

GEODESI TERAPAN

— SEBUAH TINJAUAN —
PENGELOLAAN PERTANAHAN



 DUTA
SAINS
INDONESIA

-  1. Ir. H. JOHAN BUDIMAN., S.T., M.M., Ph.D
-  2. Ir. LADIKA., ST., MT
-  3. EDY JUNAEDI., Ph.D



Editor : Abdul Majid Toyyibi, M.E

GEODESI TERAPAN
-----SEBUAH TINJAUAN-----
PENGELOLAAN PERTANAHAN

Penulis :

Ir. H. Johan Budiman.,ST., MM., Ph.D

Ir. LADIKA., ST., MT

Edy Junaedi., Ph.D



GEODESI TERAPAN SEBUAH TINJAUAN PENGELOLAAN PERTANAHAN

Penulis : Ir. H. Johan Budiman.,ST., MM., Ph.D, Ir. LADIKA., ST., MT,
Edy Junaedi., Ph.D
Editor : Abdul Majid Toyyibi, M.E
Setting & layout : DSI Press
Desain cover : DSI Press
ISBN : 978-634-7749-08-6
Link : www.dutasains.com
Ukuran : Unesco
Halaman : xi, 311
Terbit : Juni 2026

Hak Penerbitan ada pada CV. Duta Sains Indonesia

Hak Cipta di lindungi Undang-undang Dilarang mengutip, memperbanyak dan menerjemahkan sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa se-izin penerbit dari CV. Duta Sains Indonesia



Sedati Agung 3 RT 07 RW 03 Kec. Sedati Kab. Sidoarjo

Jawa Timur - Indonesia

Telp. 0877-5551-0658

E-mail : dutasainsindonesia@gmail.com

Website: www.dutasains.com

PENGANTAR

"Mengukur Bumi, Menata Kehidupan: Refleksi Filosofis Ilmu Ukur Tanah untuk Kesejahteraan"

"Tanah tidak pernah berbohong. Namun, manusia lah yang kerap keliru membaca batas-batasnya."

Pepatah lama dari para leluhur agraris Nusantara ini mengandung kebijaksanaan mendalam yang seringkali terlupakan di era hiruk-pikuk digital dan gemerlap teknologi. Tanah—dengan segala kesetiaannya menyimpan sejarah, menopang kehidupan, dan menjadi saksi bisu pasang-surut peradaban—tetaplah entitas yang jujur. Yang tidak jujur, yang tidak tepat, yang tidak adil, adalah sistem yang kita bangun di atasnya, patok yang kita pancangkan dengan tergesa, peta yang kita gambar dengan ceroboh, dan sertifikat yang kita terbitkan tanpa ketelitian yang memadai.

Buku yang ada di tangan pembaca ini lahir dari sebuah keyakinan fundamental: **bahwa ilmu ukur tanah—atau geodesi terapan—bukanlah sekadar kumpulan rumus trigonometri, prosedur kalibrasi instrumen, atau teknik pengolahan data spasial.** Lebih dari itu, ia adalah **filsafat kebenaran spasial, etika kepastian hukum, dan instrumen keadilan sosial** yang jika dihayati dan diamalkan dengan sungguh-sungguh, dapat menjadi salah satu pilar utama kesejahteraan bangsa.

Bayangkanlah sejenak: setiap hari, jutaan transaksi tanah terjadi di negeri ini. Seorang petani di lereng Gunung Merbabu mewariskan sawahnya kepada anak-cucu. Seorang keluarga muda di pinggiran Jakarta membeli rumah pertama dengan keringat dan air mata. Sebuah perusahaan perkebunan memperluas konsesi di Kalimantan. Pemerintah membangun jalan tol yang membentang dari Sumatera hingga Papua. Di balik setiap peristiwa itu—di balik setiap lembar sertifikat yang diterbitkan, setiap patok batas yang dipancangkan, setiap peta yang digambar—selalu ada **surveyor**. Sosok yang mungkin tidak pernah kita lihat, tidak pernah kita kenal, tetapi jejak

tanggannya—dalam bentuk koordinat, luas bidang, dan batas-batas yang jelas—akan terus menemani perjalanan hidup kita, generasi ke generasi.

Apa yang terjadi jika surveyor itu lalai? Jika pengukurannya tidak akurat? Jika patok yang dipasang hanya 10 sentimeter bergeser dari posisi yang seharusnya? Mungkin, di atas kertas, 10 sentimeter adalah angka yang sangat kecil—hampir tidak berarti. Tetapi di lapangan, 10 sentimeter bisa menjadi awal dari **sengketa batas yang berlarut-larut selama puluhan tahun**. Dua keluarga yang dulunya bertetangga baik menjadi musuh bebuyutan. Dua perusahaan yang seharusnya bersaing secara sehat justru habis-habisan di meja hijau. Bahkan, tidak jarang, 10 sentimeter—yang berasal dari pengukuran yang ceroboh atau alat yang tidak terkalibrasi—menjadi pemicu konflik horizontal yang merenggut ketenteraman dan, pada kasus-kasus ekstrem, merenggut nyawa.

Di sinilah urgensi buku ini. Bukan untuk menakut-nakuti, tetapi untuk **menyadarkan**. Ilmu ukur tanah bukanlah mata kuliah kering yang hanya penting untuk dihafal rumusnya dan dilupakan setelah ujian. Ilmu ukur tanah adalah **nyawa dari administrasi pertanahan**. Ia adalah fondasi di atas seluruh bangunan kepastian hukum berdiri. Tanpa pengukuran yang akurat, tidak ada sertifikat yang dapat diandalkan. Tanpa peta kadaster yang presisi, tidak ada tata ruang yang dapat ditegakkan. Tanpa data spasial yang terintegrasi, tidak ada kebijakan pertanahan yang adil dan berkelanjutan.

Buku ini sengaja diberi judul **"Geodesi Terapan dalam Pengelolaan Pertanahan: Teori Fundamental dan Analisis Spasial untuk Kawasan Berkelanjutan"** untuk menegaskan bahwa geodesi bukanlah ilmu yang lepas dari realitas. "Terapan" berarti ia hadir untuk menyelesaikan masalah nyata—masalah batas yang tidak jelas, masalah tumpang tindih sertifikat, masalah ketidakpastian hak atas tanah, masalah ketidaksesuaian antara rencana tata ruang dan kondisi lapangan, masalah degradasi lingkungan akibat penggunaan lahan yang tidak terkendali, dan masalah ketidakadilan dalam ganti rugi lahan bagi masyarakat yang terkena dampak pembangunan.

Buku ini juga ingin menegaskan bahwa ilmu ukur tanah memiliki dimensi **moral** yang tidak boleh diabaikan. Setiap kali seorang surveyor mengkalibrasi total station-nya, ia sedang membuat komitmen moral untuk menghasilkan data yang akurat. Setiap kali seorang surveyor memasang patok batas,

ia sedang membuat komitmen moral untuk tidak memihak—untuk meletakkan patok itu di tempat yang benar, bukan di tempat yang disukai oleh pihak yang membayarnya. Setiap kali seorang surveyor menandatangani laporan teknis, ia sedang membuat komitmen moral untuk dapat mempertanggungjawabkan setiap angka dan setiap garis di hadapan hukum dan di hadapan Tuhan.

Penulis menyusun buku ini dengan kesadaran bahwa tidak ada pengukuran yang sempurna. Yang ada adalah pengukuran yang **cermat**, yang **teliti**, dan yang **dapat dipertanggungjawabkan**. Filsafat ilmu ukur tanah mengajarkan kita untuk jujur tentang ketidakpastian—untuk menyatakan dengan terbuka bahwa setiap koordinat memiliki margin error, bahwa setiap luas bidang adalah estimasi terbaik, bahwa setiap peta adalah penyederhanaan dari realitas yang kompleks. Kejujuran ini, ironisnya, justru menjadi fondasi kepercayaan. Masyarakat percaya pada sertifikat tanah bukan karena sertifikat itu mengklaim kebenaran absolut, tetapi karena proses pembuatannya dilakukan dengan standar yang jelas, transparan, dan dapat diverifikasi.

Dari Bab 1 hingga Bab 14, buku ini mengajak pembaca untuk menyelami lautan ilmu ukur tanah dengan segala kedalaman dan kompleksitasnya. Dimulai dari **filosofi dan ruang lingkup** ilmu ukur tanah dalam konteks pertanahan modern, kemudian melangkah ke **sistem referensi geodetik** yang menjadi fondasi dari setiap pengukuran. Pembaca akan diajak memahami **teknologi GNSS** yang memungkinkan kita menentukan posisi di mana pun di muka bumi dengan akurasi sentimeter, sekaligus menyadari keterbatasannya ketika berhadapan dengan kanopi pohon atau gedung pencakar langit.

Selanjutnya, buku ini mengupas **pengukuran terestris** dengan total station dan digital level—metode klasik yang tetap relevan di era digital karena keandalannya di lokasi-lokasi yang tidak terjangkau sinyal satelit. **Pengolahan data survei dan analisis ketelitian hukum** menjadi bab yang sangat krusial, karena di sinilah angka-angka mentah dari lapangan diolah menjadi bukti yang dapat dipertanggungjawabkan di pengadilan. Ambang batas toleransi berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) bukan sekadar angka, tetapi garis demarkasi antara "cukup akurat" dan "tidak dapat dipertahankan secara hukum".

Perkembangan teknologi **fotogrametri** dan **LiDAR** untuk pemetaan kadaster dibahas secara mendalam, termasuk bagaimana drone dan pesawat nirawak telah

mengubah cara kita memetakan ribuan bidang tanah dalam waktu singkat. **Sistem Informasi Geografis (SIG)** diuraikan tidak hanya sebagai perangkat lunak, tetapi sebagai kerangka berpikir untuk mengintegrasikan data spasial dari berbagai sumber dan menganalisisnya untuk pengambilan keputusan yang lebih baik.

Bab tentang **pengukuran tanah untuk kepentingan hukum dan sengketa batas** memberikan perspektif forensik yang jarang ditemukan dalam buku teks survei pada umumnya. Di sini, pembaca diajak untuk memahami bagaimana seorang surveyor berperan sebagai **ahli di pengadilan**, bagaimana rekonstruksi batas dilakukan ketika patok asli telah hilang, dan bagaimana menyusun laporan teknis yang dapat menjadi alat bukti yang kuat.

Buku ini juga tidak melupakan aspek **manajerial** dari survei pertanahan berskala besar. Program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) yang menargetkan puluhan juta bidang tanah memerlukan perencanaan biaya, SDM, dan alat yang matang, serta pengendalian mutu yang ketat. Analisis risiko—baik risiko hukum maupun teknis—menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari keberhasilan program nasional ini.

Memasuki wilayah yang lebih futuristik, buku ini mengupas **Kadaster 3D** dan pengelolaan ruang bawah tanah serta atas tanah. Di era apartemen pencakar langit dan terowongan MRT yang meliuk di bawah kota, representasi kepemilikan tidak lagi cukup dalam dua dimensi. **Strata title** dan Hak Milik atas Satuan Rumah Susun (HMASRS) menuntut pemahaman tentang volume, bukan sekadar luas bidang. Teknologi BIM (Building Information Modelling) dan integrasinya dengan GIS menjadi kunci untuk mewujudkan administrasi pertanahan yang mampu mengakomodasi kompleksitas ruang kota modern.

Buku ini juga menyinggung aspek yang sangat dekat dengan kesejahteraan rakyat banyak: **survei untuk nilai tanah dan Pajak Bumi dan Bangunan (PBB)**. Zona Nilai Tanah (ZNT) yang akurat menentukan adil tidaknya beban pajak yang ditanggung masyarakat. Ketika ASR (Assessment-Sales Ratio) hanya mencapai 42% seperti yang ditemukan di beberapa daerah, itu berarti potensi pendapatan daerah hilang dan keadilan fiskal terganggu. Surveyor memiliki tanggung jawab moral untuk memastikan bahwa data luas, kelas, dan nilai tanah yang menjadi dasar perpajakan adalah data yang benar.

Pada bab-bab akhir, buku ini mengajak pembaca untuk merenungkan peran ilmu ukur tanah dalam **mitigasi bencana** dan **pengelolaan lingkungan**. Pemetaan rawan longsor dan banjir berbasis bidang tanah, survei batas pada kawasan hutan dan daerah aliran sungai, pemantauan perubahan garis pantai, serta peran surveyor dalam relokasi pasca-bencana—semuanya menunjukkan bahwa ilmu ukur tanah memiliki dimensi kemanusiaan yang sangat kuat. Sebuah pengukuran yang akurat di lereng gunung dapat menyelamatkan ratusan nyawa dengan memberikan peringatan dini bahwa daerah tersebut rawan longsor. Sebuah peta garis pantai yang akurat dapat menjadi dasar kebijakan adaptasi perubahan iklim bagi jutaan penduduk pesisir.

Akhirnya, buku ini ditutup dengan pandangan ke depan tentang **tren masa depan dan inovasi** dalam ilmu ukur tanah. Artificial Intelligence yang mulai mampu mendeteksi batas tanah dari citra satelit, blockchain yang menjanjikan catatan kepemilikan yang tidak dapat dipalsukan, IoT dan sensor terintegrasi yang memungkinkan pengukuran real-time, serta kebijakan nasional menuju Kadaster 4.0—semua ini adalah alat, bukan tujuan. Tujuan akhirnya tetaplah sama: **kepastian hukum, keadilan sosial, dan kesejahteraan masyarakat**.

Buku ini diperuntukkan bagi mahasiswa pascasarjana yang ingin mendalami ilmu ukur tanah bukan sekadar untuk mengejar gelar, tetapi untuk mengabdikan pada bangsa. Kepada para surveyor muda yang akan segera terjun ke lapangan, penulis berpesan: **jagalah integritasmu**. Patok yang kau pancangkan hari ini akan menjadi saksi bagi anak cucu yang belum lahir. Koordinat yang kau catat hari ini akan menjadi dasar putusan pengadilan di masa depan. Setiap garis yang kau gambar di peta adalah janji—bahwa engkau telah melakukan yang terbaik, bahwa engkau tidak memihak, bahwa engkau dapat mempertanggungjawabkan setiap milimeter dari pekerjaanmu. Tanah tidak pernah berbohong. Jadilah surveyor yang layak untuk tanah yang kau ukur. Jadilah surveyor yang karyanya menjadi rahmat bagi kehidupan, bukan sumber sengketa. Jadilah surveyor yang, ketika patok-patok yang kau pancangkan telah hilang ditelan waktu dan peta-peta yang kau gambar telah usang, namamu tetap dikenang sebagai insan yang telah menegakkan kebenaran spasial di atas bumi pertiwi.

Selamat membaca. Selamat menyelami lautan ilmu. Dan semoga, setelah menutup halaman terakhir buku ini, engkau tidak hanya menjadi lebih pintar, tetapi

juga menjadi lebih bijaksana dalam memandang hubungan antara tanah, manusia, dan keadilan.

Kota Tangerang, April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

COVER

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN BALIK JUDUL	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v

BAB 1: FILOSOFI DAN RUANG LINGKUP ILMU UKUR TANAH DALAM KONTEKS PERTANAHAN MODERN

1. Evolusi Ilmu Ukur Tanah dari Analog ke Digital	1
2. Hubungan Ilmu Ukur Tanah dengan Hukum Agraria dan Tata Ruang ...	4
3. Peran Survei Pertanahan dalam Mendukung SDG's	6
4. Etika Profesional dan Tanggung Jawab Hukum Surveyor Pertanahan ...	8

BAB 2: SISTEM REFERENSI GEODESI DAN DATUM VERTIKAL UNTUK PERTANAHAN

1. Teori Ellipsoid, Geoid, dan Datum Horizontal (SRGI 2013)	12
2. Sistem Proyeksi Peta (UTM, TM-3, dan Proyeksi Khusus Pertanahan) ...	18
3. Datum Tinggi dan Implikasinya terhadap Pengukuran Luas dan Batas ...	23
4. Transformasi Koordinat Antar Sistem Referensi di Indonesia	27

BAB 3: TEKNOLOGI GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS) DALAM SURVEI PERTANAHAN

1. Prinsip Dasar GNSS: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou	36
2. Metode Pengukuran Statik, Kinematik, dan RTK	39
3. Analisis Ketelitian dan Faktor-Faktor Penghambat Sinyal	43
4. Studi Kasus: Penerapan GNSS untuk Sertifikasi Tanah Massal	48

BAB 4: PENGUKURAN TERESTRIS LANJUTAN (TOTAL STATION DAN DIGITAL LEVEL)

1. Kalibrasi dan Reduksi Data Total Station untuk Bidang Tanah	55
2. Metode Poligon Tertutup dan Terbuka dengan Analisis Kesalahan	61
3. Sipat Datar Presisi Tinggi untuk Penentuan Elevasi Bidang Tanah	65
4. Integrasi Data Total Station dengan Sistem Informasi Pertanahan	68

BAB 5: PENGOLAHAN DATA SURVEI DAN ANALISIS KETELITIAN HUKUM

1. Teori Kesalahan: Kesalahan Sistematis, Acak, dan Kasar.....	76
2. Metode Kuadrat Terkecil (Least Square Adjustment)	81
3. Ambang Batas Toleransi Berdasarkan Standar Nasional Indonesia	84
4. Penentuan Luas Bidang Tanah	88

BAB 6: FOTOGRAMETRI UNTUK PEMETAAN KADASTRAL

1. Prinsip Foto Udara dan Satelit Resolusi Tinggi untuk Pertanahan.....	96
2. Ortorektifikasi dan Pembuatan Orthophoto untuk Identifikasi Batas.....	100
3. Interpretasi Batas Fisik dan Batas Hukum dari Citra Digital	106
4. Regulasi Penggunaan Drone dalam Survei Pertanahan	110

BAB 7: LIGHT DETECTION AND RANGING (LiDAR) UNTUK PERTANAHAN 3D

1. Teknologi LiDAR Darat, Udara, dan Mobile Mapping	119
2. Pemodelan Batas Tanah Tiga Dimensi (3D Cadastre)	126
3. Identifikasi Bidang Miring, Terasering, dan Tanah Longsor.....	132
4. Studi Kasus: LiDAR untuk Pengelolaan Tanah	137

BAB 8: SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DALAM ADMINISTRASI PERTANAHAN

1. Desain Basis Data Spasial untuk Bidang Tanah, Hak, dan Zonasi.....	145
2. Analisis Overlay untuk Konflik Tata Ruang dan Pertanahan	150
3. Pemodelan Kesesuaian Lahan dan Nilai Ekonomi Tanah	154
4. SIG Web (WebGIS) untuk Layanan Informasi Tanah Publik.....	158

BAB 9: PENGUKURAN TANAH UNTUK KEPENTINGAN HUKUM DAN SENGKETA BATAS

1. Rekonstruksi Batas Berdasarkan Ukur Ulang dan Dokumen Historis	167
2. Teknik Pengumpulan Bukti Lapangan.....	172
3. Peran Ahli Surveyor dalam Mediasi Sengketa Tanah	177
4. Standar Pembuatan Peta Bukti dan Laporan Teknis Forensik	180

BAB 10: MANAJEMEN PROYEK SURVEI PERTANAHAN BERSKALA BESAR

1. Perencanaan Biaya, SDM, dan Alat untuk Pendaftaran Tanah190
2. Pengendalian Mutu, Data Ukur195
3. Optimalisasi Waktu Survei dengan Teknologi Mobile GIS200
4. Analisis Risiko Hukum dan Teknis dalam Proyek Kadaster Nasional203

BAB 11: KADASTER 3D DAN PENGELOLAAN RUANG BAWAH TANAH & ATAS TANAH

1. Konsep Hak atas Tanah dalam Ruang Vertikal213
2. Pengukuran Batas Volume untuk Infrastruktur Bawah Tanah217
3. Teknologi BIM-GIS untuk Integrasi Bangunan dan Bidang Tanah221
4. Regulasi dan Tantangan Implementasi Kadaster 3D di Indonesia225

BAB 12: SURVEI UNTUK NILAI TANAH DAN PAJAK BUMI DAN BANGUNAN (PBB)

1. Metode Penilaian Massal Berbasis Peta Zona Nilai Tanah237
2. Pengukuran Luas dan Kelas Tanah untuk Dasar Perhitungan PBB241
3. Integrasi Data Survei dengan Sistem Manajemen Informasi Objek244
4. Studi Komparasi: Survei Nilai Tanah di Perkotaan vs Perdesaan249

BAB 13: PENGUKURAN TANAH UNTUK LINGKUNGAN DAN MITIGASI BENCANA

1. Pemetaan Rawan Longsor dan Banjir Berbasis Bidang Tanah261
2. Survei Batas Tanah pada Kawasan Hutan dan Daerah Aliran Sungai265
3. Pemantauan Perubahan Garis Pantai untuk Tanah Wilayah Pesisir270
4. Peran Surveyor dalam Relokasi dan Ganti Rugi Lahan Bencana275

BAB 14: TREN MASA DEPAN DAN INOVASI DALAM ILMU UKUR TANAH

1. Artificial Intelligence (AI) untuk Otomatisasi Deteksi Batas dari Citra282
2. Blockchain Pengamanan Data Ukur dan Sertipikat Tanah Digital287
3. Pengukuran Tanah Real-Time dengan IoT dan Sensor Terintegrasi293
4. Arah Kebijakan Nasional Menuju Kadaster 4.0298