

GEODESI FISIS DALAM OPTIMALISASI PENYEDIAAN
INFORMASI GEOSPASIAL DASAR SEBAGAI REFERENSI
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Geodesi Fisis
pada Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
pada Tanggal 16 Januari 2023
di Yogyakarta

oleh:
Prof. Ir. Leni Sophia Heliani, ST., M.Sc. D.Sc. IPU

Bismillahirrohmanirrohiim.

Yang terhormat,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Gadjah Mada

Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada

Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah Mada

Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada

Para Guru Besar Universitas Gadjah Mada

Ketua Senat, Dekan, para Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Rekan-rekan dosen dan seluruh sivitas akademika Universitas Gadjah Mada

Seluruh tamu undangan, alumni, mitra kerja, mahasiswa yang berbahagia, dan sanak keluarga yang sangat saya cintai.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Salam sejahtera, namo budaya dan salam kebajikan.

Segala puji dan syukur mari bersama-sama kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga hari ini dapat hadir, baik secara luring di Balai Senat UGM maupun secara daring, dalam keadaan sehat walafiat. Sungguh sebuah kehormatan dan kebahagiaan bagi saya, karena sejak tanggal 1 Juni 2023 diberi amanah sebagai Guru Besar Fakultas Teknik dalam bidang Geodesi Fisis dan hari ini ijin saya menyampaikan pidato pengukuhan dengan judul:

**Geodesi Fisis dalam Optimalisasi Penyediaan Informasi Geospasial
Dasar sebagai Referensi Pembangunan Berkelanjutan**

Bapak, Ibu dan Hadirin yang saya hormati,

Geodesi – Geomatika - Geodesi Fisis

Geodesi merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari data dan informasi geospasial, melalui penentuan bentuk dan ukuran bumi, termasuk bidang gayaberat bumi, dalam 3D yang bervariasi seiring waktu, serta aplikasinya dalam menyelesaikan permasalahan hubungan kompleks antara berbagai sub-sistem bumi (litosfer, hidrosfer, atmosfer dan kriosfer serta biosfer) [1]. Penggunaan teknologi geodesi, yaitu survei dan pemetaan telah ada sejak jaman Mesopotamia dengan ditemukan perencanaan bidang tanah pada tablet tanah liat pada 2.300 SM dan jaman Mesir Kuno dengan ditemukan peta rincian kepemilikan tanah sekitar 305-330 SM. Eratosthenes of Alexandria (276 – 195 SM) adalah *The founder of Geodesy* yang menentukan jari-jari bumi, yang nilainya hanya berbeda 7% dari jari-jari rerata bumi saat ini. Selanjutnya Kekaisaran Romawi pada 111 SM telah secara komprehensif menggunakan survei dan pemetaan tanah sebagai alat utama administrasi dan organisasi negara, dalam upaya mengelola kerajaan secara rasional dan pemberian tanah serta ekstraksi pajak dan pendapatan. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komputasi serta kebutuhan para pengampu kepentingan, saat ini Bidang Ilmu Geodesi berkembang terutama aplikasinya dan menjadi Geodesi-Geomatika yaitu pendekatan sistemik, multidisiplin dan terpadu dalam menetapkan instrumen dan teknologi yang tepat untuk melakukan akuisisi, penyimpanan, integrasi, pemodelan, analisis, transformasi, visualisasi dan pendistribusian data geospasial dari berbagai sumber dengan ketelitian dan keberlanjutan sesuai standar. Komponen utama dari bidang ilmu Teknik Geodesi-Geomatika adalah geodesi, *surveying*, kartografi dan sistem informasi geospasial [2] dan [3].

Berdasarkan pada data dan informasi geospasial yang digunakan atau dihasilkan, geodesi dapat diklasifikasikan menjadi geodesi fisis, geodesi geometri, dan geodesi satelit. Bidang ilmu geodesi fisis yang saya tekuni ini merupakan bidang ilmu yang fokus untuk merepresentasikan

bentuk dan ukuran bumi fisis dan variasinya seiring dengan waktu berdasarkan pada data gayaberat/praktisnya gravitasi [4]. Gayaberat secara konseptual dijelaskan melalui Hukum Newton adalah gaya fundamental universal, yang memiliki nilai rerata di permukaan bumi sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$ atau gal (satuan gayaberat), yang diambil dari Galileo Galilei, sebagai penghargaan bagi orang pertama yang melakukan pengukuran gayaberat. Besarnya gayaberat bumi bervariasi, diantaranya karena pemampatan bumi di kutub, maka gayaberat di kutub lebih besar 0,5% daripada gayaberat di ekuator, dan variasi kerapatan massa bumi menyebabkan adanya variasi gayaberat regional. Gayaberat juga berubah seiring waktu karena gerakan massa di dalam bumi. Gerakan massa seuler yang besar dan lambat yang disebabkan oleh fenomena seperti konveksi mantel dan penyesuaian isostatik glasial menghasilkan perubahan gayaberat sampai dengan orde 10^{-9} gal, demikian juga untuk amplitudo variasi musiman yang disebabkan oleh siklus hidrologi bumi bervariasi pada orde 10^{-9} gal, sedangkan efek pasang surut laut berkisar 10^{-7} gal[4].

Bapak-ibu dan hadirin yang saya muliakan

Perkembangan Teknologi Geodesi-Geomatika

Seiring dengan perkembangan yang pesat di bidang teknologi informasi dan komunikasi, Teknologi Geodesi-Geomatik (survey dan pemetaan) juga berkembang sangat pesat. Secara umum teknologi akuisisi data di bidang Geodesi dibagi dalam teknologi terrestrial yaitu pengukuran secara langsung di permukaan bumi dan ekstraterrestrial menggunakan teknologi satelit. Perkembangan teknologi pengukuran terestris saat ini mengarah pada peralatan survei yang lebih ringkas sehingga memudahkan mobilitas dan pengukuran secara digital yang menghasilkan data secara cepat dan jumlah data yang besar [5] dan [6]. Di bidang geodesi fisis, pengukuran gayaberat absolut teliti yang sebelumnya hanya bisa dilakukan secara statik, saat ini terdapat

gravimeter absolut yang memungkinkan pengukuran berpindah seperti gravimeter A-10 [7]. Untuk wilayah yang luas dan kondisi topografi sangat bervariasi, maka digunakan pengukuran gayaberat *airborne* untuk wilayah daratan dan pesisir dan *shipborne* untuk wilayah laut [8].

Teknologi satelit geodesi saat ini berkembang sebagai satu kesatuan terintegrasi dalam *Global Geodetic Observation Satellite* (GGOS) [9]. Secara ekstraterestris, pengukuran gayaberat menggunakan satelit gayaberat diawali dengan satelit Champ (*Challenging Minisatellite Payload*) yang mengorbit dari tahun 2000 sd 2010 [10], kemudian satelit GRACE (*The Gravity Recovery and Climate Experiment*) dari tahun 2002 sd 2017 [11] dan satelit GOCE (*Gravity Field and Ocean Circulation Explorer*) dari tahun 2009 – 2013 [12]. Pada tahun 2018, *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan German Research Centre for Geosciences (GFZ) mengorbit satelit GRACE-Follow On, melanjutkan kesuksesan satelit GRACE dalam menentukan dan memonitor bidang gayaberat dan dinamika iklim bumi [13]. Saat ini tersedia data gayaberat bumi statik dan dinamik runtun waktu dalam periode panjang yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan merepresentasikan berbagai dinamika bumi, baik hidrometeorologi maupun tektonik, seperti fenomena El-Nino dan La-Nina, distribusi dan redistribusi air tanah, arus dan gelombang laut, redistribusi massa karena gempa bumi major, fenomena *post glacial rebound* dan es mencair, yang merupakan informasi yang sangat penting bagi kelangsungan kehidupan manusia di Bumi [14].

Hadirin yang saya hormati,

Geoid sebagai Model Fisis Bumi dan Bidang Referensi Tinggi Ideal

Kita mengetahui bahwa bumi dengan seluruh sub-sistem di dalamnya merupakan suatu sistem yang sangat dinamis. Dinamika bumi permukaan dikontrol oleh adanya variasi penyinaran matahari karena variasi posisi seiring dengan variasi lintang lokasi, sedangkan dinamika

bumi dalam dikontrol oleh arus konveksi yang terjadi di lapisan astenosfer akibat panas pusat bumi. Dinamika bumi permukaan maupun dalam tersebut menyebabkan terjadinya distribusi dan redistribusi massa bumi serta kompleksnya bentuk topografi permukaan bumi. Dalam merepresentasikan bentuk dan ukuran bumi yang kompleks, Geodesi menggunakan pendekatan model bumi berupa ellipsoid sebagai model bumi matematis atau geometrik dan geoid sebagai model bumi fisis [1]. Penentuan geoid merupakan salah satu kajian utama dalam bidang ilmu geodesi fisis selain juga mempelajari dinamika bumi berdasarkan data gayaberat [16].

Geoid sebagai model bumi fisis, didefinisikan sebagai bidang ekipotensial gayaberat yang diasumsikan berimpit dengan muka laut rerata yang tidak terganggu atau muka laut rerata global sebagai pendekatan praktis [16]. Geoid sebagai bidang geopotensial merepresentasikan distribusi massa bumi, sehingga dapat digunakan sebagai bidang referensi tinggi yang ideal dan nyata, yang dapat ditunjukkan dengan arah air mengalir. Hal ini mengingat beda tinggi fisis di permukaan bumi tidak hanya beda tinggi geometrik, tetapi beda potensial gayaberat di mana air mengalir dari potensial rendah ke potensial tinggi [15].

Bidang referensi tinggi konvensional yang umum digunakan adalah permukaan laut rerata, *mean sea level (msl)*. Namun konsistensi dari pendefinisian muka laut rerata sangat tergantung dari ketersediaan dan lama periode pengukuran data muka laut. Periode waktu data muka laut yang berbeda akan menghasilkan muka laut rerata yang tidak pada satu bidang, disebabkan oleh adanya topografi muka laut yang besarnya bervariasi mulai 1 sd 3 m di wilayah pesisir. Selain itu, hasil pendefinisian bidang referensi muka laut rerata harus dibawa atau didistribusikan ke daratan melalui pengukuran sipat datar dalam bentuk Jaring Kontrol Vertikal untuk selanjutnya digunakan sebagai titik ikat dalam penentuan posisi dan pemetaan 3D. Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki

banyak keterbatasan dalam mendefinisikan dan menggunakan sistem referensi tinggi msl ini, diantaranya (a) panjang garis pantai Indonesia mencapai 80.000 km, sedangkan saat ini kita hanya memiliki 265 stasiun pasang surut, sehingga sangat sulit merepresentasikan msl perairan Indonesia dari jumlah stasiun pasang surut yang terbatas; (b) terdapat sekitar 17.024 pulau, sehingga Indonesia tidak dapat mendefinisikan satu bidang msl nasional tunggal, mengingat antar pulau tidak bisa diunifikasi, akibatnya bidang referensi tinggi bersifat lokal per-pulau atau bahkan beberapa bidang referensi tinggi lokal dalam satu pulau.

Geoid sebagai bidang ekipotensial gayaberat tidak hanya memiliki realisasi fisis di permukaan laut, tetapi bersifat konsisten di seluruh permukaan bumi, mengingat geoid melingkupi seluruh permukaan bumi. Oleh karena itu penggunaan geoid sebagai sistem referensi tinggi dapat memastikan konsistensi atau unifikasi bidang referensi tinggi, karena melingkupi seluruh permukaan bumi, dan menyederhanakan dalam penggunaan bidang referensi tinggi, karena tidak perlu lagi untuk membawa nilai tinggi dari msl melalui Jaring Kontrol Vertikal (JKV) sipat datar. JKV sipat datar yang dibuat selanjutnya memiliki fungsi utama untuk validasi ketelitian geoid [17] dan [18].

Pemodelan geoid teliti memerlukan kontribusi seluruh komponen geopotensial, yaitu komponen gelombang panjang yang berasal dari data pengukuran satelit gayaberat, komponen gelombang menengah dari data pengukuran gayaberat terestris dan komponen gelombang pendek dari model terrain digital [19]. Setiap komponen memiliki kontribusi terhadap ketelitian model geoid yang dihasilkan. Menggunakan data simulasi dan mengambil 6 parameter kuantitatif penentuan model geoid lokal dari beberapa negara, diperoleh parameter dominan yang berpengaruh pada ketelitian pemodelan geoid adalah ketelitian data gayaberat (40%), densitas data gayaberat (25%), resolusi *Digital Terrain Model*(DTM) (16%), ketelitian data GNSS/leveling (10%) dan variasi topografi wilayah studi (9%) [20].

Komponen gelombang panjang dari model geopotensial global (MGG), yang merepresentasikan distribusi massa global, merupakan komponen yang paling besar dalam pemodelan geoid. Beberapa penelitian terkait evaluasi variasi *degree* dan *orde* dari MGG terhadap ketelitian geoid menunjukkan hasil bervariasi, tergantung dari distribusi data gayaberat terestris dan topografi wilayah penelitian. Penggunaan *degree* dan *orde* dari MGG perlu disesuaikan dengan kerapatan data gayaberat terestris untuk memastikan informasi detail dari data gayaberat terestris tidak berkurang akibat kontribusi MGG yang terlalu besar [21]-[23]. Variasi topografi dan kerapatan data gayaberat berpengaruh terhadap MGG yang optimal, misalnya menggunakan EGM2008, salah satu MGG yang paling banyak digunakan [24]-[26], dan berdasarkan perbandingan dengan data gayaberat airborne di wilayah Sulawesi, diperoleh yang paling optimal untuk pemodelan geoid adalah *degree* 1440 [27].

Komponen gelombang pendek yang merepresentasikan kontribusi massa lokal terhadap geoid, merupakan komponen geoid yang paling kecil dibandingkan dua komponen lainnya, yaitu sekitar 1 sd 2 m. Namun demikian, komponen ini juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap ketelitian geoid terutama di wilayah dengan variasi topografi yang tinggi. Untuk menghasilkan geoid yang teliti maka perlu ditetapkan resolusi DTM dan metode perhitungan kontribusi topografi terhadap gayaberat dan efek tidak langsung topografi terhadap tinggi geoid yang paling optimal. Oleh karena itu beberapa studi telah dilakukan untuk mengevaluasi variasi resolusi DTM terhadap ketelitian geoid [20], [23], [28]-[31]. Saat ini untuk wilayah Indonesia tersedia SRTM (*shuttle radar topographic mission*) yang merupakan DTM global, DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) dan DTM-RBI (Rupa Bumi Indonesia). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa ketelitian model geoid menggunakan tiga variasi DTM menghasilkan ketelitian yang masih bervariasi, tergantung dari kondisi topografi dan ketersediaan data gayaberat. Wilayah dengan

variasi topografi yang tinggi memerlukan resolusi DTM, metode hitungan efek topografi dan radius integrasi yang lebih detail, karena semua faktor tersebut sangat signifikan merubah ketelitian dari model geoid yang dihasilkan [23] dan [31]. Pemodelan geoid adalah penyelesaian persyaratan nilai batas geodesi (*Geodetic Boundary Value Problem/GBVP*), dengan asumsikan tidak ada massa di atas geoid. Oleh karena itu, massa di atas geoid dikondensasikan dan diperhitungkan sebagai efek topografi terhadap nilai gayaberat dan efek tidak langsung terhadap geoid. Saat ini, dalam perhitungan efek topografi, biasanya masih mengasumsikan densitas massa lokal adalah sama dan menggunakan densitas massa rerata bumi. Namun demikian, dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan densitas massa lokal hasil pengukuran atau dari model densitas global, dapat meningkatkan ketelitian geoid dalam level cm [20].

Data pengukuran gayaberat terestris sebagai komponen gelombang menengah, yang menunjukkan kontribusi masa regional terhadap model geoid, merupakan komponen yang paling signifikan berpengaruh terhadap ketelitian model geoid [31]. Menggunakan data simulasi gayaberat dan DTM, diperoleh efek dari kualitas dan distribusi data gayaberat dapat memberikan staketelitian geoid sampai level cm. Teridentifikasi juga perlunya penambahan kerapatan data gayaberat sebesar 2 km untuk mendapatkan ketelitian geoid sebesar 5 cm [32] dan interval sekitar 0,5 km atau lebih kecil lagi untuk wilayah dengan variasi topografi tinggi untuk mendapatkan ketelitian geoid sampai level sub-cm [33]. Selanjutnya kombinasi berbagai data geopotensial, seperti gangguan gaya berat yang merepresentasikan distribusi massa lokal dengan anomali gayaberat yang merepresentasikan distribusi massa regional, dengan studi kasus Semarang, dapat menghasilkan geoid dengan ketelitian sampai level cm [34].

Saat ini terdapat berbagai metode pemodelan geoid, diantaranya adalah metode Stokes dengan penyelesaian *Remove Compute Restore*

(RCR) [16], metode Stokes dengan modifikasi integrasi [4], metode Hotine dengan penyelesaian RCR [4], Metode Hotine dengan modifikasi integrasi [35], metode perataan Kolokasi [16], dan metode pendekatan Stokes-Helmert [36]

Metode integral Stokes saat ini paling banyak digunakan di Indonesia [19], [24], [25], [27], [37]. Terdapat beberapa permasalahan dan alternatif solusi dari pemodelan geoid dengan metode Stokes, diantaranya: (a) Input data adalah anomali gayaberat di geoid, sehingga data gayaberat ukuran dari topografi perlu direduksi ke geoid menggunakan tinggi ortometrik. Permasalahannya adalah tidak semua pengukuran gayaberat dilengkapi dengan pengukuran tinggi ortometrik, sehingga alternatif solusi adalah dengan (i) konversi data tinggi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) dengan model geoid global atau lokal, atau (ii) interpolasi data peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)/DTM, atau (iii) menggunakan metode Hotine; (b) penyelesaian dengan metode Stokes memerlukan ketersediaan data gayaberat ukuran yang melingkupi seluruh permukaan bumi, namun pada kenyataannya data gayaberat ukuran hanya tersedia di wilayah studi. Alternatif solusi adalah menggunakan (i) metode RCR atau (ii) modifikasi integral Stokes atau (iii) modifikasi Stokes-Helmert.

Saat ini penentuan posisi menggunakan GNSS semakin banyak digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk untuk penentuan posisi survei gayaberat, sehingga dihasilkan nilai gayaberat ukuran dan posisi dengan tinggi geometrik di atas ellipsoid. Kondisi ini mendorong pemodelan geoid menggunakan metode Hotine semakin banyak dilakukan [26], [38]-[40]. Input data yang digunakan pada metode ini adalah gangguan gayaberat, yaitu perbedaan nilai gayaberat ukuran dengan gayaberat normal di titik pengukuran [16]. Namun demikian, terdapat juga beberapa permasalahan dalam penggunaan metode Hotine, yaitu (a) mensyaratkan ketersediaan data gayaberat pengukuran yang harus melingkupi seluruh permukaan bumi, oleh karena itu alternatif

solusinya adalah (i) penyelesaian menggunakan RCR atau (ii) menggunakan metode modifikasi formula Hotine; (b) hasil yang didapatkan adalah quasi-geoid bukan geoid, untuk Indonesia yang menggunakan sistem tinggi ortometrik maka perlu dihitung besarnya perbedaan antara quasi-geoid ke geoid [41]

Bapak dan ibu, serta hadirin yang saya hormati,

Sistem Referensi Geodesi Indonesia 2013 (SRGI2013) dan Geoid Indonesia

Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, menyatakan bahwa penyelenggaraan data geospasial memerlukan sistem referensi geospasial yang berfungsi sebagai acuan dalam penentuan posisi atau letak titik-titik yang dipetakan. Mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 15 Tahun 2013, telah ditetapkan SRGI2013 sebagai sistem referensi geodesi nasional, yang terdiri dari sistem referensi dan kerangka referensi horizontal, vertikal dan gayaberat. Pasal 10 Peraturan Kepala BIG tentang SRGI2013 menyebutkan bahwa sistem referensi geospasial vertikal nasional yaitu geoid.

Mengingat arti penting geoid, studi geoid nasional Indonesia telah lama dilakukan, diantaranya J. Kahar [42] menggunakan metode Stokes dan diperoleh ketelitian geoid 1,6 m, selanjutnya Heliani [19] menggunakan metode Stokes dengan penyelesaian FFT dan kolokasi memperoleh ketelitian geoid 1,2 m. Kasenda [43] mulai menggunakan data gayaberat airborne dan melakukan beberapa pengujian di wilayah Irian Jaya. Permasalahan utama dalam pemodelan geoid Indonesia adalah ketersediaan data gayaberat ukuran, penyelesaian sementara yang dilakukan diantaranya dengan melakukan simulasi data gayaberat menggunakan data gayaberat global (MGG) dan DTM [31]. Penyelesaian secara sistematik dilakukan melalui pengukuran gayaberat *airborne* yang dimulai sejak tahun 2008 sampai dengan 2011 atas kerjasama BIG dengan *Denmark Technical University* (DTU), yaitu, pada tahun 2018 di Sulawesi [25], tahun 2010 di Kalimantan, dan tahun 2011 di Irian [43].

Pengukuran gayaberat *airborne* dilanjutkan kembali pada tahun 2018 sampai 2019 bekerjasama dengan *National Chiao Tung University of Taiwan*, yaitu pada tahun 2018 di Sumatera [37] dan tahun 2019 di Pulau Jawa, Nusa Tenggara dan Maluku [44] serta tahun 2022 dilakukan pengukuran ulang untuk Kalimantan (BIG, 2023).

Berdasarkan data pengukuran gayaberat *airborne dan DTU* sebagai komponen gelombang menengah, EGM2008 sampai *degree* 360 sebagai komponen gelombang panjang dan SRTM15plus sebagai komponen gelombang pendek, telah didefinisikan geoid nasional Indonesia pada tahun 2020, yaitu InaGeoid2020, selanjutnya diperbaharui menjadi InaGeoid2020v2.0 yang memiliki ketelitian berkisar antara 5 sd 22,5 cm, dengan ketelitian tertinggi di wilayah Pulau Jawa dan terendah di Pulau Sulawesi [24]. Selanjutnya Keputusan Kepala BIG Nomor 81 Tahun 2020 menetapkan INAGEOID2020 sebagai model geoid nasional. Berdasarkan ketelitiannya, InaGeoid2020v2.0 baru dapat dijadikan sebagai referensi tinggi untuk peta skala 1:5000, sedangkan mengacu pada Peraturan BIG No. 1/2020 tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar, mencakup juga skala 1:1.000 dan 1:2.500. Untuk keperluan pemetaan skala besar tersebut, maka diperlukan geoid nasional dengan ketelitian sekitar 5 cm di seluruh wilayah Indonesia.

Dalam mendefinisikan geoid nasional, terdapat beberapa hal terkait kondisi Indonesia yang perlu diperhatikan, yaitu: (a) Indonesia sebagai negara kepulauan dengan 17.024 pulau besar dan kecil, (b) membentang dari barat ke timur dengan jangkauan tinggi geoid yang sangat lebar antar -90m di Indonesia Bagian Barat dan 100 m di Indonesia Bagian Timur (c) terletak pada zona tektonik aktif, pertumbukan antar 4 lempeng utama dunia yaitu Eurasia, Hindia-Australia, Pasifik dan Filipina, menyebabkan (i) struktur topografi permukaan bumi yang sangat bervariasi, (ii) sering terjadi bencana tektonik yang menyebabkan redistribusi massa sehingga dapat membuat

data gayaberat dan GNSS-leveling menjadi tidak valid. Dengan berbagai kondisi Indonesia tersebut dan kebutuhan geoid sebagai referensi pemetaan skala besar maka diperlukan model geoid nasional Indonesia yang *seamless*, memiliki ketelitian tinggi (≤ 5 cm) dan konsisten di semua wilayah Indonesia.

Model geoid *seamless* di negara kepulauan memerlukan data terintegrasi dan kontinyu terutama di wilayah pesisir. Saat ini pengukuran gayaberat *airborne* dirasa merupakan metode yang paling tepat, mengingat kemampuannya untuk melakukan pengukuran kontinyu di pesisir dari darat ke laut. Namun demikian, diperlukan juga data pengukuran wilayah laut menggunakan gayaberat *shipborne*, terutama untuk kebutuhan validasi data global atau gayaberat laut dari data satelit altimetri, mengingat wilayah laut kita yang sangat luas. Geoid *seamless* yang dimaksud adalah konsisten antara darat dan laut sehingga dapat digunakan sebagai referensi tinggi pada survei atau pemetaan di darat dan referensi kedalaman pada survei atau pemetaan di laut.

Berdasarkan pada enam parameter utama yang berkontribusi terhadap ketelitian geoid [20], maka pengembangan model geoid nasional Indonesia dengan target ketelitian ≤ 5 cm memerlukan (a) ketelitian, dan kekinian dari semua data input (gayaberat *airborne*, gayaberat laut, MGG dan DTM, serta *GNSS/Levelling*), terkait dengan kondisi Indonesia yang dinamis, maka perlu dilakukan pengkinian data secara periodik atau menyesuaikan besarnya geodinamika yang terjadi; (b) peningkatan kerapatan data gayaberat *airborne* paling tidak sampai interval 5 km; (c) peningkatan validitas dan resolusi dari DEMNAS sebagai komponen gelombang pendek untuk dapat merepresentasikan kondisi topografi Indonesia yang sangat bervariasi; (d) peningkatan validitas, kekinian dan konsistensi data *GNSS/levelling* sebagai data kontrol ketelitian geoid gravimetrik, dengan kondisi Indonesia yang sangat dinamik maka secara periodik data *GNSS/levelling* perlu dilakukan pengukuran ulang dan sebagai negara kepulauan perlu dipastikan data *levelling* mengacu pada

bidang referensi tinggi yang unik dan konsisten satu dengan lainnya; (e) kondisi topografi yang sangat bervariasi memerlukan resolusi DTM yang tinggi, metode hitungan koreksi medan dan efek tidak langsung baik di wilayah darat maupun laut yang optimal, serta mengakomodasi variasi densitas diantaranya bisa menggunakan model densitas massa global.

Dinamika Fisis Wilayah Indonesia

Posisi Indonesia yang berada di antara dua Samudra dan pertemuan empat lempeng tektonik utama, menyebabkan wilayah Indonesia sangat aktif secara hidrometeorologi dan tektonik. Saat ini berkembang aplikasi geodesi untuk *geohazard*, diantaranya *Earthquake Geodesy* [45], *Volcanic Geodesy*[46] dan *Space Geodetic Meteorology and Environment*[47]. Aplikasi GNSS dalam tiga bidang tersebut telah banyak dilakukan terutama dalam memberi gambaran deformasi permukaan. Bidang geodesi fisis, berdasarkan nilai statik dan dinamik atau gradien gayaberat dapat memberikan gambaran struktur bawah permukaan, sehingga studi geodinamika menjadi lebih komprehensif. Data gayaberat *airborne* maupun MGG dapat mengidentifikasi struktur bawah permukaan seperti struktur sesar yang dapat melengkapi peta sesar yang sudah ada, seperti struktur sesar regional di Sulawesi [48] dan di Sumatra [49] dan dengan kombinasi MGG dan data seismik dapat mendelineasi struktur sesar yang belum terdefinisi, yang diprediksi sebagai penyebab terjadinya gempa Pasaman tahun 2022 [50].

Saat ini, fenomena perubahan iklim sangat nyata dan dapat dirasakan dampaknya dalam kehidupan kita, diantaranya kondisi lautan dan cuaca yang semakin tidak menentu, bencana hidrometeorologi yang semakin sering terjadi, dan hama penyakit tanaman yang semakin banyak yang mengancam ketahanan pangan kita. Perlu dilakukan banyak kajian sebagai dasar mitigasi dampak perubahan iklim, salah satunya kajian terkait ketersediaan air tanah yang sangat krusial untuk manusia. Menggunakan gradien perubahan nilai gayaberat runtun waktu dari data

satelit gayaberat GRACE dan COGE dan divalidasi dengan data pergerakan vertikal dan strain dari data GNSS dan data curah hujan dapat diketahui spatiotemporal perubahan simpanan air tanah musiman dan juga korelasi spasial antara perubahan air permukaan dari data satelit GRACE dengan laju regangan dilatasi dari data GNSS, studi kasus di Kalimantan[51]. Hasil tersebut dapat digunakan untuk dasar pengelolaan air tanah, pertanian dan pelestarian lingkungan.

Bapak, Ibu dan Hadirin yang dimulyakan

Peran Geodesi Fisis dalam Pembangunan Berkelanjutan

Dalam rangka memastikan pembangunan terintegrasi dan berkelanjutan, Pemerintah telah menetapkan *One Map Policy* sebagai dasar pembangunan berkelanjutan. Dengan kebijakan ini, semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan dan pengembangan pembangunan harus mengacu pada satu data geospasial bersama, yang memakai satu referensi, satu standar, satu basis data, dan satu geoportal, sehingga bisa konsisten, *unity* dan terintegrasi. Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta sangat bermanfaat dalam perencanaan ruang skala luas, percepatan penyelesaian konflik tumpang tindih pemanfaatan lahan, serta percepatan pelaksanaan program-program pembangunan infrastruktur dan kawasan.

Kebutuhan data dan informasi geospasial akan senantiasa terus bertambah seiring semakin pesatnya pembangunan dan perkembangan teknologi komunikasi dan informasi. Variasi metode akuisisi dan visualisasi data dan informasi geospasial juga meningkat seiring dengan semakin bervariasi dan kompleksnya keperluan dan persyaratan dari para pengampu kepentingan seperti pemerintah, swasta maupun masyarakat. Saat ini data dan informasi geospasial telah menjadi dasar atas perencanaan, pelaksanaan pembangunan, manajemen sumberdaya, penanggulangan bencana dan lainnya. Pengelolaan lingkungan hidup tidak bisa terpisahkan dari perencanaan pembangunan yang berwawasan

lingkungan. Sesuai dengan amanat UU No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja, perencanaan pembangunan perlu menerapkan perencanaan yang Holistik-Integratif, Tematik dan Spasial (H-I-T-S). Informasi spasial memiliki peranan sangat penting karena pada akhirnya semua dokumen perencanaan akan menempati ruang. Data spasial tidak hanya memvisualisasikan berbagai informasi, tetapi juga menjadi tulang punggung untuk dapat menerapkan berbagai konsep secara Holistik, Integratif, dan Tematik. Data dan informasi tinggi merupakan komponen data spasial, yang semakin penting perannya, diantaranya dalam pengembangan kadastral 3D, model kota 3D, perencanaan dan pembangunan dan monitoring infratraktur dan Kawasan, serta model geodinamika 3D.

Saat ini dalam penyediaan data dan informasi geospasial, satelit GNSS merupakan teknologi utama yang digunakan dan menjadi dasar penentuan posisi 3D untuk semua teknologi satelit geodesi dan kerangka referensi 3D untuk semua teknologi pengukuran terestris. Menggunakan teknologi GNSS, penentuan posisi 2D-horizontal telah dapat dilakukan dengan sangat akurat dan nyata di permukaan bumi. Namun tidak demikian dengan penentuan posisi 1D-Vertikal, dimana tinggi yang dihasilkan dari pengukuran GNSS adalah tinggi geometrik di atas ellipsoid yang tidak memiliki arti fisis di permukaan bumi. Tinggi nyata di permukaan bumi adalah tinggi ortometrik, yang diperoleh dari hasil pengukuran sipat datar, yang tidak banyak dilakukan lagi, mengingat kompleksitas yang tinggi dan produktivitas yang rendah dari pengukuran. Saat ini, semua mengharapkan dan melakukan pengukuran tinggi menggunakan GNSS, dikenal dengan *GNSS heighting*, mengingat kepraktisan dan produktivitas yang tinggi dari pengukurannya. Oleh karena itu perlu dilakukan konversi dari tinggi GNSS menjadi tinggi ortometrik melalui hubungan linier antar sistem tinggi dan itu memerlukan geoid teliti.

Dengan mendefinisikan geoid nasional teliti maka banyak permasalahan konseptual dan praktis lapangan yang bisa diselesaikan yang sekaligus mengoptimalkan dan me-unifikasi atau mengkonsistenkan semua hasil pengukuran 3D dari berbagai metode pengukuran baik terestris maupun ekstraterestris. Dengan mendefinisikan geoid *seamless* antara darat dan laut, maka pekerjaan survei dan pemetaan serta pembangunan di wilayah pesisir yang sangat dinamik bisa terintegrasi antara darat dan laut karena menggunakan bidang referensi 3D yaitu bidang referensi horizontal dan tinggi yang konsisten. Saat ini dikenal dengan konsep modernisasi referensi tinggi dan kedalaman, yang terintegrasi dengan cara mendefinisikan posisi relatif antara elipsoid, geoid dan *chartdatum*, yang selanjutnya dapat dihubungkan dengan sistem referensi internasional, *International Height Reference System-Frame (IHRS-IHRF)* [52].

Bapak, ibu dan hadirin yang mulia

Penutup dan Ucapan Terima Kasih

Sebagai bagian akhir dari pidato ini, dapat disampaikan bahwa pembangunan yang berkelanjutan memerlukan data dan informasi geospasial salah satunya adalah data dan informasi tinggi yang valid, akurat, konsisten, dan terintegrasi yang bisa direalisasikan dengan mengacu pada geoid yang akurat, seamless, dan konsisten di seluruh wilayah Indonesia. Dengan berbagai tantangan dari kondisi geografis, geologis, luas wilayah, ketersediaan, pengadaan dan pengelolaan serta pengembangan metode-teknologi pendefinisian geoid, maka diperlukan inovasi, integrasi dan kolaborasi dari semua pengampu kepentingan, dalam mengembangkan geoid Indonesia yang teliti, *seamless*, konsisten, dan terkini sesuai kondisi geodinamika Indonesia serta mengimplementasikannya sebagai sistem dan kerangka referensi vertikal survei dan pemetaan nasional. Ilmu geodesi fisis sebagai bidang pokok

keilmuannya perlu senantiasa dikuatkan dan dikembangkan dalam bidang Teknik Geodesi-Geomatika.

Bapak, ibu dan hadirin yang saya hormati,

Capaian Guru Besar di Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik pada dasarnya adalah ketentuan Allah SWT dan atas dukungan dan pertolongan berbagai pihak yang sangat baik dan mulia. Oleh karena itu dengan senantiasa memanjatkan syukur kepada Allah SWT, pada kesempatan yang sangat baik ini, ijin saya menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Rektor dan jajarannya, Pimpinan dan Anggota Senat Akademik, Pimpinan dan Anggota Dewan Guru Besar yang telah menyetujui dan mengusulkan jabatan tersebut.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Dekan dan Pengurus Fakultas Teknik, Ketua dan Anggota Senat Fakultas Teknik, Tim Penilai Kenaikan Jabatan Guru besar Fakultas Teknik, ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Geodesi yang telah mengijinkan, memproses dan menyampaikan usulan kenaikan pangkat dan jabatan saya.

Hadirin yang saya hormati

Banyak orang-orang baik dan mulia yang secara langsung maupun tidak langsung berperan sangat besar dalam membentuk profil akademik saya. Ijinkan saya untuk menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya, kepada Ketua Prof. Ir. Sudaryono, M.Eng., Ph.D., IPU dan Anggota Senat FT yang telah dengan penuh kesabaran memberikan ruang untuk belajar tentang kebijakan dan kedetilan serta interaksi yang luas dan kolegial dalam berorganisasi. Kepada para dosen di Departemen Teknik Geodesi yang telah memberikan kesempatan untuk bersama-sama membangun pemahaman dan keterampilan serta nama baik Teknik Geodesi UGM. kepada Almarhum Bapak Ir Soegiharto yang telah mendorong dan memfasilitasi saya untuk menjadi seorang pengajar,

Alm Bapak Ir. Priyono dan Bapak Ir Soeprapto atas suri tauladannya. Bapak Dr. Ir. Soemaryo, M.Si yang telah mengarahkan saya untuk menekuni bidang geodesi fisis dan memberikan kesempatan yang luas untuk saya dapat berkiperah di berbagai bidang sambil saya menyelesaikan tugas keluarga. Bapak Dr. Ir. Priyono Nugroho, pembimbing akademik yang dengan kesabarannya senantiasa memberi semangat untuk saya menjadi pribadi yang lebih baik. Prof. Dr. Catur Sugiarto sebagai DPL KKN, terima kasih saya mendapat nilai ‘A’ sehingga sekarang saya mengikuti jejak sebagai DPL-KKN PPM. Saya mendapat anugerah luar biasa dengan mendapatkan bimbingan dari Bapak Ir. Soetaat M.Sc dan Bapak Dr. Ir Sobar Sutisna dalam mengerjakan skripsi, dimana dari beliau berdua saya mendapatkan banyak bimbingan untuk dapat memahami konsep dasar geodesi dan juga tauladan dalam ketelitian dan semangat belajar tiada henti untuk bisa lebih baik dan bermakna. Prof. Shuzo Takemoto dan Prof Yoichi Fukuda, pembimbing saya di Kyoto University, tauladan terbaik sebagai pembimbing yang telah membuat kehidupan sebagai *gakusei* di *Kyoto university* tidak terlupakan, yang dengan sabar membimbing saya dalam penelitian dan membangun kemampuan akademik serta menumbuhkan kepercayaan diri sebagai pengajar dan peneliti. Sensei berdua akan senantiasa menjadi sensei dalam setiap tahapan kehidupan saya selamanya. Ucapan terima kasih saya haturkan khusus kepada Prof. Ir. Sudaryono, M.Eng., Ph.D., IPU dan Prof. Ir. Trias Aditya Kurniawan M, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU atas review dan masukan-masukan yang berharga dalam penyusunan naskah pidato ini. Kepada Prof. Ir. Radianta Triatmadja, Ph.D dan Prof. Ir. Sunarno, M.Eng., Ph.D., IPU., terima kasih atas semua dorongannya untuk melakukan proses pengajuan Guru Besar.

Terima kasih kepada bapak-Ibu senior dosen di Departemen Teknik Geodesi. Bapak Ir. Djawahir M.Sc. bapak kami di Lab Geodesi yang telah memberikan teladan untuk melaksanakan semua tugas dengan ikhlas dan penuh syukur. Terima kasih kepada teman angkatan Pak Diyono

dan bu Yeni atas kebersamaan selama 35 tahun. Terima kasih kepada Bapak Ir Parseno MT dan Alm. Dr. Ir. T Aris Sunantyo, dengan arahan Bapak Dr Soemaryo, telah bersama-sama mengembangkan bidang Geodesi Fisis di Departemen Teknik Geodesi UGM. Terima kasih kepada para senior Ir Djurjani, Alm Bapak Ir. Basuki, Ir Gondang Ryadi MT, Ir Waljiyanto M.Sc, Dr Istarno atas semua bantuan dan dorongannya. Terima kasih disampaikan kepada para unior yang sangat hebat, Prof. Trias, Bli Andi, Pak Purnama, Bu Dwi, Bu Yuli, Pak Basith, Pak Heri, Pak Catur, Pak Harin, Om BKC, mas Ruli, mas Cecep, mas Dedi, Mba Ulin, mba Icha, mba Febi dan Mba Ressay, sangat bangga bersama dengan para senior di Departemen. Kepada para tenaga kependidikan, di koordinir pak Supto dan pak Sigit, yang banyak membantu dalam berbagai keperluan dan menjadikan Departemen menjadi sangat menyenangkan. Terima kasih untuk para mahasiswa bimbingan atas semangat dan kebersamaannya menyelesaikan *deadline* dan kepada para alumni atas semua bantuan yang melancarkan kegiatan tridarma kami. Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada para guru-guru di beberapa SD sampai SD Center Ciater-Subang, SMPN Jalan Cagak dan SMPN IV Bandung, serta SMAN VII Bandung yang telah membangun dasar-dasar pembelajaran dan pengetahuan saya.

Terima kasih saya ucapkan kepada BIG atas semua kesempatan juga sharing datanya, dan teman-teman seperjuangan Kelompok Studi Geoid Nasional: Pak Gatot, Pak Piping, mba Dina, Kang Dudenx, Mba Ira, Mba Levi dan team, bu Vera dan Kang Brian atas saling berbagi ilmu dan kekompakanannya untuk tetap di jalan geoid. Terima kasih kepada Teman-teman EAC-IABEE yang telah bersama sejak 2014, yang telah mengizinkan saya untuk belajar lebih jauh tentang sistem dan dinamika penjaminan mutu PT, Bersama juga menjadi tahu sisi lain dari para engineer dengan kreativitas dan inovasinya yang tiada henti dalam memformulasikan dan menyelesaikan *complex engineering problems*. Terima kasih kepada Alm Prof. Kirbani yang telah memberikan tauladan

untuk bekerja keras dan ikhlas di bidang penjaminan mutu perguruan tinggi. Terima kasih juga kepada Tim Penjaminan mutu UGM dengan komandannya Prof Indra, atas pengalaman yang sangat mendalam, sehingga tetap dapat bermanfaat, meski lingkup pekerjaan saat ini sudah berbeda. Terima kasih atas kebersamaan untuk Tim Akreditasi Belmawa, Oma, Pak Pepen, Pak Sony, Pak BM dan Pak Ilya, mba Rusty dan Tim di bawah pimpinan Prof. Dr. Ir Sri Suning Kusumawardani, ST, MT. atas kesempatan diskusi berbagai sistem penjaminan mutu baik internal dan eksternal. Terima kasih Tim Gugus Tugas Garam Nasional UGM di bawah koordinasi Prof. Alim, dengan Tim nya yang solid Prof. Sarto, Mba Meyka, pak Suwarman, Pak Latif, Pak Wahyu, Prof. Abdul Rohman, Pak Nurul, Alm Pak Riza, Pak Bagyo, Pak Gesang, Pak Derajat, dan mba Bintang. Terima kasih kepada teman-teman Geodesita, group bukan wanita biasa, oase untuk berkiprah dan berbagi.

Izinkan saya mempersembahkan capaian guru besar ini untuk orang tua saya, Alm Bp H. Iri Sukmana dan Ibu Hj Yati Suryati atas kasih sayangnya. Alm Bapak telah memberikan suri tauladan dalam bekerja keras dan bermanfaat untuk sekitarnya, dan Emak atas doa-doa yang senantiasa mengalir sepanjang masa dan puasa-puasa sunnahnya yang senantiasa menemani setiap tahapan kehidupan kami anak-anak. Demikian juga kepada bapak Mertua Alm. Soeripto Banadi terima kasih meski kita belum sempat bertemu, dan Alm Ibu Harsoendari yang senantiasa memberikan doa-doa terbaiknya untuk kami sekeluarga. Ya Allah ya Rabbi sayangilah kedua orang tua kami, seperti mereka senantiasa menyayangi kami sepanjang masa. Untuk kakak dan adik, Wa Damat-Wa Usi dan Pakde Sasi-Budhe Ning terima kasih atas semua bantuannya selama ini sehingga kami sekeluarga dapat melakukan banyak hal. Ateu Popi-om Iwan sekeluarga terima kasih sudah menjadi lingkaran pendukung kami yang luar biasa, semoga anak-anak semakin sholeh dan sukses. Pakde Oyo dan Budhe Eny sekeluarga terima kasih atas doa dan dukungannya kepada kami sekeluarga.

Kepada suami tercinta, Drs Danardono, MPH., Ph.D, *sandaran terkuat*, terima kasih atas semua kasih sayang, pengertian, kesempatan dan dukungannya. Untuk Mas Fiyan *sang sahabat* terdekat, Teh Lila *sang terkasih* dan De Acha *sang inspirator suci*, kalianlah anugrah dan amanah terbaik dan terindah untuk Papah-Mamah dari Allah SWT. Terima kasih untuk selalu berusaha menjadi anak-anak yang sholeh dan sholehah. Semoga Allah SWT selalu memberikan limpahan rahmat, berkah, Kesehatan, keselamatan, kebahagiaan dan lindungan-Nya kepada keluarga kita.

Demikian pidato pengukuhan guru besar saya, atas nama pribadi dan keluarga, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas keiklasan dan kesabaran bapak dan ibu dalam mendengarkan pidato ini, baik yang berada di Balai Senat UGM, atau mengikuti secara daring di manapun berada. Mohon doa dan dukungannya agar saya dapat mengemban amanah jabatan guru besar dengan baik dan berkah. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat, petunjuk dan kekuatannya kepada Kita.

Aamiin ya Rabbal'aalamiin

Wassalaamu'alaikum warrahmatullaahi wabarakaatuh.

DAFTAR PUSTAKA



BIODATA



Nama : Prof. Ir. Leni Sophia Heliani,
ST.M.Sc. D.Sc. IPU
Tempat, : Garut, 8 April 1970
Tgl Lahir
NIP : 197004081994122001
Pangkat : Pembina Tingkat 1
Golongan : IVb
Jabatan : Guru Besar

Unit Kerja : Fakultas Teknik, Departemen Teknik Geodesi
Alamat Kantor : Departemen Teknik Geodesi, FT UGM, Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281
Alamat Rumah : Gg Murai 145, Pasekan Rt19/RW 40 Maguwoharjo, Depok Sleman
Keluarga : Drs Danardono, M.Ph, Ph.D. (suami)
Hafiyyan Kisaragi Pratama (anak)
Kalila Sveriya Ditami (anak)
Khalisa Shaumiya Triastami (anak)

Riwayat Pendidikan

1976 – 1982 SD Cisarua - SDN Talun Pengalengan, SDN Jagar Naek - SDN Center Ciater-Subang
1982 – 1985 SMP Negeri Jalan Cagak Subang - SMP Negeri 4 Bandung
1985 – 1988 SMA Negeri 7 Bandung
1988 – 1993 S1 Jurusan Teknik Geodesi, FT UGM (ST.)
1994 – 1996 S2 Graduate School of Earth Science (M.Sc.)
1998 – 2002 S3 Graduate School of Earth Science (D.Sc.)

Pendidikan Profesi

- 2020 : Insinyur (Ir), Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI),
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- 2021 : Insinyur Profesional Utama (IPU), Persatuan Insinyur Indonesia

Pekerjaan, Pengalaman Kerja:

- 1994-sekarang : Dosen, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- 2021-sekarang : Sekretaris Senat Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- 2021-2023 : Senat Akademik Universitas Gadjah Mada
- 2019-2021 : Kepala Pusat Studi Sumberdaya dan Teknologi Kelautan, Universitas Gadjah Mada
- 2014-2019 : Kepala Bagian Penjaminan Mutu Pendidikan, Kantor Jaminan Mutu, Universitas Gadjah Mada
- 2012-2014 : Sekretaris Kantor Jaminan Mutu, Universitas Gadjah Mada
- 2010-2012 : Koordinator Sistem Penjaminan Mutu Internal, Kantor Jaminan Mutu, Universitas Gadjah Mada
- 2008-2010 : Tim Penjaminan Mutu, Kantor Jaminan Mutu, Universitas Gadjah Mada
- 2006-2009 : Kepala laboratorium Hidrografi, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- 2006-2008 : Ketua Program Magister Program Studi Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Penghargaan

- Satyalancana Karya Satya X dari Presiden RI 2010
- Satyalancana Karya Satya XX dari Presiden RI 2015

- Piagam Penghargaan Kesetiaan 25 Tahun UGM dari Rektor UGM 2020

Anggota Profesi

2023 – International Association of Geodesy (IAG) SC 2.1
2022 – Evaluator ASIIN Accreditation
2022 – Asesor LAM-Teknik
2020 – Persatuan Insinyur Indonesia (PII)
2020 – Komite Gayaberat Indonesia
2017 – Evaluator IABEE
2010 – Asesor AUN-QA
2008 – Ikatan Surveyor Indonesia

Publikasi Terpilih dalam 5 Tahun Terakhir (2019-2023)

1. Google Scholar : 0JvcXp4AAAAJ
2. Scopus ID : 8575162400
3. OrcID : 0000-0002-4242-2936
4. WoS ID : ADH-5167-2022
5. SINTA ID : 5985661
6. GARUDA ID : 1067296

