

**PENGINDERAAN JAUH:  
POSISI, PARADIGMA, DAN PEMODELANNYA  
DALAM KAJIAN EKOLOGI BENTANGLAHAN**



**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam Penginderaan Jauh untuk Ekologi Bentanglahan  
pada Fakultas Geografi  
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar  
Universitas Gadjah Mada  
pada 13 Februari 2024**

**oleh:  
Prof. Drs. Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D.**



*Yang terhormat,*

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

*Rektor, beserta para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada*

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah  
Mada*

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah  
Mada*

*Dekan Fakultas Geografi UGM beserta para Wakil Dekan,*

*Para Guru Besar Fakultas Geografi,*

*Para Guru Besar, Dosen dan tamu undangan lain yang berbahagia,*

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua. Pertama-tama marilah kita panjatkan syukur pada Tuhan Yang Maha Pengasih, atas perkenanNya kita dapat berkumpul di forum yang terhormat ini untuk memenuhi amanat dari Universitas, yaitu melaksanakan kegiatan akademik berupa pidato pengukuhan guru besar bagi saya. Ijinkan saya menyampaikan pidato tentang penginderaan jauh, bidang ilmu yang telah saya geluti selama 40 tahun. Judul yang saya pilih dalam pidato ini adalah:

## **PENGINDERAAN JAUH: POSISI, PARADIGMA DAN PEMODELANNYA UNTUK EKOLOGI BENTANGLAHAN**

### **Ekologi Bentanglahan dan Geografi**

*Hadirin yang saya hormati,*

Ekologi bentanglahan dalam perspektif penginderaan jauh saya angkat sebagai topik pidato pengukuhan ini atas dasar dua alasan. Pertama, kajian ekologi bentanglahan pada dasarnya banyak berimpit dengan kajian geografi, di mana interaksi organisme (terutama manusia) dengan lingkungan menjadi fokus utama. Hadisumarno dan Bintarto (1979) menegaskan bahwa geografi merupakan ilmu yang berorientasi pada masalah dalam kerangka interaksi manusia dengan lingkungannya. Kedua, penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) saat ini merupakan alat analisis utama dalam kajian ekologi bentanglahan secara

spasial pada berbagai skala (Yang *et al.*, 2019; Cavender-Bares *et al.*, 2022, Danoedoro *et al.*, 2023).

Ekologi bentanglahan adalah bidang multidisiplin yang berfokus pada struktur, pola spasial dan proses ekologi yang terjadi di seluruh bentanglahan (Forman, 1995; Turner dan Gardner, 2015). Ruang lingkup bidang ini luas dan mencakup berbagai aspek ekologi, geografi, dan ilmu lingkungan. Beberapa aspek kunci dari ruang lingkup ekologi bentanglahan antara lain adalah pola spasial, pola ekologis, ketergantungan skala, interaksi manusia dengan lingkungan, konservasi biodiversitas, jasa ekosistem, perencanaan dan manajemen penggunaan lahan, serta perubahan iklim dan adaptasinya (Zonneveld, 1972; Forman, 1995; Wu, 2013; Turner dan Gardner, 2015). Kalau kita cermati, maka aspek-aspek tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga fokus kajian yang berkaitan dengan analisis utama dalam geografi, yaitu analisis keruangan, analisis ekologis, dan analisis kompleks kewilayahan.

Kajian aspek spasial difokuskan pada pola spasial dan ketergantungan skala, sementara kajian aspek ekologis, meliputi proses ekologis, interaksi manusia-lingkungan, konservasi keanekaragaman hayati, jasa ekosistem, serta perubahan iklim dan adaptasinya. Di sisi lain, kajian aspek kompleks wilayah dalam konteks ekologi bentanglahan meliputi perencanaan dan manajemen penggunaan lahan.

Dalam aspek pola spasial, ekologi bentanglahan mempelajari tatanan spasial berbagai ekosistem, tipe penutup lahan, dan fitur dalam suatu area tertentu. Analisis pola spasial antara lain digunakan pada kajian fragmentasi, konektivitas, dan distribusi habitat. Aspek proses ekologis meliputi eksplorasi interaksi dan dinamika proses ekologi yang terjadi pada skala spasial yang berbeda, dan hal ini erat kaitannya dengan fenomena khas geografi, yaitu *modifiable areal unit problem* (MAUP) (Openshaw dan Taylor, 1979; Danoedoro *et al.*, 2010). Eksplorasi yang dilakukan termasuk pergerakan organisme, siklus nutrisi, aliran energi, dan fenomena ekologis lainnya. Untuk aspek ketergantungan skala, ekologi bentanglahan menekankan pentingnya skala dalam studi ekologi. Pendekatan ini mempertimbangkan pola dan proses ekologi pada berbagai skala, mulai dari *patch* hingga keseluruhan bentanglahan, dengan menyadari bahwa fenomena yang diamati mungkin menunjukkan

pola dan proses berbeda pada skala berbeda, yang juga sangat erat kaitannya dengan MAUP.

Kemudian untuk aspek interaksi manusia-lingkungan, ekologi bentanglahan sangat memperhatikan dampak aktivitas manusia terhadap bentanglahan, misalnya bagaimana aktivitas manusia seperti urbanisasi, pertanian, dan ekstraksi sumber daya mempengaruhi pola dan proses ekologis. Selanjutnya, konservasi keanekaragaman hayati memberi perhatian pada distribusi spasial habitat dan konektivitas di antara keduanya. Ekologi bentanglahan memberikan wawasan tentang bagaimana struktur bentanglahan mempengaruhi distribusi spesies, migrasi, dan kelangsungan hidup mereka. Sementara itu, jasa ekosistem mengeksplorasi hubungan antara struktur bentanglahan dan penyediaan jasa ekosistem, seperti pemurnian air, penyerbukan, dan regulasi iklim. Dengan memahami hubungan ini maka kita akan terbantu dalam membuat keputusan pengelolaan lahan yang tepat. Di samping itu, ekologi bentanglahan berperan dalam memahami bagaimana bentanglahan merespons perubahan iklim dan bagaimana makhluk hidup beradaptasi. Dalam aktivitas perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, ekologi bentanglahan berkontribusi dengan menyediakan alat dan metodologi untuk pengelolaan lahan berkelanjutan. Hal ini membantu mengoptimalkan keseimbangan antara aktivitas manusia dan pelestarian lingkungan.

Di era modern ini, banyak aktivitas terkait dengan kajian bentanglahan sangat memerlukan penginderaan jauh, karena kajian tersebut biasanya mencakup area yang luas dan menuntut ketersediaan peta berbagai fenomena lingkungan dalam waktu yang relatif singkat (Danoedoro, 2009). Oleh sebab itu, untuk dapat menjelaskan secara sistematis bagaimana penginderaan jauh menjadi alat utama pemantauan lingkungan dan dapat berkontribusi signifikan dalam kajian ekologi bentanglahan, paragraf-paragraf berikut ini menjelaskannya secara singkat.

### **Posisi Penginderaan Jauh dalam Geografi.**

*Hadirin yang saya muliakan,*

Gagasan bahwa penginderaan jauh merupakan suatu ilmu, bukan sekadar teknologi, telah lama diperdebatkan. Sutanto (1986) mengutip

pemikiran Dahlberg dan Jensen (1986) menyatakan bahwa penginderaan jauh dan kartografi merupakan teknik dalam disiplin geografi. Dalam perkembangannya, kedua teknik ini tumbuh menjadi disiplin baru yang dicirikan oleh tanda-tanda yang cukup jelas, meliputi metodologi, teknik, dan orientasi intelektual yang perkembangannya mengikuti kurva perkembangan ilmu normal (Kuhn, 1962, Danoedoro, 2010).

Gagasan serupa dikemukakan lagi oleh Jensen (2015), yang menyatakan bahwa posisi penginderaan jauh di geografi adalah serupa dengan posisi matematika di ilmu pengetahuan alam. Artinya, penginderaan jauh berdiri sendiri sebagai suatu (sub-)disiplin, dan sekaligus melayani sebagai alat analisis dalam geografi. Melalui analogi ini, Jensen menempatkan penginderaan jauh di bawah geografi, seperti halnya matematika di bawah ilmu pengetahuan alam. Gagasan bahwa perkembangan penginderaan jauh mengikuti ciri-ciri suatu tubuh pengetahuan yang berupa ilmu (sains) dapat diperbandingkan dengan pendapat Zen (1979), yang menyatakan bahwa suatu pengetahuan disebut sains kalau pengetahuan tersebut mampu memformulasikan gejala keteraturan di alam, menyusunnya dalam bentuk teori dan mempunyai mekanisme untuk menguji diri sendiri (*self testing*).

Lepas dari persoalan tersebut, kehadiran penginderaan jauh (dan sistem informasi geografis) telah meningkatkan peran dan eksistensi geografi dalam dunia akademis dan praktis, khususnya dalam penyelesaian masalah-masalah keruangan, lingkungan dan kewilayahan. Johnston (2006) menunjukkan bahwa pada tahun 2001 telah dilakukan survei terhadap beberapa jurnal internasional terkemuka, untuk melihat seberapa besar kontribusi para geografiwan di setiap jurnal tersebut. Hasil kajian menunjukkan bahwa *International Journal of Remote Sensing* yang diterbitkan oleh *Royal Society for Photogrammetry and Remote Sensing* di Inggris merupakan salah satu jurnal terkemuka dengan fokus penginderaan jauh, di mana untuk tahun 2001 itu terdapat 51 artikel yang ditulis oleh geografiwan. Posisi ini menunjukkan kontribusi penting geografiwan dalam pengembangan penginderaan jauh dunia.

Penulis juga telah mencoba untuk mencermati kontribusi artikel penginderaan jauh oleh geografiwan di jurnal *Remote Sensing of Environment* dalam 10 tahun terakhir (Danoedoro, 2010). Jurnal tersebut dipilih karena dua alasan. Pertama, artikel yang dimuat lebih

memberi bobot pada pengembangan metode penginderaan jauh, bukan aplikasi, jika dibandingkan dengan jurnal-jurnal internasional lain yang berkecimpung di ranah kajian yang hampir sama. Kedua, jurnal tersebut mempunyai *impact factor* tertinggi di dunia untuk bidang penginderaan jauh sejak tahun 2000, yang berarti bahwa rata-rata jumlah sitasi per artikel oleh penulis lain di dunia juga paling tinggi.

Dalam kurun waktu 2001 sampai dengan 2010, rata-rata kontribusi artikel oleh penulis yang berasal dari unit akademis geografi adalah 35,22%. Tingkat kontribusi ini lebih tinggi daripada kontribusi penulis dengan latar belakang institusi keilmuan lain. Angka ini bahkan belum mempertimbangkan kontribusi dari penulis lain dengan latar belakang geografi dan bekerja di lembaga riset dengan nama formal bukan geografi; misalnya NASA, CSIRO, dan USGS. Gambaran ini menunjukkan bahwa geografiwan memberikan kontribusi signifikan dalam perkembangan ilmu penginderaan jauh, bukan hanya dalam bentuk aplikasi melainkan juga pengembangan teori dan metodenya.

## **Paradigma dalam Penginderaan Jauh**

*Hadirin yang saya hormati,*

Paradigma menjadi suatu istilah yang sering disebut setiap kali perdebatan tentang aspek ontologis dan epistemologis suatu bidang ilmu muncul. Istilah paradigma ini pertama kali dikemukakan oleh Kuhn (1962) untuk merujuk pada suatu cara pandang atas masalah yang diakui secara universal, dan dianut oleh sekelompok peneliti dan praktisi pada kurun waktu tertentu, dan dari cara pandang ini kemudian diturunkan berbagai teori, pendekatan, metode serta teknik analisis untuk menyelesaikan masalah dalam lingkup kajian bidang ilmu tertentu. Dalam geografi dikenal ada beberapa macam paradigma. Hagget (1983) menyebutnya sebagai *supermodel* dalam berbagai pendekatan dan metode analisis dalam geografi. Secara ringkas dapat dikatakan bahwa Kuhn memandang kehadiran paradigma berkaitan erat dengan revolusi ilmiah: di mana ada revolusi ilmiah, di situ muncul paradigma baru. Revolusi ilmiah merupakan anomali atau kontradiksi dalam suatu periode paradigma, yang secara akumulatif menimbulkan perubahan fundamental dalam asumsi dan teori dasar yang mengatur suatu disiplin ilmu, dan menawarkan perspektif serta prinsip baru.

Kritik atas perkembangan ilmu dalam bentuk revolusi ilmiah ini telah banyak dilakukan. Misalnya, Widberg (1978, dalam Holt-Jensen, 1999) memandang bahwa perkembangan ilmu dapat bersifat paradigmatik, namun dapat pula tidak. Secara garis besar, Widberg menjelaskan bahwa perkembangan ilmu merupakan kombinasi dari dua pasang keadaan yang bersifat dikotomis, yaitu idealistik atau materialistik, dan mekanis atau dialektis, seperti tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi pola perkembangan ilmu menurut Widberg (1978)

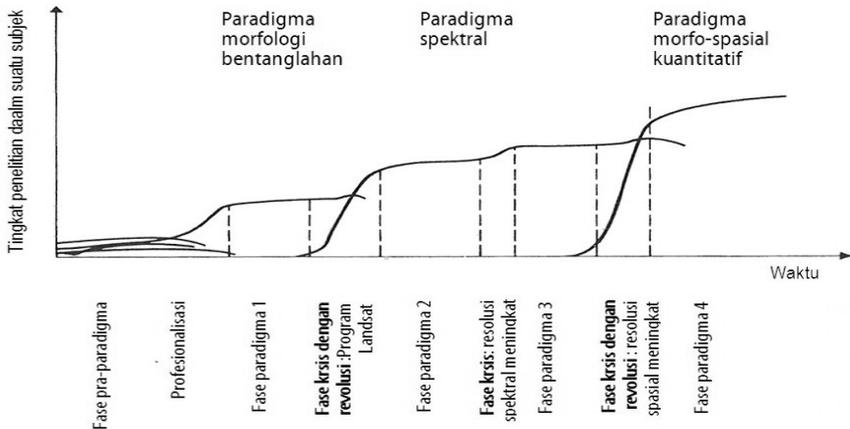
	Mekanis	Dialektis
Idealistik	I	II
Materialistik	III	IV

Cara pandang mekanis mengimplikasikan bahwa perkembangan ilmu bersifat linier, di mana setiap generasi baru melanjutkan generasi berikutnya. Di sini tidak ada revolusi, melainkan hanya perkembangan spesialisasi, profesionalisasi, serta perkembangan metode dan pemahaman yang lebih baik. Sebaliknya, cara pandang dialektis mengimplikasikan adanya kontradiksi antara yang lama dan baru, serta ilmu berkembang melalui revolusi. Sementara itu, cara pandang idealistik merupakan suatu cara pandang di mana ideologi menjadi faktor pendorong di balik perubahan ilmu. Cara pandang materialistik justru melihat bahwa basis material-lah yang mengatur perubahan dan kemajuan ilmu. Melalui pandangan Widberg ini maka perkembangan ilmu melalui paradigma pada hakikatnya adalah perubahan tipe IV, yaitu dialektis-materialistik.

Pertanyaan yang muncul kemudian adalah, apakah penginderaan jauh mempunyai paradigma? Dengan memperhatikan syarat suatu cabang pengetahuan dapat disebut sebagai ilmu (Zen, 1979), serta memperhatikan pendapat Dahlberg dan Jensen (1986) dan juga Jensen (2007), maka penginderaan jauh bisa dikategorikan sebagai suatu bidang ilmu, dan sekaligus sub-disiplin dalam geografi. Analisis Johnston (2006) dan Danoedoro (2010) memperkuat pandangan ini, karena jumlah artikel penginderaan jauh yang ditulis oleh geografiwan menempati posisi atau persentase yang sangat menonjol dibandingkan artikel yang ditulis oleh ilmuwan lain. Melalui cara pandang Kuhn (1962) atas struktur ilmu, maka penginderaan jauh juga bisa dipandang sebagai bidang kajian yang menggunakan paradigma dalam geografi.

*Hadirin yang saya hormati,*

Saya memandang paradigma dalam penginderaan jauh dapat dibedakan menjadi tiga kategori. Kategori pertama adalah paradigma yang dipinjam – atau tepatnya diwarisi— langsung dari pergulatan pemikiran geografi. Kategori kedua adalah paradigma yang berkembang dari dalam penginderaan jauh sendiri. Kategori ketiga adalah paradigma yang berkembang sebagai hasil interaksi antara pergulatan pemikiran geografi secara umum, penginderaan jauh, dan ilmu-ilmu lain. Perkembangannya tersaji pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Perkembangan paradigma dalam penginderaan jauh dengan menggunakan interpretasi grafis Henriksen (1973) atas gagasan Kuhn (1962) sebagai dasar.

Paradigma dalam penginderaan jauh yang diwarisi langsung dari geografi adalah paradigma morfologi bentanglahan. Holt-Jensen (1999) menyebutkan bahwa pada bentuk aslinya, paradigma dalam geografi tersebut adalah paradigma geomorfologi. Geomorfologi bukan sekadar sub-disiplin dalam geografi, melainkan merupakan suatu cara pandang atas fenomena bentanglahan yang digunakan untuk menjelaskan berbagai macam proses dan karakteristik komponen bentanglahan yang terbentuk. Harrison (2006) menyebutnya sebagai paradigma proses-bentuk (*process-form paradigm*), yang berakar pada geomorfologi Davisian

(mengacu ke salah satu pelopor geografi fisik terkenal, William Morris Davis). Geomorfologi Davisian menekankan kajian atas struktur, proses dan tahap; meskipun titik beratnya tetap pada tahap (Rhoads, 2006).

Penginderaan jauh menggunakan paradigma morfologi bentanglahan untuk memahami (bukan mempelajari) proses yang berlangsung pada satuan-satuan pemetaan yang dikaji, serta menurunkan informasi berbagai karakteristik lahan yang ada pada setiap satuan berdasarkan keterkaitan antara struktur, proses dan tahap perkembangan. Pemahaman ini menjadi dasar untuk mengkaji lebih jauh aspek-aspek spasial fenomena lain yang terkait. Interpretasi karakteristik batuan, tanah dan juga hidrologi banyak dilakukan dengan pendekatan satuan bentuklahan, di mana gagasan tentang morfologi bentanglahan menjadi landasannya.

Kajian vegetasi dalam konteks ekologi bentanglahan juga merupakan contoh dari paradigma geomorfologi. Penginderaan jauh kemudian memperluas paradigma geomorfologi ini menjadi paradigma morfologi bentanglahan, dengan memasukkan bentanglahan sosio-kultural ke dalamnya. Danoedoro *et al.* (1991), misalnya, menggunakan perspektif morfologi bentanglahan dalam memetakan komposisi spesies vegetasi di Taman Nasional Nam Nao, Thailand, dengan mempertimbangkan keberadaan spesies vegetasi terkait dengan iklim, jenis batuan, struktur geologi, bentuklahan, kemiringan lereng, tekstur, kedalaman dan *pH* tanah, serta drainase permukaan. Kajian fenomena kekotaan bisa dilakukan dengan interpretasi citra secara visual, di mana bentanglahan sosio-kultural diasumsikan terwakili oleh kenampakan morfologisnya. Homogenitas kepadatan, pola, keteraturan, ukuran unit dan lokasi/situs permukiman kota menjadi kriteria utama dalam mengelompokkan fenomena sosial, ekonomi dan kultural. Satuan-satuan itu kemudian dijadikan dasar dalam *stratified sampling*, serta menjadi satuan analisis utama untuk berbagai kajian.

Paradigma yang berkembang dari dalam penginderaan jauh sendiri adalah paradigma spektral. Hal ini wajar karena informasi spektral merupakan aspek intrinsik data penginderaan jauh. Semua sensor penginderaan jauh merekam respons spektral objek dalam bentuk citra. Paradigma spektral memandang fenomena bentanglahan dari kaca mata respons spektral, baik pancaran (*emittance*), pantulan (*reflectance*),

serapan (*absorbance*), transmitansi (*transmittance*) maupun hamburan balik (*backscatter*). Menurut paradigma ini, objek geografis dapat dibedakan berdasarkan respons spektralnya. Teori tentang perbedaan dan klasifikasi objek menurut paradigma spektral dikembangkan, antara lain melalui metode-metode klasifikasi multispektral, transformasi spektral (misalnya indeks vegetasi, indeks tanah, indeks kebasahan, dan indeks kekotaan maupun *forest cover density model*), serta analisis hiperspektral.

Teori-teori yang dilandasi paradigma spektral menjadi tulang punggung dalam pengembangan metode pemetaan fenomena geografis berbasis citra digital multispektral. Proses biofisik terkait dengan perpindahan materi dan energi juga dijelaskan melalui teori imbalan energi permukaan lahan (*surface energy balance*) dalam paradigma spektral (Rahmi dan Danoedoro, 2015; Zahrotunisa *et al.*, 2023). Fenomena pulau bahang di perkotaan (*urban heat island*) hanya dapat dimodelkan secara efektif melalui analisis spektral citra saluran termal, karena model lain tidak mampu menyajikan variasi temperatur dalam ruang secara rinci. Estimasi evapotranspirasi terkait jasa lingkungan secara spasial juga hanya bisa efektif dimodelkan melalui analisis citra termal dan indeks vegetasi, didukung oleh model elevasi digital (Zahrotunisa *et al.*, 2023).

Perkembangan sensor radar pada spektrum gelombang mikro seperti ALOS-PALSAR dan Sentinel 1 juga memungkinkan analisis spektral multi-polarisasi secara digital, untuk perbedaan fase pertumbuhan padi (Prasetya dan Danoedoro, 2019), tipe-tipe vegetasi dan tingkat kerusakan hutan di wilayah yang sering tertutup awan (Isoguchi *et al.*, 2009). Penting untuk dicatat bahwa paradigma spektral dalam penginderaan jauh juga melahirkan metode beserta parameter-parameter ikutan dalam kajian lingkungan, yang hanya bisa dilakukan dengan data penginderaan jauh, misalnya indeks vegetasi (Rouse *et al.*, 1974; Mather dan Koch, 2011; Jensen, 2015), indeks kebasahan (Crist dan Cicone, 1984; Gao, 2010) dan *forest cover density* (Rikimaru *et al.*, 2002; Danoedoro dan Gupita, 2022).

Paradigma ketiga yang berkembang sebagai hasil interaksi antara geografi, penginderaan jauh, dan ilmu-ilmu lain –misalnya geometri komputasi (*computational geometry*), matematika morfologi

(*morphology mathematics*), ekologi, dan statistik spasial adalah paradigma ‘morfo-spasial kuantitatif’. Saya mengajukan istilah ini berdasarkan kemunculan berbagai teori dan metode yang menggunakan data penginderaan jauh dan SIG sebagai kasus. Mengacu kembali ke substansi cara pandang paradigmatis atas perkembangan sains, yang sebenarnya merupakan interpretasi grafis atas pemikiran Kuhn (Henriksen, 1973), maka kemunculan paradigma baru merupakan upaya untuk mengatasi kebuntuan atau kegagalan teori atau metode yang telah banyak dianut dalam memecahkan masalah di bidangnya.

Paradigma morfo-spatial kuantitatif berkembang sebagai jawaban atas kekurangan pada dua paradigma lainnya. Paradigma morfologi bentanglahan melahirkan berbagai metode yang dipandang kurang mampu memberikan ukuran kuantitatif atas fenomena spasial yang dikaji. Kekurangan ini tampak nyata dari cara pendefinisian ruang dan batas-batas ruang yang bersifat kualitatif, memuat subjektivitas, serta sangat tergantung pada faktor pengalaman atau ‘jam terbang’ penafsir citra. Sementara itu, paradigma spektral memperlakukan citra penginderaan jauh sebagai kumpulan piksel secara individual, di mana pola, struktur dan ukuran fenomena spasialnya kurang dapat dikuantifikasi dengan tepat. Kekurangan dalam kuantifikasi ini muncul karena pola spasial pada layar monitor ataupun peta tercetak hanya merupakan persepsi mental analis citra, dan bukan didefinisikan secara eksplisit oleh sistem.

Paradigma morfo-spasial kuantitatif menaungi sekumpulan pendekatan dan teori yang secara langsung tidak saling berhubungan, serta ditujukan untuk mengatasi masalah yang berbeda-beda. Meskipun demikian, paradigma ini memberikan cara pandang serupa atas masalah spasial yang tidak bisa diatasi oleh dua paradigma yang terdahulu. Kesamaan cara pandang ini ialah bahwa fenomena spasial geografis itu terukur pola dan morfologinya, dapat dikuantifikasi dengan tingkat otomasi yang tinggi, dan dapat dimodelkan berdasarkan observasi atas serangkaian titik secara individual. Dengan kata lain, paradigma morfo-spasial kuantitatif menjadi landasan bagi berbagai metode penilaian dan analisis bentuk atau struktur suatu objek atau fenomena dalam kaitannya dengan karakteristik spasialnya secara kuantitatif.

Salah satu teori yang menonjol di bawah paradigma morfo-spasial kuantitatif ini misalnya teori fragmentasi bentanglahan. Indeks

fragmentasi dapat digunakan untuk mengukur tingkat kerapuhan ekosistem dengan memperhatikan jumlah kelas dibandingkan jumlah sel dalam setiap jendela bergerak (*moving window*) berukuran  $n \times n$  piksel. Implementasi metode ini hanya bisa efektif diterapkan pada citra penutupan lahan, penggunaan lahan atau tipe vegetasi berbasis piksel. Formulasi yang dikembangkan pun sangat berbasis piksel (Gergel dan Turner, 2002; O'Neill dan Smith, 2002), dengan bertumpu pada citra digital dan SIG berbasis raster.

Contoh lain adalah teori dan metode klasifikasi berorientasi objek (Baatz dan Schape, 2000; Bock *et al.*, 2004; Ranasinghe, 2006; Navulur, 2007; Kucharczyk *et al.*, 2020). Klasifikasi berorientasi objek mampu mengelompokkan piksel bukan semata-mata berdasarkan warna atau nilai spektralnya, melainkan juga bentuk dan ukuran objek yang dilandasi oleh parameter statistik homogenitas piksel dan kenampakan teksturalnya. Perkembangan lebih lanjut juga mengadopsi parameter metrika bentanglahan untuk mengidentifikasi objek berdasarkan pola, lokasi dan asosiasinya. Navulur (2007) menyebut hal ini sebagai paradigma baru dalam penginderaan jauh, meskipun saya kurang sependapat dan cenderung menempatkannya sebagai teori dan metode baru di bawah paradigma morfo-spasial kuantitatif. Klasifikasi berbasis objek dikembangkan untuk mengatasi kegagalan teori dan metode berbasis paradigma spektral, yang secara eksplisit tidak mampu mendeteksi, membatasi, dan mengklasifikasi fenomena spasial kumpulan piksel yang membentuk pola tertentu, meskipun secara visual kita melihatnya dengan jelas.

*Hadirin yang saya muliakan,*

Meskipun paradigma mendominasi silih berganti, bukan berarti bahwa paradigma lama ditinggalkan begitu saja. Holt-Jensen (1999) menyebutkan bahwa paradigma geomorfologi, yang kemudian disebut oleh Harrison (2006) sebagai paradigma proses-bentuk, tetap bertahan hingga sekarang. Di penginderaan jauh, paradigma yang telah berkembang menjadi morfologi bentanglahan ini masih bertahan sampai saat ini dan belum dapat sepenuhnya digantikan oleh paradigma lain. Paradigma spektral belum mampu menurunkan teori dan metode ekstraksi informasi yang mampu menghasilkan satuan-satuan bentuklahan dengan

material induk, lokasi, intensitas proses dan ekspresi relief seakurat dan seefektif interpretasi visual yang akhir-akhir ini sering dikritik karena kekurangannya itu.

Pemahaman paradigma tentu saja tidak punya makna praktis dalam aktivitas penelitian sehari-hari. Walaupun demikian, peneliti juga perlu tahu tentang metode dan bangunan teori yang melandasi penelitiannya mengikuti suatu aliran pemikiran atau cara pandang tertentu, yang kemungkinan berbeda dengan peneliti lain, meskipun sepintas mempunyai mekanisme proses yang hampir serupa. Memahami paradigma adalah memahami proses perkembangan suatu ilmu dalam menjawab tantangan zaman. Lebih dari itu, pemahaman ini sangat membantu para konseptor pendidikan geografi dan perancang kurikulum penginderaan jauh untuk menempatkan fokus kajian pendidikan dan risetnya dalam perkembangan mutakhir ilmu yang digeluti. Bagi para peneliti, pemahaman tentang paradigma payung dalam model yang mereka gunakan sangat bermanfaat dalam perdebatan tentang relevansi, manfaat serta keterbatasan penelitian tersebut.

Aspek spasial, spektral dan temporal menempati tema sentral dalam kajian-kajian penginderaan jauh, meskipun kedudukan aspek temporal berbeda dibandingkan keduanya. Banyak buku teks penginderaan jauh (misalnya Adams dan Gillespie, 2006; Tso dan Mather, 2008; Liu dan Mason, 2009; Gao, 2010, Lillesand *et al.*, 2014; Jensen, 2015) menambahkan konsep ‘multi’ di depan ketiga aspek tersebut, yang kemudian bermakna multi-tingkat (multi-skala), multi-spektral, dan multi-temporal. Aspek spasial dan spektral telah mewujud dalam paradigma-paradigma penginderaan jauh, tetapi tidak ada satu penulis pun yang menyebutkan adanya paradigma temporal dalam kajiannya. Aspek temporal dalam kajian penginderaan jauh, dan bahkan geografi, tidak pernah berdiri sendiri. Berbeda halnya dengan cara pandang penginderaan jauh atas fenomena geografis secara spasial ataupun spektral, tidak ada satu pun fenomena yang dianalisis semata-mata berdasarkan aspek temporalnya saja. Aspek temporal selalu muncul terkombinasi dengan aspek lain dalam bentuk pendekatan (*approaches*), misalnya pendekatan spasio-temporal, atau spektro-temporal. Pendekatan multi-temporal dalam penginderaan jauh selalu diletakkan dalam konteks

paradigma yang memayunginya, baik morfologi bentanglahan, spektral, maupun morfo-spasial kuantitatif.

## **Pemodelan Ekologi Bentanglahan dengan Penginderaan Jauh**

*Hadirin yang saya muliakan,*

Penginderaan jauh mampu menyediakan alat yang sangat diperlukan bagi para ahli ekologi bentanglahan untuk mengamati, mengukur, mengenali dan menganalisis pola spasial maupun perubahan bentanglahan. Kemampuan untuk mengumpulkan data di wilayah yang luas pada skala spasial dan temporal yang berbeda menjadikan penginderaan jauh sebagai metode yang berharga untuk menjawab pertanyaan terkait ekologi bentanglahan. Misalnya dalam bentuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan, deteksi perubahan, pemetaan habitat, pengukuran metrika bentanglahan (*landscape metrics*), indeks vegetasi dan pemantauan kesehatan vegetasi, pemetaan fisiografi, pemantauan gangguan lingkungan, serta pemodelan jasa ekosistem (Eastman, 2020)

Penginderaan jauh memungkinkan dilakukannya klasifikasi tipe penutup lahan pada wilayah yang luas. Dengan menganalisis citra satelit atau foto udara, peneliti dapat mengkategorikan bentanglahan ke dalam kelas-kelas penutup lahan yang berbeda. Informasi ini penting untuk memahami komposisi bentanglahan. Data penginderaan jauh yang diperoleh pada waktu berbeda memungkinkan deteksi perubahan penutup/penggunaan lahan dari waktu ke waktu. Hal ini penting untuk memantau proses seperti deforestasi, perluasan kota, atau perubahan penggunaan lahan pertanian. Penginderaan jauh juga membantu memetakan dan mengkarakterisasi habitat, termasuk distribusi spasial dan konektivitasnya. Informasi ini sangat penting untuk konservasi dan pengelolaan satwa liar. Di samping itu, data penginderaan jauh dapat digunakan untuk memperoleh metrika bentanglahan, seperti ukuran *patch*, bentuk, dan konektivitasnya. Metrika ini memberikan ukuran kuantitatif struktur bentanglahan, membantu penilaian fragmentasi bentanglahan, konektivitas, dan pola spasial secara keseluruhan.

Berbagai indeks vegetasi yang diperoleh dari data penginderaan jauh, seperti *normalized difference vegetation index* (NDVI) dan *soil adjusted vegetation index* (SAVI) (Rouse *et al.*, 1974; Huete, 1988;

Solymosi *et al.*, 2019) digunakan untuk menilai kesehatan vegetasi, biomassa, dan produktivitas. Informasi ini berharga untuk mempelajari proses ekologi yang berkaitan dengan pertumbuhan dan dinamika tanaman. Teknologi penginderaan jauh, termasuk LiDAR (*Light Detection and Ranging*), dapat digunakan untuk membuat model elevasi digital (DEM) resolusi tinggi (Harding dan Krueger, 2023) sebagai dasar kajian topografi lingkungan. Begitu pula halnya dengan radar interferometri (Hanssen, 2001). Informasi semacam ini penting untuk memahami karakteristik medan dan pengaruhnya terhadap proses ekologis (Huggett dan Cheesman, 2002).

Penginderaan jauh membantu memantau gangguan yang disebabkan oleh alam dan manusia, seperti kebakaran hutan, banjir, atau perubahan penutup lahan. Informasi tersebut penting untuk menilai dampak penginderaan jauh dapat diintegrasikan ke dalam model untuk menilai dan mengukur jasa ekosistem, seperti penyerapan karbon (Pratama dan Danoedoro, 2019), pengaturan air (Bretreger *et al.*, 2021), dan dukungan keanekaragaman hayati (Cavender-Bares *et al.*, 2022). Hal ini membantu memahami peran bentanglahan dalam menyediakan layanan penting bagi masyarakat.

Apabila dikombinasikan dengan SIG, maka kajian ekologi bentanglahan dapat dikembangkan ke arah analisis spasial metrika bentanglahan (Danoedoro *et al.*, 2010), analisis tumpang-susun peta (Longley *et al.*, 2005), analisis koridor (Yang *et al.*, 2019), *least cost path analysis* (Etherington, 2016), pemodelan kesesuaian habitat (Cisneros-Araujo, 2021), analisis jarak pandang (Longley *et al.*, 2005), pemodelan perubahan dan prediksi penggunaan lahan (Eastman, 2020), analisis keputusan multikriteria (Talukder, 2017).

*Para tamu undangan yang saya muliakan,*

Pada dasarnya kontribusi penginderaan jauh dan SIG terletak pada kemampuan pemodelan spasialnya untuk membantu memecahkan masalah-masalah dalam geografi, termasuk dalam kajian ekologi bentanglahan. Pemodelan spasial merupakan pada proses representasi, analisis, dan simulasi fenomena yang bervariasi antar-ruang (Couclelis, 2002). Proses ini melibatkan pembuatan model matematika atau komputasi yang menangkap hubungan spasial dan pola objek atau

proses di suatu wilayah secara geografis. Tabel 2 menyajikan taksonomi pemodelan spasial menurut Skidmore (2002) yang saya modifikasi contohnya untuk ekologi bentanglahan.

**Tabel 2.** Penjabaran taksonomi pemodelan spasial lingkungan Skidmore (2002) ke dalam contoh-contoh pemodelan ekologi bentanglahan.

		Model Logika		
		Induktif	Deduktif	
Model berdasarkan Metode Pemrosesan	Deterministik	Empiris	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model statistik untuk jasa lingkungan, misalnya regresi seperti USLE</li> <li>• Pemetaan gangguan pada vegetasi, misal dengan NDVI</li> <li>• Klasifikasi penutup/penggunaan lahan terselia dengan algoritma <i>maximum likelihood</i></li> <li>• <i>Linear spectral unmixing</i> untuk 'memecah' informasi pada citra resolusi relatif rendah, misalnya fraksi spesies vegetasi pada setiap piksel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretasi visual satuan ekologi bentanglahan melalui kenampakan morfologis dan fotomorfik penutup lahan pada citra</li> <li>• Modifikasi model induktif, misalnya R-USLE untuk jasa lingkungan</li> <li>• Klasifikasi terselia (inversi model) pemetaan spesies vegetasi</li> </ul>
		Pengetahuan ( <i>knowledge</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bayesian expert system</i></li> <li>• Klasifikasi dengan metode <i>fuzzy</i> dan <i>Dempster-Shafer Theory of Evidence</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem pakar dengan basis pengetahuan yang diturunkan dari pengalaman untuk pemetaan tingkat kesesuaian habitat satwa</li> </ul>
		Proses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modifikasi koefisien pada model untuk kondisi lokal dengan memanfaatkan data lapangan atau data laboratorium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model hidrologi, misalnya estimasi koefisien aliran permukaan dan debit puncak, integrasi dengan SIG berbasis raster</li> <li>• Koreksi radiometrik citra dengan <i>radiative transfer model</i></li> </ul>
	Stokhastik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasifikasi spesies vegetasi dengan <i>machine learning</i>, misalnya dengan jaringan syaraf tiruan (<i>Artificial Neural Network</i>) dan <i>random decision forest</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulasi Monte Carlo untuk <i>radiative transfer modelling</i> citra multispektral dan pemodelan kesesuaian habitat.</li> </ul>	

Skidmore (2002), menjelaskan bahwa pemodelan spasial untuk lingkungan dapat dikelompokkan berdasarkan logika serta cara

pemrosesannya. Dari aspek logika, model spasial itu dapat bersifat induktif maupun deduktif, sementara dari aspek cara pemrosesan, pemodelan dapat bersifat deterministik ataupun stokhastik. Pemodelan spasial secara deterministik dapat dirinci menjadi pemodelan empiris, berbasis pengetahuan, maupun berbasis proses. Berdasarkan pendapat Skidmore tersebut saya memberikan contoh pada masing-masing kategori pemodelan untuk kajian ekologi bentanglahan, seperti tersaji pada Tabel 2.

## **Aplikasi Pemodelan Penginderaan Jauh untuk Ekologi Bentanglahan**

*Hadirin yang saya hormati,*

Pada paragraf-paragraf berikut ini saya akan membahas topik-topik kajian yang biasa muncul dalam studi ekologi bentanglahan serta kaitannya dengan landasan paradigma maupun pendekatan penginderaan jauh yang digunakan.

Seiring dengan perkembangan jaman, maka penginderaan jauh terus meningkat kecanggihannya dengan berbagai wahana perolehan, karakteristik sensor, wilayah spektral panjang gelombang, dan juga cara analisisnya. Wahana perolehan telah berkembang dari balon udara ke pesawat udara, kemudian satelit, dan sekarang kita menyaksikan penggunaan berbagai jenis dan ukuran *unmanned aerial vehicle* (UAV) atau *drone* yang dipasang beragam sensor. Tidak hanya itu, teknologi satelit pun telah berkembang dari satelit tunggal multisensor ke konstelasi satelit. Wilayah spektral telah dirinci menjadi semakin sempit dan tersedia dalam data hiperspektral, dan serta menjangkau wilayah gelombang mikro. Analisis citra berkembang dari interpretasi visual ke penggunaan komputer *mainframe*, komputer mini, *desktop*, ke jaringan dan kemudian *cloud computing*. Data yang dianalisis tak lagi mengandalkan citra tunggal melainkan citra multisensor dan bahkan diintegrasikan dengan data spasial lain dalam ukuran *big data*.

Di balik itu semua, pada umumnya penginderaan jauh menggunakan pendekatan-pendekatan yang bersifat dikotomis dalam kajian ekologi bentanglahan. Setidaknya terdapat empat model dikotomi pendekatan dalam penginderaan jauh yang sampai sekarang masih terus digunakan. Keempat dikotomi itu adalah (1) pendekatan kunci foto

versus pendekatan ekologi bentanglahan (van Gils *et al.*, 1990), (2) pendekatan holistik versus pendekatan reduksionistik (Skidmore, 1997), (3) pendekatan per-piksel versus pendekatan berbasis objek (Gao, 2010) dan (4) pendekatan algoritmik versus pendekatan heuristik (Jensen, 2015).

Dalam kajian ekologi bentanglahan tentu saja pendekatan kunci foto kurang dapat diandalkan karena proses analisis dan interpretasi tidak mempertimbangkan konteks berupa lokasi atau situs dan asosiasi dengan objek lain. Sesuai dengan namanya, pendekatan ekologi bentanglahan dalam hal ini lebih sesuai. Pendekatan holistik murni menggunakan penginderaan jauh dan bertumpu pada interpretasi visual, di mana satuan-satuan lahan didefinisikan terlebih dahulu, dan kemudian karakteristik atau atribut bentanglahan diturunkan secara deduktif dari setiap satuan yang telah didefinisikan sebelumnya.

Di sisi lain, pendekatan reduksionistik memecah informasi bentanglahan yang kompleks ke dalam peta-peta tematik dan selanjutnya dianalisis melalui tumpangsusun, sehingga satuan lahan muncul sebagai konsekuensi logis dari proses tumpangsusun. Dengan kata lain, pendekatan holistik lebih bercorak penginderaan jauh, sementara pendekatan reduksionistik lebih diwarnai oleh SIG. Pendekatan per-piksel hingga saat ini masih dapat diandalkan dalam pemodelan biofisik bentanglahan, meskipun wujudnya bisa berupa klasifikasi multispektral sederhana, transformasi spektral, maupun klasifikasi berbasis *machine learning*. Pendekatan algoritmik pada penggunaan perangkat lunak pengolah citra (dan SIG) dewasa ini mulai digeser oleh pendekatan heuristik yang lebih berorientasi pada pemecahan masalah dan penyusunan strategi kompleks dalam kajian ekologi bentanglahan.

Tabel 3 menunjukkan keterkaitan antara berbagai lingkup kajian ekologi bentanglahan, landasan paradigma dan implementasinya, serta contoh metode untuk aplikasinya. Dari tabel tersebut maka jelas terlihat bahwa penginderaan jauh dapat menjadi alat analisis yang lengkap untuk membantu menyelesaikan masalah yang muncul dalam kerangka interaksi manusia dengan lingkungan.

**Tabel 3.** Landasan paradigma dan implementasinya untuk berbagai kajian ekologi bentanglahan.

Kajian Ekologi Bentanglh	Landasan Paradigma dan Implementasinya		
	Morfologi Bentanglahan	Spektral	Morfo-spasial Kuantitatif
klasifikasi penutup/ penggunaan lahan	Interpretasi visual dengan pendekatan holistik atau semi-reduksionistik	Klasifikasi multispektral konvensional maupun dengan <i>machine learning</i>	Klasifikasi berbasis objek (GeoBIA)
deteksi perubahan	Interpretasi visual dengan pendekatan holistik atau semi-reduksionistik	Klasifikasi multispektral konvensional maupun dengan <i>machine learning</i> , atau <i>index-based image differencing</i>	Klasifikasi berbasis objek (OBIA/ GeoBIA)
pemetaan habitat	Interpretasi visual dengan pendekatan holistik atau semi-reduksionistik	Klasifikasi multispektral konvensional maupun dengan <i>machine learning</i>	Klasifikasi berbasis objek (OBIA/ GeoBIA)
pengukuran metrik bentanglahan ( <i>landscape metrics</i> )	Pada umumnya tidak mungkin atau kurang akurat	Sebagai langkah awal menghasilkan peta keanekaragaman hayati atau peta penutup lahan, untuk dianalisis spasial lebih lanjut.	Misalnya dengan <i>fragmentation index</i> , <i>binary comparison matrix</i> , <i>dominance index</i> , <i>center versus neighbor</i> , dan <i>fractal index</i>
indeks vegetasi dan pemantauan kesehatan vegetasi	Tidak dapat dijalankan	Interpolasi global dengan regresi berbasis indeks vegetasi	Kombinasi indeks vegetasi dan geostatistik
Pemetaan terkait fisiografi	Interpretasi visual berbasis citra optik dan atau DEM	Analisis data radar interferometri dan atau LIDAR ( <i>laser scanning</i> )	Analisis <i>topo shape</i> , <i>topographic wetness index</i> , dan atribut medan orde dua lain
Pemantauan gangguan	Interpretasi visual dengan pendekatan holistik atau semi-reduksionistik	Klasifikasi multispektral konvensional maupun dengan <i>machine learning</i> , pemetaan temperatur objek, analisis <i>spectral wetness index</i>	Klasifikasi berbasis objek (OBIA/ GeoBIA), interpolasi spasial dengan geostatistik
Pemodelan jasa ekosistem.	Menggunakan pemodelan spasial berbasis <i>semi-distributed model</i> dan analisis stauan lahan hasil interpretasi visual	Klasifikasi multispektral dan transformasi spektral sebagai dasar estimasi produksi pertanian, evapotranspirasi, dan pemetaan spesies,	Penggunaan <i>distributed model</i> untuk pengendalian banjir dan pencemaran air dalam suatu DAS.

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa penginderaan jauh mampu mendefinisikan variabel-variabel lingkungan yang baru, yang tak dikenal sebelumnya. Di samping itu, penggunaan SIG juga meningkatkan aplikabilitas penginderaan jauh dalam penanganan masalah lingkungan yang bersifat kewilayahan pada berbagai skala. Artinya, dalam perspektif geografi, penginderaan jauh tak bisa dilepaskan dari SIG dalam pemecahan masalah-masalah geografi, khususnya yang terkait dengan ekologi bentanglahan, karena sinergi yang dilakukan akan meningkatkan keandalan masing-masing, lebih dari sekadar menjumlahkan keduanya.

Demikianlah garis besar pemikiran tentang bagaimana penginderaan jauh menenpati posisi sebagai sub-disiplin dalam geografi dengan perkembangan paradigma, pendekatan, pemodelan, serta aplikasinya dalam menyelesaikan berbagai masalah terkait ekologi bentanglahan.

*Hadirin yang saya hormati,*

Sebagai penutup atas terlaksananya acara pidato ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Rektor dan para Wakil Rektor, Senat Akademik, Dewan Guru Besar, Dekan dan para Wakil Dekan Fakultas Geografi UGM, serta tim penilai di tingkat fakultas, universitas maupun nasional, atas persetujuan yang diberikan pada pengusulan diri saya sebagai guru besar. Saya juga sangat berterima kasih kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi pada perjalanan karir saya sebagai dosen hingga guru besar, di antaranya Prof.Dr. Sutanto (alm), guru saya yang telah menarik minat saya untuk masuk Jurusan Penginderaan Jauh pada kuliah perdananya 40 tahun yang lalu, mengusulkan untuk merekrut saya untuk menjadi dosen di Fakultas Geografi UGM, dan menyekolahkan saya ke Belanda; Dr. Prapto Suharsono, M.Sc. (alm) yang telah menggembleng saya untuk menjadi geografiwan dengan spesialisasi penginderaan jauh, dan juga guru-guru saya yang lain, terutama Prof.Dr. Dulbahri (alm) pembimbing skripsi saya, Drs. Goenadi (alm), Prof.Dr. Totok Gunawan, M.S., Prof. Dr. Hartono, DEA, DESS (alm) yang selalu mengajarkan kesederhanaan, dan perhatian pada yunior, Drs. Zuharnen, M.S. serta Prof. Dr. R. Suharyadi, M.Sc. yang telah mendidik saya menjadi sarjana geografi dengan bidang keahlian utama penginderaan jauh.

Perhargaan setinggi-tingginya untuk para guru besar di Fakultas Geografi: Prof. Drs. R. Bintarto (alm), Prof. Drs. Basuki Sudihardjo (alm), Prof. Drs. Kardono Darmojuwono (alm), Prof. Dr. A.J. Soehardjo, M.A. (alm), Prof. Dr. Sugeng Martopo (alm), Prof. Dr. Karmono Mangunsukardjo, M.Sc. (alm), Prof. Dr. Ida Bagoes Mantra (alm), dan Prof. Drs Kasto, M.A. (alm), serta Prof. Dr. Sutikno, Prof. Hadi Sabari Yunus, MA, DRS (Ned), Prof. Dr. Su Rito Hardoyo, M.A., Prof. Dr. Sudarmadji, M.Eng.Sc., dan Prof. Dr. Suratman, M.Sc. yang telah mendidik dan meletakkan fondasi keilmuan geografi di awal studi saya. Penghargaan yang sama saya sampaikan pada guru-guru saya sewaktu mengambil postgraduate diploma dan master di *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences* (ITC, sekarang *Faculty of Geoinformation Science and Earth Observation, University of Twente*, Belanda): Dr. M.C. Bronsveld, Prof. Dr. Willem van Wijngaarden, Dr. Herman Huizing, dan Dr. Dick van der Zee; serta guru-guru saya di *School of Geography, Planning and Architecture di University of Queensland*, Australia: Prof. Dr. Geoffrey McDonald (alm), Prof. Dr. Stuart Phinn, dan Dr. David Pullar yang telah membimbing disertasi doktor saya. Terima kasih saya ucapkan pada Prof. Dr. Muhammad Dimiyati, M.Sc., Dr.Ir. Nurwajedi, M.Sc., Dr. Suprajaka, M.T., dan banyak teman lain yang telah membantu survei saya dalam penyusunan disertasi di tahun 2003.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan pada seluruh staf pengajar Departemen Sains Informasi Geografis (SAIG) yang telah bersama-sama membangun suasana akademik yang kondusif bagi berkembangnya ilmu penginderaan jauh ataupun SAIG secara umum: Dr Bowo Susilo, M.T. selaku ketua departemen beserta Dr. Noorhadi Rahardjo M.Si, P.M., Dr. Sigit Heru Murti, M.Si., Prof. Muhammad Kamal, S.Si. MGIS, Ph.D., Dr. Nurul Khakhim, M.Si., Dr. Sudaryatno, M.Si., Dr Retnadi Heru Jatmiko, M.Sc., Dr. Taufik Hery Purwanto, M.Si., Prof. Dr. Pramaditya Wicaksono, S.Si., M.Sc., Wirastuti Widyatmanti, SSi, Ph.D, Dr. Prima Widayani, S.Si., M.Si., Dr. Iswari Nur Hidayati, S.Si., M.Sc., Dr Sc. Sanjiwana Arjasakusuma, S.Si., MGIS, M.Sc., Dr. Sandy Budi Wibowo SP, M.Sc., Totok Wahyu Wibowo, S.Si., M.Sc., Ari Cahyono, S.Si., M.Sc., dan Canda Sari Djati Kartika, S.Si., M.Sc. Saya juga sangat berterima-kasih kepada kolega

yang sering berdiskusi tentang pemikiran geografi, antara lain Prof.Dr. R.Rijanta, MSc. (sekaligus sebagai penilai), Prof. Dr. M. Baiquni, M.A., Prof. Dr. Slamet Suprayogi, M.S., Prof. Dr rer nat Junun Sartohadi, M.Sc. (sekaligus sebagai penilai), Prof. Dr. Ig. L. Setyawan Purnomo, M.Si., Prof. Dr. Eko Haryono, M.Si., Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc.(alm), Prof. Dr. Sri Rum Giyarsih, M.Si., Prof. Dr. Rini Rachmawati, Prof. Dr rer nat Djati Mardiatno, M.Si., dan Prof. Dr. Sukamdi, M.Sc. Saya juga harus berterima kasih pada para mantan mahasiswa saya --baik pada jenjang S1/sarjana, S2/magister maupun S3/doktor-- terutama yang saya bimbing dan saya uji, karena sebenarnya dari mereka juga saya tertantang untuk belajar dan mematangkan diri. Tak lupa saya ucapkan terima kasih pada Herang Widiasta, Endra Widiasmara, S.IP., Winda Astuti, S.Hum., Metria Larasati, S.Si. dan Citra Amalia Waskita Sari, S.Pd., M.Sc., serta seluruh tendik yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, baik di perpustakaan, urusan akademik, urusan kepegawaian, maupun urusan lain yang secara langsung maupun tidak telah membantu kelancaran proses kenaikan jabatan guru besar saya ini.

Terima kasih untuk teman-teman yang telah membangun kebersamaan dalam perjuangan saat persiapan di IALF Jakarta dan menempuh studi di Australia, meskipun jenjang, bidang studi, universitas, dan kotanya tidak semua sama. Prof. Mina Elvira, S.S., M.A., Ph.D., Dr. dr. Niken Trisnowati, M.Sc., Sp.KK (K), Dr. Ir. Nurianna Thoha, MBA., Prof. Ir. Surjono, MTP, Ph.D., Wawan Gunawan, S.Pd., M.Ed., Ph.D., Gatut Sudarjanto, ST, MT, Ph.D., Imelda Dharmawan, SIP, M.A., Dr.Ir. A. Bagyo Widagdo, MT, Ludiro Madu, SIP, M.Si., dan Dr. Heribertus Jaka Triyana, SH., M.A., LLM. Terima kasih juga untuk semua teman SMA dan teman kuliah S1 di Fakultas Geografi UGM yang dengan penuh suka dan duka bersama-sama berjuang menyelesaikan studi. Begitu pula ucapan terima kasih saya sampaikan pada guru-guru sekolah saya di SD, SMP dan SMA yang telah mendidik saya.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga, terutama almarhum Ayah Drs. N. Daldjoeni dan Ibu Kismiati yang telah mendidik saya mencintai geografi sejak masa kanak-kanak. Ayah almarhum di mata saya adalah seorang geografiwan yang lengkap, yang membuat saya sejak kecil tertarik untuk menikmati peta maupun buku koleksi beliau dan membaca buku-buku karya tulisnya, serta menikmati

perjalanan ke pelosok-pelosok perdesaan, menguping diskusi dalam rangka *Rural Mission*. Terima kasih untuk istri saya Esti dan anak-anak: Dida, Aga dan Angga yang telah rela saya kesampingkan berkali-kali dalam aktivitas akademik saya. Terima kasih juga untuk kakak-kakak saya, Adhi Nugroho (alm) beserta istri Sri Murni Mustika Djati, Murti Henari (alm) dan suami Gerson Ahadi Sigilipoe (alm), Antyo Rentjoko beserta istri Ardi Sutjiarsi, serta adik-adik saya Prono Numaty (alm) dan Tikсна Pramudita beserta istri Evie Soetomo yang telah membangun kebersamaan selama ini.

Terima kasih juga kepada ayah mertua, Drs. RM. L. Sri Hardjono dan ibu mertua BM Nemiarni yang telah memberikan dorongan semangat pada saya selama ini. Juga kepada kakak ipar Prof. Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, MT beserta istri Ir. Hestun Kuntari, MM dan adik ipar MA Shanty Kusumasari, SE, Akt., MSA dan suami Prof. Dr. B Raksaka Mahi, SE, M.Sc, M Reza Brillianto, S.Sn dan keluarga.

Akhir kata, tiada gading yang tak retak. Buah pemikiran ini tentu saja masih memuat banyak kekurangan. Kritik dan saran atas pemikiran yang bersifat membangun sangat saya harapkan. Namun demikian, saya masih berharap bahwa apa yang telah saya tulis ini dapat membawa manfaat bagi masyarakat penginderaan jauh dan peminat studi ekologi bentang;ahan dan penginderaan jauh, baik di Indonesia maupun dalam lingkup yang lebih luas.

Semoga Tuhan Yang Maha Pengasih tetap menyertai kita semua. Amin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams, J. B., dan Gillespie., A.R. (2006). *Remote Sensing of Landscape with Spectral Images: A Spectral Modeling Approach*. Cambridge: Cambridge University Press
- Baatz, M., and Schape, A. (2000). Multiresolution Segmentation: An Optimization Approach for High Quality Multiscale Image Segmentation. In. Strobl, J., Blaschke, T., and Griesebner, G. (Ed.), *Angewandte Geographische Informations-verarbeitung XII* (pp. 12-23). Heidelberg: Wichmann-Verlag.
- Bock, M., Xofis, P., Mitchley, J., Rossner, G., Wissen, M. (2004). Object-oriented Methods for Habitat Mapping at Multiple Scales – Case Studies from Northern Germany and Wye Downs, UK. *Journal for Nature Conservation* (13), 75—89.
- Bretreger, D., Yeo, I.Y., Kuczera, G., Hancock, G., (2021). Remote sensing's role in improving transboundary water regulation and compliance: The Murray-Darling Basin, Australia. *Journal of Hydrology X*, 13 (1) 100112. DOI: 10.1016/j.hydroa.2021.100112
- Cavender-Bares, J., Schneider, F.D., Santos, M.J. (2022). Integrating remote sensing with ecology and evolution to advance biodiversity conservation. *Nat Ecol Evol* 6, 506–519. doi: 10.1038/s41559-022-01702-5.
- Cisneros-Araujo, P., Goicolea, T, Mateo-Sánchez, M.S., García-Viñás, J.I., Marchamalo, M., Mercier, A., and Gastón, A. (2021) .The Role of Remote Sensing Data in Habitat Suitability and Connectivity Modeling: Insights from the Cantabrian Brown Bear. *Remote Sens.* 2021, 13(6), 1138; doi: 10.3390/rs13061138
- Couclelis, H. (2002). Modeling Framework, Paradigms and Approaches. In: Clarke, K.C., Parks, B.O., and Crane, M.P. (eds) *Geographic Information Systems and Environmental Modeling*, UpperSaddle River, NJ: Prentice Hall.

- Crist, E.P., and Cicone, R.C. (1984). Application of the Tasseled-cap Concept to Simulated Thematic Mapper Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 50, 343-352.
- Dahlberg, R.W., dan Jensen, J.R. (1986). Education for Cartography and Remote Sensing in the Service of an Information Society: The United States Case. *The American Cartographer*, 13 (1): 51-71.
- Danoedoro, P., Toure, I., and Tufa, T. C. (1991). Vegetation-ecological Mapping of Ban Huai Rahong, Nam Nao National Park, Peth-abun Province, Thailand. *Final Report*. Enschede: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences
- Danoedoro, P. (1993). The Use of Knowledge-based Approaches in the Integration of Remote Sensing and GIS in Land-use Mapping. A Case Study of the Bufer Zone of Biosphere Reserve, West Java, Indonesia, *MSc Thesis*, Intenational Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede
- Danoedoro, P. (2006). Versatile Land-use Information for Local Planning in Indonesia: Contents, Extraction Methods, and Integration based on Moderate- and High-spatial Resolution Imagery, *PhD Thesis*, The University of Queensland, Brisbane.
- Danoedoro, P. (2009). *Land-use Information from Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning*. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing.
- Danoedoro, P. (2010). Penginderaan Jauh: Posisi, Paradigma dan Pe-modelannya dalam Geografi. *Pidato Lektor Kepala*. Yogyakarta: fakultas Geografi UGM.
- Danoedoro, P., Widayani, P., and Hidayati, I.N. The effect of scales in the analysis of agricultural land-use fragmentation based on satellite images of Semarang area, Indonesia. *Proceedings of the Southeast Asian Geographers Association (SEAGA) Conference*, 26-28 November, Hanoi.
- Danoedoro, P., and Gupita, D.D. . (2022). Combining Pan-Sharpning and Forest Cover Density Transformation Methods for Vegetation Mapping using Landsat-8 Satellite Imagery. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12 (3), 881-891

- Danoedoro, P., Widayani, P., Hidayati, I.N., Arjasakusuma, S., Gupita, D.D. Salsabila, H.N. (2023). Vegetation Structural Composition Mapping of a Complex Landscape using Forest Cover Density Transformation and Random Decision Forest Classifier: A Comparison. *Geocarto International* 38 (1), 2220289
- Eastman, R.J. (2020). *TerrSet – Geospatial Monitoring and Modelling System*. Worcester, MA: ClarkLabs.
- Etherington, T.R. (2016). Least-Cost Modelling and Landscape Ecology: Concepts, Applications, and Opportunities. *Curr Landscape Ecol Rep* 1, 40–53. doi:10.1007/s40823-016-0006-9
- Forman RTT (1995) *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge
- Gao, J. (2010). *Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery*. New York: McGraw Hill.
- Gergel, S. E., and Turner, M.G. (Eds.) (2002). *Learning Landscape Ecology -- A Practical Guide to Concepts and Techniques*, Springer, New York.
- Hagget, P. (1983). *Geography – A Modern Synthesis*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: Harper and Row.
- Hadisumarno, S., dan Bintaro, R. (1979). *Metode Analisa Geografi*. Jakarta: LP3ES.
- Hanssen, R.F. (2001). *Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Amsterdam: Kluwer Academic Publisher.
- Harding, Chris; Krueger, Sarah E. (2023). *LiDAR-based topographic data for the Des Moines Lobe in Iowa*. Iowa State University. Dataset. <https://doi.org/10.25380/iastate.22207246.v1>
- Harrison, S. (2006). What Kind of Science is Physical Geography? In: Castree, N., Rogers, A., and Sherman, D. (eds). *Questioning Geography*, Oxford: Blackwell Publishing
- Hendriksen, G. (1973). *Grunnlagproblemer of interaksjon-en Meta-geografisk analyse, hovedfagsoppgave i geografi*, Geografisk Institutt, Universitetet i Bergen
- Holt-Jensen, A. (1999). *Geography – History and Concept*, 3<sup>rd</sup> Edition, London: Sage Publications
- Huete, A.R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25 (3), 295-309

- Huggett, R. and Cheesman, J. (2002) *Topography and the Environment*. Harlow: Prentice Hall.
- Isoguchi, O., Shimada, M., Rakwatin, P. dan Uryu, Y. (2009). *A Preliminary Study on Deforestation Monitoring in Sumatra Island by using PALSAR*. Jakarta: K & C Initiative. An International Science Colaboration led by JAXA.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., dan Chpman, J. (2008). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6<sup>th</sup> edition. New York: John Wiley and Sons
- Liu, J. G., dan Mason, P. J. (2009). *Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing*. Oxford: Wiley-Blackwell
- Jensen, J. R. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2<sup>nd</sup> Edition. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall
- Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing – A Remote Sensing Perspective*, 3<sup>rd</sup> edition, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Johnston, R.J. (2006). Geography – Coming Apart at the Seams? In: Castree, N., Rogers, A., and Sherman, D. (eds). *Questioning Geography*. Oxford: Blackwell Publishing
- Kucharczyk, M., Hay, G.J., Ghaffarian, S., and Hugenholtz, C.H. (2020). Geographic Object-Based Image Analysis: A Primer and Future Directions. *Remote Sensing*. 12(12),2012; doi.org/10.3390/rs12122012
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Longley, P. A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., and Rhind, D.W. (2005). *Geographic Information Systems and Science*, 2<sup>nd</sup> edition. New York: Wiley.
- Mather, P.M., and Koch, M. (2011). *Computer Processing of Remotely Sensed Data: An Introduction*. London: John Wiley and Sons.
- Navulur, K. (2007). *Multispectral Image Analysis using the Object-oriented Paradigm*. New York: CRC Press
- O’Neill, R., and Smith, M.A. (2002). *Scale and Hierarchy Theory, in Learning Landscape Ecology -- A Practical Guide to Concepts and Techniques*, edited by S. E. Gergel, and Turner, M.G., pp.

- 3-8, Springer, New York.
- Openshaw, S. dan Taylor, P.J. (1979). A Million or So Correlation Coefficients: Three Experiments on the Modifiable Areal Unit Problem. In Wrigley, N. (ed), *Statistical Applications in the Spatial Sciences*. London: Pion
- Prasetya, R., and Danoedoro, P. (2019). *Paddy and non-paddy crops mapping using multi-temporal data of Sentinel-1A in part of Bantul Regency*. Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite 11372, 129-139
- Rahmi, K. I. N., and Danoedoro, P. (2015). Estimation of actual evapotranspiration using surface energy balance approach and Landsat-8 images of semarang area, Central Java. *Proceedings, ACRS 2015-36th Asian Conf. Remote Sens. Fostering Resilient Growth Asia*, Manila, The Philippines
- Rhoads, B. Process/Form. In: Castree, N., Rogers, A., and Sherman, D. (eds). *Questioning Geography*. Oxford: Blackwell Publishing
- Rikimaru, A., Roy, P.S., & Miyatake, S. 2002. Tropical Forest Cover Density Mapping. *Tropical Ecology*. 43(1): 39-47.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1974) *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS*. Third ERTS-1 Symposium NASA, NASA SP-351, Washington DC, 309-317.
- Skidmore, A. K. (2002). *Environmental Modelling with Remote Sensing and GIS*. London: Taylor and Francis.
- Solymosi, K., Kövér, G., Romvári, R. (2019). The Development of Vegetation Indices: a Short Overview. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 23 (1), 75–90. doi: 10.31914/aak.2264
- Sutanto (1986). *Penginderaan Jauh Jilid 1 dan 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Talukder, B. (2017). Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Technique for Evaluating Health Status of Landscape Ecology. In: Hong, SK., Nakagoshi, N. (eds) *Landscape Ecology for Sustainable Society*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74328-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74328-8_3)
- Tso, B. and Mather, P. M. (2008). *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. 2<sup>nd</sup> edition. Boca Raton: CRC Press.

- Turner, M.G., and Gardner, R.H. (2015). *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process* 2<sup>nd</sup> ed. London: John Wiley and Sons.
- van Gils, H., Zonneveld, I.S., van Wijngaarden, W., Kannegieter, A., and Huizing, H. (1990). *Land Ecology and Land-use Survey*. Enschede: ITC.
- Widberg, J. (1978). *Geografi fran Naturvetenskap til santhallsvetenenskap: En Idehistorisk Oversikt (3-betyguppsats)*. Lund: Institut fur Kulturgeografi och Ekonomisch Geografi.
- Wu, J. (2013). Landscape Ecology. In: Leemans, R. (eds) *Ecological Systems*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5755-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5755-8_11).
- Yang, Chengyun and Li, Hongga and Huang, Xiaoxia and Li, Xia and Liu, Yilan and Hong, Wuyang and Zou, Yarong. (2019). *Research on Extraction and Evaluation of Ecological Corridor Based on Remote Sensing and GIS*, IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Yokohama, Japan, 2019, pp. 3464-3467, doi: 10.1109/IGARSS.2019.8899839.
- Zahrotunisa, S., Danoedoro, P., and Arjasakusuma, S.. (2023). *Estimation of actual evapotranspiration using SEBAL algorithm based on Landsat 8 imagery in Semarang area, Indonesia*. AIP Conference Proceedings 2654 (1)
- Zen, M.T. (1979). *Sains, Teknologi dan Hari Depan Manusia*. Jakarta: Gramedia
- Zonneveld I. S. (1972) *Land evaluation and land(scape) science*. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, Enschede.

## BIODATA



### DATA DIRI

Nama : Prof. Drs. Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D.  
 Tempat dan tanggal lahir : Yogyakarta, 29 Januari 1963  
 NIP : 196301291990101001  
 Jabatan : Guru besar  
 Alamat kantor : Fakultas Geografi UGM  
 Alamat rumah : Perumahan Tirta Permai No.3, Nogotirto, Gamping, Sleman

### KELUARGA

Nama istri : Dr. drg. Bernadetta Esti Chrismawaty, M.Kes, M.DSc.  
 Nama anak : 1. Diwyacitta Dirda Gupita, S.Si., M.Sc.  
 2. Ardhya Anargha Nandiwardhana, S.Sos  
 3. Anggakara Pramatya Rudita, S.Psi.

### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Kristen II Salatiga (1969 - 1974)
2. SMP Kristen I Salatiga (1975 – 1977)
3. SMA Kristen (I) Salatiga (1978 – 1981)
4. B.Sc. – Geografi Teknik, Fakultas Geografi UGM) (Desember 1985)

5. Drs – Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi UGM (Januari 1989)
6. PostGraduate Diploma in Vegetation Ecology, ITC The Netherlands (Juli 1991)
7. M.Sc. in Rural and Land Ecology Survey. ITC The Netherlands (Februari 1993)
8. Ph.D. in Mapping Science – School of Geography, Planning and Architecture, University of Queensland, Australia (April 2007)

### **RIWAYAT PEKERJAAN**

- Dosen honorer pada Jurusan Geografi Teknik, Fakultas Geografi UGM (1989-1990)
- Dosen CPNS/PNS pada Fakultas Geografi UGM (1990 – sekarang)
- Ketua PUSPICS Fakultas Geografi UGM (2008 – 2017)
- Sekretaris Jurusan Sains Informasi Geografis dan Pengembangan Wilayah (2009-2011)
- Sekretaris Prodi S2 Penginderaan Jauh (2007-2011)
- Ketua Prodi S2/Magister Penginderaan Jauh (2012 – 2021)
- Wakil Koordinator Program Pascasarjana Fakultas Geografi UGM (2009-2011)
- Kepala Laboratorium Penginderaan Jauh (2018 – 2022)

### **PENGHARGAAN/AWARDS**

<b>Tahun</b>	<b>Bentuk Penghargaan</b>	<b>Pemberi Penghargaan</b>
2021	Satyalencana Karya Satya XXX	
2015	Satyalencana Karya Satya XX	
2010	Satyalencana Karya Satya X	
2014	FMIPA UI Award: Ilmuwan Kontributif bidang Geografi	Fakultas MIPA Universitas Indonesia
2011	University of Queensland – Indonesia Alumni Award	Vice Chancellor, University of Queensland, Australia

2010	Ooi Giok Ling Best Paper Award	Southeast Asian Geographers Association (SEAGA)
1996	Dosen Teladan III Fakultas Geografi UGM	Rektor UGM

### PUBLIKASI BUKU DAN BOOK CHAPTER

Tahun	Judul	Penerbit
<b>Buku ber-ISBN</b>		
2012	<i>Pengantar Penginderaan Jauh Digital</i>	Andi, Yogyakarta
2009	<i>Land-use Information from Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning</i>	Lambert Academic Publishing, Saarbrücken
2004	<i>Sains Informasi Geografis: Dari Perolehan dan Analisis Citra hingga Pemetaan dan Pemodelan Spasial</i>	Kartografi dan Penginderaan Jauh
<b>Book Chapter</b>		
2013	<i>Posisi Penginderaan Jauh dalam Perkembangan Ilmu Geografi. Dalam: Suhardjo, A.J., Rijanta, Sunarto, Baiquni, M., Danoe-doro, P., dan Rachmawati, R. Filsafat Ilmu Geografi.</i>	Deepublish
2001	<i>Integration of Remote Sensing and Geographical Information Systems in Land use Mapping: An Indonesian Example. In: van der Zee, D., and Zonneveld, I.S. Landscape Ecology Applied in Land Evaluation, Development and Conservation</i>	ITC Publication No.81 with International Association for Land Evaluation, Enschede

**PUBLIKASI ARTIKEL JURNAL & PROSIDING (5 TAHUN TERAKHIR)**

Tahun	Artikel
2024	Khasanah, A.N. Danoedoro, P., Setiawan, M.A.. Gully erosion mapping based on remote sensing data. <i>Eighth Geoinformation Science Symposium 2023: Geoinformation Science for Sustainable Planet</i> , 12977, 482-494
2024	Mahendra, W.K., and Danoedoro, P. Understanding the influence of different sample sizes and sample techniques on accuracy assessment of land cover mapping: case study of Salatiga city, <i>Indonesia. Eighth Geoinformation Science Symposium 2023: Geoinformation Science for Sustainable Planet</i> , 12977, 122-131
2024	Alfani, F., and Danoedoro, P. Landscape fragmentation analysis in Riau Province based on Sentinel-2A and SRTM imagery. <i>Eighth Geoinformation Science Symposium 2023: Geoinformation Science for Sustainable Planet</i> , 12977, 95-101
2024	Salsabila, H.N., Wicaksono, P., and Danoedoro, P. Sea-grass Aboveground Carbon Stock Mapping using Planet-Scope SuperDove Imagery in Nemberala, Rote Island, East Nusa Tenggara. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> , 1291 (1), 012013
2024	Irawan, F.A., Danoedoro, P, and Farda, N.M. <i>Location prediction using forward geocoding for fire incidents. E3S Web of Conferences</i> , 479 (07031)
2023	G. Dwinita, P. Danoedoro, P.Widayani. Land-Cover/Land-Use Random Forest Classification Using Sentinel 1A Radar Imagery. <i>Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education</i> , 7 (1) 7, 119-125
2023	P. Danoedoro, P. Widayani, I. N. Hidayati, S. Arjasakusuma, D. D. Gupita, H. N. Salsabila. Vegetation Structural Composition Mapping of a Complex Landscape using Forest Cover Density Transformation and Random Decision Forest Classifier: A Comparison. <i>Geocarto International</i> , Vol 38 (1) 2220289

2023	F. P. Cera, P. Danoedoro, P. Wicaksono, M. Yasir. Random Forests Algorithm for Two Levels of Coral Reef Ecosystem Mapping Using Planetscope Image in Malalayang Beach, Manado. <i>Jurnal Geografi</i> , 15 (2), 135-144
2023	The Compatibility Study of Sentinel 1 Multitemporal Analysis For River-Flood Detection, Study Case: Bogowonto River. <i>Journal of Applied Geospatial Information</i> , 7 (2), 853-860
2023	MS Wijaya, UA Syamsuri, IZ Irawan, P Widayani, P Danoedoro, SH Murti. The utilization of multi-sensor remote sensing and cloud-computing platform for mapping burned areas. <i>AIP Conference Proceedings</i> , 2654 (1)
2023	S Zahrotunisa, P Danoedoro, S Arjasakusuma. Estimation of actual evapotranspiration using SEBAL algorithm based on Landsat 8 imagery in Semarang area, Indonesia. <i>AIP Conference Proceedings</i> , 2654 (1)
2022	P. Danoedoro, M. Z. Afwani, D. D. Gupita, H. A. Hadi, W. K. Mahendra. Preliminary Study on the Use of Digital Surface Models for Estimating Vegetation Cover Density in a Mountainous Area. <i>Indonesian Journal of Geography</i> , 54 (3) 333-343
2022	P. Danoedoro, D.D. Gupita. Combining Pan-Sharpener and Forest Cover Density Transformation Methods for Vegetation Mapping using Landsat-8 Satellite Imagery. <i>International Journal on Advanced Science, Engineering and Information</i> , 12 (3), 881-891
2022	F. Puturuhi, P. Danoedoro, J Sartohadi, D Srihadmoko. Artificial neural network for landslide vulnerability mapping in Leitimur Peninsula Ambon Island. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> , 989 (1), 012013
2022	S. Zahrotunissa, P. Danoedoro, S Arjasakusuma. Comparison of Split Windows Algorithm and Planck Methods for Surface Temperature Estimation Based on Remote Sensing Data in Semarang. <i>Jurnal Geografi</i> , 14 (1),11-21

2021	P Danoedoro, P. Kricella, dan D.D. Gupita. Evaluating Performance of Majority Rules in Per-Pixel and OBIA Land-Cover Classification using Worldview Multispectral Imagery of Urban Fringe Area, Indonesia. <i>Proceedings of the 42<sup>nd</sup> Asia Conference on Remote Sensing</i> , Can Tho, Vietnam, 22-26 November 2021
2021	H. N. Salsabila, P. Danoedoro. The Effect of Atmospheric and Topographic Corrections on the Vegetation Density Mapping using Several Vegetation Indices: A Case Study in Arjuno-Welirang Volcanoes, East Java. <i>Proceedings of the 7<sup>th</sup> Geoinformation Science Symposium</i> , Yogyakarta, 25-28 October 2021
2021	H. A. Hadi, and P. Danoedoro. Comparing Several Pixel-based Classification Methods for Vegetation Structural Composition Mapping using Sentinel 2A Imagery in Salatiga Area, Central Java. <i>Proceedings of the 7<sup>th</sup> Geoinformation Science Symposium</i> , Yogyakarta, 25-28 October 2021.
2021	D. A. Umarhadi, P. Danoedoro. Comparing canopy density measurement from UAV and hemispherical photography: an evaluation for medium resolution of remote sensing-based mapping. <i>International Journal of Electrical and Computer Engineering</i> , Vol. 11, No. 1, February 2021, pp. 356~364
2020	P. Danoedoro, I. N. Ananda, C. S. D. Kartika, A. F. Umela, A. B. Indayani. Testing a detailed classification scheme for land-cover/ land-use mapping of typical Indonesian landscapes: case study of Sarolangun, Jambi and Salatiga, Central Java. <i>Indonesian Journal of Geography</i> , Vol.52 , No. 3, 2020 (327 - 340)
2020	N. Arif, P. Danoedoro, Hartono, A. Mulabbi. Erosion Prediction Model using Fraction Vegetation Cover. <i>Indonesian Journal of Science and Technology</i> , Vol.5 No 1. 2020. (125-132)

2020	D. A. Umarhadi, P. Danoedoro. The Effect of Topographic Correction on Canopy Density Mapping Using Satellite Imagery in Mountainous Area. <i>International Journal on Advanced Science, Engineering, and Information Technology</i> , Vol.10 (2020) No. 3 ISSN: 2088-5334
2019	Wulandari, A. F. Umela, N. Ratnasari, E. S. Ryasidi, M. R. Pahlefi, D. P. Ramadanningrum, I. I. Kulsum, A. Juniansah, B. I. Tyas, L. Rosalina, D. A. Narmaningrum. Developing interpretation methods for detailed categorisation-based land-cover/land-use mapping at 1:50,000 scale in Indonesia. <i>Proc. SPIE 11372, Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite</i> , Event: Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite, 2019, Bogor, Indonesia, SPIE 11372, 1137205 (24 December 2019); doi: 10.1117/12.2541857
2019	E. A.W. Putri, P. Danoedoro. Comparing per-pixel and object-based classification results using two different land-cover/land-use classification schemes: a case study using Landsat-8 OLI imagery. <i>Proc. SPIE 11372, Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite</i> , Event: Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite, 2019, Bogor, Indonesia, SPIE 11372, , 1137206 (24 December 2019); doi: 10.1117/12.2541876
2019	R. Prasetya, Projo Danoedoro. Paddy and non-paddy crops mapping using multi-temporal data of Sentinel-1A in part of Bantul Regency. <i>Proc. SPIE 11372, Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite</i> , Event: Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite, 2019, Bogor, Indonesia, SPIE 11372, 113720G (24 December 2019); doi: 10.1117/12.2540635

2019	L. D. Y. Pratama and Projo Danoedoro. Above-ground carbon stock estimates of rubber ( <i>hevea brasiliensis</i> ) using Sentinel 2A imagery: a case study in rubber plantation of PTPN IX Kebun Getas and Kebun Ngobo, Semarang Regency. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Proc of the 6<sup>th</sup> ICOIRS</i> , ITENAS Bandung, 500 012087
2019	M. Z. Afwani, Projo Danoedoro. The effects of polynomial interpolation and resampling methods in geometric correction on the land-cover classification accuracy of Landsat-8 OLI imagery: a case study of Kulon Progo area, Yogyakarta. <i>Proc. SPIE 11311, Sixth Geoinformation Science Symposium</i> , Yogyakarta Indonesia, SPIE 113110T (21 November 2019); doi: 10.1117/12.2548423
2019	N. Tassri, P. Danoedoro, P. Widayani. Multitemporal analysis of vegetated land cover changes related to tin mining activity in Bangka Regency using Landsat imagery. <i>Proc. SPIE 11311, Sixth Geoinformation Science Symposium</i> , Yogyakarta Indonesia, SPIE 1131104 (21 November 2019); doi: 10.1117/12.2548887
2019	I. N. Ananda, A. F. Umela, N. Ratnasari, D. A. Putri, Y. S. Wulandari, P. Danoedoro. Development of land-cover spatial database using satellite imagery: lesson learned from southern part of Sumatera. <i>Proc. SPIE 11311, Sixth Geoinformation Science Symposium</i> , Yogyakarta Indonesia, SPIE 113110V (21 November 2019); doi: 10.1117/12.2548890