

Kajian Teknik Geodesi dan Geomatika

Institut Teknologi Bandung

2024

Disusun Oleh :

Massa Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika 2024



Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika

Angkatan 2024

Institut Teknologi Bandung

Juli 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan kajian ini tepat pada waktunya.

Adapun tujuan dari penulisan kajian ini adalah untuk memenuhi tugas Kajian untuk anggota program studi Teknik Geodesi dan Geomatika angkatan 2024. Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk menambah wawasan tentang Teknik Geodesi dan Geomatika bagi para pembaca dan juga bagi penulis.

Dalam proses penulisan kajian ini kami merasa masih banyak kekurangan, baik pada teknis penulisan maupun materi, mengingat akan kemampuan yang kami miliki serta rentang waktu yang diberikan. Untuk itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat kami harapkan demi penyempurnaan pembuatan kajian ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan kajian ini.

Bandung, 20 Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Teknik Geodesi dan Geomatika Institut teknologi Bandung (ITB) merupakan bidang ilmu yang mempelajari pengukuran, pemetaan, dan analisis data spasial permukaan bumi. Seiring perkembangan teknologi, kebutuhan terhadap data geospasial yang akurat semakin krusial sehingga penting untuk memahami secara mendalam mengenai konsep, pilar-pilar utama, kelompok keahlian, dan penerapan teknologi dalam geodesi. Tujuan penyusunan kajian ini adalah untuk mengkaji sejarah, visi dan misi, pilar utama keilmuan, kelompok keahlian, serta peran Teknik Geodesi dan Geomatika bagi masyarakat dan lingkungan. Kajian ini disusun dengan melakukan studi literatur berupa jurnal dan artikel yang memiliki relevansi dengan topik yang dikaji. Hasil kajian menunjukkan bahwa Teknik Geodesi dan Geomatika ITB memiliki visi menjadi pemimpin, pusat teknologi yang unggul dan bermartabat dengan misi melaksanakan pendidikan tinggi berdasarkan penelitian yang berorientasi pada perubahan lingkungan dan kegiatan manusia untuk mendukung pembangunan nasional. Keilmuan geodesi berdiri di atas tiga pilar utama yaitu geokinetika, medan gravitasi, dan rotasi bumi. Teknik Geodesi dan Geomatika ITB didukung oleh empat Kelompok Keahlian (KK). Adapun peran Teknik Geodesi dan Geomatika dalam masyarakat dan lingkungan meliputi pembangunan infrastruktur, mitigasi bencana, navigasi dan transportasi, administrasi pertanahan, serta pengelolaan sumber daya air dan lingkungan.

Kata kunci: Teknik Geodesi dan Geomatika, pilar geodesi, kelompok keahlian, ITB

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR.....	1
ABSTRAK.....	2
DAFTAR ISI.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	5
DAFTAR TABEL.....	6
Bab I.....	7
Pendahuluan.....	7
I.1 Latar Belakang.....	7
I.2 Rumusan Masalah.....	8
I.3 Tujuan Kajian.....	8
Bab II.....	9
Tinjauan Umum.....	9
II.1 Sejarah dan Perkembangan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.....	9
II.2 Visi, Misi, dan Tujuan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.....	10
Bab III.....	11
Pilar dan Lingkup Keilmuan Geodesi.....	11
III.1 Tiga Pilar Utama Keilmuan Geodesi.....	11
III.1.1 Geokinetika.....	11
III.1.2 Medan Gravitasi.....	13
III.1.3 Rotasi Bumi.....	13
III.2 Kelompok Keahlian (KK) di Lingkungan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.....	18
III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster.....	18
III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi.....	19
III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.....	19
III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi.....	20
Bab IV.....	23

IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.....	23
IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.....	25
IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.....	26
IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.....	31
IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.....	31
Bab V.....	35
Penutup.....	35
V.1 Kesimpulan.....	35
V.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Kontribusi Putra Putri Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2024.....	74
--	----

Bab I

Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Teknik Geodesi dan Geomatika adalah bidang ilmu yang memfokuskan pada pengukuran, pemetaan, dan analisis data spasial permukaan bumi. Ilmu ini memainkan peran yang sangat penting dalam berbagai sektor, seperti pembangunan infrastruktur, pengelolaan sumber daya alam, dan mitigasi bencana alam. Dalam konteks perkembangan teknologi yang semakin maju, kebutuhan akan data geospasial yang akurat dan terkini menjadi semakin vital. Sehingga, pemahaman yang mendalam mengenai pilar-pilar utama dalam keilmuan geodesi, seperti geokinetika, medan gravitasi, dan rotasi bumi, sangat penting, karena pilar-pilar tersebut memberikan dasar teori dan aplikatif bagi berbagai teknologi geospasial yang digunakan dalam berbagai disiplin ilmu terkait.

Geodesi sebagai ilmu pengukuran dan pemetaan memiliki pengaruh yang luas dalam kehidupan sehari-hari. Seiring perkembangan teknologi, pemanfaatan drone, GNSS, serta sistem informasi geografis (SIG) semakin meluas dan menghasilkan data geospasial akurat yang vital untuk berbagai aplikasi, mulai dari tata ruang kota hingga monitoring bencana berbasis teknologi digital. Untuk itu, penting bagi kita untuk memahami bagaimana berbagai konsep dalam geodesi dapat diterapkan dalam berbagai bidang. Teknik Geodesi dan Geomatika juga berperan dalam menyusun kebijakan perencanaan yang berbasis pada data spasial yang akurat dan dapat diandalkan. Selain itu, teknologi geodesi yang terus berkembang memungkinkan terwujudnya sistem informasi yang lebih canggih dalam pemantauan dan pengelolaan ruang serta lingkungan.

Di Indonesia, dengan topografi yang beragam dan rawan bencana alam, aplikasi Teknik Geodesi dan Geomatika semakin diperlukan dalam berbagai sektor. Mulai dari pemetaan wilayah untuk pembangunan infrastruktur yang lebih efisien, hingga mitigasi bencana alam yang lebih responsif, ilmu ini sangat penting untuk memastikan keberlanjutan pembangunan yang terencana dan dikelola dengan baik. Dalam hal ini, pengembangan kelompok keahlian di bidang ini di institusi

pendidikan seperti ITB menjadi sangat relevan untuk menghasilkan solusi inovatif dan aplikatif dalam menghadapi tantangan pembangunan dan pengelolaan ruang.

Dengan demikian, pemahaman menyeluruh mengenai pilar-pilar utama dalam geodesi, serta penerapan teknologi dalam berbagai bidang, menjadi kunci untuk mewujudkan pembangunan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Keilmuan geodesi yang terus berkembang sangat penting untuk kolaborasi dengan disiplin ilmu lain untuk menciptakan solusi yang lebih komprehensif dalam menghadapi tantangan global dan lokal, terutama dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan sumber daya alam.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sejarah dan rencana strategis program studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB?
2. Apa saja pilar-pilar utama dalam keilmuan Geodesi?
3. Apa saja Kelompok Keahlian (KK) di lingkungan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB?
4. Bagaimana peran Teknik Geodesi dan Geomatika bagi masyarakat serta lingkungan?

I.3 Tujuan Kajian

1. Mengkaji sejarah dan perkembangan, serta rencana strategis Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.
2. Mengkaji tiga pilar utama keilmuan Geodesi.
3. Mengkaji Kelompok Keahlian (KK) di lingkungan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.
4. Mengkaji peran Teknik Geodesi dan Geomatika bagi masyarakat serta lingkungan.

Bab II

Tinjauan Umum

II.1 Sejarah dan Perkembangan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB

Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung (ITB) merupakan pelopor pendidikan tinggi bidang geodesi di Indonesia. Gagasan awal pendiriannya muncul pada tahun 1949 sebagai respons terhadap kebutuhan yang mendesak akan tenaga ahli pemetaan di Indonesia pasca-kemerdekaan. Pada saat itu, Direktur Kadaster (Jawatan Pendaftaran Tanah) di Jakarta menginisiasi sekaligus memberikan dukungan terhadap pendirian lembaga pendidikan tinggi geodesi.

Langkah formalisasi pendirian program ini dimulai pada tahun 1950 melalui pembentukan suatu komite yang bertugas merancang kurikulum pendidikan tinggi geodesi. Komite tersebut terdiri atas tokoh-tokoh akademik terkemuka, yaitu Prof. Dr. Posthumus (Dekan Fakultas Teknik), Prof. Ir. Jac. P. Thijss (Guru Besar Perencanaan dan Arsitektur), dan Prof. H.A. Brouwer (Guru Besar Surveying). Pada awalnya, program studi ini merupakan bagian dari Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berlokasi di Bandung, sebelum akhirnya menjadi bagian dari Institut Teknologi Bandung.

Dalam kurun waktu lebih dari lima dekade, Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika telah menghasilkan lebih dari seribu lulusan, dengan rata-rata sekitar 60 lulusan setiap tahunnya. Untuk menjaga kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kurikulum program studi ini telah mengalami delapan kali pembaruan. Pembaruan tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa lulusan memiliki kompetensi yang adaptif dan relevan terhadap tuntutan zaman.

Perubahan nama program studi turut merefleksikan perkembangan dinamika keilmuan yang terjadi. Pada tahun 2000, nomenklatur “Teknik Geodesi” secara resmi diperluas menjadi “Teknik Geodesi dan Geomatika”, sebagai bentuk respons terhadap integrasi antara ilmu geodesi dan kemajuan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Perubahan ini juga mengakomodasi pemanfaatan teknologi spasial yang semakin berkembang pesat, seperti Geographic Information System (GIS) dan Global Positioning System (GPS).

Dalam perkembangan kelembagaannya, Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika pada awalnya berada di bawah naungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan (FTSL) ITB. Namun, seiring dengan kebutuhan untuk mengelompokkan keilmuan yang lebih relevan dengan ilmu kebumihant, dilakukan restrukturisasi kelembagaan. Berdasarkan Surat Keputusan Rektor ITB Nomor 257/SK/K01/OT/2007, Program Studi Geodesi dan Geomatika, bersama dengan kelompok keahlian terkait—yakni Geodesi, Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis, Sains dan Rekayasa Hidrografi, serta Surveying dan Kadaster—secara resmi dipindahkan dari FTSL ke Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihant (FITB). Pemindahan ini mulai berlaku secara operasional sejak tahun 2008, dan sejak saat itu, seluruh aktivitas akademik serta manajemen program studi ini dikelola di bawah naungan FITB.

II.2 Visi, Misi, dan Tujuan Teknik Geodesi dan Geomatika ITB

Dikutip dari laman resmi Teknik Geodesi dan Geomatika FITB ITB (gd.fitb.itb.ac.id), Visi Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika adalah untuk menjadi pemimpin, pusat pendidikan dan teknologi tinggi yang unggul, bermartabat untuk ilmu pengetahuan dan teknologi dalam survei dan pemetaan serta ilmu informasi geografis dalam perspektif aktivitas manusia yang unik dan perubahan lingkungan. karakteristik Indonesia, dengan misi untuk melaksanakan pendidikan tinggi yang inovatif dan unggul dalam survei, pemetaan dan ilmu informasi geografis berdasarkan penelitian dan berorientasi pada perubahan lingkungan dan hubungannya dengan kegiatan manusia untuk mendukung pembangunan nasional Indonesia.

Secara khusus, tujuan program Teknik Geodesi dan Geomatika adalah untuk menghasilkan lulusan yang:

1. Memperoleh pengetahuan terintegrasi di bidang teknik geodesi dan geomatika seperti yang dituntut oleh industri, profesi, dan layanan publik,
2. Memiliki keterampilan dalam memanfaatkan pengetahuan dalam memecahkan masalah yang relevan di industri, profesi, dan layanan publik,
3. Mampu menangani masalah yang terbuka dan kompleks, terutama dengan mempertimbangkan solusi rekayasa, yang terdiri dari aspek teknis, desain, sosio-ekonomi, budaya, lingkungan, dan bisnis,

4. Menunjukkan kemampuan untuk beradaptasi, menyesuaikan diri, dan berkembang secara mandiri serta bersaing secara global, dan
5. Menunjukkan kepatuhan terhadap standar etika dan profesional.

Bab III

Pilar dan Lingkup Keilmuan Geodesi

III.1 Tiga Pilar Utama Keilmuan Geodesi

III.1.1 Geokinetika

Menurut Global Geodetic Observing System (GGOS), geokinetika didefinisikan sebagai segala metode, teknik, dan teori yang digunakan untuk menentukan bentuk bumi sebagai suatu fungsi global dari ruang dan waktu. Bentuk bumi yang dikaji terdiri dari bumi padat (daratan), es, dan lautan. Geokinetika digunakan untuk mengukur bentuk geometris permukaan bumi serta perubahan bentuknya (kinematika) dan variasinya, pada skala spasial global hingga lokal, dan pada skala waktu dari cepat hingga sekuler (sangat lama) (Abidin, 2023).

Menurut Plag dkk. (2010), ada berbagai macam perubahan permukaan bumi yang dikaji dengan Geokinetika, diantaranya adalah:

1. Pergerakan lempeng tektonik

Geokinetika bertujuan untuk mempelajari dan memodelkan pergerakan antar lempeng tektonik yang terjadi secara konstan atau tiba tiba yang diakibatkan oleh dinamika mantel bumi. Pemahaman terhadap gerakan ini penting untuk menentukan kecepatan dan arah pergerakan lempeng, seberapa cepat lempeng lempeng ini bergerak dan ke arah mana pergerakan tersebut terjadi. Ini dilakukan melalui berbagai metode seperti pengukuran GPS, data paleomagnetisme, dan penanggalan radioaktif. Selain itu, Geokinetika dapat dipakai untuk mengukur potensi interaksi antar lempeng yang berisiko dapat menimbulkan bencana alam gempa bumi atau pembentukan morfologi baru (seperti pegunungan).

2. Aktivitas di dalam lempeng

Tujuan lain dari geokinetika adalah untuk mengamati deformasi yang terjadi di dalam lempeng tektonik itu sendiri atau intra-plates, yang tidak secara langsung terkait dengan batas antar lempeng. Aktivitas ini bisa berupa pergeseran

sesar kecil, peluruhan tanah, atau pengangkatan dan penurunan wilayah secara lokal, efek tektonik residual akibat tegangan historis, dan lain lain. Meskipun tidak sekompleks batas lempeng, aktivitas intra-plates tetap penting karena dapat menimbulkan dampak terhadap kestabilan wilayah permukiman dan infrastruktur.

3. Gunung berapi

Geokinetika digunakan untuk mendeteksi suatu perubahan bentuk topografi di wilayah vulkanik, salah satunya untuk memantau aktivitas magma di bawah permukaan tanah. Salah satu indikator utamanya adalah inflasi (pengembangan) atau deflasi (penyusutan) gunung, dimana hal ini menunjukkan tekanan dalam sistem vulkanik. Dengan memantau pola deformasi ini secara kontinu, para peneliti dapat memperkirakan potensi erupsi dan menentukan tingkat kewaspadaan secara lebih akurat dan tepat sasaran.

4. Gempa bumi

Geokinetika digunakan untuk memantau deformasi kerak bumi untuk memahami tekanan yang memicu gempa, bukan hanya setelah kejadian tetapi juga sebelum kejadian. Dengan pengamatan presisi seperti GNSS dan InSAR, akan didapatkan pola pergeseran sebelum dan sesudah gempa. Ini penting bukan hanya untuk mencatat dampaknya, tetapi juga untuk memahami akumulasi tekanan di zona patahan dan memperkirakan potensi kejadian yang terjadi selanjutnya.

5. Gletser

Geokinetika digunakan untuk memantau pergerakan dan pencairan gletser yang memengaruhi bentuk permukaan bumi dan kestabilan geodetik. Proses pencairan menyebabkan penyesuaian kerak bumi dan berakibat pada kenaikan muka laut global, sehingga hal ini sangat penting untuk dipantau secara presisi.

6. Variabilitas laut (*Ocean variability*)

Laut memiliki suatu dinamika sendiri yang terus berubah dari waktu ke waktu, baik itu suhu, arus, hingga distribusi massanya. Perubahan-perubahan yang terjadi ini dapat mempengaruhi pengukuran geodetik secara global. Jadi, geokinetika dapat dikatakan berfokus ke variabilitas laut karena dampaknya terhadap tinggi muka laut dan keseimbangan massa bumi.

7. Kenaikan atau penurunan permukaan laut

Kenaikan muka air laut dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti penambahan volume air laut akibat pencairan es dan gletser. Selain itu, pergerakan daratan secara konvergen dapat mengubah ketinggian muka air laut. Geokinetika digunakan untuk mengidentifikasi bagian muka laut mana yang mengalami perubahan yang diakibatkan oleh kedua penyebab sebelumnya.

Dalam mengkaji perubahan permukaan bumi, geokinetika menerapkan berbagai macam teknik sesuai dengan medan yang dikaji, seperti:

1. Altimetri
2. InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*)
3. GNSS-cluster
4. VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*)
5. SLR (*Satellite Laser Ranging*)
6. DORIS
7. Perolehan dan pengolahan citra (*Imaging techniques*)
8. *Levelling*
9. *Tide gauges*

III.1.2 Medan Gravitasi

III.1.2.1 Pendahuluan dan Konsep Dasar Medan Gravitasi

Medan gravitasi merupakan salah satu konsep fundamental dalam fisika klasik yang menjelaskan bagaimana benda-benda bermassa saling memengaruhi melalui gaya tarik-menarik. Dalam pandangan klasik, medan ini tidak kasatmata, namun memiliki efek fisik nyata terhadap objek-objek yang berada di dalamnya. Medan gravitasi dapat dipahami sebagai suatu daerah di sekitar benda bermassa di mana gaya gravitasi masih bekerja terhadap massa lain yang berada dalam daerah tersebut (Physigeeek, 2023). Medan ini bersifat vektor, yang berarti memiliki arah (menuju pusat massa) dan besar tertentu. Besar medan di suatu titik didefinisikan

sebagai gaya gravitasi per satuan massa, atau secara matematis dinyatakan sebagai $g = F/m$, di mana F adalah gaya gravitasi dan m adalah massa benda uji.

Konsep dasar ini berakar pada Hukum Gravitasi Universal Newton, yang menyatakan bahwa dua benda bermassa akan saling tarik-menarik dengan gaya sebesar $F = G.(m_1m_2/r^2)$. Dengan membagi persamaan ini terhadap massa benda uji, diperoleh persamaan medan gravitasi: $g = G.(M/r^2)$, di mana G adalah konstanta gravitasi universal, M adalah massa sumber, dan r adalah jarak antara pusat massa sumber dengan titik pengamatan. Hubungan ini menunjukkan bahwa medan gravitasi berkurang secara kuadratis terhadap jarak (Physigeek, 2023).

Dalam penjelasan visual melalui kanal YouTube Jendela Sains, medan gravitasi dijelaskan sebagai sarana untuk memetakan bagaimana suatu benda akan merespons kehadiran massa besar di sekitarnya. Video tersebut memberikan analogi intuitif mengenai lengkungan medan dan bagaimana benda kecil akan terakselerasi menuju pusat massa akibat adanya struktur medan di sekitarnya. Penjelasan ini memperkuat pemahaman bahwa medan bukanlah gaya yang “dikirimkan”, melainkan properti ruang yang berubah akibat keberadaan massa.

Lebih lanjut, medan gravitasi diklasifikasikan sebagai medan konservatif, yakni suatu medan di mana kerja yang dilakukan terhadap suatu benda hanya bergantung pada posisi awal dan akhir, bukan pada lintasan yang dilalui. Medan ini juga dijelaskan memiliki potensi gravitasi yang didefinisikan sebagai energi potensial per satuan massa: $U = -G.(M/r)$. Hubungan antara medan dan potensi ini dituliskan dalam bentuk turunan spasial: $g = -\Delta U$, yang menunjukkan bahwa medan merupakan gradien dari fungsi potensi (Sitorus, 2011).

Dalam konteks bumi, medan gravitasi tidak seragam dan bergantung pada beberapa variabel seperti ketinggian, kedalaman, serta letak geografis. Nilai percepatan gravitasi diketahui lebih tinggi di kutub dibandingkan di ekuator akibat bentuk bumi yang pepat di kutub (Physigeek, 2023). Selain itu, nilai g juga menurun seiring bertambahnya jarak dari pusat bumi, sebagaimana dijelaskan dalam hukum Newton.

III.1.2.2 Metode Pengamatan Darat

Metode pengamatan darat dalam geodesi mencakup berbagai teknik untuk mengukur dan memetakan permukaan bumi. Beberapa metode utama meliputi

survei terestris, penggunaan GPS/GNSS, leveling, dan teknik survei tradisional seperti triangulasi dan trilaterasi.

1. Survei Terestris (Terrestrial Survey)

Ini adalah metode dasar pengumpulan data geospasial dengan melakukan pengukuran dan pengamatan langsung objek di permukaan bumi dari titik-titik pengamatan di darat. Melibatkan penggunaan berbagai instrumen seperti total station, teodolit, dan alat ukur lainnya untuk mengukur jarak, sudut, dan elevasi.

2. GPS/GNSS (Global Positioning System/Global Navigation Satellite System)

GNSS adalah sistem berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan posisi, navigasi, dan waktu di seluruh dunia. GPS adalah salah satu sistem GNSS yang paling umum digunakan, tetapi ada juga sistem lain seperti GLONASS, Galileo, dan BeiDou. Pengukuran GPS/GNSS dapat dilakukan dengan berbagai metode, termasuk:

- 1) Metode Statis: Pengamatan dilakukan dalam waktu yang lama untuk presisi tinggi.
- 2) Metode Kinematis: Pengamatan dilakukan saat receiver bergerak, cocok untuk pemetaan detail.
- 3) Metode Rapid Static: Kombinasi metode statis dan kinematis, menawarkan presisi tinggi dengan waktu yang lebih singkat.

GPS/GNSS banyak digunakan dalam berbagai aplikasi survei, termasuk pemetaan lahan, penentuan batas wilayah, pemantauan deformasi, dan lain-lain.

3. Leveling (Perataan)

Metode ini digunakan untuk menentukan perbedaan ketinggian antara titik-titik di permukaan bumi. Tiga teknik leveling yang umum digunakan adalah:

- 1) Leveling Diferensial: Paling akurat, melibatkan pengukuran perbedaan tinggi dengan menggunakan dua tongkat terkalibrasi.
- 2) Leveling Trigonometri: Menggunakan prinsip trigonometri untuk menghitung perbedaan tinggi berdasarkan sudut dan jarak.

- 3) Leveling Barometrik: Menggunakan perbedaan tekanan udara untuk memperkirakan perbedaan tinggi, kurang akurat dibandingkan dua metode lainnya.
4. Teknik Survei Tradisional:
 - 1) Triangulasi: Membentuk jaringan segitiga untuk menentukan posisi titik-titik dengan mengukur sudut.
 - 2) Trilaterasi: Membentuk jaringan segitiga untuk menentukan posisi titik-titik dengan mengukur jarak.
 - 3) Lintasan (Traverse): Membentuk garis lurus yang menghubungkan titik-titik, mengukur jarak dan sudut.

III.1.2.3 Geodesi Satelit

Geodesi satelit merupakan cabang ilmu Geodesi yang dengan bantuan teknologi satelit yang dapat menjawab persoalan-persoalan geodesi seperti penentuan posisi, jarak dan sebagainya. Geodesi satelit tentu melibatkan satelit buatan manusia yang ditempatkan pada posisi tertentu di ruang angkasa.

Global positioning Systems dapat memberikan informasi tentang posisi, kecepatan dan waktu secara akurat yang dibagi dalam 3 (tiga) segmen GPS yaitu segmen satelit, segmen pengguna (*receiver*), dan segmen kontrol. Satelit memancarkan sinyal dan data ke permukaan bumi yang diterima oleh *receiver* GPS dalam penentuan posisi yang terlebih dahulu sudah di-*centring* ke suatu posisi tertentu. Dengan diketahuinya posisi satelit GPS di ruang angkasa dan diukurnya jarak antara satelit dan *receiver*, maka dapat ditentukan koordinat *receiver* dimaksud. Segmen kontrol satelit terletak di 4 (empat) lokasi yang menyebar di seluruh dunia dengan master kontrolnya berada di Colorado Spring, USA. Segmen kontrol bertugas memelihara satelit GPS termasuk kesehatannya yaitu apakah berfungsi secara baik atau tidak. Segmen pengguna adalah juru ukur yang memakai *receiver* GPS/GNSS dalam berbagai keperluan seperti perhubungan, pemetaan, pendaftaran tanah, pertambangan, dan lain sebagainya.

1. Metode Penentuan Posisi dengan GPS/GNSS

Berdasarkan kegunaannya (tingkat akurasi) dibagi menjadi keperluan survei dan navigasi. Metode yang dapat dipakai untuk kedua keperluan tersebut adalah metoda Absolut dan metoda relatif (diferensial). Metode diferensial dibagi menjadi dua yaitu Metode Post Processing dan metode Real Time (Kinematik

satu Statik). Metode Post Processing dapat dibagi menjadi metode: metode statik, rapid statik, stop and go, pseudo kinematik dan kinematik.

2. Metoda Penentuan Posisi Kinematik dipakai untuk menentukan posisi dan kecepatan suatu benda yang bergerak seperti pesawat terbang dan kapal laut. Metoda ini dapat dilakukan secara Real Time Kinematik (RTK) atau Post Processing. Metoda Real time Kinematik langsung menghasilkan harga koordinat posisi dan kecepatan suatu benda yang bergerak secara langsung pada saat itu juga. Sedangkan metoda Processing memerlukan waktu untuk memproses data yang dikoleksi pada suatu benda yang bergerak dan data yang dikoleksi pada stasiun referensi pada durasi dan epok yang sama, kemudian datanya diolah dengan menggunakan software aplikasi untuk menentukan besar vektor base line serta posisi relatif terhadap sistem koordinat tertentu.

3. Penentuan posisi dengan metoda Rapid Statik menggunakan dua alat receiver dimana satu diam dan satu bergerak berpindah dari satu titik ke titik lainnya tetapi dengan waktu okupasi pada titik tersebut cukup singkat yaitu antara 5 sampai dengan 10 menit. Metoda ini dapat dipakai untuk penentuan posisi dengan ketelitian sentimeter.

4. Penentuan Posisi dengan metode Pseudo Kinematik menerapkan dua sesi okupasi data pada titik yang sama secara singkat (5 menit), dengan perbedaan satu sesi dengan lainnya kurang lebih 1 (satu) jam. Hal ini dimaksudkan agar kedua sesi pengamatan dilakukan pada dua geometri satelit yang berbeda.

5. Penentuan Posisi dengan metoda Stop and Go dilakukan dengan receiver GPS/GNSS yang bergerak dari satu titik ke titik lainnya, tetapi selama perjalanan dari satu titik ke titik lainnya *receiver* tetap melakukan koleksi data. Okupasi pada titik yang akan ditentukan posisinya adalah kurang lebih 10 sampai dengan 15 detik. Metoda ini sangat memerlukan geometri satelit yang sangat baik (satelit tidak berkumpul pada satu area yang sempit) dalam rangka untuk mendapatkan hasil posisi yang baik

III.1.2.4 Pemodelan Medan Gravitasi

Pemodelan medan gravitasi adalah proses merepresentasikan distribusi gaya berat Bumi secara matematis dan fisik dalam bentuk model numerik. Tujuannya adalah untuk menggambarkan variasi gaya berat di seluruh permukaan Bumi, yang sangat tidak seragam karena distribusi massa di kerak, mantel, topografi, dan fenomena geodinamika. Berikut komponen-komponen utama untuk melakukan pemodelan medan gravitasi:

1. Data observasi, data dapat diperoleh melalui gravimetri darat, laut, udara, dan data satelit.
2. Potensial gravitasi, secara teoritis, medan gravitasi Bumi dinyatakan sebagai fungsi potensial. Fungsi potensial ini diuraikan dengan metode harmonik sferis, yakni memecah medan menjadi kombinasi fungsi matematika untuk mendeskripsikan variasi lokal hingga global.
3. Geoid, dari fungsi potensial, salah satu produk utamanya adalah permukaan geoid, yaitu permukaan ekuipotensial yang mendekati rata-rata permukaan laut.

Beberapa contoh produk pemodelan medan gravitasi, yaitu:

1. EGM96, model gravitasi generasi 90-an, dengan derajat harmonik hingga 360.
2. EGM2008, dengan resolusi tinggi dan harmonik hingga 2190 derajat.
3. GOCO & EIGEN Models, data terbaru yang menggabungkan data GRACE dan GOCE.

III.1.2.5 Aplikasi Medan Gravitasi

Medan gravitasi memiliki berbagai aplikasi yang sangat penting dalam studi kebumihan, pembangunan, serta pemantauan lingkungan. Pemahaman yang baik terhadap distribusi dan dinamika medan gravitasi memungkinkan pengembangan berbagai metode kuantitatif yang aplikatif, baik untuk keperluan ilmiah maupun teknis.. Aplikasi medan gravitasi mencakup berbagai bidang berikut:

1. Penentuan Geoid

Salah satu aplikasi fundamental medan gravitasi dalam bidang geodesi adalah dalam penentuan geoid, yaitu permukaan ekuipotensial dari medan gravitasi Bumi dalam keadaan setimbang hidrostatik. Geoid berperan sebagai acuan untuk pengukuran tinggi ortometrik, yakni tinggi fisik terhadap permukaan laut rata-rata (mean sea level). Model geoid digunakan untuk mengonversi tinggi elipsoid dari sistem GNSS menjadi tinggi ortometrik yang akurat, yang sangat dibutuhkan dalam pemetaan topografi, survei hidrografi, rekayasa sipil, serta pengelolaan wilayah pesisir dan dataran tinggi (Arisauna Pahlevi, dkk , 2024). Selain itu, analisis medan gravitasi juga digunakan untuk menentukan variasi lokal densitas batuan di bawah permukaan, yang berpengaruh terhadap kualitas referensi vertikal dan kestabilan pengukuran geodetik jangka panjang.

2. Pemantauan Deformasi dan Dinamika Lempeng

Variasi temporal medan gravitasi dapat digunakan untuk mendeteksi pergeseran massa akibat deformasi tektonik maupun aktivitas vulkanik. Misalnya, peningkatan atau penurunan nilai gravitasi di suatu wilayah dapat mengindikasikan uplift, subsidensi, atau akumulasi magma di bawah gunung api. Observasi ini sangat berguna dalam mitigasi bencana geologi, seperti erupsi gunung berapi atau amblesan tanah.

3. Eksplorasi Sumber Daya Alam

Dalam eksplorasi sumber daya alam, medan gravitasi dimanfaatkan untuk mengungkap variasi distribusi massa di bawah permukaan bumi. Perbedaan densitas antar lapisan batuan menghasilkan variasi medan gravitasi yang dikenal sebagai anomali gravitasi. Cekungan sedimen, misalnya, memiliki densitas lebih rendah dibandingkan batuan sekitarnya, sehingga menghasilkan anomali gravitasi negatif. Melalui analisis medan gravitasi, struktur bawah permukaan seperti intrusi batuan, patahan, dan perangkap hidrokarbon dapat dikenali. Informasi ini menjadi kunci dalam pencarian minyak dan gas bumi, terutama untuk mengidentifikasi elemen penting seperti batuan induk, reservoir, perangkap, dan batuan penutup.

4. Pemodelan Medan Gravitasi Global dan Pemantauan Iklim

Misi satelit seperti GRACE dan GOCE telah merevolusi pemodelan medan gravitasi global dengan resolusi spasial dan temporal tinggi. Data dari misi ini memungkinkan ilmuwan untuk memantau redistribusi massa di Bumi, seperti pencairan es di kutub, penurunan cadangan air tanah, serta perubahan massa laut akibat variasi iklim. Sebagai contoh, GRACE dapat mendeteksi kehilangan massa es di Greenland dan Antarktika, serta memantau fluktuasi air tanah di DAS besar seperti Amazon atau Sungai Mekong. Informasi ini sangat penting dalam kajian perubahan iklim global dan pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan.

Meskipun beberapa aplikasi utama telah diuraikan, ruang lingkup pemanfaatan medan gravitasi sejatinya masih sangat luas. Masih banyak bentuk penerapan lain yang belum banyak diketahui atau dikaji secara mendalam. Hal ini menunjukkan bahwa medan gravitasi bukan sekadar konsep fisika teoritis, melainkan merupakan komponen esensial dalam berbagai analisis geospasial dan kebumihuman yang mendukung pemahaman terhadap struktur, dinamika, dan perubahan Bumi secara menyeluruh dan berkelanjutan.

III.1.3 Rotasi Bumi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), rotasi Bumi adalah perputaran Bumi pada porosnya dari arah barat ke timur yang berlangsung sekitar 24 jam dan menghasilkan fenomena siang dan malam. Secara astronomis, satu kali rotasi Bumi berlangsung dalam waktu sekitar 23 jam 56 menit 4 detik jika diukur relatif terhadap bintang jauh (disebut hari sideris), dan kira-kira 24 jam jika diukur relatif terhadap posisi Matahari. Rotasi Bumi menyebabkan bagian-bagian permukaannya secara bergantian menghadap dan membelakangi Matahari, memunculkan fenomena siang dan malam.

Seitz & Schuh (2010) dalam kajian *Earth Rotation* menjelaskan bahwa rotasi Bumi bersifat dinamis. Arah sumbu rotasi bergerak relatif terhadap sistem acuan berbasis ruang luar (*inertial frame*) maupun terhadap sistem acuan yang melekat pada permukaan Bumi (*Earth-fixed*), sementara kecepatan sudutnya juga mengalami fluktuasi. Variasi ini diukur melalui parameter orientasi Bumi seperti presesi, nutasi, *polar motion*, serta perubahan kecepatan rotasi yang teramati sebagai deviasi pada *length-of-day* (LOD) atau UT1, yaitu sistem waktu astronomis yang sensitif terhadap variasi rotasi aktual. Rotasi ini juga

menyebabkan Bumi memiliki bentuk *oblate spheroid*, serta menjadi acuan utama dalam penetapan sistem waktu global.

Awal mula dari rotasi Bumi adalah momentum sudut yang terjadi saat pembentukan tata surya. Ketika awan gas dan debu di ruang angkasa mengalami pemadatan dan kontraksi, sebagian besar material yang ada berputar mengelilingi pusat gravitasinya (yaitu pusat gravitasi planet-planet itu sendiri), sehingga terbentuklah gerak rotasi yang terus dipertahankan oleh Bumi. Karena ruang angkasa merupakan ruang hampa udara, hal ini mengakibatkan gerak rotasi berlangsung terus-menerus tanpa adanya gaya gesek atau gaya hambat udara yang dapat menghentikannya.

Dalam sudut pandang fisika, penyebab rotasi Bumi adalah adanya dorongan yang berasal dari dalam dan luar Bumi. Dengan kata lain, penyebab rotasi Bumi dipengaruhi oleh dua faktor, yakni penyebab internal dan eksternal, lebih jelasnya sebagai berikut:

1. Penyebab Internal

Penyebab rotasi yang berasal dari faktor internal dipicu adanya kekuatan redistribusi massa Bumi. Selain itu, gerakan dan aliran logam panas di dalam inti Bumi menyebabkan terjadinya perputaran.

2. Penyebab Eksternal

Rotasi Bumi yang berasal dari dorongan atau daya eksternal meliputi adanya tenaga perputaran gaya gravitasi Planet Bumi, antara Planet Bumi dengan planet lainnya, dan Planet Bumi terhadap matahari.

Rotasi bumi memiliki beberapa pengaruh penting terhadap sistem bumi, antara lain:

1. Siang dan Malam

Siang dan malam adalah fenomena alam yang terjadi akibat rotasi bumi pada porosnya. Saat bagian bumi menghadap matahari, maka terjadilah siang hari, sedangkan saat bagian bumi membelakangi matahari, maka terjadilah malam hari. Pergantian siang dan malam sangat penting bagi kehidupan di bumi, karena mempengaruhi aktivitas makhluk hidup, seperti manusia, hewan, dan tumbuhan.

2. Pembelokan Angin

Pembelokan angin merupakan fenomena di mana arah angin berubah akibat rotasi bumi. Fenomena ini juga dikenal sebagai efek Coriolis. Pembelokan angin memiliki beberapa implikasi penting, seperti Pembelokan angin di belahan bumi utara dan selatan, pembentukan angin pasat, siklon dan antisiklon, serta pergerakan arus laut.

3. Arus Laut

Arus laut adalah gerakan massa air laut dalam skala besar. Arus laut memiliki berbagai macam penyebab, salah satunya adalah rotasi bumi. Rotasi bumi menyebabkan terjadinya gaya Coriolis, yang membelokkan arah arus laut. Di belahan bumi utara, arus laut dibelokkan ke kanan, sedangkan di belahan bumi selatan, arus laut dibelokkan ke kiri.

4. Gaya Coriolis

Gaya Coriolis adalah gaya semu yang timbul akibat rotasi bumi. Gaya ini membelokkan arah benda yang bergerak, seperti angin dan arus laut. Di belahan bumi utara, gaya Coriolis membelokkan benda ke kanan, sedangkan di belahan bumi selatan, gaya Coriolis membelokkan benda ke kiri. Gaya Coriolis merupakan komponen penting dalam perputaran bumi mengelilingi porosnya. Gaya ini mempengaruhi arah angin dan arus laut, sehingga berdampak pada iklim dan cuaca di bumi. Sebagai contoh, gaya Coriolis menyebabkan angin pasat bertiup dari timur ke barat, dan menyebabkan arus laut bergerak secara melingkar di sekitar pusat-pusat tekanan rendah dan tinggi.

5. Bentuk Bumi

Bentuk bumi merupakan salah satu aspek penting yang dipengaruhi oleh perputaran bumi mengelilingi porosnya. Perputaran bumi menyebabkan gaya sentrifugal yang bekerja pada permukaan bumi, sehingga bumi menjadi sedikit menggepeng di kutub dan menggelembung di khatulistiwa. Bentuk bumi ini dikenal sebagai sferoid oblate.

6. Pergantian Musim

Perputaran bumi mengelilingi porosnya menyebabkan terjadinya pergantian musim. Saat bumi mengorbit matahari, sumbu rotasinya selalu mengarah ke arah

yang sama. Akibatnya, belahan bumi utara dan selatan secara bergantian menghadap matahari secara langsung. Hal ini menyebabkan perubahan suhu dan pola cuaca yang berbeda-beda di setiap musim.

Selain itu, rotasi Bumi dipengaruhi oleh proses atmosferis dan pergerakan arus laut, antara massa yang terkait di dalamnya. Parameter orientasi bumi (EOP) adalah parameter yang mewakili bagian rotasi transformasi antara rilis terkini Kerangka Acuan Langit Internasional (ICRF) dan Kerangka ko Terrestrial Internasional (ITRF). EOP menggambarkan perubahan orientasi permukaan Bumi, tempat observatorium berada, terhadap kerangka acuan tetap ruang.

Rotasi bumi mengacu pada komponen Bumi padat dari sistem bumi dinamis, tidak termasuk deformasi, seperti pasang surut dan pergeseran benua. Melalui interaksi masing-masing komponen, momentum sudut dapat ditransfer antara atmosfer, lautan, dan Bumi padat, atau antara inti dan mantel Bumi karena mekanisme kopling. Dalam penentuan posisi dan orientasi Bumi secara akurat, dikenal lima parameter orientasi Bumi. Parameter-parameter tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama:

1) Koordinat Kutub Langit dan Presesi-Nutasi

Parameter ini mencakup dX dan dY , yang merupakan koreksi terhadap koordinat kutub langit akibat presesi dan nutasi. Nilai ini diberikan oleh model presesi-nutasi seperti IAU 2006 dan nutasi IAU 2000A. Koreksi ini penting karena posisi kutub rotasi Bumi tidak tetap, melainkan berubah terhadap kutub utara langit konvensional dari waktu ke waktu. Dalam praktiknya, pergeseran ini dikaitkan dengan CIP (*Celestial Intermediate Pole*) serta penentuan asal antara langit (CIO – *Celestial Intermediate Origin*) dalam transformasi sistem koordinat.

2) Sudut Rotasi Bumi (*Earth Rotation Angle* - ERA)

ERA berkaitan erat dengan waktu universal UT1 dan menggambarkan rotasi Bumi terhadap kerangka acuan langit. ERA dinyatakan dalam satuan radian dan dihitung dari lokasi CIO hingga TIO (*Terrestrial Intermediate Origin*) pada ekuator CIP. Karena UT1 memiliki hubungan linier terhadap ERA, sering kali nilai UT1 digunakan sebagai pengganti ERA dalam berbagai aplikasi praktis seperti penentuan waktu sidereal.

3) Koordinat Kutub (Gerakan Kutub)

Parameter ini terdiri dari x_p dan y_p , yang merepresentasikan gerakan

kutub dalam kerangka acuan ITRS (*International Terrestrial Reference System*). Gerak kutub terjadi karena perubahan posisi CIP terhadap kutub Bumi tetap. Lokasi TIO berubah seiring gerakan kutub dan perubahan ini dapat dimodelkan untuk mencapai akurasi tinggi. Fungsi-fungsi gerakan kutub biasanya dinyatakan dalam satuan sudut dan diturunkan dari data pengamatan jangka panjang.

Rotasi bumi memainkan peran krusial dalam geodesi dan geomatika, terutama dalam penentuan sistem koordinat global dan akurasi GNSS. Parameter rotasi bumi pun secara rutin dipantau dan diperbarui oleh IERS (*International Earth Rotation and Reference Systems Service*) untuk menjaga konsistensi antara sistem referensi seperti ITRF melalui observasi satelit dan GNSS. Dalam geodesi, parameter rotasi Bumi seperti presesi, nutasi, gerak kutub, dan variasi kecepatan rotasi harian digunakan untuk mengoreksi transformasi antara kerangka acuan langit dan kerangka acuan Bumi (ICRF dan ITRF). Tanpa koreksi ini, kesalahan posisi dapat mencapai beberapa sentimeter hingga meter, yang akan berdampak langsung pada akurasi pemetaan, penentuan batas wilayah, survei infrastruktur, dan pemantauan deformasi kerak bumi (Schuh et al., 2020).

Dalam sistem GNSS, rotasi Bumi memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap akurasi penentuan posisi. Karena Bumi terus berotasi, sinyal yang dikirimkan oleh satelit bisa sampai ke penerima di permukaan dengan perbedaan waktu yang sangat kecil tergantung arah datangnya sinyal. Hal ini dikenal sebagai efek Sagnac, dan meskipun terlihat kecil, jika tidak dikoreksi, bisa menyebabkan kesalahan posisi yang cukup signifikan, terutama dalam survei dengan tingkat presisi tinggi seperti pemantauan jembatan, bendungan, atau jaringan kontrol geodetik (Montenbruck & Hauschild, 2022). Untuk mengatasi hal tersebut, pemrosesan data GNSS selalu mempertimbangkan parameter orientasi Bumi (*Earth Orientation Parameters/EOP*) yang diperbarui secara berkala oleh IERS (IERS, n.d.).

Studi terhadap perubahan kecepatan rotasi bumi (seperti panjangnya hari) digunakan untuk mengolah peta, mendapatkan data spasial, memantau redistribusi massa global, seperti perubahan atmosfer, sirkulasi laut, es kutub, hingga peristiwa tektonik. Pergeseran massa pun mempengaruhi panjangnya hari beberapa milidetik dan deteksi ini dapat digunakan untuk penelitian deformasi permukaan dan mitigasi

bencana. Dengan kata lain, analisis rotasi bumi bukan hanya pendukung model referensi, tetapi juga jembatan penting untuk memahami dinamika bumi dan mengoptimalkan respons terhadap bencana alam. (Sutrisno, 2016; Abidin, 2024).

Selain itu, teknik seperti VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*) dan *Satellite Laser Ranging* (SLR) sangat bergantung pada presisi model rotasi Bumi dalam menentukan posisi titik-titik referensi global. Ketika model rotasi diperbarui secara berkala oleh IERS, maka peta dan data spasial yang digunakan dalam geomatika dapat terus dikalibrasi untuk menjaga akurasi spasial antar waktu (Schuh et al., 2020). Dengan demikian, rotasi Bumi berpengaruh banyak dalam landasan teknik seluruh sistem kerja geodesi dan geomatika.

III.2 Kelompok Keahlian (KK) di Teknik Geodesi dan Geomatika ITB

III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster

Kelompok keahlian sistem spasial dan kadaster berkonsentrasi pada pengelolaan data dan informasi pertanahan, terutama di Indonesia dengan semakin meningkatnya kebutuhan tanah karena urbanisasi yang cepat, populasi yang meningkat, pertumbuhan ekonomi, ketahanan pangan, air, dan energi, serta efek konflik dan bencana. Bidang ini mempelajari sistem spasial yang berkaitan dengan lokasi geografis atau ruang dan mencakup pengumpulan, penyimpanan, analisis, dan penyebaran data yang berkaitan dengan geografi seperti batas bidang tanah, topografi, penggunaan lahan, dan infrastruktur. Selain itu, keahlian ini juga menguasai Kadaster, yaitu sistem pencatatan dan pengelolaan pertanahan yang lengkap mencakup informasi kepemilikan tanah, penggunaan atau pemanfaatan tanah, nilai tanah, serta informasi yang lebih luas dan fungsional sehingga dapat melayani masyarakat luas, baik di tingkat nasional maupun daerah yang juga mendukung berbagai kegiatan perencanaan dan pembangunan.

Fokus utama penelitian Kelompok Keahlian ini terbagi menjadi dua. Pertama, manajemen pertanahan yang mencakup pengembangan kebijakan, penguasaan, dan ekonomi lahan untuk mendukung tata kelola lahan yang efektif dan berkelanjutan. Kedua, bidang surveying kadastral dan rekayasa yang berfokus pada inovasi teknologi pengukuran dan pemetaan tiga dimensi (3D), pemanfaatan teknologi Global Navigation Satellite System (GNSS), serta pengembangan

model informasi bangunan (Building Information Model/BIM) untuk pemetaan dan pengelolaan lahan secara akurat.

Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster juga berperan aktif dalam mengembangkan kadaster multifungsi digital yang mendukung pelaksanaan program nasional seperti Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL). Kelompok ini juga dapat bekerja sama dengan berbagai instansi pemerintah seperti Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) untuk menerapkan inovasi teknologi dalam tata kelola pertanahan yang terbuka dan efisien.

Pengembangan peta kadastral 3D beserta penggunaan tinggi orthometrik dalam survei penting bagi pengelolaan properti vertikal dan objek spasial kompleks lainnya. Hal ini meningkatkan keakuratan data yang memungkinkan pemetaan yang lengkap untuk administrasi pertanahan yang lebih modern. Dengan pendekatan tersebut, Kelompok Keahlian ini berperan strategis dalam mewujudkan sistem administrasi pertanahan yang akurat, efisien, dan berkelanjutan serta memberikan manfaat untuk masyarakat dan pembangunan nasional.

Di Indonesia, aspek hukum kadaster diatur secara fundamental dalam Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria (UUPA), yang menjadi dasar hukum utama pengelolaan pertanahan. Dalam UUPA, disebutkan bahwa tanah memiliki fungsi sosial, dan hak atas tanah harus diakui, dilindungi, serta didaftarkan melalui lembaga resmi untuk menciptakan kepastian hukum.

Salah satu kebijakan utama terkait kadaster adalah Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL), yang merupakan program strategis nasional oleh Kementerian ATR/BPN untuk mempercepat pendaftaran tanah di seluruh Indonesia. Program ini mendukung terwujudnya kadaster lengkap (complete cadastre), yaitu sistem informasi pertanahan yang komprehensif, mencakup seluruh bidang tanah dalam satu wilayah administrasi tertentu, dengan tujuan utama meningkatkan kepastian hukum dan mencegah konflik agraria.

Dalam kajian hukum, aspek kebijakan kadaster juga melibatkan keterkaitan antara teknologi informasi geospasial dan sistem informasi pertanahan. Berdasarkan hasil penelitian, integrasi antara Sistem Informasi Geografis (SIG)

dan Sistem Informasi Pertanahan (Land Administration System/LAS) merupakan instrumen penting dalam reformasi kebijakan kadaster modern.

Menurut Harsono (2005), pelaksanaan hukum pertanahan nasional harus memperhatikan prinsip keadilan dan perlindungan terhadap hak rakyat atas tanah. Oleh karena itu, reformasi kadaster di Indonesia tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga berkaitan erat dengan kebijakan redistribusi tanah, pemberdayaan masyarakat, dan penataan ruang.

Pengembangan spasial dan kadaster memiliki beberapa tantangan. Indonesia belum menjadikan kadaster spasial sebagai sistem administrasi pertanahan. Hal tersebut dikarenakan ketidaklengkapan kualitas isi kadaster. Sistem kadaster yang ideal seharusnya mampu menunjukkan kepemilikan tanah secara akurat dan lengkap dalam bentuk spasial. Namun, terdapat banyak "*floating certificates*," yaitu hak atas tanah yang tidak dipetakan dengan benar atau tanpa informasi spasial. Ketimpangan akses teknologi di beberapa daerah juga menjadi tantangan. Selain itu, kurangnya sumber daya manusia (SDM) yang terlatih dalam pengelolaan teknologi ataupun pemrosesan data spasial menjadi suatu hambatan.

Meskipun pengembangan kadaster spasial memiliki beberapa tantangan. Namun kadaster spasial juga memiliki peluang dalam pengembangannya. Di era digital ini, perkembangan teknologi semakin mudah terjangkau dan semakin akurat. Peningkatan sumber daya manusia (SDM) juga bisa ditingkatkan melalui pelatihan berkelanjutan dan kolaborasi antara pemerintah dan akademisi. Dengan dukungan kebijakan, infrastruktur geospasial, pengembangan kadaster spasial memiliki prospek yang menjanjikan

Dalam beberapa tahun terakhir, implementasi spasial dalam sistem kadaster di Indonesia menjadi salah satu perhatian utama dalam reformasi agraria dan tata kelola pertanahan. Kadaster sendiri merupakan sistem informasi yang mencatat kepemilikan, batas, serta nilai bidang tanah dalam suatu wilayah tertentu. Melalui pendekatan spasial, informasi bidang tanah tidak hanya tercatat secara administratif, namun juga direpresentasikan secara geografis, sehingga batas-batas fisik bidang tanah dapat dipetakan secara akurat dan transparan. Hal ini menjadi penting mengingat konflik agraria di Indonesia banyak disebabkan oleh ketidakjelasan batas dan tumpang tindih kepemilikan lahan (Irawan & Mahardika, 2022).

Salah satu upaya besar yang telah dilakukan pemerintah Indonesia melalui Kementerian ATR/BPN adalah program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL). Program ini bertujuan untuk mendaftarkan seluruh bidang tanah di Indonesia secara spasial dan yuridis, serta menyatukan data kepemilikan dengan batas-batas tanah yang teregistrasi dalam sistem digital. Dalam pelaksanaannya, teknologi seperti UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dan GNSS (Global Navigation Satellite System) digunakan untuk menghasilkan peta ortofoto beresolusi tinggi serta koordinat batas bidang tanah yang presisi. Penggunaan UAV terbukti mempercepat proses pemetaan kadaster, terutama di wilayah pedesaan yang sulit dijangkau secara manual (Irawan & Mahardika, 2022).

Selain PTSL, integrasi antara data yuridis dan data spasial menjadi fokus implementasi berikutnya. Selama ini, sistem informasi pertanahan sering kali terpisah antara catatan administratif dan data geospasialnya. Integrasi tersebut penting untuk memastikan bahwa setiap hak atas tanah memiliki representasi spasial yang valid di peta digital. Melalui sistem informasi geospasial (SIG), data-data tersebut kemudian dapat dianalisis, dikembangkan, dan diakses oleh berbagai sektor, seperti tata ruang, kehutanan, perikanan, dan perencanaan pembangunan wilayah (Santosa & Rachmawati, 2020). Sistem ini membantu mengefisienkan pengambilan keputusan, meningkatkan transparansi, dan mengurangi potensi korupsi atau penyalahgunaan wewenang dalam urusan pertanahan.

Salah satu inovasi lanjutan dalam bidang ini adalah pengembangan Kadaster 3D, yang menjadi sangat relevan untuk kawasan urban padat seperti Jakarta, Bandung, atau Surabaya. Kadaster 3D memungkinkan pendaftaran hak atas ruang secara vertikal misalnya pada apartemen, ruang bawah tanah, atau jembatan layang yang selama ini belum dapat direpresentasikan dengan baik dalam kadaster dua dimensi konvensional (Wibowo, 2021). Meskipun implementasi kadaster 3D di Indonesia masih dalam tahap riset dan pilot project, namun keberadaannya membuka peluang besar untuk menciptakan sistem pertanahan yang adaptif terhadap dinamika pembangunan kota modern.

Namun, implementasi spasial dan kadaster di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Di antaranya adalah keterbatasan sumber daya manusia yang ahli di bidang geospasial, infrastruktur teknologi yang belum merata di seluruh daerah, serta data pertanahan lama yang belum sepenuhnya terdigitalisasi atau

tidak sesuai standar pemetaan terkini. Selain itu, tumpang tindih klaim dan batas wilayah antar instansi serta masyarakat juga menjadi hambatan dalam proses validasi data spasial (Santosa & Rachmawati, 2020).

Meski demikian, dampak positif dari implementasi ini sudah mulai terasa. Dengan data spasial yang akurat dan terintegrasi, pemerintah daerah dapat meningkatkan efisiensi perencanaan tata ruang, mengoptimalkan pemungutan pajak bumi dan bangunan, serta mendorong iklim investasi yang lebih kondusif. Kepastian hukum atas tanah yang didukung oleh sistem spasial yang baik juga mengurangi potensi konflik dan meningkatkan rasa aman bagi pemilik tanah (Wibowo, 2021).

Dengan demikian, implementasi spasial dalam kadaster bukan hanya tentang teknologi, tetapi juga tentang perubahan paradigma dalam pengelolaan informasi pertanahan yang lebih inklusif, transparan, dan berkelanjutan. Upaya-upaya ini akan semakin efektif jika dibarengi dengan literasi masyarakat terhadap pentingnya pendaftaran tanah, serta penguatan kelembagaan dan regulasi yang mendukung integrasi data pertanahan lintas sektor.

Sistem Spasial dan Kadaster di Indonesia memegang peranan penting dalam memastikan pengelolaan data dan informasi pertanahan yang akurat, transparan, dan efisien, terutama di era meningkatnya kebutuhan lahan akibat urbanisasi dan perkembangan ekonomi. Dengan dukungan teknologi seperti pemetaan 3D, GNSS, UAV, serta integrasi data spasial dan administratif lewat program nasional seperti PTSL, proses pendaftaran dan tata kelola tanah menjadi lebih cepat dan akuntabel. Meski masih menghadapi tantangan berupa keterbatasan sumber daya manusia, infrastruktur yang belum merata, dan kualitas data yang bervariasi, peluang pengembangan sistem kadaster spasial terbuka lebar melalui pemanfaatan teknologi digital, kolaborasi lintas sektor, serta penguatan regulasi dan literasi masyarakat, sehingga dapat mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan dan berkeadilan.

III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi

Hidrografi merupakan gabungan dari hidro (air) dan kartografi (pemetaan), dan mengacu pada proses pemetaan yang berhubungan dengan elemen spasial air, seperti sungai, laut, samudra, teluk, dan lain - lain. Fitur - fitur bawah laut seperti topografi permukaan laut, gunung api bawah laut, serta kapal karam dapat dicari

dan dipetakan melalui berbagai macam teknologi. Alhasil, kelompok keahlian ini sangat penting dalam menentukan jalur pelayaran, batas daerah di atas permukaan laut, serta membantu bidang - bidang lain seperti oseanografi, *marine biology*, serta pertambangan laut lepas.

Kelompok keahlian hidrografi berfokus pada pemetaan dan pengukuran wilayah perairan, termasuk laut, sungai, dan danau. Tujuan utama dari hidrografi adalah menyediakan data spasial dan batimetri (kedalaman laut) yang akurat untuk mendukung navigasi laut, pembangunan pelabuhan, reklamasi pantai, hingga pemodelan banjir dan erosi (IHO, 2020). Menurut International Hydrographic Organization (IHO), kegiatan hidrografi tidak hanya terbatas pada pengukuran kedalaman air, tetapi juga mencakup karakteristik dasar laut, arus laut, pasang surut, dan parameter oseanografi lainnya yang mendukung kegiatan kelautan. Dalam konteks Teknik Geodesi dan Geomatika, teknologi seperti GNSS, multibeam echosounder, dan LIDAR bathymetry menjadi alat penting dalam kegiatan survei hidrografi (Indra et al., 2021).

Teknik survei hidrografi telah berkembang seiring kemajuan teknologi pengukuran dan pemrosesan data. Beberapa metode dan peralatan utama dalam survei hidrografi antara lain:

1. Singlebeam Echosounder (SBES): Alat pengukur kedalaman dasar laut secara titik per titik; cocok untuk survei batimetri dasar atau area terbatas.
2. Multibeam Echosounder (MBES): Menghasilkan data batimetri dalam bentuk pita lebar (swath); memungkinkan pemetaan 3D dasar laut dengan resolusi tinggi (Wibowo, 2019).
3. Global Navigation Satellite System (GNSS): Digunakan untuk penentuan posisi presisi tinggi baik pada kapal survei maupun pengukuran tidal.
4. Tide Gauge dan Water Level Recorder: Untuk mengukur variasi pasang surut laut yang menjadi koreksi penting dalam pengolahan data batimetri.
5. Unmanned Surface Vehicle (USV): Kapal survei tanpa awak yang dapat digunakan di area sempit, dangkal, atau berbahaya.
6. Total Station dan Terrestrial Laser Scanner (TLS): Untuk survei garis pantai dan integrasi data darat-laut.

Terdapat dua jenis metode dan teknologi dari kelompok keahlian hidrografi, yaitu:

1. Survei Batimetri

Survei batimetri adalah proses pengukuran kedalaman dan bentuk dasar laut, penting dalam navigasi, pembangunan pesisir, serta kajian kelautan. Dalam teknik geodesi dan geomatika, metode yang umum digunakan mencakup Single-beam Echo Sounder (SBES), Multi-beam Echo Sounder (MBES), dan Airborne LiDAR Bathymetri. SBES bekerja dengan mengirimkan sinyal suara secara vertikal dan menerima pantulannya untuk mengukur kedalaman satu titik perlintasan. Metode ini cocok untuk survei skala kecil karena sederhana dan murah, namun tidak efisien untuk area luas karena cakupannya terbatas (SciELO, 2022).

2. MBES

MBES merupakan pengembangan dari SBES yang memancarkan sinyal dalam bentuk kipas, memungkinkan pengukuran kedalaman di banyak titik sekaligus. Teknologi ini menghasilkan peta batimetri yang lebih detail dan juga merekam backscatter untuk analisis dasar laut. Namun, penggunaannya memerlukan biaya lebih tinggi dan keahlian teknis lebih kompleks (Frontiers in Marine Science, 2023). Di sisi lain, Airborne LiDAR Bathymetry menggunakan sinar laser hijau dari udara untuk mengukur kedalaman di perairan dangkal yang jernih. Teknologi ini sangat efisien untuk area sulit dijangkau oleh kapal dan mampu menghasilkan data akurat dalam waktu singkat, meskipun terbatas dalam kondisi air keruh (MDPI, 2022).

Pemilihan metode survei bergantung pada kondisi lokasi, tujuan survei, dan sumber daya yang tersedia. Kombinasi beberapa metode sering digunakan untuk memperoleh data yang lebih lengkap. Misalnya, LiDAR efektif di perairan dangkal, sementara MBES cocok untuk laut dalam. Pendekatan integratif ini meningkatkan kualitas data dan sangat berguna dalam pengelolaan wilayah pesisir, pembangunan pelabuhan, dan mitigasi risiko. Dengan pemahaman terhadap karakteristik tiap metode, survei batimetri dapat dilakukan secara lebih efisien dan akurat (Frontiers in Marine Science, 2023; MDPI Remote Sensing, 2022).

Dalam bidang hidrografi yang termasuk dalam rumpun ilmu Teknik Geodesi dan Geomatika, pengolahan data menjadi langkah krusial untuk memperoleh data batimetri yang tepat dan dapat dipercaya. Salah satu proses utama dalam tahapan

ini adalah koreksi pasang surut, yaitu penyesuaian data kedalaman laut dari hasil survei agar sesuai dengan datum referensi seperti Chart Datum. Informasi pasang surut tersebut dapat diperoleh melalui alat ukur pasang surut (tide gauge) atau menggunakan teknologi yang lebih canggih seperti GNSS tide, yang memanfaatkan sistem satelit navigasi untuk mengukur posisi vertikal kapal terhadap elipsoid secara langsung maupun dengan pemrosesan pasca-pengukuran (post-processed kinematic). Penelitian oleh Brillianto dan rekan-rekannya (2022) yang dilakukan di wilayah Teluk Jakarta menunjukkan bahwa koreksi pasang surut dengan metode GNSS tide menghasilkan hasil yang sebanding dengan pengukuran dari tide gauge, serta mampu memberikan data kedalaman multibeam echosounder (MBES) yang lebih akurat dan konsisten terhadap datum lokal.

Selain koreksi elevasi muka laut, filtering juga merupakan tahapan penting dalam proses pengolahan data hidrografi. Filtering dilakukan untuk menghilangkan gangguan atau noise yang mungkin disebabkan oleh gelombang laut berfrekuensi tinggi, pengaruh cuaca seperti tekanan atmosfer, maupun error dari instrumen. Salah satu teknik filtering yang banyak digunakan adalah analisis harmonik, yang bisa diterapkan menggunakan metode Least Squares, pendekatan Admiralty, atau transformasi cepat Fourier (FFT). Berdasarkan studi Cahyono dan Pratomo (2019), metode t_{tide} berbasis Least Squares efektif dalam mendeteksi puluhan komponen harmonik pasang surut, asalkan data masukan memiliki durasi minimal 30 hari. Ini menunjukkan bahwa panjang dan kesinambungan data sangat memengaruhi akurasi analisis pasang surut. Proses filtering ini berkontribusi besar terhadap peningkatan ketelitian estimasi elevasi muka laut dan hasil survei kedalaman, terutama untuk kebutuhan prediksi pasut atau koreksi historis terhadap data batimetri (Cahyono & Pratomo, 2019).

Salah satu contoh penerapan Hidrografi di Indonesia adalah pemanfaatan teknologi multibeam echosounder dan RTK GNSS (Real Time Kinematic Global Navigation Satellite System) untuk memetakan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI). Teknologi ini membantu memastikan keamanan navigasi kapal internasional yang melintasi perairan Indonesia. Proyek ini mendukung visi Indonesia sebagai poros maritim dunia dengan memfasilitasi sekitar 40 persen perdagangan global yang melewati wilayah perairannya. Selain itu, pemetaan ALKI memperkuat koneksi antarpulau melalui program tol laut, sekaligus mendukung pengembangan sektor perikanan, pariwisata bahari, dan infrastruktur

pelabuhan. Dari aspek geostrategis, ALKI memanfaatkan posisi Indonesia yang terletak di antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Proyek ini juga memperkuat diplomasi maritim melalui kerja sama internasional, seperti IORA (Indian Ocean Rim Association). Dengan demikian, pemetaan hidrografi ALKI tidak hanya mendorong pertumbuhan ekonomi nasional tetapi juga memperkuat kedaulatan Indonesia di bidang kelautan.

Peran hidrografi dalam pembangunan infrastruktur kelautan :

1. Pemilihan lokasi pembangunan

Survei batimetri dalam hidrografi dapat berfungsi untuk menentukan lokasi yang aman untuk pelabuhan dan jembatan. Lalu, data kedalaman dan morfologi dasar laut mencegah pembangunan di area berisiko. Peta topografi juga dapat digunakan untuk menentukan tempat peletakan struktur berat dan jalur pipa bawah laut.

2. Desain dan perencanaan teknik

Hidrografi mempunyai sistem penentuan posisi yang sangat akurat (menggunakan GNSS/GPS) untuk memandu penempatan struktur dengan presisi tinggi. Ini sangat penting untuk instalasi komponen yang kompleks seperti tiang pancang, modul platform, atau kabel/pipa bawah laut.

3. Identifikasi Bahaya Navigasi

Hidrografi dapat mengidentifikasi keberadaan karang atau objek lain di dasar laut yang dapat menjadi bahaya bagi navigasi selama dan setelah konstruksi.

Hidrografi merupakan cabang dari ilmu geodesi yang memfokuskan diri pada kegiatan pemetaan dan pengukuran wilayah perairan, mulai dari laut hingga pesisir dan badan air lainnya. Peranannya tidak sebatas pada aspek teknis saja, tetapi juga mencakup dimensi sosial, ekonomi, hukum, serta mendukung kebijakan pengelolaan laut, terlebih bagi negara maritim seperti Indonesia.

Kegiatan survei hidrografi dijalankan dengan mengikuti standar global dari IHO, agar data yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Dalam

praktiknya, teknologi terus berkembang—alat seperti Singlebeam dan Multibeam Echo Sounder, Airborne LiDAR, serta GNSS banyak digunakan untuk menghasilkan peta batimetri yang rinci dan akurat. Setelah data dikumpulkan, proses seperti koreksi pasang surut dan penyaringan data sangat penting dilakukan untuk memastikan hasil akhir bersih dari gangguan dan bisa digunakan secara efektif.

Di lapangan, hidrografi telah dimanfaatkan dalam berbagai proyek strategis, contohnya pemetaan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI), yang menunjang keselamatan pelayaran, pengembangan tol laut, dan konektivitas antarwilayah. Tak hanya itu, informasi hidrografi juga dibutuhkan dalam perencanaan pembangunan pelabuhan, jembatan laut, serta peletakan pipa dan kabel bawah air. Hidrografi juga berperan dalam mengidentifikasi bahaya navigasi seperti karang dan rintangan di dasar laut.

Dari keseluruhan aspek tersebut, dapat disimpulkan bahwa hidrografi adalah bagian penting dalam pembangunan sektor kelautan nasional, karena menyediakan data spasial yang presisi dan bisa diandalkan untuk berbagai keperluan jangka panjang.

Adanya perkembangan signifikan terkait pembelajaran dari hidrografi, yang awalnya sekadar pemetaan kedalaman laut menjadi pilar strategis dalam pembangunan maritim nasional, rekomendasi utama yang dapat diberikan adalah penyelarasan kurikulum pendidikan dan arah riset dengan teknologi terkini dan sesuai dengan kebutuhan industri. Arti lainnya adalah untuk memperkaya mata kuliah geospasial kelautan, mendorong penelitian pada USV dan LiDAR untuk survei yang efisien, serta mengoptimalkan pengolahan data.. Implikasinya, kita akan menghasilkan sumber daya manusia yang siap menghadapi tantangan kompleks di lapangan, mampu mengumpulkan dan menganalisis data hidrografi secara presisi, serta memastikan kualitas data yang mendukung navigasi aman dan pengelolaan sumber daya laut berkelanjutan.

Selain itu, penguatan aspek praktis melalui peningkatan kapasitas SDM dan kolaborasi industri pun termasuk hal krusial. Program pelatihan berkelanjutan dan sertifikasi internasional akan memastikan standar

global, yaitu IHO, dalam setiap proyek hidrografi. Di sisi lain, pemanfaatan data hidrografi tidak hanya untuk navigasi, tetapi juga digunakan untuk mitigasi bencana dan perlindungan lingkungan, dan akan semakin diperluas. Dengan demikian, data ini dapat menjadi dasar bagi pengambilan keputusan strategis dalam perencanaan tata ruang laut, konservasi ekosistem pesisir, dan pembangunan infrastruktur yang tahan iklim. Di mana hal tersebut, secara langsung, mendukung visi Indonesia sebagai poros maritim dunia.

III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis merupakan bidang studi yang mempelajari mengenai sistem komputer untuk mengumpulkan, mengolah, memeriksa, dan menganalisis berbagai informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi. Sistem Informasi Geografis (SIG) terdiri dari lima komponen utama, yakni sumber daya manusia, perangkat lunak (*software*), perangkat keras (*hardware*), data, serta metode dan prosedur. Komponen-komponen tersebut saling terkait dan saling bergantung satu sama lain; jika salah satu komponen tidak berfungsi dengan baik, maka keseluruhan sistem tidak akan berjalan optimal. SIG dapat memberikan geovisualisasi dengan merealisasikan integrasi bidang geomatika, geodesi, geografi dalam mengaplikasikan konsep SIG, aplikasi geokomputasi dan spatial data science dalam bentuk visualisasi, pemodelan, maupun prediksi.

Kelompok Keilmuan Inderaja dan Sains Informasi Geografis secara aktif menyelenggarakan kegiatan akademik setiap tahunnya. Kegiatan yang dilakukan antara lain adalah workshop dan seminar tentang teknologi geospasial terkini, seperti *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *Mobile Mapping System* (MMS). Beberapa kuliah umum juga diadakan, melibatkan berbagai akademisi dan praktisi. KK ini juga bekerja sama dengan sektor swasta, pemerintah, dan lembaga pendidikan tinggi, misalnya Pusat Penelitian Internasional Jepang untuk Ilmu Pertanian; Pusat Analisis Spasial, Universitas Oklahoma, AS; Institut Teknologi Asia, Thailand; Fakultas Pertanian, Universitas Kochi, Jepang; PASCO Corporation, Jepang dan Fakultas Antropologi, Universitas Stanford, Amerika Serikat. Selain itu, KK ini berkontribusi aktif dalam misi pemerintah dalam mengembangkan Infrastruktur Data Spasial Nasional (NSDI) dan pemetaan nasional. KK ini merupakan salah satu kelompok keilmuan di Fakultas Ilmu dan

Teknologi Kebumihan. Saat ini, rombongan beranggotakan dua belas personel, dan didukung oleh dua peneliti. Secara umum bidang keahlian kelompok riset terbagi menjadi dua cabang utama yaitu geospasial processing dan geospasial. Pengolahan geospasial mencakup fotogrametri jarak dekat, penginderaan jauh aktif, dan penginderaan jauh lingkungan; sedangkan pemodelan geospasial terdiri dari basis data spasial, perpaduan data geospasial, dan infrastruktur data spasial nasional. KK ini juga memiliki tiga sub divisi penelitian yaitu *Land and Ocean Observing System* (LaOOS), *Geospatial Data Infrastructure System* (GeoDIS) dan *3D Modeling and Information System* (3D-MODIS).

Lulusan Kelompok Keahlian ini memiliki berbagai peluang karir yang menarik, baik di sektor pemerintahan, swasta, maupun penelitian. Mereka dapat bekerja sebagai ahli Sistem Informasi Geografis (GIS), peneliti lingkungan, perencana tata ruang dan wilayah, kartografer, konsultan sumber daya alam, analis data spasial, pengembang sistem GIS, dan banyak lagi. Peluang karir di sektor pemerintahan seperti Badan Informasi Geospasial (BIG), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda), dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi

Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi (SRIG) merupakan salah satu kelompok keahlian di bawah Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan (FITB) ITB. KK ini berfokus pada pengembangan ilmu geodesi melalui pendekatan ilmiah dan rekayasa teknologi modern. Tujuan utama dari pembentukan SRIG adalah untuk mengembangkan keilmuan geodesi, mendorong inovasi teknologi pengamatan bumi, serta menciptakan solusi berbasis data spasial untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan mitigasi bencana. Selain itu, SRIG juga bertujuan untuk menghasilkan lulusan yang unggul dalam bidang geodesi presisi, teknologi survei, dan pemodelan spasial modern.

Ruang lingkup keilmuan SRIG mencakup beberapa bidang utama, yaitu geodesi fisis yang membahas bentuk dan medan gravitasi bumi; geodesi presisi dan sistem referensi untuk penentuan posisi akurat; teknik survei dan instrumentasi seperti GNSS, drone, dan LiDAR; inovasi geospasial berbasis pemrograman dan

AI; serta aplikasi monitoring seperti analisis deformasi, subsiden, dan perubahan permukaan bumi.

Fokus utama Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi adalah pemodelan bentuk, ukuran, dan dinamika perubahan Bumi serta benda langit lainnya. Disiplin ini secara fundamental mempelajari penentuan posisi dan kecepatan objek secara presisi di permukaan Bumi maupun di orbit. Menurut definisi modern *International Association of Geodesy* (IAG), kajian ini ditopang oleh tiga pilar utama: penentuan posisi, penentuan medan gaya berat, dan analisis variasi temporal dari keduanya, dengan memanfaatkan integrasi ilmu matematika, fisika, astronomi, dan komputasi. Untuk menjamin konsistensi, penentuan posisi—yang merupakan inti Geodesi—dinyatakan dalam kerangka koordinat referensi yang terstandar. Posisi di Bumi direalisasikan dalam Sistem Koordinat Terrestrial (CTS), sementara objek di luar angkasa menggunakan Sistem Koordinat Inersia (CIS). Implementasinya dilakukan melalui dua metode survei utama: terestrial (mengamati target di Bumi) dan ekstra-terestrial (mengamati benda langit atau satelit buatan).

Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi terus mengembangkan riset-riset yang relevan dengan dinamika kebumihan dan teknologi pengukuran presisi tinggi. Salah satu fokus riset mereka adalah pemantauan deformasi kerak bumi menggunakan jaringan GNSS (Global Navigation Satellite System) untuk mendeteksi pergerakan tektonik secara real-time. Selain itu, mereka juga aktif dalam pemodelan medan gravitasi untuk menghasilkan data geoid yang akurat, yang sangat penting dalam sistem referensi vertikal nasional. Inovasi lain yang dikembangkan adalah metode pengolahan data GNSS berbasis Precise Point Positioning (PPP) serta integrasi data pengukuran dengan kecerdasan buatan. KK ini juga terlibat dalam pengembangan teknologi sensor dan algoritma pengolahan data untuk monitoring jembatan, bendungan, dan infrastruktur lainnya. Hasil riset tersebut tidak hanya mendukung keperluan akademik, tetapi juga diterapkan langsung dalam proyek nasional maupun kerja sama dengan lembaga seperti BIG, BMKG, dan BRIN. Dengan riset yang terus berkembang, KK ini berperan penting dalam kemajuan teknologi geodesi di Indonesia.

Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi (SRIG) aktif berkolaborasi dengan KK lain di Teknik Geodesi dan Geomatika ITB. Salah satu contohnya adalah kerja sama dengan KK Sistem Spasial dan Kadaster (SSK) dan

KK Sains dan Teknologi Informasi Geospasial (STIG) dalam proyek integrasi data spasial dan program Satu Data di Kabupaten Lebak. Kolaborasi ini menggabungkan keahlian SRIG dalam sistem referensi dan pemodelan spasial dengan pemanfaatan basis data dan analisis spasial oleh STIG dan SSK. SRIG berperan besar dalam penelitian dan pemodelan geokinetika, khususnya dalam pemantauan deformasi kerak bumi akibat aktivitas tektonik, amblesan, dan pergeseran lempeng. Hal ini dilakukan melalui jaringan GNSS kontinu (cGNSS) serta pemanfaatan teknologi InSAR. Dengan pendekatan ini, SRIG membantu menjelaskan dinamika permukaan bumi dalam skala lokal hingga regional. Contohnya dapat dilihat dari kegiatan monitoring deformasi di daerah terdampak amblesan tanah dan gempa bumi.

Selain itu, SRIG mengembangkan perangkat lunak dan metode untuk pemodelan geoid serta analisis gaya berat bumi, seperti GABEUR-ITB. Pemodelan ini penting dalam menentukan sistem referensi vertikal dan mendukung studi geodesi fisik. Kajian medan gravitasi ini juga digunakan untuk koreksi dalam survei GNSS serta mendukung analisis topografi dan struktur bawah permukaan bumi.

Dalam rotasi bumi, SRIG berkontribusi melalui analisis data geodesi presisi tinggi yang dapat digunakan untuk mendeteksi efek jangka panjang dari pergerakan kerak terhadap parameter rotasi bumi. Data GNSS jangka panjang yang dikumpulkan dari stasiun referensi dapat dikaitkan dengan variasi rotasi bumi secara tidak langsung, termasuk polar motion dan nutasi.

Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa dan Inovasi Geodesi ini memiliki kontribusi bagi masyarakat di berbagai bidang yaitu navigasi, transportasi, aplikasi dalam pengendalian proses (seperti pertanian, konstruksi, penambangan, manajemen sumber daya). Pada bidang konstruksi dan pemantauan infrastruktur Kelompok Keahlian ini juga berperan pada anjungan lepas pantai, waduk, bendungan, jembatan dan struktur rekayasa besar lainnya. Dalam sistem peringatan dini bencana, survei dan pemetaan, observasi bumi, penilaian geohazard dan bahaya antropogenik berperan dalam membantu mengurangi konsekuensi terjadinya bencana. Sehingga Kelompok Keahlian ini memberikan kontribusi dalam peningkatan keamanan, penggunaan sumber daya yang lebih baik, dan secara umum untuk kemajuan menuju pembangunan berkelanjutan, khususnya di Indonesia.

Dalam dunia industri dan teknologi Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi memiliki peranan yang penting, misalnya pada bidang mitigasi bencana dan tata ruang wilayah. Melalui pendekatan dan pemanfaatan teknologi geospasial seperti GPS, leveling, dan InSAR telah dihasilkan berbagai riset aplikatif yang relevan untuk pembangunan nasional. Misalnya, Hasanuddin et al. (2011) meneliti fenomena penurunan tanah (*land subsidence*) di Jakarta yang berkaitan erat dengan perkembangan urban yang pesat menunjukkan penurunan permukaan tanah antara 1-15 cm per tahun, yang berdampak pada infrastruktur dan meningkatkan risiko banjir. Studi ini dapat menjadi acuan penting bagi perencanaan pembangunan kota yang lebih berkelanjutan. Irwan Meilano et al., (2012) melakukan estimasi laju geser sesar Lembang di Jawa Barat menggunakan data geodetik yang dapat memberikan informasi terkait potensi gempa bumi di wilayah padat penduduk, sehingga berguna bagi sektor industri konstruksi, perencanaan wilayah, hingga asuransi kebencanaan. Melalui riset-riset semacam ini, tidak hanya dapat mendorong pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga menjembatani kebutuhan teknologi presisi di sektor industri dan kebijakan publik.

Dapat Disimpulkan, Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi (SRIG) ITB merupakan pilar fundamental yang berfokus pada pemodelan bentuk dan dinamika Bumi, dengan kontribusi signifikan pada pemantauan infrastruktur dan mitigasi bencana melalui teknologi seperti GNSS dan InSAR. Untuk menjawab tantangan masa depan, pengembangan berkelanjutan menjadi krusial, yang menuntut adanya inovasi teknologi mutakhir seperti drone, LiDAR, dan AI, serta penguatan kolaborasi dengan kelompok keahlian lain untuk menghasilkan solusi yang komprehensif. Dengan memperluas fokus pada riset aplikatif yang menjawab kebutuhan industri dan masyarakat, seperti dalam manajemen pesisir dan sistem peringatan dini, SRIG dapat terus memperkuat perannya dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia sekaligus meningkatkan kontribusinya di tingkat global.

Bab IV

Manfaat Geodesi bagi Masyarakat

IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur

Teknik Geodesi dan Geomatika memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan bermasyarakat, khususnya di Bidang Infrastruktur. Adapun beberapa contoh peran Teknik Geodesi dan Geomatika dalam bidang infrastruktur adalah:

IV.1.1 Perencanaan dan Desain Infrastruktur

Geodesi dan Geomatika menyediakan data spasial yang akurat dan detail untuk mendukung proses perencanaan dan desain infrastruktur. Melalui survei geodetik dan topografi, informasi tentang kontur permukaan bumi, elevasi, serta batas-batas wilayah dapat diperoleh dengan presisi tinggi. Hal ini sangat penting dalam menentukan lokasi pembangunan jalan, jembatan, bendungan, hingga gedung bertingkat.

Dengan bantuan alat seperti GPS/GNSS, total station, dan drone fotogrametri, proses pengumpulan data lapangan menjadi lebih cepat dan efisien. Data ini kemudian diolah dalam perangkat lunak CAD atau GIS untuk menghasilkan peta perencanaan yang akurat dan mendukung desain teknis infrastruktur.

IV.1.2 Konstruksi Presisi dan Pemetaan Detail

Dalam tahap pembangunan, keilmuan Geodesi digunakan untuk stake-out atau penentuan posisi elemen-elemen struktur di lapangan. Tanpa data geodetik yang akurat, konstruksi bisa mengalami kesalahan letak yang berisiko terhadap keselamatan dan biaya. Geomatika juga berperan dalam menyusun peta kerja dan mengontrol kualitas pembangunan dengan metode seperti laser scanning 3D. Contohnya, dalam pembangunan jalan tol atau rel kereta, pemosisian harus dilakukan dalam presisi dalam satuan milimeter. Kesalahan kecil bisa menyebabkan deviasi jalur yang signifikan.

IV.1.3 Monitoring Deformasi dan Stabilitas Struktur

Setelah infrastruktur selesai dibangun, Geodesi dan Geomatika tetap dibutuhkan untuk monitoring deformasi struktur jangka panjang. Teknologi seperti InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*), GNSS monitoring, dan total station otomatis digunakan untuk mendeteksi pergeseran tanah, amblesan, atau pergerakan struktur secara real-time.

Monitoring ini penting untuk infrastruktur strategis seperti bendungan, gedung tinggi, atau jembatan gantung. Data monitoring membantu mencegah kegagalan struktur atau keruntuhan akibat gerakan tanah yang tidak terdeteksi secara kasat mata.

IV.1.4 Manajemen dan Tata Ruang Infrastruktur

Geomatika mendukung penyusunan tata ruang wilayah berbasis data spasial. Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan integrasi data infrastruktur, demografi, geologi, dan lingkungan dalam satu platform visual. Hal ini memudahkan pemerintah dan pengembang dalam memutuskan lokasi terbaik untuk pembangunan infrastruktur baru, serta menghindari kawasan rawan bencana seperti longsor atau banjir. Contohnya, pembangunan jaringan drainase kota harus mempertimbangkan data ketinggian tanah, arah aliran air, dan pola curah hujan, yang semuanya dianalisis melalui teknologi geospasial.

IV.1.5 Transformasi Digital melalui Integrasi BIM dan Geospasial

Geodesi dan Geomatika juga berperan dalam transformasi digital sektor konstruksi melalui integrasi dengan Building Information Modeling (BIM). Model 3D dari proyek infrastruktur dapat diintegrasikan dengan data spasial untuk menciptakan model digital yang presisi dan dinamis. Hal ini membantu dalam kolaborasi antar tim, simulasi pembangunan, hingga pengelolaan infrastruktur setelah selesai dibangun (*asset management*).

IV.1.6 Efisiensi Biaya dan Waktu

Pemanfaatan keilmuan ini meningkatkan efisiensi biaya dan waktu karena pekerjaan survei, perencanaan, dan monitoring dapat dilakukan secara otomatis dan akurat. Kesalahan yang berpotensi menyebabkan pemborosan material atau perombakan konstruksi bisa diminimalisasi.

IV.1.7 Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Keputusan strategis pemerintah dan swasta dalam pembangunan infrastruktur sangat terbantu dengan adanya data spasial yang akurat. Geodesi dan Geomatika menyediakan landasan ilmiah untuk menyusun kebijakan pembangunan berkelanjutan dan responsif terhadap risiko lingkungan.

IV.1.8 Perencanaan Infrastruktur Kabel Bawah Laut

Ilmu geodesi memiliki peran penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur, khususnya pada tahap perencanaan dan pengelolaan. Salah satu aplikasinya adalah dalam survei hidro-oseanografi yang digunakan untuk merencanakan jalur optimal instalasi kabel bawah laut. *Pratama et al. (2008)* melakukan penelitian dengan memanfaatkan pengukuran batimetri, topografi dasar laut, arus, pasang surut, serta analisis kondisi sedimen untuk memastikan jalur kabel yang aman, efektif, dan efisien. Dengan data yang akurat, dapat diidentifikasi area yang berpotensi menimbulkan risiko seperti batuan dasar laut, perbedaan kedalaman yang curam, atau aktivitas laut yang padat. Pemetaan yang teliti memungkinkan perancang infrastruktur memilih jalur yang meminimalkan hambatan teknis dan lingkungan, sekaligus mengoptimalkan biaya dan waktu pengerjaan.

IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana

Dalam memitigasi bencana, ilmu geodesi memberikan beberapa kontribusi penting:

1. Penggunaan GNSS Sebagai Pemantau Deformasi Permukaan Bumi

Teknologi GNSS (Global Navigation Satellite System), khususnya GPS, dapat digunakan untuk memantau deformasi permukaan bumi secara kontinyu dan *real-time*. Hal tersebut berguna untuk mengamati pergerakan tektonik atau perubahan pada gunung berapi dan patahan aktif. Di Indonesia, studi oleh Abidin pada tahun 2019 menegaskan bahwa Continuous GNSS Array sangat strategis untuk meningkatkan akurasi mitigasi gempa, tsunami, serta pemantauan deformasi pada proyek infrastruktur besar, seperti jembatan dan bendung. Selain itu, Hanifa dkk. (2025) melaporkan bahwa desain observatorium seismo-geodesi di sepanjang Sesar Lembang (Jawa Barat), mengombinasikan GNSS dan seismometer untuk memantau strain sekitar 13 mikrostrain dalam satu tahun; berguna dalam mitigasi potensi gempa besar.

2. Penggunaan InSAR untuk Deteksi dan Pemantauan Longsor

Teknologi InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) mampu mendeteksi deformasi permukaan dengan presisi milimeter dan cakupan luas tanpa memerlukan kontak langsung sehingga dapat dipergunakan untuk memantau kondisi tanah yang ada di lokasi yang diobservasi.

Penggunaan InSAR telah digunakan pada studi Time-Series InSAR di Zhouqu County menggunakan citra Sentinel-1 mengidentifikasi 9 area longsor dan memantau laju deformasi, diverifikasi lewat survei darat dan UAV (pesawat tanpa awak). Tidak hanya itu InSAR dapat diperuntukan dalam pemantauan permukaan bumi hingga bagian atmosfer sehingga dapat memprediksi hasil atau kejadian yang akan terjadi di masa depan.

3. Kolaborasi Geodesi dan Kebijakan Mitigasi

Menurut dokumen UNOOSA, observasi geodesi (GNSS, InSAR, dan seismometer) berperan penting dalam implementasi Sendai Framework 2015–2030, mendukung strategi pengurangan risiko bencana nasional maupun global. Di Indonesia, teknologi ini juga diintegrasikan dalam peta risiko, sistem peringatan dini, serta model simulasi tsunami dan longsor, yang sangat berguna bagi BNPB dan BIG dalam penyusunan kebijakan dan tata ruang.

4. Pengamatan Deformasi pada Aktivitas Gunung Berapi

Pengamatan deformasi vulkanik sangat penting untuk mengantisipasi erupsi gunung api. Teknologi seperti GPS kontinu (cGPS), Tiltmeter, InSAR, dan EDM (Electronic Distance Measurement) digunakan untuk mendeteksi pergerakan magma di bawah permukaan. PVMBG menggunakan kombinasi GPS dan tilt untuk menentukan status siaga dan memperkirakan potensi erupsi eksplosif. Di Indonesia sudah ada 74 pos pengamatan gunung api yang menggunakan sensor deformasi ini, di antaranya terletak di Gunung Lewotobi Laki-laki di Nusa Tenggara Timur (NTT), Gunung Marapi di Sumatera Barat, dan Gunung Dukono di Maluku Utara.

IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi

Peranan ilmu geodesi dan geomatika menjadi fondasi utama dalam operasional sistem navigasi serta transportasi kontemporer, meski sering kali tidak tampak

secara nyata. Berbagai penggunaan yang menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari mulai dari aplikasi peta sampai layanan transportasi online sepenuhnya tergantung pada struktur yang disediakan oleh kedua bidang ini. Secara khusus, geodesi menyajikan dasar berupa sistem referensi ruang yang akurat dan seragam di seluruh dunia yang dikenal sebagai datum geodetik seperti WGS 84. Sistem ini bertindak sebagai referensi global yang memungkinkan sistem penentuan posisi global, seperti GPS untuk menyediakan informasi lokasi yang dapat diandalkan. Selanjutnya, geomatika memanfaatkan data posisi tersebut dan memprosesnya menjadi informasi yang lebih bermanfaat seperti visualisasi peta, analisis jalur, dan pelacakan secara langsung.

1. Fondasi Navigasi Modern: Sistem Koordinat Global dan GNSS

Agar teknologi seperti GPS di telepon pintar kita dapat berjalan dengan baik, ada struktur tidak terlihat yang dibangun melalui ilmu geodesi. Pertama-tama, geodesi membangun sebuah "sistem pengalamatan" global yang sangat tepat bernama World Geodetic System 1984 (WGS 84), yang memberikan setiap lokasi di Bumi sebuah koordinat yang unik, mirip dengan alamat tempat tinggal (NGA, 2014). Sistem pengalamatan ini kemudian menjadi landasan yang esensial bagi teknologi navigasi satelit seperti GPS yang merupakan bagian dari sistem GNSS. Agar informasi lokasi yang dikirimkan satelit ke telepon kita akurat, posisi satelit itu sendiri harus selalu diketahui dengan ketepatan yang tinggi. Di sinilah peran kedua geodesi, yaitu secara terus menerus memantau dan mengatur orbit satelit berdasarkan kerangka WGS 84 di Bumi, sehingga menjadi pondasi bagi semua layanan berbasis lokasi (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, & Wasle, 2008). Jadi, dalam istilah yang sederhana, geodesi menyediakan "peta dasar" yang terpercaya, dan teknologi seperti GPS memanfaatkannya untuk memberi tahu kita dengan tepat di mana kita berada.

2. Aplikasi Sehari-hari: Peta Digital di Ponsel

Penentuan posisi pada aplikasi peta digital di smartphone melibatkan teknologi GNSS yang terpasang di dalam smartphone. Teknologi ini bekerja dengan menggunakan sinyal satelit dan menghitung posisi dalam sistem koordinat global (Zangenehnejad & Gao, 2021). Aplikasi peta digital di ponsel seperti Google Maps, Waze, dan Gojek merupakan contoh nyata penerapan ilmu geodesi dalam kehidupan sehari-hari. Fungsi fungsi dalam aplikasi tersebut didukung oleh berbagai komponen geodetik, yaitu :

1) Penentuan Posisi Pengguna

Penentuan posisi pengguna merupakan salah satu komponen dalam aplikasi peta digital seperti Google Maps, Waze, dan gojek. Lokasi pengguna aplikasi tersebut biasanya ditampilkan dalam bentuk “titik biru” pada layar peta di smartphone, yang menunjukkan posisi pengguna aplikasi peta digital secara realtime. Titik ini bukan sekedar tampilan visual, tetapi hasil dari proses perhitungan posisi oleh perangkat, yang bekerja dengan menerima sinyal dari satelit dalam sistem GNSS (Global Navigation Satellite System). Sinyal tersebut diproses oleh penerima GNSS di dalam ponsel, kemudian dihitung posisinya dalam sistem koordinat global, sehingga lokasi pengguna dapat ditampilkan dengan akurasi yang memadai. Berkembangnya teknologi GNSS dalam perangkat smartphone telah memungkinkan akurasi penentuan posisi dalam kisaran beberapa meter, dan bahkan bisa ditingkatkan dengan memanfaatkan *raw measurements* (Zangenehnejad & Gao, 2021). Adanya komponen penentuan posisi pengguna dalam aplikasi peta digital sangat mendukung aktivitas sehari-hari.

2) Penyediaan Peta Dasar Akurat

Salah satu manfaat dari penyediaan peta dasar bagi masyarakat adalah karena menjadi landasan berbagai kegiatan, baik itu industri, infrastruktur, mitigasi bencana maupun kegiatan lainnya. Kegiatan seperti pertambangan ataupun pembangunan suatu bangunan memerlukan peta presisi yang dapat menggambarkan semua elemen-elemen penting di bumi, teknologi geodesi seperti LiDAR, GNSS dan fotogrametri menjadi suatu alat yang diharapkan dapat membantu membuat sebuah peta dasar yang akurat. Pada peta, elemen - elemen seperti jalan, gedung, sungai, dan semua objek lainnya bukan sekedar gambar, melainkan data spasial yang telah diukur dan dipetakan pada koordinat geografisnya yang sebenarnya. Akurasi peta ini adalah hasil dari kegiatan survei dan pemetaan yang telah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, geodesi memainkan peran yang cukup krusial dalam memastikan data yang dipakai khususnya data spasial dari berbagai sektor bersifat akurat dan dapat dipertanggungjawabkan nantinya.

3. Penerapan di Berbagai Moda Transportasi

Peran ilmu geodesi tidak terbatas pada navigasi personal, tetapi juga krusial dalam berbagai moda transportasi, yaitu:

1) Transportasi Darat

Dalam dunia transportasi darat yang dinamis, geodesi menjadi tulang punggung bagi sistem manajemen armada (*fleet management*) yang efisien dan aman. Bayangkan sebuah orkestra logistik di mana setiap truk, bus, atau kereta api adalah instrumen. Geodesi berperan sebagai konduktor, memungkinkan pelacakan posisi setiap "instrumen" secara real-time. Ini bukan sekadar mengetahui lokasi, melainkan juga tentang mengoptimalkan rute, memprediksi waktu kedatangan, dan merespons setiap kendala di jalan dengan sigap. Hasilnya? Efisiensi operasional yang melonjak, biaya bahan bakar yang berkurang, dan waktu pengiriman yang lebih akurat. Lebih dari itu, pelacakan berbasis geodesi ini juga meningkatkan keamanan secara signifikan, memungkinkan intervensi cepat dalam kasus darurat atau insiden tak terduga, menjaga aset dan nyawa tetap terlindungi.

2) Transportasi Laut

Di tengah samudra yang luas dan penuh misteri, geodesi adalah kompas utama bagi pelayaran modern. Perannya paling menonjol dalam pengembangan Peta Laut Elektronik (ECDIS), sebuah inovasi revolusioner yang telah menggantikan peta kertas tradisional. ECDIS bukanlah sekadar gambar, melainkan representasi digital yang sangat akurat dari dunia bawah laut, dibangun di atas fondasi survei hidrografi yang presisi. Survei ini dengan cermat memetakan kedalaman laut, mengidentifikasi bahaya navigasi tersembunyi seperti terumbu karang yang menjulang atau bangkai kapal yang karam. Setiap data dalam ECDIS diproses dengan ketelitian tinggi dan disesuaikan dengan standar ketat yang ditetapkan oleh *International Hydrographic Organization* (IHO) (IHO, 2023). Hal ini memastikan bahwa setiap kapal yang berlayar memiliki informasi paling mutakhir dan terpercaya, menjamin keselamatan navigasi dan efisiensi rute di lautan luas.

3) Transportasi Udara

Keakuratan sistem navigasi penerbangan sangat bergantung pada fondasi geodesi yang kokoh untuk menghasilkan penentuan posisi pesawat yang

tepat. Kerangka referensi geodetik menjadi tulang punggung operasional penerbangan karena menyediakan sistem koordinat yang memungkinkan pesawat mengetahui posisi eksak mereka di ruang angkasa dengan akurasi hingga beberapa meter (Seeber, 2003). Ketergantungan ini semakin nyata ketika pilot harus melakukan manuver kompleks seperti pendaratan instrumen, di mana setiap deviasi kecil dari jalur yang telah ditetapkan dapat berakibat fatal. Sistem seperti GPS dan GLONASS yang digunakan dalam aviasi modern bekerja berdasarkan prinsip-prinsip geodesi fundamental, khususnya dalam transformasi koordinat dari sistem satelit ke sistem referensi lokal bandara (Seeber, 2003). Bahkan dalam operasi rutin seperti perencanaan rute, para navigator udara mengandalkan perhitungan geodetik untuk menentukan jarak terpendek antar dua titik di permukaan bumi yang melengkung, yang berbeda signifikan dengan perhitungan geometri datar. Kompleksitas ini bertambah ketika mempertimbangkan faktor-faktor seperti rotasi bumi dan variasi gravitasi yang mempengaruhi pergerakan pesawat, sehingga tanpa dasar geodesi yang akurat, seluruh sistem transportasi udara global tidak akan dapat berfungsi dengan tingkat keselamatan yang kita nikmati saat ini (Seeber, 2003).

4. Inovasi Masa Depan, Kendaraan Otomatis

Ilmu Geodesi merupakan pilar atau pedoman bagi perkembangan kendaraan otomatis dalam hal data posisi, hal ini dikarenakan bergantungnya sistem terhadap GNSS. Kemudian, sistem akan dilengkapi dengan pemodelan 3D permukaan bumi, data peta resolusi tinggi, dan sistem koordinat geospasial. Persiapan pengembangan tidaklah mudah, kendaraan otomatis atau yang biasa disebut sebagai *Autonomous Vehicle/AV* akan membutuhkan data posisi yang akurat untuk mengenali jalur yang dilewati, keberadaan kendaraan lain, rambu jalanan, dan komponen-komponen lainnya (Wang et al, 2020). Dalam hal ini, posisi kendaraan akan diproyeksikan menggunakan koreksi sinyal GNSS (yang menggunakan Real-Time Kinetic) untuk menciptakan akurasi data yang tinggi. Sebagai komplementer AV dalam mengambil keputusan atau alur yang tepat, tentunya membutuhkan peta digital yang mumpuni. Contoh nyatanya adalah proyek-proyek seperti *High Definition Map*. Nantinya, integrasi antara pemetaan di ilmu geodesi yang dilengkapi teknologi satelit akan mendukung keberjalanan pengembangan sistem AV (ESA, 2019).

IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan

Administrasi pertanahan merupakan bagian penting dalam sistem pengelolaan sumber daya agraria di Indonesia. Secara umum, administrasi dapat diartikan sebagai suatu proses kerja sama yang disusun secara sistematis dan rasional, yang melibatkan berbagai pihak dalam rangka mencapai tujuan bersama. Dalam praktiknya, administrasi tidak hanya berkaitan dengan proses pengambilan keputusan, tetapi juga mencakup pengelolaan data dan informasi agar dapat diakses, digunakan, dan dievaluasi secara efisien.

Dalam lingkup pertanahan, administrasi memiliki makna yang lebih kompleks dan substantif. Administrasi pertanahan mencakup serangkaian kegiatan yang meliputi pengaturan penguasaan, penggunaan, serta pemberian hak atas tanah, disertai dengan proses teknis berupa pengukuran dan pendaftaran bidang tanah. Kegiatan ini bertujuan untuk menciptakan keteraturan dan kepastian hukum atas tanah, sehingga tanah dapat dimanfaatkan secara optimal guna mendukung kesejahteraan masyarakat secara adil dan merata.

Urgensi dari administrasi pertanahan menjadi semakin jelas ketika dikaitkan dengan karakteristik Indonesia sebagai negara agraris. Tanah tidak hanya dipandang sebagai aset ekonomi, tetapi juga memiliki nilai sosial, politik, dan budaya yang sangat tinggi. Oleh karena itu, keberadaan sistem administrasi pertanahan yang terstruktur dan menyeluruh diperlukan untuk menjaga ketertiban dalam pemanfaatan ruang, mencegah konflik kepemilikan, serta menjamin keadilan dalam distribusi hak atas tanah. Selain itu, administrasi pertanahan juga memberikan landasan hukum dan informasi spasial yang dibutuhkan dalam perencanaan serta pelaksanaan berbagai program pembangunan nasional.

Secara hukum, sistem administrasi pertanahan di Indonesia memiliki dasar yang kuat melalui Undang-Undang Pokok Agraria (UUPA) Nomor 5 Tahun 1960. Undang-undang ini menetapkan bahwa bumi, air, dan ruang angkasa dikuasai oleh negara dan digunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat. Pasal 2 dari UUPA memperkuat legitimasi negara dalam menyelenggarakan pengelolaan pertanahan, sedangkan Pasal 6 memperkenalkan konsep fungsi sosial atas hak tanah, yang menekankan bahwa pemanfaatan tanah tidak boleh bertentangan dengan kepentingan umum. Selanjutnya, Pasal 19 memberikan mandat eksplisit

kepada pemerintah untuk menyelenggarakan pendaftaran tanah secara nasional, mencakup pengukuran, perpetaan, pembukuan hak, serta penerbitan sertifikat sebagai bukti legalitas.

Implementasi dari amanat tersebut tercermin dalam program-program strategis yang dijalankan pemerintah, salah satunya adalah Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL). Program ini dilaksanakan untuk mempercepat proses legalisasi tanah yang belum terdaftar secara menyeluruh di tingkat desa atau kelurahan. Melalui PTSL, masyarakat memperoleh kepastian hukum atas bidang tanah yang dimilikinya, sekaligus membantu pemerintah dalam menyusun data pertanahan yang akurat dan komprehensif. Data tersebut tidak hanya penting bagi proses sertifikasi, tetapi juga menjadi basis dalam perencanaan tata ruang, penyusunan kebijakan pembangunan wilayah, serta pengendalian sengketa pertanahan.

Lebih lanjut, keberadaan administrasi pertanahan juga menjadi prasyarat utama dalam pelaksanaan Reforma Agraria. Upaya penataan ulang penguasaan, pemilikan, dan pemanfaatan tanah secara adil dan berkelanjutan sangat bergantung pada keberadaan data spasial yang sah dan dapat dipertanggungjawabkan. Untuk mendukung hal tersebut, pemerintah mengembangkan sistem Unique Parcel Identifier (UPI), yakni kode pengenalan unik bagi setiap bidang tanah yang bertujuan untuk mencegah tumpang tindih data, meningkatkan efisiensi, serta memperkuat integrasi informasi pertanahan di tingkat nasional.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa administrasi pertanahan tidak hanya berperan sebagai mekanisme teknis atau administratif semata, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam mewujudkan tata kelola agraria yang adil, transparan, dan berkelanjutan. Dengan menyediakan dasar hukum, informasi spasial yang akurat, serta perlindungan terhadap hak-hak masyarakat, administrasi pertanahan menjadi fondasi penting dalam menciptakan stabilitas hukum, mewujudkan keadilan sosial, dan mendukung pembangunan nasional yang inklusif.

1. Peran Sebagai Pengukuran dan Pemetaan Tanah

Geodesi memiliki peran vital dalam menyediakan data spasial yang akurat melalui pemetaan dan pengukuran bidang tanah. Data ini merupakan fondasi

esensial untuk penentuan hak tanah dan sistem informasi pajak bumi dan bangunan. Metode pengukuran dan pemetaan tanah yang digunakan :

- 1) Metode Terrestrial : pengukuran langsung di lapangan dengan mengumpulkan data sudut dan jarak menggunakan alat seperti pita ukur, distometer, theodolite, dan total station elektronik Metode ini melibatkan teknik trilaterasi (jarak), triangulasi (sudut), atau triangulaterasi (sudut dan jarak)
- 2) Metode Fotogrametris: Pengukuran dilakukan dengan mengidentifikasi batas bidang tanah menggunakan peta foto atau peta garis hasil fotogrametris, kemudian menarik garis ukur (deliniasi) untuk batas bidang tanah yang jelas
- 3) Metode Pengamatan Satelit (GNSS/GPS Geodetik): Pengukuran ini memanfaatkan sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari minimal empat satelit menggunakan alat GPS geodetik Metode ini mencakup Real Time Kinematik (RTK)/CORS, Post-Processing, Point Precise Positioning (PPP), dan *Stop and Go*.
- 4) Metode Kombinasi: Untuk hasil optimal, metode terrestrial, fotogrametris, dan satelit sering dipadukan. Perkembangan dari metode tradisional ke teknologi canggih menunjukkan inovasi berkelanjutan Geodesi, yang mendorong percepatan dan akurasi program pendaftaran tanah seperti PTSL.

2. Peran Sebagai Sistem Informasi Geospasial (SIG/GIS)

Sistem Informasi Geospasial (SIG) sangat penting untuk pembuatan kebijakan, pengambilan keputusan, dan operasi ruang bumi di dunia saat ini. Dalam administrasi pertanahan, SIG berperan sebagai sistem integrasi dan analisis data spasial yang mempermudah penyimpanan, visualisasi, dan pengambilan keputusan terkait bidang tanah (Meidodga, 2023; Esri Indonesia, n.d.). Dalam praktiknya, SIG membantu perencanaan tata ruang, estimasi nilai properti, penyelesaian sengketa lahan, serta mempercepat digitalisasi administrasi pertanahan menuju kadaster multiguna.

3. Peran sebagai Survei Kadastral (Cadastral Surveying)

Indonesia mengadopsi sistem kadaster legal yang dilaksanakan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN) dengan sistem pendaftaran hak negatif. Dimana

sertifikat tanah menjadi bukti kuat namun bisa dibatalkan jika ada bukti lain. Selain itu, kadaster fiskal untuk perpajakan dikelola oleh Direktorat PBB. Survei kadastral umumnya dilakukan oleh BPN, namun sejak PP No. 24/1997, surveyor swasta juga dilibatkan.

Kadaster sendiri terdiri dari data fisik (teks dan peta bidang tanah dengan NIB) dan data yuridis (hak, batas, durasi, dan dokumen hukum). Peta kadastral memakai skala bervariasi, tergantung lokasi dan penggunaan lahan. Sistem pendaftaran negatif menimbulkan risiko sengketa, namun Geodesi berperan penting dalam meminimalkannya dengan data spasial yang akurat, memperkuat bukti sertifikat dan meningkatkan kepastian hukum.

4. Peran sebagai Pemanfaatan GNSS, UAV, dan Teknologi Modern Lainnya
Pemanfaatan teknologi modern telah merevolusi administrasi pertanahan, terutama dalam akuisisi data spasial. Seperti berikut ini:

- 1) GNSS (Global Navigation Satellite System): Penggunaan GNSS di Indonesia berkembang pesat sejak 1988, termasuk untuk administrasi pertanahan. Untuk mencapai akurasi tinggi yang dibutuhkan dalam pemetaan kadastral, diperlukan stasiun referensi tambahan. Menggunakan stasiun referensi seperti CORS yang dibangun oleh BIG dan BPN. Metode GNSS seperti RTK dan Rapid Static mampu mencapai akurasi milimeter hingga sentimeter.
- 2) UAV (Unmanned Aerial Vehicle)/Drone: Drone (UAV), saat ini banyak digunakan untuk pemetaan wilayah di Indonesia. Penggunaan drone dalam program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) telah menjadi langkah maju yang signifikan dalam mempercepat proses pemetaan bidang tanah. Drone menghasilkan citra dengan resolusi spasial tinggi dan biayanya relatif murah dibandingkan metode konvensional. Selain itu, UAV juga sangat membantu dalam mengidentifikasi batas bidang tanah dan mengumpulkan data tekstual yang diperlukan
- 3) Integrasi Teknologi: Kombinasi penggunaan UAV dengan GNSS, seperti pengikatan foto udara dengan titik kontrol GNSS, dapat meningkatkan akurasi hingga milimeter. Teknologi lain seperti LiDAR (*Light Detection and Ranging*) juga dimanfaatkan untuk mendapatkan data *point cloud* 3D

dengan akurasi tinggi, memungkinkan visualisasi objek dalam bentuk tiga dimensi dengan detail sentimeter. Integrasi berbagai teknologi ini sangat krusial untuk pemetaan kadastral yang membutuhkan presisi tinggi. Sinergi antara teknologi GNSS dan UAV ini bukan hanya peningkatan bertahap, melainkan lompatan transformatif dalam efisiensi dan akurasi akuisisi data untuk administrasi pertanahan. Kombinasi ini memungkinkan pemetaan berskala besar yang cepat dan sangat presisi, secara langsung mengatasi tantangan historis dari proses kadastral yang lambat dan manual, serta memungkinkan tercapainya target ambisius program seperti PTSL. Ini merupakan contoh nyata bagaimana konvergensi teknologi dalam Teknik Geodesi mendorong perubahan fundamental dalam kemampuan administrasi pertanahan.

IV.4.1 Contoh Penerapan Nyata: Proyek Pemerintah dan Kerja Sama Internasional

1. Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) sebagai Proyek Nasional

PTSL adalah program strategis pemerintah Indonesia yang bertujuan untuk mempercepat pendaftaran seluruh bidang tanah di Indonesia. Hasil utama dari kegiatan PTSL adalah peta bidang tanah, yang berfungsi sebagai basis data spasial yang vital untuk mewujudkan peta tunggal.

Prosedur pelaksanaan PTSL melibatkan beberapa tahapan terstruktur: dimulai dengan penetapan lokasi, diikuti oleh penyuluhan atau sosialisasi kepada masyarakat. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data fisik (melalui pengukuran dan pemetaan) dan data yuridis. Setelah itu, dilakukan pemeriksaan tanah, pengumuman data fisik dan yuridis, hingga akhirnya penerbitan sertifikat tanah. Peran Teknik Geodesi dalam PTSL sangat fundamental, terutama dalam pengumpulan data fisik melalui pengukuran dan pemetaan bidang tanah. Penggunaan drone telah menjadi langkah maju yang signifikan dalam mempercepat proses ini, karena hasil pemotretan drone memiliki resolusi spasial tinggi dan biayanya efektif. Petugas pelaksana pengukuran dan pemetaan wajib mengintegrasikan data yang terkumpul ke dalam aplikasi Komputerisasi Kegiatan Pertanahan (KKP). Ketergantungan operasional PTSL pada Geodesi untuk "pengumpulan data fisik" dan integrasinya dengan KKP menunjukkan bahwa Geodesi bukan hanya disiplin ilmu teoretis, tetapi merupakan komponen praktis yang sangat diperlukan dalam program pembangunan nasional berskala besar.

Hal ini secara langsung berkontribusi pada kepastian hukum dan stabilitas ekonomi dengan menyediakan data spasial dasar yang akurat.

1. Komputerisasi Kegiatan Pertanahan (KKP) dan Perannya dalam Peta Tunggal

Komputerisasi Kegiatan Pertanahan (KKP) adalah sistem informasi pertanahan yang berfungsi sebagai basis data pertanahan terkomputerisasi di BPN. KKP merupakan bagian integral dari upaya BPN untuk membangun basis data pertanahan secara elektronik dan mewujudkan pelayanan yang lebih akurat, cepat, dan efisien kepada publik.

Peran KKP dalam mewujudkan peta tunggal sangat sentral. KKP berfungsi sebagai pusat penyimpanan peta dasar (peta tunggal) yang dapat berasal dari berbagai sumber, seperti foto udara, citra satelit, dan peta garis. Sistem ini dirancang untuk mengintegrasikan data lama maupun data baru. Data bidang tanah yang dihasilkan dari kegiatan PTSL diunggah dan diintegrasikan ke dalam sistem KKP untuk membentuk peta tunggal.

Manfaat KKP meliputi kemudahan pengelolaan dan pembaruan data pertanahan, memfasilitasi pemanfaatan peta untuk berbagai keperluan (misalnya sebagai peta kerja atau untuk analisis spasial), serta menjamin standarisasi dan kualitas peta. KKP juga berperan penting dalam menangani masalah *flying parcels* (bidang tanah melayang) melalui proses *Geographical Index Mapping* (GIM), yang membantu mendaratkan data bidang tanah lama yang belum terpetakan di atas peta dasar. Peran KKP dalam mengintegrasikan data spasial yang beragam (dari PTSL, GIM, dan berbagai sumber lainnya) ke dalam "peta tunggal" merupakan langkah krusial menuju infrastruktur data spasial nasional yang terpadu untuk pertanahan. Integrasi ini tidak hanya meningkatkan konsistensi data dan mengurangi tumpang tindih, tetapi juga mengubah kumpulan data yang terpisah menjadi sistem yang kohesif dan dapat dioperasikan, yang merupakan fondasi fundamental untuk tata kelola pertanahan yang efektif dan transformasi digital.

2. Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Kebijakan Satu Peta

Badan Informasi Geospasial (BIG) adalah lembaga pemerintah non-kementerian yang memiliki tugas melaksanakan pemerintahan di bidang informasi geospasial. Peran BIG menjadi semakin strategis dengan penetapan Kebijakan Satu Peta (KSP) melalui Peraturan Presiden No. 9 Tahun 2016, yang kemudian diperkuat

dengan Satu Data Indonesia (SDI) melalui Peraturan Presiden No. 39 Tahun 2019.

Peran BIG dalam administrasi pertanahan dan pembangunan nasional sangat signifikan:

- 1) Penyedia Referensi Tunggal: BIG bertanggung jawab untuk menyediakan data dan informasi geospasial dengan satu referensi, satu standar, satu metadata, dan satu sistem interoperabilitas. Peran ini sangat krusial untuk mengatasi masalah tumpang tindih izin spasial dan penggunaan lahan yang sering menghambat pembangunan nasional.
- 2) Penyelenggara Informasi Geospasial Dasar (IGD): BIG adalah institusi utama yang bertanggung jawab atas penyelenggaraan IGD, yang mencakup pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan, dan diseminasi data. IGD ini menjadi dasar bagi semua Informasi Geospasial Tematik (IGT) di berbagai sektor.
- 3) Pengembangan Jaringan Kontrol Geodetik (JKG): BIG juga bertanggung jawab atas pengembangan dan pengelolaan JKG, termasuk jaringan Continuously Operating Reference Station (CORS) yang dikenal sebagai InaCORS. Jaringan ini vital untuk memastikan akurasi pemetaan dan mendukung upaya mitigasi bencana.
- 4) Kontribusi pada Kadaster Multiguna: Pemanfaatan data geospasial oleh BIG mendukung terwujudnya sistem informasi pertanahan multiguna, yang pada gilirannya memudahkan akses informasi dan meningkatkan kualitas kegiatan yang berkaitan dengan ruang kebumihhan. Evolusi dari Kebijakan Satu Peta (KSP) menjadi Satu Data Indonesia (SDI) menunjukkan komitmen nasional terhadap integrasi data yang komprehensif, melampaui sekadar peta. Visi yang lebih luas ini menempatkan BIG sebagai orkestrator data sentral, dan secara tidak langsung, meningkatkan pentingnya strategis Teknik Geodesi dalam menyediakan lapisan spasial dasar untuk semua data nasional. Hal ini berdampak pada pembuatan kebijakan di berbagai sektor, tidak hanya administrasi pertanahan, menjadikan keahlian Geodesi sebagai fondasi bagi infrastruktur data nasional.

IV.4.2. Tantangan dan Peluang Penerapan Geodesi untuk Administrasi Pertanahan di Indonesia

Penerapan Teknik Geodesi dalam administrasi pertanahan di Indonesia

merupakan sebuah langkah strategis dalam mewujudkan tata kelola lahan yang lebih tertib. Dengan memanfaatkan berbagai teknologi geospasial, seperti pengukuran berbasis satelit, pengukuran digital dan lain-lain akan memungkinkan adanya implementasi lapangan yang lebih akurat. Namun dibalik potensi tersebut, terdapat berbagai tantangan struktural yang harus dihadapi secara sistematis.

Di tengah upaya penerapan geodesi dalam lingkup administrasi pertanahan, dijumpai beberapa tantangan dalam pelaksanaannya. Realisasinya memerlukan kesiapan menyeluruh, baik dari segi teknis pelaksanaan, kelembagaan hingga dukungan sumber daya. Berangkat dari kondisi tersebut, terdapat beberapa tantangan-tantangan yang muncul dan penting untuk ditelaah lebih lanjut.

1. **Infrastruktur Teknologi:** Salah satu tantangan terbesar dalam transformasi digital adalah kurangnya infrastruktur teknologi yang memadai, terutama di daerah-daerah terpencil atau terisolir. Koneksi internet yang lambat atau bahkan tidak tersedia menjadi penghalang utama bagi digitalisasi proses pertanahan.
2. **Literasi Digital dan Kesenjangan Digital:** Banyak masyarakat Indonesia yang belum terbiasa menggunakan teknologi digital, sehingga mereka kesulitan dalam memahami dan memanfaatkan sertifikat elektronik atau layanan digital lainnya. Terdapat kesenjangan digital yang signifikan antara daerah perkotaan dan pedesaan, yang memperparah masalah akses dan pemanfaatan teknologi.
3. **Keamanan Data dan Ancaman Siber:** Risiko peretasan, pemalsuan dokumen, duplikasi, dan kebocoran data menjadi kekhawatiran utama dalam sistem digital. Isu "mafia tanah" juga seringkali menjadi pemicu sengketa yang semakin kompleks, membutuhkan langkah hukum inovatif untuk mengatasinya.
4. **Regulasi dan Penolakan Masyarakat:** Peluncuran sertifikat elektronik, meskipun menjanjikan efisiensi, telah menuai pro dan kontra serta kekhawatiran di kalangan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan regulasi yang ketat mengenai perlindungan data pribadi dan sosialisasi yang masif untuk membangun kepercayaan publik.
5. **Regulasi Biaya Implementasi:** Biaya awal untuk membangun dan merawat sistem digital, termasuk investasi pada infrastruktur, pelatihan, serta pembaruan perangkat keamanan, masih tergolong tinggi, terutama bagi daerah dengan anggaran terbatas.

6. Kompleksitas Problematika Pertanahan: Persoalan di bidang pertanahan seakan tidak pernah habis, bahkan semakin kompleks seiring meningkatnya minat terhadap tanah sebagai komoditas. Ini mencakup perubahan penggunaan tanah yang marak, konversi lahan yang menurunkan ketahanan pangan, hingga ketimpangan penguasaan dan kepemilikan tanah (Sutaryono, dkk, 2021).

Dibalik tantangan-tantangan tersebut, penerapan geodesi dalam administrasi pertanahan justru menyimpan potensi besar yang belum sepenuhnya dimanfaatkan. Seiring berkembangnya teknologi, kebutuhan negara mengenai sistem administrasi pertanahan yang akurat dan sistematis akan membuka peluang dan kesempatan strategis untuk menerapkan ilmu-ilmu geodesi, khususnya dalam hal geospasial. Salah satu peluang utamanya terletak pada bidang transformasi digital. Penerapan teknologi digital, termasuk sertifikat elektronik, membawa efisiensi, keamanan, dan kepastian hukum yang lebih tinggi, serta secara signifikan mengurangi potensi sengketa tanah. Kemudian, digitalisasi tersebut akan mengurangi waktu proses administrasi pertanahan secara signifikan melalui penyederhanaan proses bisnis dan penggunaan tanda tangan elektronik. Hal ini juga mengurangi biaya operasional dengan meminimalkan penggunaan kertas dan kebutuhan ruang penyimpanan fisik, serta meminimalkan risiko kehilangan dan kerusakan dokumen fisik. Aspek aksesibilitas turut menjadi peluang yang berarti pada proses penerapan geodesi dalam administrasi pemerintahan. Pemilik tanah kini dapat mengakses data dan dokumen mereka secara daring, kapan pun dan dimanapun, melalui platform yang aman. Jejak digital yang terekam memungkinkan pelacakan *real-time* setiap tahapan proses, sehingga meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam administrasi pertanahan. Dorongan untuk mewujudkan kadaster multiguna juga dapat menjadi peluang dalam transisi ini, terdapat pergeseran dari pendaftaran tanah dasar menuju sistem informasi pertanahan yang komprehensif, yang melayani beragam kebutuhan masyarakat (misalnya perpajakan, perencanaan, manajemen bencana, pemantauan lingkungan). Hal ini memperluas cakupan dan nilai kontribusi Teknik Geodesi, menjadikan data spasial sebagai aset sentral untuk pembangunan nasional yang holistik. Terakhir, percepatan reforma agraria juga dapat menjadi peluang yang cukup strategis. Keberhasilan dari program ini bergantung pada data spasial yang modern dan akurat, yang memungkinkan proses penataan ulang penguasaan dan pemanfaatan tanah dilakukan secara

terukur dan adil. Dengan didukung oleh teknologi Geodesi, data spasial yang diperlukan untuk penataan kembali penguasaan dan pemanfaatan tanah dapat menjadi elemen krusial karena mampu memberikan informasi spasial yang berarti.

IV.4.3. Relevansi ke Masa Depan: Peran Lulusan Teknik Geodesi dalam Transformasi Digital Pertanahan

Transformasi digital dalam administrasi pertanahan menciptakan peluang besar bagi lulusan Teknik Geodesi. Peran mereka tidak hanya terbatas pada pekerjaan lapangan tradisional, tetapi juga meluas ke ranah manajemen informasi dan pengembangan sistem.

1. Peran dalam Pengembangan Sistem Informasi Pertanahan Digital

Lulusan Teknik Geodesi memiliki kompetensi kunci dalam merancang, menganalisis, mengelola, dan menyajikan data geospasial. Mereka adalah ahli dalam Sistem Informasi Geospasial (SIG/GIS) dan berperan sebagai *WebGIS Engineer*. Keahlian ini memungkinkan mereka untuk menganalisis penggunaan teknologi yang tepat dan terkini dalam pengelolaan data geospasial, memvalidasi, menganalisis, serta mengelola data geospasial, dan menyajikan hasil analisis data geospasial.

Lulusan Teknik Geodesi memiliki peran nyata dalam membangun sistem informasi pertanahan yang terintegrasi secara digital, termasuk dalam pelaksanaan sertifikasi tanah berbasis elektronik. Kementerian ATR/BPN sendiri telah melakukan berbagai langkah transformasi digital, salah satunya dengan membentuk Bidang Pengembangan dan Standarisasi Sistem Teknologi Informasi di bawah naungan Pusat Data dan Informasi (PUSDATIN). Unit ini secara eksplisit membutuhkan keahlian lulusan Geodesi untuk melaksanakan penyusunan program, anggaran, dan strategi pengembangan sistem. Keterkaitan langsung antara kompetensi lulusan Geodesi, seperti kemampuan dalam SIG, WebGIS, dan manajemen data spasial, dengan program transformasi digital di instansi pemerintah seperti ATR/BPN menegaskan tingginya kebutuhan pasar serta nilai strategis profesi ini. Dengan kemampuan di bidang SIG (Sistem Informasi Geografis) dan pengolahan data spasial, lulusan jurusan ini dapat membangun dan mengelola sistem pertanahan digital yang terintegrasi dan mudah diakses oleh publik maupun pemerintah, seperti

aplikasi pelayanan pertanahan daring. Hal ini menegaskan bahwa Teknik Geodesi berada di garis terdepan dalam proses digitalisasi layanan pertanahan, menggeser pendekatan konvensional menuju pengelolaan informasi yang lebih modern dan efisien.

2. Kontribusi pada Kebijakan Satu Peta dan Data Spasial Terintegrasi

Lulusan Teknik Geodesi berperan penting dalam mewujudkan Kebijakan Satu Peta (KSP) dan Satu Data Indonesia (SDI) dengan menyediakan data spasial yang akurat dan terintegrasi (BIG). Mereka memiliki kemampuan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan informasi geografis yang didapatkan dari berbagai sumber, seperti survei geodetik, fotografi udara, dan data satelit. Informasi ini kemudian digunakan untuk menciptakan peta spasial digital yang dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, termasuk perizinan, kepentingan sosial, politik, edukasi, dan desain.

Peran ini juga mencakup penetapan dan penegasan batas wilayah, serta pengelolaan lingkungan dan perencanaan wilayah berbasis geospasial. Kontribusi lulusan Geodesi terhadap "Kebijakan Satu Peta" dan "Satu Data Indonesia" menempatkan mereka sebagai arsitek kunci infrastruktur data spasial nasional. Hal ini menunjukkan pergeseran dari sekadar memetakan bidang tanah individu menjadi membangun ekosistem data dasar yang menopang semua pengambilan keputusan geospasial pada skala nasional, menjadikan keahlian mereka krusial untuk tata kelola yang terintegrasi dan pembangunan berkelanjutan.

3. Prospek Karir dan Kompetensi yang Dibutuhkan

Prospek karir bagi lulusan Teknik Geodesi sangat luas dan beragam, mencerminkan sifat multidisiplin dari ilmu ini. Mereka dapat berkarir sebagai Ahli Peta Geografi, Ahli Sistem Informasi Geografis, *WebGIS Engineer*, Konsultan Pemetaan, Surveyor (berlisensi, pertambangan, konstruksi, hidrografi), Peneliti dan Ahli Teknologi Informasi Geospasial, Pengamat Tanah dan Properti, hingga Tenaga Pengajar (dosen). Mereka juga berperan dalam pengaplikasian teknologi modern dalam pertanahan, seperti GNSS dan fotogrametri digital untuk pengukuran presisi tinggi. Lulusannya dapat bekerja di berbagai lembaga pemerintahan seperti Badan Pertanahan Nasional (BPN),

Badan Informasi Geospasial (BIG), Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta berbagai industri swasta seperti properti, konstruksi, tambang, dan bahkan industri kreatif yang memanfaatkan data geospasial (misalnya Gojek, Grab, HERE Maps). Selain itu, banyak lulusan yang sukses mendirikan perusahaan geospasial sendiri, menciptakan lapangan pekerjaan baru.

Untuk menghadapi tantangan dan memanfaatkan peluang di masa depan, lulusan Teknik Geodesi membutuhkan berbagai kompetensi:

- 1) Keterampilan Teknis: Menguasai pengukuran dan pemetaan dengan berbagai metode (terestrial, fotogrametris, satelit), mampu mengoperasikan peralatan modern seperti GPS, theodolite, dan LiDAR, serta memiliki kemampuan mengelola dan menganalisis data geospasial.
- 2) Pemikiran Kritis dan Inovatif: Mampu menerapkan konsep teoritis ke situasi dunia nyata, mengidentifikasi dan merumuskan solusi untuk persoalan di lapangan, serta memiliki jiwa inovasi yang tinggi.
- 3) Kemampuan Konseptual: Memahami subjek materi, tujuan, strategi, dan panduan teknis dalam setiap pekerjaan.
- 4) Kolaborasi: Mampu bekerja sama secara luas dengan berbagai disiplin ilmu dan pemangku kepentingan, serta memberikan kontribusi yang lebih baik dalam tim.
- 5) Jiwa Kewirausahaan: Mampu berinovasi dan menciptakan lapangan pekerjaan sendiri di bidang geospasial, melihat peluang di tengah perkembangan teknologi (Humas, 2023).

Spektrum prospek karir dan kompetensi yang dibutuhkan bagi lulusan Geodesi, yang meluas dari survei tradisional hingga manajemen informasi digital mutakhir dan kewirausahaan, menunjukkan bidang yang sangat dinamis dan mudah beradaptasi. Hal ini menandakan bahwa masa depan administrasi pertanahan akan didorong oleh para profesional interdisipliner yang dapat menjembatani keahlian teknis dengan pemikiran strategis dan inovasi.

IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan

1. Pemetaan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki peran yang sangat penting bagi siklus hidrologi, Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang baik sangat penting

dilakukan untuk meminimalisir kerusakan lingkungan. Keilmuan yang dimiliki oleh Teknik Geodesi dan Geomatika dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan Daerah Aliran Sungai (DAS) tersebut yaitu dengan melakukan pemetaan Daerah Aliran Sungai (DAS) agar dapat dipantau secara akurat salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah Sistem Informasi Geografis (SIG). Teknologi ini dapat menampilkan peta dan informasi Daerah Aliran Sungai (DAS) yang meliputi daerah, nama sungai, dan panjang aliran sungai. Sistem Informasi Geografis (SIG) ini sangat penting dalam mengelola DAS secara efektif serta menjaga keberlanjutan sumber daya air dan lingkungan. (Ummah & Iswahyudi, 2017)

2. Perencanaan Tata ruang Berkelanjutan

Perencanaan tata ruang yang tepat sasaran sangat bergantung pada ketersediaan data spasial yang akurat, sistematis, dan mudah diakses. Dalam konteks ini, keilmuan Teknik Geodesi dan Geomatika berperan penting sebagai fondasi penyedia informasi posisi, bentuk lahan, batas administrasi, hingga karakteristik fisik dan sosial suatu wilayah. Melalui pengukuran presisi tinggi, pemetaan topografi, penginderaan jauh, dan pengelolaan basis data geospasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), para ahli Geodesi dan Geomatika dapat menghasilkan peta dasar dan tematik yang menjadi rujukan dalam penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW).

Menurut Yuan et al. (2011), penerapan model spasial berbasis GIS yang dikembangkan dengan pendekatan algebra geometri konformal memungkinkan visualisasi dan analisis 3D yang lebih mendalam sehingga mendukung pengambilan keputusan tata ruang yang presisi dan adaptif. Selain mendukung pembangunan infrastruktur dan kawasan perkotaan, hasil kerja Geodesi dan Geomatika juga bermanfaat untuk menjaga keseimbangan ekologi dengan memetakan kawasan konservasi, daerah resapan air, hingga zona rawan bencana. Dengan demikian, lulusan Teknik Geodesi dan Geomatika memiliki peran nyata dalam membantu pemerintah dan masyarakat mewujudkan pengelolaan ruang yang terencana, berkelanjutan, serta berwawasan lingkungan. Peran strategis ini juga sejalan dengan upaya pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) terkait penataan kota dan perlindungan sumber daya alam.

3. Monitoring Kawasan Lindung

Kawasan lindung seperti taman nasional, hutan konservasi, dan cagar alam memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan ekosistem, keanekaragaman hayati, serta mitigasi perubahan iklim. Untuk memastikan efektivitas perlindungannya, diperlukan sistem monitoring yang akurat dan berkelanjutan. Teknik Geodesi dan Geomatika menyediakan berbagai teknologi mutakhir, seperti citra satelit resolusi tinggi (Landsat, Sentinel), analisis NDVI untuk kesehatan vegetasi, serta pemetaan batas kawasan menggunakan GPS geodetik dan drone. Seluruh data ini diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk dianalisis secara spasial dan temporal. Di Indonesia, sistem ini telah mendukung kebijakan nasional seperti Peta Indikatif Penundaan Izin Baru (PIPIB) dan pemetaan kawasan hutan prioritas restorasi oleh KLHK, menjadikan Geodesi sebagai fondasi teknis dalam konservasi berbasis bukti.

Menurut Nagendra et al. (2013), penginderaan jauh dan GIS memungkinkan pemantauan ekologis yang cepat dan efektif, terutama di wilayah tropis yang sulit dijangkau langsung. Selain efisiensi teknis, pendekatan ini juga mendorong pelibatan masyarakat melalui sistem pemantauan berbasis komunitas (*community-based monitoring*) yang menggunakan perangkat GPS dan aplikasi partisipatif. Hal ini memperkuat keberlanjutan sistem pengawasan dan meningkatkan rasa kepemilikan masyarakat terhadap kawasan konservasi. Ilmu Teknik Geodesi dan Geomatika berperan penting dalam merancang sistem pemantauan, menganalisis perubahan spasial, serta memberikan rekomendasi berbasis data kepada pengambil kebijakan. Dengan demikian, keilmuan ini menjadi ujung tombak dalam perlindungan lingkungan yang adaptif, partisipatif, dan berkelanjutan.

4. Manajemen Air Berbasis GIS (*Geographic Information System*)

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau Geographic Information System (GIS) merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Sistem ini mengambil, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa, dan menampilkan data yang secara spasial mereferensikan kepada kondisi bumi. GIS menggunakan data yang terikat pada lokasi tertentu dan sangat berguna dalam menjawab pertanyaan spasial seperti: di mana suatu objek berada, bagaimana pola distribusinya, dan bagaimana hubungan lokasinya dengan

variabel lain. Dalam pembahasan ini, akan dikhususkan fungsi GIS pada kategori manajemen air, seperti curah hujan, penggunaan lahan, aliran sungai, kualitas air, dan infrastruktur air (waduk, irigasi, saluran drainase).

Teknologi geospasial, khususnya Sistem Informasi Geografis (SIG), memiliki peran yang sangat penting dalam manajemen sumber daya air yang berkelanjutan. Dengan menggabungkan data dari citra satelit, pemodelan hidrologi, dan analisis spasial, SIG memungkinkan pemantauan dan pengelolaan sumber daya air secara efisien serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data oleh pemerintah dan pemangku kebijakan. Contohnya, GIS dapat digunakan untuk mengetahui aliran pupuk dari lahan pertanian ke sungai berdasarkan lokasi geografis, kemiringan lahan, dan curah hujan, sehingga dapat mencegah pencemaran air.

Manajemen sumber daya air merupakan tantangan yang semakin kompleks di tengah pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan perubahan iklim. Untuk menjawab tantangan tersebut, Sistem Informasi Geografis (SIG atau GIS) memungkinkan integrasi dan analisis berbagai jenis data seperti topografi, curah hujan, kualitas air, penggunaan lahan, dan infrastruktur air, sehingga sangat membantu dalam perencanaan, pemantauan, serta evaluasi pengelolaan air yang lebih akurat dan efisien (Kamraju et al., 2025).

Bab V

Penutup

V.1 Kesimpulan

Kajian yang tertulis di atas menunjukkan melalui penjabarannya yang lengkap, mengenai seberapa dalam dan bernuansa ilmu yang dipraktekkan dalam studi Teknik Geodesi dan Geomatika, beserta seberapa terikatnya ilmu tersebut dengan perkembangan teknologi serta manfaatnya bagi masyarakat luas. Melalui kajian ini, semua anggota program studi Teknik Geodesi dan Geomatika yang ikut serta dalam proses menyusunnya, diharapkan berhasil menguasai atau setidaknya belajar hal yang baru mengenai program studi yang sedang mereka tempuh. Selain itu, dampak dan jangkauan yang luas pada luaran yang dihasilkan oleh anggota prodi ini juga ikut serta dalam menyadarkan tanggung jawab yang diperlukan masing - masing anggota, sebab bidang ilmu yang sedang ditempuh memiliki dampak yang nyata pada kehidupan masyarakat sehari-hari.

V.2 Saran

Untuk selanjutnya, diharapkan kajian serupa dapat dilakukan secara lebih mendalam dan melibatkan lebih banyak dari sudut pandang dari berbagai kelompok keilmuan yang ada di Teknik Geodesi dan Geomatika. Hal ini penting guna memperkaya pemahaman serta memperluas wawasan mahasiswa terhadap cakupan dan penerapan ilmu yang dipelajari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., & Fukuda, Y. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*, 59(3), 1753–1771. https://www.researchgate.net/publication/251389443_Land_subsidence_of_Jakarta_Indonesia_and_its_relation_with_urban_development
- Abidin, H. Z. (2024). *Slides Kuliah Geodesi Satelit – Prodi Geodesi dan Geomatika ITB*. Institut Teknologi Bandung. Diakses pada 19 Juli 2025, dari https://www.researchgate.net/publication/381461605_Slides_Kuliah_Geodesi_Satelit_-_Prodi_Geodesi_dan_Geomatika_ITB
- Adiyanto, M. A. (2019). “Kebijakan Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap dalam Menunjang Pembangunan Kadaster Lengkap di Indonesia.” *Jurnal Hukum dan Pembangunan*, 49(1), 60–77. <https://doi.org/10.21143/jhp.vol49.no1.1986>
- ANTARA News. (2022). Administrasi pertanahan syarat penting reforma agraria. Diakses pada 19 Juli 2025, dari <https://kalsel.antaranews.com/berita/418308/administrasi-pertanahan-syarat-penting-reforma-agraria>
- Arnowo, H. (2021). Tata kelola peta di dalam KKP (Komputerisasi Kegiatan Pertanahan) menuju terwujudnya sistem peta tunggal. *Jurnal Pertanahan*, 10(1). Diakses pada 19 Juli 2025, dari https://www.researchgate.net/publication/353797105_TATA_KELOLA_PETA_DI_DALAM_KKP_KOMPUTERISASI_KEGIATAN_PERTANAHAN_MENUJU_TERWUJUDNYA_SISTEM_PETA_TUNGGA
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. (2016). *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (Edisi V). Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Badan Informasi Geospasial. (2020). *Pentingnya Peta Dasar dalam Perencanaan Pembangunan*. BIG Press

- Budiyono, A. S. P. (2022). Desain sistem kadaster multiguna (studi kasus Kecamatan Serengan, Kota Surakarta). *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*.
- Chen, J., Cazenave, A., Dahle, C., Llovel, W., Panet, I., Pfeffer, J., & Moreira, L. (2022). Applications and Challenges of GRACE and GRACE Follow-On Satellite Gravimetry. *Surveys in Geophysics*, 43(1), 305–345.
<https://doi.org/10.1007/s10712-021-09685-x>
- CSDILA. (2023). Indonesia. Cadastral Template 2.0. Diakses pada 19 Juli 2025, dari <https://cadastraltemplate.org/indonesia.php>
- Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat ITB. (n.d.). *Konsultansi Integrasi Data Spasial dan Satu Data di Kab. Lebak Prov. Banten*.
<https://pengabdian.drpm.itb.ac.id/proyek/%E2%80%8Bkonsultansi-integrasi-data-spasial-dan-satu-data-di-kab-lebak-prov.-banten>
- ESA. (2019). *SatNav for Autonomous Driving*. European Space Agency.
Retrieved from https://www.esa.int/Applications/Navigation/SatNav_for_autonomous_driving
- Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB. (n.d.). *Program Studi Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika*. Institut Teknologi Bandung. Diakses pada 20 Juli 2025, dari: <https://ftm.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/5/2016/03/CetakGDS1.pdf>
- Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB. (2021). *Sejarah* [Halaman sejarah di situs FITB ITB]. Diakses pada 20 Juli 2025, dari <https://fitb.itb.ac.id/sejarah-2/>
- Gadjah Mada University Press. (2018). *Pengantar Ilmu Geodesi dan Geomatika*. UGM Press
- Hanifa, N. R., Gunawan, E., Nurfiani, D., Shomim, A. F., Muttaqy, F., Sutyanawan, A. G., Handayani, L., Arisa, D., Amukti, R., ... Anggono, T. (2025). *Integrated Seismo-Geodetic Observatory Network for Monitoring the Lembang Fault, West Java, Indonesia*. 1–11. DOI: 10.26464/epp2025076

- Harsono, Boedi. (2005). *Hukum Agraria Indonesia: Sejarah Pembentukan Undang-Undang Pokok Agraria, Isi, dan Pelaksanaannya*. Jakarta: Djambatan.
- Hbiak, I., Bachir, O., Kesmat, A., Majda, N., Rhoulane, S., & Habibellah, M. (2024). *ADVANCED INSAR TECHNIQUES FOR LANDSLIDE DETECTION AND RISK ASSESSMENT: A CASE STUDY OF THE TAZA-AL HOCEIMA EXPRESSWAY IN MOROCCO*. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 102. <https://www.jatit.org/volumes/Vol102No23/4Vol102No23.pdf>
- HERE Technologies. (2021). *Building the HD Live Map for Self-Driving Cars*. Retrieved from <https://www.here.com/hd-live-map>
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS—Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and More*. Springer Vienna.
- International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS). (n.d.). *Earth Orientation Parameters (EOP)*. Diakses pada 19 Juli, dari <https://geodesy.science/item/earth-orientation-parameter/>
- International Hydrographic Organization. (2023). *Standards for Hydrographic Surveys*. IHO Publication S-44.
- Institut Teknologi Bandung. (n.d.). *Kelompok Keahlian/Keilmuan Geodesi*. ITB. <https://itb.ac.id/kelompok-keahliankeilmuan-geodesi>
- Institut Teknologi Bandung. (n.d.). *Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika*. Akademik ITB. <https://akademik.itb.ac.id/id/program/S1/S/1760>
- Irawan, A., & Mahardika, A. (2022). Pemanfaatan teknologi UAV untuk pemetaan kadaster di daerah perdesaan. *Jurnal Geomatika (BIG)*, 28(1), 19–27. <https://doi.org/10.24895/jg.v28i1.1234>
- JUWITA, W., F1D317020. (2022). APLIKASI METODE GRAVITY (GAYA BERAT) UNTUK IDENTIFIKASI POTENSI HIDROKARBON DI CEKUNGAN BENGKULU. In *SKRIPSI*. <https://repository.unja.ac.id/41774/1/SKRIPSI-FULL.pdf>

- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (2017). Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL). JDIH Jakarta. Diakses pada 19 Juli 2025, dari [https://jdih.jakarta.go.id/artikelDirectory/jakarta_timur-Paparan%20Pendaftaran%20Tanah%20Sistematis%20Lengkap%20\(PTSL\)-otYzDI9a8kGg.pdf](https://jdih.jakarta.go.id/artikelDirectory/jakarta_timur-Paparan%20Pendaftaran%20Tanah%20Sistematis%20Lengkap%20(PTSL)-otYzDI9a8kGg.pdf)
- Kelompok Keahlian Geodesi ITB. (n.d.). *Geodesy Research Group*. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB. <https://gd.fitb.itb.ac.id/research/geodesy-research-group/?lang=id>
- Kelompok Keilmuan Survei dan Kadaster – Teknik Geodesi dan Geomatika. (n.d.). Diakses pada 20 Juli 2025, dari <https://gd.fitb.itb.ac.id/research/surveying-and-cadastre/?lang=id>
- Liu, Z., Qiu, H., Zhu, Y., Liu, Y., Yang, D., Ma, S., Zhang, J., Wang, Y., Wang, L., & Tang, B. (2022). *Efficient identification and monitoring of landslides by Time-Series INSAR combining single- and Multi-Look phases*. <https://doi.org/10.3390/rs14041026>
- Martono, D. B., Aditya, T., Suboryono, S., & Nugroho, P. (2022, October 6). Cadastre Typology as a Baseline for Incremental Improvement of Spatial Cadastre in Jakarta: Towards a Complete Cadastre, 11. <https://doi.org/10.3390/land11101732>
- Montenbruck, O., & Hauschild, A. (2022). *Earth rotation parameter estimation from GNSS and its relevance to precise orbit determination*. *GPS Solutions*, 26(1), Article 32. <https://doi.org/10.1007/s10291-022-01232-4>
- National Geospatial-Intelligence Agency (NGA). (2014). *WGS 84: World Geodetic System 1984, Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems* (NGA.STND.0036_1.0.0_WGS84).
- Nofrialdi, & Fernando, A. (2023). Transformasi digital administrasi pertanahan: Implementasi dan tantangan sertipikat elektronik di Indonesia. *RIO: Journal of Public Administration*, 5(2), 123-135. <https://ojs.umb-bungo.ac.id/index.php/RIO/article/download/1582/pdf>
- Pagertoyo. (2024). Manfaat program PTSL menjadi bukti sah kepemilikan tanah. Website Desa Pagertoyo. Diakses pada 19 Juli 2025, dari

<http://pagertoyo.desa.id/kabardetail/RfH5Y0FId0hTbjFBaE1EeDRxSmRWQT09/manfaat-program-ptsI-menjadi-bukti-sah-kepemilikan-tanah.html>

Pahlevi, A., Syafarianty, A., Susilo, S., Lumban-Gaol, Y., Putra, W., Triarahmadhana, B., Bramanto, B., Muntaha, R., Fadhila, K. E., Ladivanov, F., Amrossalma, H., Islam, L., Novianto, D., Huda, S., Wismadi, T., Efendi, J., Ramadhan, A., Wijaya, D., Prijatna, K., & Pramono, G. (2024). GEOID Undulation Model as Vertical Reference in Indonesia. *Scientific Data*, 11(1).
<https://doi.org/10.1038/s41597-024-03646-w>

Pratama, P. Y., Pratomo, D. G., & Khomsin. (2008). Optimasi Jalur Terbaik Kabel Bawah Laut dari Perspektif Kehidrografian. *Geoid*, 4(1), 11–21

Pratama, Y. (2024). *Slides Kuliah Geodesi Satelit - Prodi Geodesi dan Geomatika ITB*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/381461605_Slides_Kuliah_Geodesi_Satelit_-_Prodi_Geodesi_dan_Geomatika_ITB

Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika FITB ITB. (2016). *Tujuan - Teknik Geodesi dan Geomatika*. Diakses pada 20 Juli 2025, dari
<https://gd.fitb.itb.ac.id/undergraduate/internship-2/?lang=id>

Program Studi Teknik Geomatika Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta. (2024). *Sistem Informasi Geografis | Program Studi Teknik Geomatika*. Upnyk.ac.id.
<https://geomatika.upnyk.ac.id/page/sistem-informasi-geografis>

Santosa, M. A., & Fauzi, A. (2021). "Penguatan Sistem Informasi Kadaster Melalui Integrasi Data Geospasial dan Pertanahan." *Jurnal Agraria dan Tata Ruang*, 3(2), 115–130.

Santosa, H., & Rachmawati, N. (2020). Analisis integrasi data yuridis dan spasial dalam sistem informasi kadaster. *Jurnal Pertanahan, Kementerian ATR/BPN*, 2(1), 45–56.
<https://doi.org/10.31292/jp.2020.2.1.45-56>

- Sari, D. K. (2018). Kajian peta informasi bidang tanah (PIBT) menggunakan citra satelit resolusi tinggi dalam rangka percepatan pendaftaran tanah sistematis lengkap (PTSL). ITS Repository. https://repository.its.ac.id/54470/1/03311440000045_undergraduate_thesis.pdf
- Schuh, H., Böhm, J., Nilsson, T., & Steigenberger, P. (2020). *Earth rotation: Theory and observation*. In J. Böhm & H. Schuh (Eds.), *IVS 2020 General Meeting Proceedings* (pp. 1–12). Vienna University of Technology. Retrieved from https://vlbi.at/data/publications/2020_schuh_et al_earth_rotation.pdf
- Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications* (2nd ed.). Walter de Gruyter.
- Seitz, M., & Schuh, H. (2010). *Earth Rotation*. In H. Drewes (Ed.), *Geodesy and Geophysics Reference*. Springer. Diakses pada 20 Juli 2025, dari https://www.researchgate.net/publication/228554489_Earth_Rotation
- Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (STPN). (2022). *Problematika pengelolaan pertanahan di Indonesia*. STPN Repository. <http://repository.stpn.ac.id/3721/1/Problematika%20Pengelolaan%20Pertanahan%20di%20Indonesia.pdf>
- Serikat Petani Indonesia (SPI). (2014). Undang-Undang No. 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria. Diakses pada 19 Juli 2025, dari <https://spi.or.id/wp-content/uploads/2014/11/UNDANG-UNDANG-No-5-Tahun-1960-1.pdf>
- Sri Yulianto, Hanif. (2022, September 01). *Pengertian Rotasi Bumi serta Penyebab dan Dampaknya*. [Bola.com](https://www.bola.com). Diakses pada 20 Juli 2025, dari <https://www.bola.com/ragam/read/5057171/pengertian-rotasi-bumi-beserta-penyebab-dan-dampaknya?>
- Sutrisno, B. (2016). *Geodesi Satelit: Teori dan Aplikasinya dalam Survei Presisi Tinggi*. Diakses dari <https://id.scribd.com/doc/306293508/1520-Geodesi-Satelit>
- Team, W. (2025). *Kelompok Keilmuan Inderaja dan Sains Informasi Geografis*. Institut Teknologi Bandung. <https://itb.ac.id/kelompok-keilmuan-inderaja-dan-sains-informasi-geografis>

- TomTom. (2022). *HD Maps for Autonomous Driving*. Retrieved from <https://www.tomtom.com/products/hd-map/>
- Universitas Islam An Nur Lampung. (2024, 15 Juni). Rotasi Bumi: Mekanisme, dampak, dan perubahan dalam kehidupan sehari-hari. Ragam. Diakses pada 19 Juli 2025, dari <https://an-nur.ac.id/rotasi-bumi-mekanisme-dampak-dan-perubahan-dalam-kehidupan-sehari-hari/>
- View of Aplikasi Metode Gravitasi dengan Kontinuasi ke Atas (Upward Continuation) dalam Menginterpretasi Data Anomali Medan Gravitasi di Daerah Gunung Merapi.* (n.d.). <https://ejournals.umma.ac.id/index.php/jifta/article/view/132/429>
- Wage, Mbah. (2024, April 27). *Rotasi Bumi: Penggerak Fenomena Alam*. Diakses pada 20 Juli 2025 dari, <https://www.biotifor.or.id/perputaran-bumi-mengelilingi-porosnya-disebut/>
- Wahyuni, S., & Haviluddin. (2015). Aplikasi komputerisasi LOC (Land Office Computerization) pada Badan Pertanahan Nasional untuk kualitas pelayanan sertifikasi pertanahan. *Jurnal Informatika & Komputer (INCOMTECH)*, 4(1), 1-12. <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/incomtech/article/download/546/403/>
- Wang, M., Hu, H., & Rizos, C. (2020). *High Precision Positioning Technologies for Intelligent Transportation Systems: A Review*. *Journal of Navigation*, 73(1), 1–20. <https://doi.org/10.1017/S0373463319000495>
- Wibowo, H. (2021). Kajian penerapan kadaster 3D di kawasan urban Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Geodesi ITB*, 9(2), 74–88. <https://doi.org/10.5614/jtig.2021.9.2.6>
- Wulan, N., Suprayogi, A., & Sudarsono, B. (2017). Drone untuk percepatan pemetaan bidang tanah. *Jurnal Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 118-126. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/MKG/article/view/12798/8205>
- Yuan, L., Yu, Z., Luo, W. et al. A 3D GIS spatial data model based on conformal geometric algebra. *Sci. China Earth Sci.* 54, 101–112 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11430-010-4130-9>

Zangenehnejad, F., & Gao, Y. (2021). GNSS smartphones positioning: Advances, challenges, opportunities, and future perspectives. *Satellite Navigation*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s43020-021-00054-y>. Diakses pada 19 Juli 2025

Ziebart, B. D., Maas, A., Dey, A. K., & Bagnell, J. A. (2008). *Navigate Like a Cabbie: Probabilistic Reasoning from Observed Context-Aware Behavior*. In *Proceedings of the 10th International Conference on Ubiquitous Computing* (pp. 322–331).

LAMPIRAN

Tabel 1. Kontribusi Putra Putri Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2024

NIM	Nama	Peran
15124001	Collin Mykelti Wilson	Tim Editorial; <i>Formatting</i> dokumen, membuat tabel kontribusi, koreksi ejaan berbahasa Inggris.
15124002	William Dwi Putra Situmorang	Tim Editorial; mengoreksi ejaan.
15124003	Muhammad Irsyad Fahrezi	Tim Editorial; Mengoreksi ejaan dan penulisan; <i>Formatting</i> dokumen
15124004	Bunga Meysani Putri	Tim Editorial; <i>Formatting</i> dokumen, mengoreksi ejaan berbahasa Indonesia
15124005	Hyoringga Assyifa Purwoko	Tim Editorial; Menyusun abstrak, <i>formatting</i> , dan koreksi ejaan dan penulisan.
15124006	Ghiffry Robby Ananta Maryadi	Tim Editorial
15124007	Dzulfathu Rahma Adzmi	Tim Editorial; Membuat kata pengantar, meratakan paragraf yang belum dalam format <i>justify</i> , menyelaraskan <i>formatting</i> penulisan isi Tabel 1. kontribusi, merapikan <i>formatting</i> penulisan Daftar Pustaka dan mengurutkannya.
15124008	Zarkasya Amali Harwiraputeri	Tim Desain dan Referensi
15124009	Naomi Chandra	Tim Desain dan Referensi: Merapikan margin subheading dan paragraf dokumen dan membuat daftar pustaka
15124010	Lionel Alexander Nathanael	Tim Desain dan Referensi
15124011	Syahrul Muharam	Tim Desain dan Referensi
15124012	Vania Tiara Putritian	Tim Desain dan Referensi
15124013	Tessa Purnamasari	Tim Desain dan Referensi
15124014	Fauzia Ashadi Chairunnisa	Menyusun bab 1.3 Tujuan dari Kajian Teknik Geodesi dan Geomatika

15124015	Inaya Farah Arrizky	Menyusun bab 1.1 Latar Belakang serta mencari referensi mengenai Teknik Geodesi dan Geomatika.
15124016	I Nyoman Agung Maruta	Menyusun bab 1.2 rumusan masalah dari Kajian Teknik Geodesi dan Geomatika
15124017	Raphael Ezra	Menyusun bab 1.1 Latar Belakang mengenai Teknik Geodesi dan Geomatika
15124018	Raden Herdyan Anggita Putra	Menyusun Bab II Tinjauan Umum
15124019	Najla Faiza Latifa	Menyusun Bab II Tinjauan Umum
15124020	Syifqoh Dillan Aisiyana	Menyusun Bab II Tinjauan Umum
15124021	Chatarina Karin Atalya Sondang Sigalingging	Menyusun Bab II Tinjauan Umum
15124022	Bagas Arya Saputra	Menyusun Bab II Tinjauan Umum
15124023	Nico Alberd Juniora Manurung	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124024	Fikri Akmal Sasmita	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124025	Malika Rifa Syaakira	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124026	Adisyanda Syakila	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124027	Jessica Aulia Cahyana	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124028	Wimana Agastya	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124029	Dzulfiqar Fadhil Djuhaepa	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124030	Fadhel Muhammad Putra Hidayat	Menyelesaikan materi III.1.1 mengenai pilar 1 Geodesi tentang geokinetika.
15124031	Alena Irayani Putri	Menyelesaikan pemodelan medan gravitasi dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.

15124032	Qabil Radhiqa Handoyo	Memeriksa format, memperbaiki jika ada kesalahan dalam kebahasaan, dan mengedit materi yang sudah terkumpul pada salinan kajian dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.
15124033	Putri Amaliyah	Mencari dan memilah referensi yang dipakai dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.
15124034	Nabil Muwaffaq Ali	Menyelesaikan metode pengamatan satelit dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.
15124035	Insani Humaira Mumtaz	Menyelesaikan pendahuluan dan konsep dasar dari medan gravitasi dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.
15124036	Farrel Ardan Ibrahim Tuarita	Menyelesaikan pemodelan medan gravitasi dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.
15124037	Satrio Suryo Wicaksono	Menyelesaikan metode pengamatan darat dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.
15124038	Mohamad Badrul Jamal	Menyelesaikan aplikasi medan gravitasi dalam sub bab III.1.2 Medan Gravitasi.
15124039	Reza Aulia Nur Ahmad	Menyelesaikan pengaplikasian rotasi bumi dalam keilmuan geodesi pada sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.
15124040	Yohana Lasmaria Nainggolan	Menyelesaikan proses terjadinya rotasi bumi dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.
15124041	Narda Athaya Ali	Menyelesaikan proses terjadinya rotasi bumi dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.
15124042	Muhammad Fathan Falery Helmi	Menyusun konsep dasar pada sub bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster. Menyelesaikan pengaruh rotasi terhadap sistem bumi dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi dan Menyelesaikan proses terjadinya rotasi bumi dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.
15124043	Dzakirania Azzahrah	Menyelesaikan peran rotasi bumi dalam ilmu geodesi dan geomatika dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.
15124044	Lulu Melani Putri	Menyelesaikan pengaruh rotasi terhadap sistem bumi dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.
15124045	M. Iqbal Rasyada	Menyelesaikan parameter orientasi bumi dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.

15124046	Azka Na'ilah Putri	Menyelesaikan peran rotasi bumi dalam ilmu geodesi dan geomatika dalam sub bab III.1.3 Rotasi Bumi.
15124047	Bernardinus Adhika Bramaksatra	Menyusun konsep dasar pada sub bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster, khususnya mengenai aspek hukum dan kebijakan kadaster di Indonesia
15124048	Hemanta Dianti	Menyusun konsep dasar pada sub bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster.
15124049	Muhammad Raffi Octoriza	Merapikan bagian sistem spasial dan kadaster di bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster.
15124050	Ruth Amadea Alti Simanjuntak	Menyusun tantangan dan peluang pada sub bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster.
15124051	Muhammad Malvin Fawwaz Al Barr	Mencari artikel referensi, menyusun perkembangan teknologi serta pemahaman dasar dan fokus utama dari kelompok keahlian sistem spasial dan kadaster pada sub bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster.
15124052	Nayla Zahira	Membuat kesimpulan dari poin III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster.
15124053	Natan Jona A, T, Batubara	Membantu mencari artikel referensi pada sub bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster
15124054	Bryan Maulana Afrilis Ziansyah	Menyusun konsep dasar pada sub bab III.2.1 Kelompok Keahlian Sistem Spasial dan Kadaster.
15124055	Maureen Nathalie Tobing	Membuat rekomendasi dan implikasi pada sub bab II.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi
15124056	Abraham Bonaro Situmorang	Menyelesaikan materi terkait referensi ilmiah pada sub bab III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi
15124057	Muhamad Rahman Fauzan	Menyelesaikan materi terkait contoh proyek hidrografi di Indonesia pada sub bab III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi
15124058	Nizwah Rahmania	Menyelesaikan materi terkait definisi, ruang lingkup, dan prinsip dasar hidrografi pada sub bab III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi
15124059	Rangga Halim Alichlash	Menyelesaikan materi terkait survei batimetri pada sub bab III.2.2 Kelompok Keahlian

		Hidrografi
15124060	Naufal Muhammad Rizqi	Menyelesaikan materi terkait cara pengolahan data pada sub bab III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi
15124061	Rido Ghordiyen	Membuat kesimpulan pada sub bab III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi
15124062	Vincent Philippo Caesar Siallagan	Menyelesaikan materi terkait peran hidrografi dalam pembangunan infrastruktur kelautan pada sub bab III.2.2 Kelompok Keahlian Hidrografi
15124063	Daffa Razka Mulyawan	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124064	Darwin Simamora	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124065	Daffa Bintang Teguh Esa	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124066	Angga Setiawan	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124067	Harsa Dwi Aqeela	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124068	Nimah Syahara Safitri	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124069	Arum Wijayanti	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124070	Petra Lionel Messi Ruben Pasaribu	Menyelesaikan sub bab III.2.3 Kelompok Keahlian Sains dan Teknologi Informasi Geografis.
15124071	Dianita Siadari	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Kontribusi KK SRIG terhadap Masyarakat dan Infrastruktur.
15124072	Mochammad Raynard Razfa Agviantara	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Pendahuluan KK SRIG.

15124073	Muhammad Fazil	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Inovasi Terkini.
15124074	Zisca Dwi Errian	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Penutup.
15124075	Nabiel Fikrya Rida	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Kolaborasi KK SRIG dengan KK Lain.
15124076	Mariel Lintang Prabandari	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Peran Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi dalam Dunia Industri dan Teknologi.
15124077	Muhamad Rizky Saimuri	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Fokus Keilmuan Utama KK SRIG.
15124078	Alvito Patrisio	Menyelesaikan sub bab III.2.4 Kelompok Keahlian Sains, Rekayasa, dan Inovasi Geodesi bagian Keterkaitan KK SRIG dengan Pilar Keilmuan Geodesi.
15124079	Agus Wahyu Hidayat	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124080	Ayman Hadisantoro	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124081	Alvin Djunaedi	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124082	Mhd Najib Athaillah H	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124083	Waqid Yudha Pratama Winarwan Putra	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124084	Derilo Albani Devanda Putra	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124085	Helena Juwita	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124086	Gilang Wijaya	Menyelesaikan sub bab IV.1 Peran dalam Pembangunan Infrastruktur.
15124087	Maurana Idzil Fikryansyah	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi

		Bencana.
15124088	Aghnia Aura Fasya	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.
15124089	Galih Ramadhan Wiriadinata	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.
15124090	Ghatfan Ammar Bariumanto	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.
15124091	Gerardus Theo Putra Sitinjak	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.
15124092	Rizqy Bahtiar	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.
15124093	Salwa Milatul Jamilah	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.
15124094	Naufal Amiru Dzaky	Menyelesaikan sub bab IV.2 Peran dalam Mitigasi Bencana.
15124095	Nashwan Hakim	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124096	Dhafin Raditya Abasi	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124097	Rachelya Ardhifannisa I, Nasution	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124098	Muhammad Azzan	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124099	Ahmad Nizam Fachrezi	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124100	Athar Gibran Setiawan	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124101	Samuel Danilo Zefanya Pasaribu	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124102	Siti Nadiya Rahmatillah	Menyelesaikan sub bab IV.3 Peran dalam Navigasi dan Transportasi.
15124103	Keiko Keysa Yohana Sibarani	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.
15124104	Muhammad Ridho Fadhlurroan	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.

15124105	Dimiyati	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.
15124106	Zahra Ats Tsaqofah	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.
15124107	Ihsan Hari Ramadani Muttaqin	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.
15124108	Shitka Jenani Wendiyana	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.
15124109	Shafina Moktika Khairani	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.
15124110	Intan Nur Wulandari	Menyelesaikan sub bab IV.4 Peran dalam Administrasi Pertanahan.
15124111	Yehezkiel Andreas Simorangkir	Menyelesaikan sub bab IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.
15124112	Abdul Ghofur Alvi Yassin	Menyelesaikan sub bab IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.
15124113	Raisya Zia Maesun	Menyelesaikan sub bab IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.
15124114	Muhammad Sulthan Marthajaya	Menyelesaikan sub bab IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.
15124115	Navira Ahsanu Amala	Menyelesaikan sub bab IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.
15124116	Fareel Is'ad Hammam	Menyelesaikan sub bab IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.
15124117	Josephin Galuh Hayu Tiratama	Menyelesaikan sub bab IV.5 Peran dalam Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan.
15124118	Isna Afrana	Menyelesaikan bab V Penutup dengan sub bab V.1 Kesimpulan dan V.2 Saran.
15124119	Faza Rakha Mahardika	Menyelesaikan bab V Penutup dengan sub bab V.1 Kesimpulan dan V.2 Saran.
15124120	Sekar Wardani Adiati	Menyelesaikan bab V Penutup dengan sub bab V.1 Kesimpulan dan V.2 Saran.
15124121	Muhammad Farih Hidayat	Menyelesaikan bab V Penutup dengan sub bab V.1 Kesimpulan dan V.2 Saran.
15124122	Atalia Setiasurya	Menyelesaikan bab V Penutup dengan sub bab V.1 Kesimpulan dan V.2 Saran.

