spesifikasi Teknis (*Technical Specifications*):** Standar tertulis baku yang mengatur metode konstruksi, tata cara uji laboratorium lapangan (Quality Control), serta parameter minimal material (seperti mutu baja tulangan fy 280 MPa untuk diameter 12 mm dan fy 420 MPa untuk diameter > 12 mm, selimut beton DPT 50 mm, dan selimut beton bored pile 75 mm).
3. **Bill of Quantities (BoQ) & Rencana Anggaran Biaya (RAB):** Perhitungan kuantitas volume item pekerjaan yang rapi, dikalikan dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) wilayah Provinsi Kalimantan Timur tahun berjalan untuk menyusun Harga Perkiraan Sendiri (HPS) bernilai ekonomis tinggi.
4. **Laporan Perencanaan Komprehensif (*Engineering Reports*):** Buku kompilasi kajian ilmiah dari Tenaga Ahli Utama (Laporan Geoteknik, Laporan Hidrologi, Laporan Geodesi) sebagai bentuk akuntabilitas publik dan proteksi legal rekayasa.



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis rekayasa dan pengamatan intensif pada pelaksanaan perencanaan teknis jalan nasional Provinsi Kalimantan Timur, ditarik kesimpulan formal sebagai berikut:

1. Tata kelola koordinasi kontraktual antara PPK Perencanaan Satker P2JN Provinsi Kaltim dan Core Team perencana terbukti efektif merumuskan solusi rekayasa (*engineering solutions*) yang adaptif terhadap percepatan pembangunan wilayah penyangga Ibu Kota Nusantara (IKN).
2. Pemanfaatan instrumen survei digital canggih (LiDAR, Echo Sounder, GPS Geodetic, dan Geolistrik 2D) terbukti sukses meminimalkan risiko ketidakpastian (*uncertainty*) geometrik dan morfologi bawah permukaan akibat tutupan kanopi vegetasi hutan lebat khas Kalimantan Timur.
3. Data primer hasil uji mekanis lapangan (DCP dengan kisaran CBR 5,6% - 5,9%) dan Bor Log dalam mengidentifikasi lapisan tanah lunak ekspansif (*Sandy Clay*) secara akurat memandu desainer untuk menerapkan perkuatan geosintetik (*Geotextile Stabilator* Kelas 1) dan fondasi tiang bored pile yang bersandar aman di atas batuan dasar keras (bedrock N-SPT 60).
4. Dokumen *Detail Engineering Design* (DED) bertindak sebagai produk legal-teknis vital siap lelang yang menggaransi ketepatan volume konstruksi fisik di lapangan guna menekan timbulnya pekerjaan tambah-kurang (*Change Order/Addendum* Kontrak) di masa depan.

SARAN

Beberapa poin rekomendasi taktis demi peningkatan kualitas siklus perencanaan proyek infrastruktur masa depan meliputi:

1. Mewajibkan perluasan implementasi tomografi geolistrik multi-channel 2D secara menerus di sepanjang lereng perbukitan kritis guna memetakan geometri bidang gelincir secara spasial kontinu.
2. Membangun sistem basis data geospasial berbasis GIS terintegrasi real-time antara studio konsultan perencana dan pengawas lapangan kementerian guna mempercepat validasi titik Bench Mark.
3. Memperketat regulasi audit alat ukur di lapangan dengan mewajibkan penyertaan sertifikat kalibrasi instrumen optik/elektronik digital yang diterbitkan lembaga resmi berwenang maksimal 1 tahun terakhir sebelum mobilisasi ke koridor jalan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeles, P.W., Bardhan-Roy, B.K and F.H Turner. 1976. *Prestressed Concrete Designer's and book* 2nd Ed., A Viewpoint Publ U.K.
- John Wiley & Sons, Inc. 1993. *Design Of Concrete Structures* 3rd edition". Texas: Inc.
- Soeharto. 1999. *Pengertian Perencanaan jalan nasional dan Manajemen Perencanaan jalan nasional*.
- Ervianto, Wulfram I. 2005. *Manajemen Perencanaan jalan nasional Konstruksi*, Yogyakarta: Andi.
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Muriya, Edison Hatoguan Manurung, Abdul Mubarak, Retno Indriyati Kusuma W, Agus Purba (Universitas Mpu Tantular). 2026. *Analisis Pengaruh Produktivitas Kerja, Ketersediaan Peralatan Dan Bahan Terhadap Kinerja Proyek Bangunan Dan Jalan PT. "Y"*. Jakarta



- Edison Hatoguan Manurung, Kasimir Sawito, Aryo Satoto, Nurbaya Tuanany (Department of Civil Engineering, Universitas Mpu Tantular). 2022. Analysis of the Causes of Road Damage, Jakarta
- PPK Perencanaan, Satker P2JN Provinsi Kalimantan Timur. 2025. Core Team 01 test report, monthly report and final report
- Nasution, M. R. (2026). Laporan Kerja Praktek: Pelaksanaan Perencanaan di ruas Jalan Nasional Provinsi Kalimantan Timur. Jakarta: Program Studi Teknik Sipil Universitas Mpu Tantular