



Memetakan Biodiversitas Tumbuhan di Sekitar Kita

Harry Imantho
Zulhamsyah Imran

**Memetakan
Biodiversitas Tumbuhan
di Sekitar Kita**

**Harry Imantho
Zulhamsyah Imran**

Memetakan Biodiversitas Tumbuhan di Sekitar Kita
©Harry Imantho, Zulhamsyah Imran

Diterbitkan oleh SEAMEO BIOTROP,
SEAMEO Regional Centre for Tropical Biology
Jalan Raya Tajur Km. 6 Bogor, 16134, INDONESIA

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KTD)
Harry Imantho, Zulhamsyah Imran
Memetakan Biodiversitas Tumbuhan di Sekitar Kita
SEAMEO BIOTROP, Bogor 2024
102 hal.; 15 cm x 23 cm
ISBN: XXX-XX-XXXX-X
Cetakan Pertama, Juli 2024
Desain halaman sampul: Asep Saepudin dan Harry Imantho

Kata Pengantar

Menanamkan kesadaran dan pentingnya biodiversitas di sekitar kita merupakan pondasi penting bagi keberhasilan setiap upaya penyelamatan biodiversitas. Pemahaman dan kesadaran akan timbul jika kita dapat mengenal dan mengetahui keberadaan, sebaran dan jumlah biodiversitas tersebut, termasuk mengetahui faktor-faktor yang dapat mengganggu keberlangsungan satu jenis/spesies dan habitat. Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh merupakan sarana yang sangat baik untuk mengenalkan keberadaan, sebaran dan jumlah biodiversitas secara visual dan interaktif.

Buku ini disusun dengan bahasa dan sistematika yang runut, membawa pembaca memahami SIG dan Penginderaan Jauh, sekaligus mempraktekannya dalam akuisisi, pengolahan, analisis dan visualisasi data biodiversitas tumbuhan. Buku ini sangat mudah diimplementasikan dengan mengambil alam di sekitar kita sebagai laboratorium sekaligus sumber data dan informasi; dan ditransformasi menjadi data digital spasial dan non spasial.

Semoga buku ini memberikan manfaat bagi kita semua.
Aamiin.

Bogor, Desember 2023

Penyusun

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar	vii
Urgensi Memetakan Biodiversitas	1
1. Latar Belakang	1
2. Tujuan	3
Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh.....	5
1. Sistem Informasi Geografis	5
1.1. Sumber Data SIG.....	6
1.1.1. Data Pengukuran Lapangan.....	6
1.1.2. Peta Analog	7
1.1.3. Data Penginderaan Jauh	7
1.1.4. Data GPS (GNSS <i>receiver</i>).....	9
1.2. Tipe Data Spasial.....	10
1.2.1. Data Vektor.....	10
1.2.2. Data Raster	11
1.3. Sistem Koordinat Peta	11
1.4. Skala Peta.....	13
2. Penginderaan Jauh.....	14
2.1. Definisi Penginderaan Jauh	14
2.2. Sumber Energi Penginderaan Jauh.....	15
2.2.1. Wahana Penginderaan Jauh Pasif.....	15
2.2.2. Wahana Penginderaan Jauh Aktif	17
2.2.3. Respon Spektral dari Obyek	18

Teknik Akuisisi Data Biodiversitas Tumbuhan	20
1. Perencanaan Survey Data Biodiversitas.....	20
2. Menandai dan Merekam Koordinat Data Biodiversitas dengan <i>Handheld</i> GNSS Receiver.....	21
2.1. Kalibrasi <i>handheld</i> GPS.....	22
2.2. Menandai Koordinat Lokasi Tumbuhan dengan <i>handheld</i> GPS	23
Mengolah Data Hasil Survey Biodiversitas Tumbuhan.....	28
1. Unduh Data dari <i>Handheld</i> GPS.....	28
2. Mengatur Tampilan Peta pada ArcMap.....	32
Mengolah Data Hasil Survey Biodiversitas Tumbuhan dari Drone dan Foto Udara.....	38
1. Data Drone	38
2. Pengolahan Data Drone.....	39
3. Digitasi Data Biodiversitas Bersumber dari Data Raster Resolusi Tinggi.....	43
3.1. Pembuatan Folder Kerja pada ArcCatalog	43
3.2. Pembuatan Shapefile Baru pada ArcCatalog	45
3.3. Digitasi <i>on Screen</i> dengan ArcMap.....	47
3.3.1. Membuat Data Vektor Bertipe Area (<i>Polygon</i>).....	50
3.3.2. Membuat Data Vektor Bertipe Garis (<i>Line</i>).....	54
3.3.3. Membuat Data Vektor Bertipe Titik (<i>Point</i>)	55
Mengelola Atribut Data Biodiversitas Tumbuhan.....	57
1. Urgensi Atribut Data Spasial.....	57
2. Edit Data Atribut	58
2.1. Memutakhirkan Atribut Data Spasial	58
Analisis Perubahan Spasial Tutupan Biodiversitas Tumbuhan ...	63
1. Perubahan Spasial Tutupan Lahan	63
2. Analisis Perubahan Spasial Tutupan Lahan.....	66

Menyajikan Peta Data Biodiversitas Tumbuhan	75
1. Unsur-Unsur Kartografi Peta	75
1.1. Judul Peta	76
1.2. Skala Peta.....	76
1.3. Legenda.....	76
1.4. Orientasi	76
1.5. Simbol dan Warna.....	77
1.6. Sumber Dan Tahun Pembuatan Peta	78
2. Teknik Layout Peta	78
2.1. Mengatur Symbol pada Peta.....	78
2.2. Memberikan Label pada Peta	79
2.3. Layout Peta	80
2.3.1. Menambahkan Grid Koordinat	82
2.3.2. Ekspor Peta ke dalam Format JPG atau PDF....	91
Daftar Pustaka	93
Tentang Penulis	98

Daftar Tabel

Tabel 2.1. Data pengukuran lapangan kadar air tanah dan <i>bulk density</i>	7
Tabel 7.2. Perubahan tutupan lahan tahun 2012 - 2017	65

Daftar Gambar

Gambar 2.1. Contoh peta analog.	8
Gambar 2.2. Perbandingan tingkat kedetilan informasi dari citra satelit pada lokasi yang sama dengan resolusi spasial yang berbeda.	8
Gambar 2.3. Contoh data GPS tipe waypoint setelah dibaca dengan perangkat lunak SIG.	9
Gambar 2.4. Tahap pengolahan data spasial berdasarkan sumber data.	10
Gambar 2.5. Representasi obyek/fenomena dalam data vektor.	11
Gambar 2.6. Representasi obyek/fenomena dalam data raster dengan resolusi spasial 1.2 meter.	11
Gambar 2.7. Sistem koordinat geografis.	12
Gambar 2.8. Prinsip proyeksi Sistem koordinat UTM.	13
Gambar 2.9. Pembagian zona UTM.	13
Gambar 2.10. Klasifikasi skala peta.	14
Gambar 2.11. Teknologi dan instrumen penginderaan jauh.	15
Gambar 2.12. Prinsip kerja wahana penginderaan jauh pasif.	16
Gambar 2.13. Prinsip kerja wahana penginderaan jauh aktif.	18
Gambar 2.14. Kurva respon spektral obyek ²³	19
Gambar 3.15. Contoh formulir survey.	21
Gambar 3.16. Contoh beberapa merk dan model GPS.	22

Gambar 3.17. Posisi saat menandai lokasi menggunakan <i>handheld</i> GPS (kiri); dan tampilan mode satelit pada <i>handheld</i> GPS (kanan).	25
Gambar 3.18. Mencatat data pengukuran/lokasi koordinat dari obyek tumbuhan dan mengambil foto dokumentasi.....	26
Gambar 4.19. Menghubungkan <i>Handheld</i> GPS dengan komputer.	29
Gambar 4.20. File hasil survey telah disalin ke folder kerja pada komputer.	30
Gambar 4.21. Langkah awal menggunakan ArcMap.	30
Gambar 4.22. Bagian penting pada tampilan ArcMap.....	31
Gambar 4.23. Fungsi untuk impor data dari format GPX.....	31
Gambar 4.24. Jendela dari fungsi untuk impor data dari format GPX.	32
Gambar 4.25. Hasil impor tampil pada jendela peta.	32
Gambar 4.26. Mengatur properti tampilan titik lokasi tumbuhan.	33
Gambar 4.27. Tampilan titik lokasi tumbuhan.....	34
Gambar 4.28. Menambahkan data spasial ke dalam jendela peta ArcMap.	34
Gambar 4.29. Memilih data spasial yang akan ditampilkan.....	35
Gambar 4.30. Gabungan data spasial memperjelas orientasi lokasi.	35
Gambar 4.31. Mengatur simbologi data jalan (fitur garis) dan tampilan pada jendela peta.....	36
Gambar 5.32. Menambahkan foto-foto hasil akuisisi ke dalam jendela foto.	39
Gambar 5.33. Penyelarasan foto (<i>photo alignment</i>).	40
Gambar 5.34. Proses <i>build dense cloud</i>	40
Gambar 5.35. Proses <i>Build Mesh</i>	41
Gambar 5.36. Proses <i>Build Texture</i>	41

Gambar 5.37. Proses <i>Build Orthomosaic</i> (atas); dan data raster hasil proses orthomosaik (bawah).	42
Gambar 5.38. Ekspor data raster ke dalam format GeoTIFF.	42
Gambar 5.39. Tampilan awal ArcCatalog.	44
Gambar 5.40. Registrasi folder kerja ke dalam ArcCatalog.	44
Gambar 5.41. Menghapus folder kerja dari Catalog Tree.	45
Gambar 5.42. Membuat shapefile yang baru.	45
Gambar 5.43. Memilih sistem koordinat yang digunakan saat digitasi.	46
Gambar 5.44. Shapefile baru selesai dibuat dan telah siap digunakan pada tahap digitasi <i>on screen</i>	47
Gambar 5.45. Mejalankan perangkat lunak ArcMap.	48
Gambar 5.46. Tampilan jendela peta pada ArcMap.	48
Gambar 5.47. Pemanggilan data raster yang akan didigitasi serta shapefile baru yang dibuat pada tahap persiapan.	49
Gambar 5.48. Setting skala pada sebelum memulai digitasi.	49
Gambar 5.49. Setting dan contoh penggunaan Snapping	50
Gambar 5.50. Mengaktifkan fungsi editing (kiri); dan fungsi digitasi akan aktif (kanan)	51
Gambar 5.51. Proses digitasi tutupan lahan dengan fitur area (<i>polygon</i>).	53
Gambar 5.52. Ikon yang berfungsi untuk <i>cut polygon</i>	53
Gambar 5.53. Proses dan hasil dari operasi <i>cut polygon</i>	54
Gambar 5.54. Proses (kiri) dan hasil digitasi jalan dengan fitur garis (ditunjukkan garis warna merah pada gambar sebelah kanan).	55
Gambar 5.55. Hasil digitasi pohon mangrove dengan fitur titik (<i>point</i>).	56
Gambar 6.56. Data vektor hasil digitasi ditampilkan dengan foto udara.	59

Gambar 6.57. Atribut data spasial tutupan lahan hasil digitasi ...	59
Gambar 6.58. Penambahan atribut data spasial tutupan lahan....	60
Gambar 6.59. Pemutakhiran informasi pada data atribut.....	60
Gambar 7.60. Tutupan lahan pada 2 tahun berbeda hasil perekaman wahana foto udara	64
Gambar 7.61. Tutupan lahan tahun 2012 dann 2017 dan perekaman drone 2019.....	65
Gambar 7.62. Operasi <i>intersect</i> pada dua data spasial.....	66
Gambar 7.63. Proses <i>intersect</i> dua data spasial menggunakan ArcMap.....	67
Gambar 7.64. Data spasial hasil operasi <i>intersect</i> menggunakan ArcMap.....	67
Gambar 7.65. Proses dan hasil <i>dissolve</i> menggunakan ArcMap....	68
Gambar 7.66. Proses menambah kolom pada data atribut.	69
Gambar 7.67. Proses menghitung luas setiap area (<i>polygon</i>).....	69
Gambar 7.68. Menentukan parameter untuk perhitungan luas dari setiap area (<i>polygon</i>).	70
Gambar 7.69. Tampilan hasil perhitungan luas (kiri) dan tampilan <i>field calculator</i> untuk mengisi kolom “Perubahan”.....	70
Gambar 7.70. Hasil akhir dari pemutakhiran informasi luas dan informasi perubahan pada data atribut.....	71
Gambar 7.71. Parameter untuk membuat <i>pivot table</i>	71
Gambar 7.72. Hasil dari perhitungan <i>pivot table</i>	72
Gambar 7.73. Diagram transisi perubahan tutupan lahan.....	72
Gambar 7.74. Peta perubahan tutupan lahan dari 2012 - 2017...	73
Gambar 8.75. Peta fasilitas gedung dan tumbuhan di sekitar BIOTROP.....	78
Gambar 8.76. Pengaturan simbol warna.	79
Gambar 8.77. Pengaturan pemberian label pada peta.....	80

Gambar 8.78. Pengaturan ukuran dan orientasi bidang layout peta.	81
Gambar 8.79. Tampilan mode layout view.	82
Gambar 8.80. Proses penambahan grid koordinat pada layout peta.	82
Gambar 8.81. Proses pembuatan graticule.	83
Gambar 8.82. Proses pengaturan <i>axes</i> dan <i>label</i>	83
Gambar 8.83. Pengaturan properti <i>graticule</i>	84
Gambar 8.84. Pengaturan jenis, ukuran huruf dan tata letak label <i>graticule</i>	84
Gambar 8.85. Tingkat keterbacaan informasi menjadi baik setelah pengaturan label.	85
Gambar 8.86. Pemberian judul peta.	86
Gambar 8.87. Penambahan arah mata angin.	86
Gambar 8.88. Penambahan dan pengaturan skala gambar dan teks.	87
Gambar 8.89. Penyisipan data vegetasi dalam format gambar. ...	88
Gambar 8.90. Menambahkan legenda peta.	88
Gambar 8.91. Mengatur tampilan legenda.	89
Gambar 8.92. Mengatur tata letak legenda.	89
Gambar 8.93. Perbaikan penulisan informasi pada legenda.	90
Gambar 8.94. Membuat garis tepi/batas luar dari peta.	90
Gambar 8.95. Menambahkan keterangan sumber data.	91
Gambar 8.96. Ekspor peta ke dalam format gambar (JPEG).	91
Gambar 8.97. Peta hasil layout dan siap untuk dicetak.	92



1

Urgensi Memetakan Biodiversitas

1. Latar Belakang

Keanekaragaman hayati memiliki peranan penting dalam pembangunan berkelanjutan dan menopang kehidupan dan penghidupan umat manusia ¹. Hampir semua makanan (pangan), barang (sandang, papan) dan bahan obat-obatan yang digunakan manusia berasal dari makhluk hidup, baik tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme. Keanekaragaman hayati tidak terbatas pada bentuk kehidupan yang ada di bumi, seperti hewan, tumbuhan dan mikroorganisme, namun termasuk ekosistem tempat mereka hidup dan berkembang biak. Keanekaragaman hayati diciptakan oleh Tuhan dengan sempurna bagi umat manusia untuk dijaga dan dinikmati. Keanekaragaman hayati menyediakan fungsi ekosistem yang vital seperti mempertahankan dan memperbaiki kesuburan tanah, mendaur ulang nutrisi, mengendalikan hama dan penyakit, mengendalikan erosi dan menjaga keberlanjutan kehidupan, seperti membantu proses penyerbukan tanaman dan tumbuhan.

Keanekaragaman hayati dalam suatu (sistem) lingkungan bekerja sama untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Interaksi tersebut menciptakan beberapa fungsi sistem yang disebut jasa ekosistem yang terdiri dari jasa penyediaan, jasa pengaturan, jasa budaya, dan jasa pendukung ²⁻³. Keberlangsungan fungsi jasa ekosistem sangat dipengaruhi oleh peran dan aktifitas manusia. Analisis menunjukkan kualitas dan kuantitas keanekaragaman hayati terus menurun akibat berbagai tekanan, terutama karena aktifitas manusia yang melakukan eksploitasi dan pemanfaatan yang berlebihan, pencemaran limbah, pencemaran udara, perubahan iklim serta kebakaran hutan dan lahan ¹.

Data keanekaragaman hayati berkualitas tinggi diperlukan untuk membuktikan bahwa kehilangan keanekaragaman hayati dapat menyebabkan penurunan jasa ekosistem ⁴⁻⁵. Selain itu, data keanekaragaman hayati yang berkualitas tinggi sangat diperlukan untuk penelitian, pendidikan, pengelolaan dan upaya konservasi keanekaragaman hayati ⁶. Pertumbuhan digitalisasi data dan informasi dalam abad terakhir telah membuat miliaran catatan keanekaragaman hayati dari berbagai sumber (seperti: museum,

herbaria, dan hasil survei lapangan) tersedia untuk umum⁷⁻⁸. Organisasi dan individu memanfaatkan teknologi pada era digitalisasi ini untuk membangun database yang berisi catatan keberadaan dan distribusi spesies. Database ini telah berkontribusi pada berbagai aplikasi, seperti identifikasi taksonomi⁹, memprediksi perkembangan spesies secara temporal dan spasial¹⁰, memperkirakan potensi dan risiko kepunahan spesies tumbuhan¹¹, menangani dan mengendalikan tumbuhan invasif¹², mengevaluasi pengelolaan kawasan konservasi dan lindung¹³ serta menganalisis dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati¹⁴.

Sangat penting untuk menanamkan pemahaman kepada masyarakat dan generasi penerus bahwa Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang bernilai tinggi, sehingga dinobatkan pada urutan kedua tertinggi dari 17 negara megabiodiversity setelah Brazil. Pada periode 2016-2020 tercatat tidak kurang dari 720 spesies mamalia (13 persen dari total spesies global), dan 1.812 spesies spesies burung (16 persen dari total spesies global)¹⁵. Selain itu, Indonesia memiliki 385 spesies amfibi (6 persen dari total spesies global), 723 spesies reptil (18 persen dari total spesies global), 1.900 spesies kupu-kupu (11 persen dari total spesies global), dan 19.232 spesies tumbuhan berbiji (8 persen dari total spesies dunia)¹⁵, yang mendiami berbagai habitat darat dan air di seluruh kepulauan Indonesia. Namun, Indonesia juga menjadi salah satu negara yang mengalami laju degradasi keanekaragaman hayati yang tinggi. Jika tidak ada upaya serius untuk menahan penurunan kualitas dan kuantitas keanekaragaman hayati, maka akan semakin banyak spesies yang terancam bahkan mengalami kepunahan.

Kepedulian terhadap keanekaragaman hayati dan urgensi untuk menyelamatkannya harus terus didorong dan ditumbuhkembangkan di dalam kelompok masyarakat, demi kelangsungan kehidupan dan penghidupan manusia dan generasi berikutnya. Seperti kata pepatah, “tak kenal maka tak sayang”, tanpa mengenal kekayaan hayati dan manfaatnya maka tidak mungkin hati akan tergerak untuk menjaganya. Kesadaran dan rasa tanggung jawab terhadap kekayaan hayati yang ada di sekitar seyogyanya dikenalkan dari semenjak usia dini. Sekolah memiliki peranan penting dalam menanamkan kepedulian, kecintaan dan minat siswa untuk menjaga dan mengelolan kekayaan hayati yang ada di sekitar sekolah dan di sekitar tempat tinggal siswa. Peran guru sangat vital dalam menumbuhkan kesadaran,

membangun semangat partisipatif dan peran aktif siswa dalam upaya menyelamatkan keanekaragaman hayati. Guru dapat mengajak siswa mengenal keanekaragaman hayati mulai dari lingkungan sekolah. Integrasi teknologi digital ke dalam metode pembelajaran berbasis alam akan memberikan pengalaman yang berbeda dan menyenangkan bagi para siswa.

Teknologi sistem informasi geografis (SIG) dan penginderaan jauh merupakan ilmu dan alat/media yang efektif dan menarik untuk digunakan dalam menumbuhkan kesadaran dan minat Masyarakat luas mengenal keanekaragaman hayati di lingkungan sekitar tempat tinggal. Buku pembelajaran ini disusun untuk membantu para pihak yang bekerja dalam bidang SIG, baik pengguna umum, pendidik/guru dan siswa dalam memanfaatkan teknologi SIG dan penginderaan jauh sebagai media untuk mengenal, merekam dan memetakan kekayaan hayati di sekitar kita.

2. Tujuan

Buku dengan judul “Memetakan Biodiversitas Tumbuhan di Sekitar Kita”, berisi materi teknik pencatatan, pengolahan, penyimpanan dan pemetaan biodiversitas di sekitar kita dengan menggunakan teknologi SIG dan penginderaan jauh. Buku dapat dijadikan acuan untuk memperkaya materi dan metode pembelajaran pendidikan lingkungan hidup.

{balaman ini sengaja dikosongkan}

Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh

Tujuan materi pembelajaran:

- Menjelaskan pengertian sistem informasi geografis (SIG) dan penginderaan jauh;
- Menjelaskan sumber-sumber data dan model spasial;
- Menjelaskan sistem koordinat peta, proyeksi dan skala peta;
- Menjelaskan teknologi penginderaan jauh pasif dan aktif;
- Menjelaskan resolusi data penginderaan jauh.

Indikator pencapaian kompetensi:

- Mampu menjelaskan komponen SIG dan peran setiap komponen;
- Mampu menjelaskan sumber-sumber data spasial dan model data spasial;
- Mampu menjelaskan sistem koordinat peta, proyeksi dan skala peta;
- Mampu menjelaskan perbedaan teknologi penginderaan jauh pasif dan aktif;
- Mampu menjelaskan resolusi pada data penginderaan jauh.

1. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, mengolah dan menampilkan data atau informasi geografis representasi dari fenomena dunia nyata¹⁶⁻¹⁷. Sebagai sebuah sistem, SIG dibentuk oleh komponen-komponen yang saling terhubung satu dengan lainnya. Komponen SIG terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis. Dengan demikian SIG dapat pula diartikan sebagai sebuah sistem yang menyediakan infrastruktur, alat dan metode untuk akuisisi (merekam), menyimpan, memperbaiki, memutakhirkan, mengelola, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis¹⁸⁻¹⁹. Dari

sudut pandang keilmuan, SIG mengandung makna sebagai sebuah kerangka pikir penggunaan teori informasi, analisis spasial, analisis statistik, serta kartografi yang membantu kita memahami filosofi dan konteks informasi geografis dalam berbagai bidang kehidupan²⁰. Integrasi pemodelan dinamika sistem ke dalam SIG menjadi titik tolak perkembangan pesat pemodelan spasial untuk kepentingan proyeksi, perencanaan dan rekomendasi²¹⁻²².

1.1. Sumber Data SIG

Dalam SIG terdapat empat proses yang dilakukan secara berurutan yaitu pemasukan data, manajemen (termasuk pengelolaan, pemutakhiran) data, analisis data dan presentasi/penyajian data/informasi yang dihasilkan. Dengan demikian, hal pertama yang harus diketahui dan dipahami adalah sumber-sumber data sebagai komponen masukan dalam proses SIG. Seorang yang bekerja dengan SIG harus mengetahui sumber-sumber data SIG, dan bagaimana mengolah data tersebut menjadi data yang siap digunakan dalam proses analisis hingga representasi informasi. Sumber data dalam SIG terdiri dari 4 jenis, yakni: (1) data pengukuran lapangan; (2) data peta analog; (3) data penginderaan jauh (termasuk data drone); dan (4) data GPS (GNSS receiver).

1.1.1. Data Pengukuran Lapangan

Data pengukuran lapangan merupakan sumber data atribut yang dihasilkan melalui pengamatan, pengukuran, dan analisa yang dihasilkan melalui survey dan penelitian baik secara manual atau dengan dengan bantuan alat ukur otomasi. Contoh data pengukuran lapangan adalah atribut batas administrasi, tata batas kepemilikan lahan/persil, data pengukuran kadar air tanah, data cuaca dan lainnya. Hal utama yang harus dipahami, data-data tersebut memiliki referensi geografis, terikat pada sebuah titik koordinat, atau dapat dihubungkan dengan poligon-poligon satuan administrasi; desa, kecamatan, kabupaten atau satuan unit poligon lainnya yang relevan. Data pengukuran lapangan yang dicatat secara manual, maka perlu diinput ke dalam komputer

dengan menyertakan referensi geografisnya. Tabel 2.1 menyajikan contoh data pengukuran lapangan.

Tabel 2.1. Data pengukuran lapangan kadar air tanah dan *bulk density*

Kode Lokasi	Kadar Air Tanah (% berat kering)	<i>Bulk Density</i>	Bujur	Lintang
G1	39.68	1.29	112.641902	-7.524114
G2	47.17	1.34	112.642743	-7.524478
G3	56.94	1.19	112.643557	-7.524722
G4	60.91	1.10	112.643953	-7.523685
G5	33.64	1.28	112.642971	-7.523229

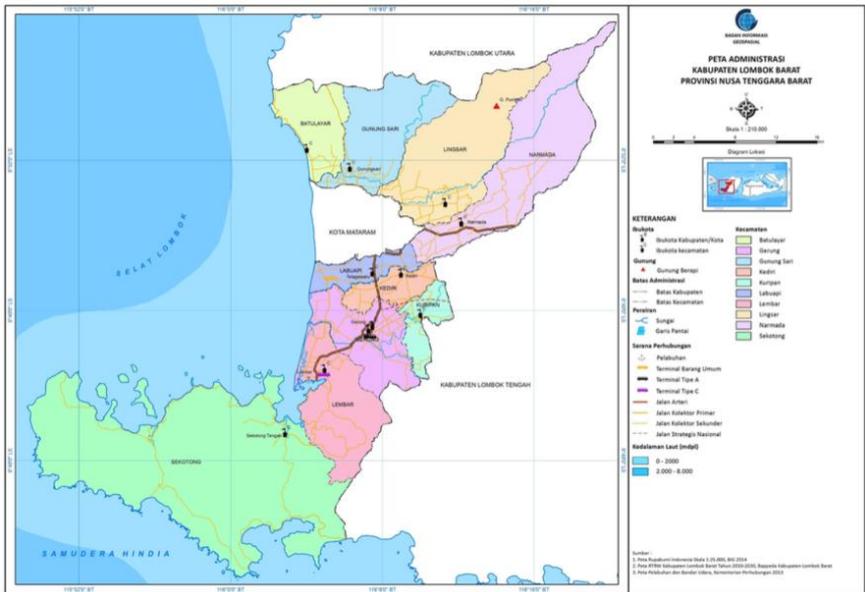
Sumber: Data pengukuran lapang KAT dan BD di Laban Perkebunan Tebu Sidoarjo, 15 Juli 2019

1.1.2. Peta Analog

Peta analog adalah peta cetak (*hardcopy*) sebagai visualisasi hasil dari proses analisis dalam SIG. Peta analog dikerjakan dengan teknik kartografi. Contoh peta analog adalah peta rupa bumi yang diterbitkan BIG, Atlas, atau peta cetak lainnya, baik peta dasar maupun peta tematik. Gambar 2.1 memberikan contoh peta analog. Peta analog memerlukan proses konversi ke dalam format data digital agar dapat digunakan dalam proses analisis menggunakan perangkat lunak SIG.

1.1.3. Data Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh yang berupa citra satelit, foto udara dan foto drone. Data penginderaan jauh memiliki tipe data raster, dimana obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan piksel (*pixel, picture element*).



Gambar 2.1. Contoh peta analog.



Ukuran piksel 2 x 2 meter²



Ukuran piksel 0.5 x 0.5 meter²

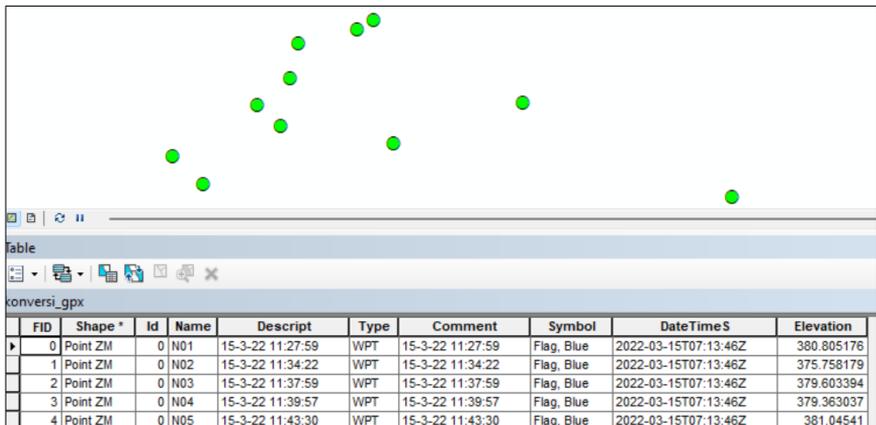
Gambar 2.2. Perbandingan tingkat kedetilan informasi dari citra satelit pada lokasi yang sama dengan resolusi spasial yang berbeda.

Data penginderaan jauh memiliki resolusi spasial, temporal dan spektral. Resolusi spasial dicerminkan oleh ukuran piksel dan menunjukkan tingkat kedetilan informasi yang dapat diekstrak dari citra. Resolusi temporal berhubungan dengan periode ulang akuisisi citra pada lokasi yang sama (*revisit period*). Resolusi temporal berhubungan dengan lebar spektral/spektrum panjang gelombang yang ditangkap oleh sensor satelit dan tercermin pada

jumlah kanal (*band*) pada citra. Gambar 2.2 menunjukkan perbedaan resolusi spasial terhadap tingkat ketidilatan informasi yang dihasilkan.

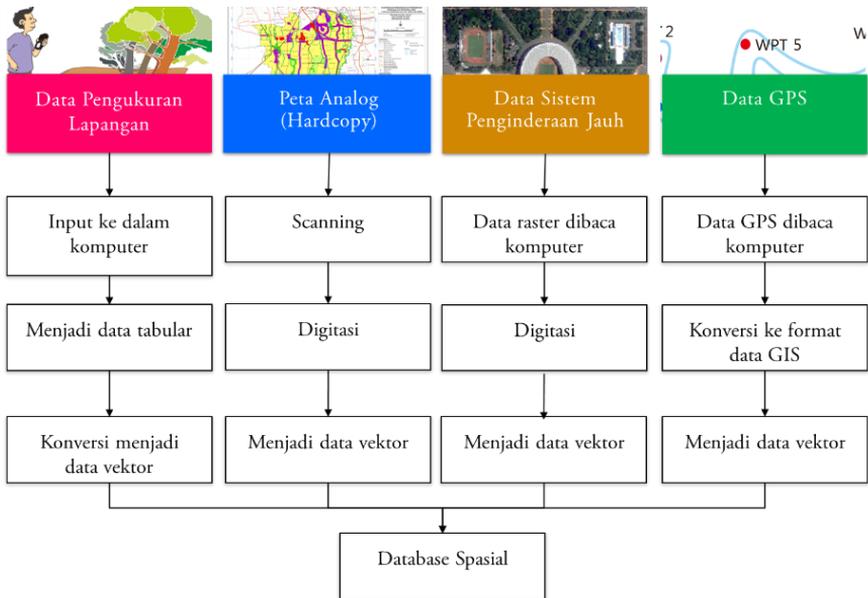
1.1.4. Data GPS (GNSS *receiver*)

Data GPS adalah data hasil perekaman menggunakan GNSS *receiver*, dan lebih dikenal sebagai *Global Positioning System* (GPS). Berdasarkan akurasi, GPS dikelompokkan sebagai *Handheld* GPS dan *Geodetic* GPS. *Geodetic* GPS memiliki akurasi lebih tinggi dibanding *Handheld* GPS. Minimum kesalahan pengukuran unit *Handheld* GPS saat ini mencapai ± 3 meter, sedangkan *Geodetic* GPS memiliki tingkat kesalahan (pergeseran dari lokasi sebenarnya) hanya beberapa centimeter saja. Jenis *Handheld* GPS umumnya dilengkapi juga dengan fitur untuk navigasi. Data yang direkam oleh GPS dapat langsung diimpor ke dalam perangkat lunak SIG. GPS menghasilkan data spasial bertipe vektor. Gambar 2.3 menyajikan contoh data *waypoint* yang direkam oleh *handheld* GPS, dan dibaca melalui perangkat lunak SIG.



Gambar 2.3. Contoh data GPS tipe waypoint setelah dibaca dengan perangkat lunak SIG.

Tahapan penyiapan data SIG bergantung pada asal/sumber datanya. Tahapan-tahapan tersebut disarikan pada Gambar 2.4.



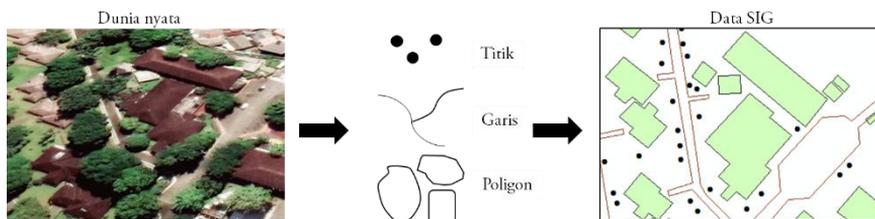
Gambar 2.4. Tahap pengolahan data spasial berdasarkan sumber data.

1.2. Tipe Data Spasial

Data spasial merupakan model representasi dari obyek/fenomena di muka bumi yang memiliki referensi geografis. Pada penjelasan sumber data SIG, telah disinggung tipe/bentuk data spasial terdiri dari dua, yakni (1) data vektor; dan (2) data raster. Keduanya memiliki perbedaan dalam hal fitur untuk merepresentasikan obyek atau fenomena geografis. Berikut di bawah ini penjelasan dari kedua tipe data tersebut.

1.2.1. Data Vektor

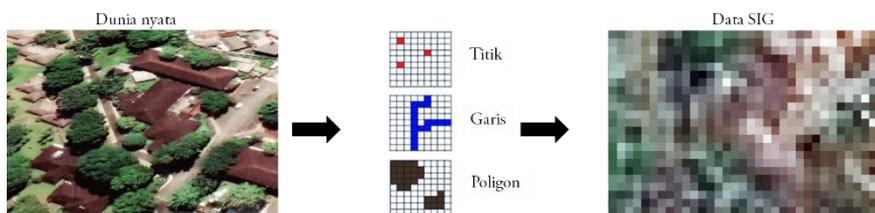
Data vektor adalah merepresentasikan obyek/fenomena di muka bumi ke dalam fitur titik (*point*), garis (*line*), dan area (*polygon*). Gambar 2.5 menyajikan contoh ketiga fitur data vektor.



Gambar 2.5. Representasi obyek/fenomena dalam data vektor.

1.2.2. Data Raster

Pada data raster, obyek/fenomena di muka bumi digambarkan sebagai kumpulan piksel yang membentuk matriks, yang terdiri dari sejumlah baris dan kolom. Setiap piksel memiliki nilai digital sebagai representasi obyek/fenomena, dan informasi koordinat (x,y atau lintang dan bujur). Seperti telah disinggung pada bahasan sumber data dari penginderaan jauh, tingkat ketelitian informasi dan visualisasi onyek pada data raster ditentukan oleh ukuran pikselnya, dan sebut sebagai resolusi spasial dari data tersebut. Informasi pada data raster dapat berupa informasi 2-dimensi dan 3-dimensi. Contoh data raster dengan informasi 3-dimensi adalah data *Digital Elevation Model* (DEM), yang memiliki informasi ketinggian. Gambar 2.6 menyajikan visualisasi objek di muka bumi ke dalam bentuk data raster.

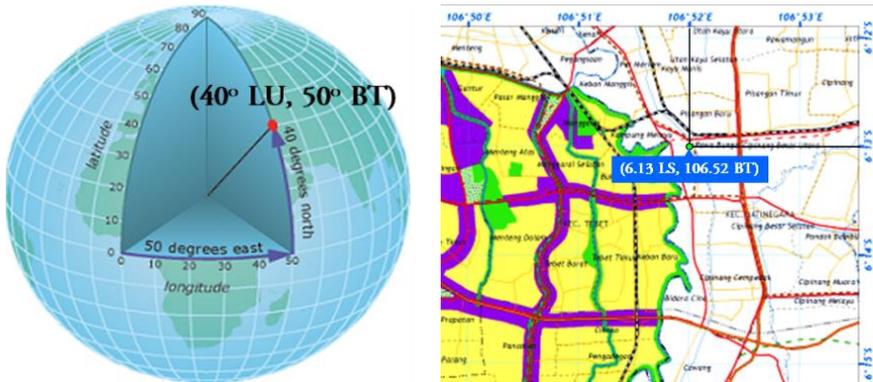


Gambar 2.6. Representasi obyek/fenomena dalam data raster dengan resolusi spasial 1.2 meter.

1.3. Sistem Koordinat Peta

Sistem koordinat peta standar yang digunakan secara umum adalah sistem koordinat geografis, dikenal juga dengan istilah sistem koordinat global (*Global Coordinate System*). Sistem koordinat geografis menggunakan sistem koordinat bola untuk menunjukkan sebuah lokasi di permukaan bumi.

Sebuah titik direferensikan sebagai perpotongan garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*). Garis lintang dan garis bujur ini membentuk sudut yang diukur dari pusat bumi ke titik di permukaan bumi. Satuan ukur dari garis-garis ini adalah derajat. Sistem koordinat geografis menggunakan satuan derajat lintang dan derajat bujur, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Sistem koordinat geografis.

Sistem koordinat kedua adalah sistem koordinat terproyeksi (*Projected Coordinate System*). Sistem koordinat terproyeksi adalah sistem koordinat yang didasarkan pada proyeksi peta terhadap bidang dua dimensi. Sistem koordinat ini memiliki panjang, sudut, luas wilayah yang sama (konstan). Pada sistem koordinat terproyeksi lokasi-lokasi diidentifikasi oleh koordinat (x, y) dalam sebuah grid, dengan titik pusat yang terletak di tengah-tengah grid. Sistem koordinat terproyeksi yang paling tepat digunakan pada wilayah lintang rendah (di sekitar equator), seperti Indonesia adalah sistem koordinat terproyeksi *Universal Transverse Mercator (UTM) System*. Sistem koordinat terproyeksi UTM, selanjutnya disingkat sebagai sistem koordinat UTM, menggunakan proyeksi silinder, di mana bumi yang digambarkan sebagai bola dunia yang disebut *spheroid* dimasukkan ke dalam silinder/tabung. Setiap titik pada permukaan bumi diproyeksikan tegak lurus terhadap kulit tabung. Distorsi jarak dari setiap titik di dekat equator akan minimum, dan akan semakin besar saat menjauh dari equator (wilayah lintang tinggi). Ketika kulit tabung dibelah, maka akan terbentuk bangun 2-dimensi persegi panjang. Gambar 2.8 memberikan ilustrasi dari proyeksi silinder/tabung.

dalam peta. Skala 1:25.000 lebih besar dari 1:100.000, sehingga informasi pada peta skala 1:25.000 lebih detil dibanding skala 1:100.000. Gambar 2.10 memperlihatkan klasifikasi skala peta.



Skala kecil (1:1.000.000) Skala menengah (1:250.000) Skala besar (1: 25.000)

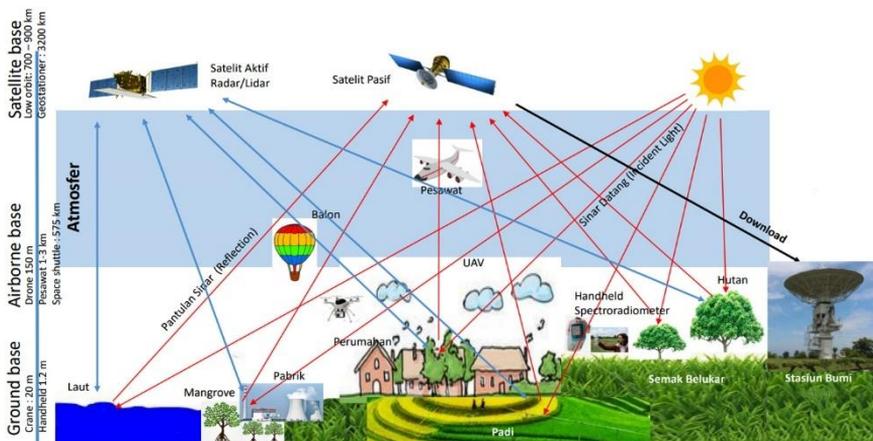
Gambar 2.10. Klasifikasi skala peta.

Analisis spasial pada level kabupaten diperlukan data yang lebih detil dengan minimum skala 1:50.000, sedangkan pada tingkat provinsi menggunakan peta dengan skala 1:250.000, dan untuk analisis wilayah pulau dapat menggunakan skala peta 1:1000.000. Namun, karena keterbatasan media tampilan, ketika diperlukan skala detil, maka cakupan area yang dapat ditampilkan menjadi lebih sempit.

2. Penginderaan Jauh

2.1. Definisi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, lokasi, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh tanpa menyentuh obyek atau fenomena yang dikaji²³. Teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang muncul dan berkembang seiring dengan revolusi industri 4.0. Perkembangan teknologi penginderaan jauh, di mulai dari instrumen penginderaan yang dapat bekerja dekat dengan obyek yang di rekam (*ground based remote sensing*), wahana dan instrumen yang dapat bekerja pada ketinggian penerbangan pesawat udara hingga penginderaan menggunakan wahana satelit yang mengorbit dan merekam dari ketinggian hingga 3000 km, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Teknologi dan instrumen penginderaan jauh.

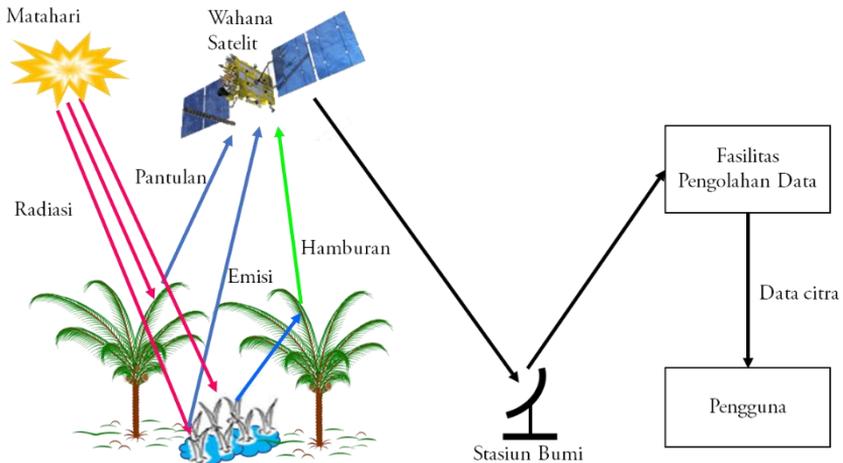
Perkembangan teknologi penginderaan jauh semakin memantapkan urgensinya dalam mendukung kegiatan kajian, perencanaan, pengawasan, dan pemanfaatan ruang, sumber daya alam serta jasa ekosistem. Dari perspektif perlindungan keanekaragaman hayati, kontribusi penginderaan jauh sangat besar dalam membantu analisa keanekaragaman hayati. Selain kemampuannya dalam menjangkau area-area yang sulit atau tidak memungkinkan dijangkau oleh manusia, instrumen penginderaan jauh juga merekam bentang lahan dalam skala luas, multi waktu dan multispektral. Ini merupakan keunggulan komparatif yang tidak dapat disaingi oleh penggunaan instrumen lain dalam menguak rahasia yang ada di permukaan dan bahkan di bawah permukaan bumi. Penginderaan jauh merupakan lompatan teknologi yang membawa perkembangan dalam eksplorasi dan pemanfaatan sumber daya alam hayati maupun non hayati (bahan tambang mineral, batubara, minyak bumi, gas alam cari dan lainnya).

2.2. Sumber Energi Penginderaan Jauh

Wahana penginderaan jauh dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumber energi yang digunakan untuk mendeteksi dan merekam obyek, yaitu (1) wahana sistem pasif; dan (2) wahan sistem aktif.

2.2.1. Wahana Penginderaan Jauh Pasif

Wahana penginderaan jauh pasif mengandalkan pantulan gelombang elektromagnetik yang bersumber dari energi matahari atau emisi energi cahaya dari permukaan bumi agar sensor dapat merekam obyek di permukaan bumi. Wahana penginderaan jauh pasif tidak memiliki sumber energi sendiri untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik. Ilustrasi dari prinsip kerja wahana penginderaan jauh pasif disajikan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Prinsip kerja wahana penginderaan jauh pasif.

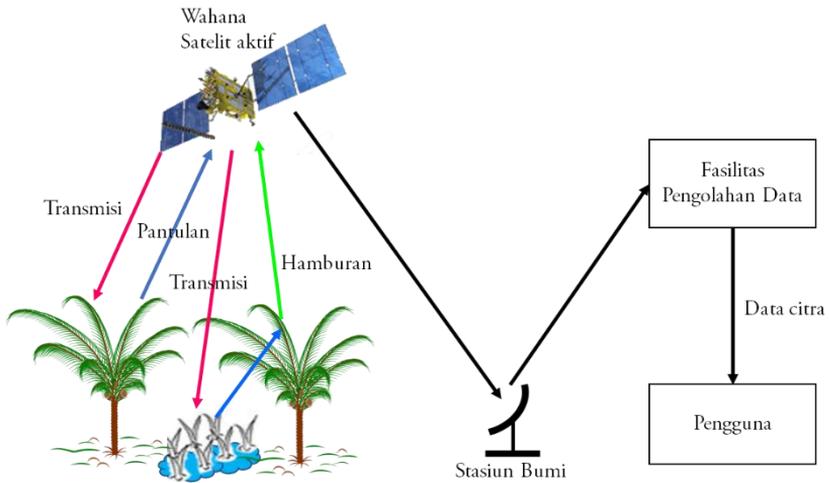
Energi radiasi matahari memiliki spektrum gelombang yang lebar, dan ini merupakan keuntungan bagi wahana penginderaan jauh pasif. Sensor mampu menangkap pantulan gelombang dari pancaran spektrum elektromagnetik radiasi matahari pada jendela atmosfer, mencakup gelombang sinar tampak, infra merah dekat, infra merah jauh dan termal. Perekaman oleh sensor satelit menghasilkan data multispektral, seperti data Landsat memiliki 7 kanal multispektral, dan data Sentinel-2 memiliki 13 kanal multispektral.

Keunggulan jumlah kanal multispektral telah dimanfaatkan untuk berbagai penelitian di bidang pengelolaan keanekaragaman hayati dan lingkungan, diantaranya untuk memetakan keanekaragaman hayati tumbuhan ²⁴⁻²⁵, menilai kesehatan habitat ²⁶, menentukan kandungan karbon ²⁷, monitoring tumbuhan jenis asing ²⁸⁻²⁹, memetakan kualitas dan kuantitas habitat ³⁰, menentukan lokasi untuk pembangkitan energi berbasis sampah organik padat ³¹⁻³², dan memberikan data dasar (*baseline data*) untuk analisa proyeksi

melalui pendekatan tren maupun pemodelan ³³. Kelemahan dari wahana penginderaan jauh pasif sangat dipengaruhi oleh *haze* dan tutupan awan. Kendala di luar kontrol pengguna ini sangat membatasi penggunaan data citra, khususnya di waktu musim penghujan dan di daerah-daerah sekitar equator yang merupakan daerah/pusat pembentukan awan ³⁴.

2.2.2. Wahana Penginderaan Jauh Aktif

Wahana penginderaan jauh aktif memiliki sensor yang membawa sumber energi sendiri. Energi gelombang elektromagnetik ditransmisikan ke permukaan bumi, dan kemudian dipantulkan oleh obyek-obyek yang ada di permukaan bumi. Prinsip kerja wahana penginderaan jauh aktif disajikan pada Gambar 2.13. Salah satu teknologi wahana penginderaan jauh aktif adalah *Synthetic Aperture Radar* (SAR). SAR adalah salah satu solusi akuisisi data bebas awan. Sensor SAR menggunakan gelombang radio dengan rentang panjang gelombang 3 – 24 cm. Berdasarkan panjang gelombang pada sensor, SAR dikelompokkan ke dalam 3 jenis, yaitu: (1) wahana SAR L-band (panjang gelombang 24 cm); (2) wahana SAR C-band (panjang gelombang 6 cm); dan (3) wahana SAR X-band (panjang gelombang 3 cm). Semakin besar nilai panjang gelombang maka daya penetrasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan semakin kuat. SAR dengan sensor L-Band, C-Band dan X-Band mampu menembus lapisan tanah terbuka masing-masing hingga kedalaman 6 cm, 2.2 cm dan 1 cm ³⁵.



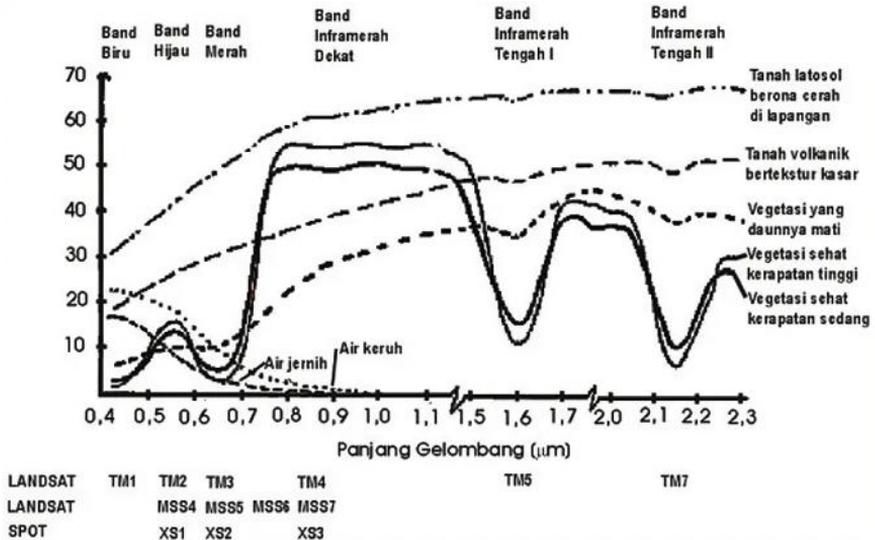
Gambar 2.13. Prinsip kerja wahana penginderaan jauh aktif.

Gelombang SAR terbukti sensitif terhadap kandungan air pada tumbuhan maupun pada lapisan tanah. Penelitian Imantho et.al. membuktikan bahwa data SAR Sentinel-1A dapat digunakan untuk memetakan distribusi spasial kadar air tanah pada perkebunan tebu³⁶. Informasi distribusi spasial kadar air tanah tersebut menjadi salah satu peubah penting untuk menghitung tahanan penetrasi tanah, yakni ukuran kepadatan tanah yang mempengaruhi kemampuan akar tumbuhan untuk dapat menembus lapisan tanah³⁷⁻³⁸. Gabungan (*fusion*) data SAR Sentinel-1 dan multispektral Sentinel-2 digunakan dalam memetakan vegetasi hutan dan menghitung biomassa tumbuhan³⁹, serta memetakan tumbuhan invasif berkayu⁴⁰.

2.2.3. Respon Spektral dari Obyek

Interaksi obyek dengan panjang gelombang elektromagnetik yang jatuh di atasnya akan dipantulkan dengan intensitas yang berbeda-beda. Hal ini mengandung makna, obyek yang sama akan memantulkan intensitas spektral yang berbeda untuk setiap panjang gelombang yang berbeda. Dengan prinsip ini pula sensor satelit dapat membedakan obyek berdasarkan respon pantulan spektralnya, yakni jumlah energi dipantulkan dan ditangkap oleh sensor

satelit. Karakteristik respon spektral ini kemudian menjadi salah satu kunci yang juga digunakan dalam proses interpretasi/analisis digital citra satelit. Lillesand dan Kiefer²³ menggambarkan hubungan /interaksi obyek dengan panjang gelombang elektromagnetik seperti disajikan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Kurva respon spektral obyek²³.

Melalui kurva pada Gambar 2.14, dapat dipahami mengapa indeks kehijauan seperti NDVI menggunakan kanal merah dan inframerah dekat. Kanopi vegetasi (daun) yang sehat menyerap sebagian besar gelombang merah, dan memantulkan sebagian besar gelombang inframerah, sehingga nilai NDVI-nya akan tinggi.

{halaman ini sengaja dikosongkan}



3

Teknik Akuisisi Data Biodiversitas Tumbuhan

Tujuan materi pembelajaran:

- Menjelaskan persiapan sebelum melakukan survey menggunakan GPS;
- Menjelaskan teknik kalibrasi *handheld* GPS;
- Menjelaskan teknik akuisisi data menggunakan *handheld* GPS;
- Menjelaskan teknik akuisisi data menggunakan aplikasi *assisted GPS* pada *smartphone*;

Indikator pencapaian kompetensi:

- Mampu menjelaskan tahapan persiapan sebelum melakukan survey;
- Mampu melakukan kalibrasi *handheld* GPS dengan benar;
- Mampu menggunakan *handheld* GPS untuk merekam data;
- Mampu menggunakan fitur aplikasi *assisted GPS* pada *smartphone*.

Fasilitas/Alat Bantu: *Handheld* GPS, alat tulis dan kamera/ *smartphone*

1. Perencanaan Survey Data Biodiversitas

Perencanaan survey dilakukan untuk memastikan proses survey berjalan dengan baik dan lancar. Beberapa hal yang perlu diperhatikan/disiapkan pada tahap perencanaan survey adalah:

- Pembentukan tim survey dan tugas setiap anggota tim. Koordinasi dan memastikan setiap anggota tim memahami tugas masing-masing.
- Mempersiapkan peralatan survey. Survey data biodiversitas memerlukan peralatan utama, yaitu *handheld* GPS, dan atau aplikasi *assisted* GPS pada *smartphone* dan kompas. Jumlah *handheld* GPS atau *smartphone* yang diperlukan harus dipastikan sesuai kebutuhan tim, kondisi baik dan beroperasi dengan baik (normal). Aplikasi *assisted* GPS pada *smartphone* dipastikan telah terinstal dan berjalan dengan normal.

- Peralatan pendukung seperti cadangan baterai, powerbank, kamera, alat tulis (ATK) disiapkan sesuai kebutuhan.
- Membuat detil agenda (konsep survey) dan jalur survey untuk pengambilan data spasial dan non spasial berdasarkan peta sketsa wilayah target survey. Jalur survey dibagi dan disesuaikan dengan jumlah tim survey lapangan yang telah dibentuk.
- Menyiapkan formulir isian survey (*survey sheet*) untuk diisi pada saat survey. Gambar 3.15 menyajikan contoh formulir isian survey data biodiversitas.

Hari/Tanggal:	Kode Titik:
FORMULIR DESKRIPSI TITIK/LOKASI	
Metode Pengukuran : (Absolut/Triangulasi)	
Lokasi : (Desa/Kel, Kecamatan)	
Waktu Pengamatan: (WIB/WITA/WIT)	
Koordinat Pendekatan: Lintang: Bujur: Ketinggian: mdpl	
GNSS Receiver:	
Nama pohon: Nama lokal: Nama latin:	
Uraian/Keterangan: (Deskripsi/Informasi pemanfaatan)	
Kode photo : (Obyek dan orientasi lokasi berdasarkan arah mata angin)	
Nama Petugas Pencatat:	

Gambar 3.15. Contoh formulir survey.

- Menyiapkan logistik survey lapangan yang disesuaikan dengan konsep survey lapangan yang akan dilakukan.

2. Menandai dan Merekam Koordinat Data Biodiversitas dengan *Handheld GNSS Receiver*

Berbagai merk dan tipe *handheld GNSS Receiver*, atau lebih dikenal dengan sebutan *handheld GPS* dengan mudah ditemui dan dibeli, baik melalui toko konvensional maupun online. Tiga merk yang saat ini banyak digunakan

adalah Garmin, Trimble dan Magellan. Gambar 3.16 menyajikan contoh beberapa model/tipe GPS.



Gambar 3.16. Contoh beberapa merk dan model GPS.

Setiap merk dan tipe GPS tentu memiliki fitur dan pengaturan menu yang berbeda. Langkah tepat untuk mempelajari penggunaannya adalah dengan membaca panduan (manual) sesuai dengan merk dan tipe GPS yang dimiliki/akan digunakan. Namun ada prosedur dan teknik perekaman standar perlu dilakukan sebelum, saat menggunakan dan setelah menggunakan GPS, yang berlaku umum untuk *handheld* GPS. Prosedur tersebut adalah: (1) kalibrasi; (2) teknik mengoperasikan; dan (3) penanganan data perekaman.

2.1. Kalibrasi *handheld* GPS

Setiap *handheld* GPS tentu saja sudah lolos uji dan kalibrasi kompas dan altimeter oleh pabrik pembuat. *Handheld* GPS sebenarnya telah memiliki fitur kalibrasi otomatis secara default. Namun jika ditemui perilaku kompas elektronik yang tidak wajar (kita dapat mengetahui dengan membandingkan terhadap kompas), misalnya, setelah menempuh jarak yang jauh atau setelah melewati perubahan suhu yang ekstrem, maka kalibrasi kompas harus dilakukan secara manual. Kalibrasi kompas sangat disarankan dilakukan sebelum digunakan untuk memastikan akurasi pengukuran dan juga sekaligus melakukan pengecekan kondisi dan operasional perangkat. Untuk melakukan kalibrasi kompas, berikut ini langkah-langkah umum pada *handheld* GPS Garmin:

- Setelah perangkat dinyalakan dan selesai melakukan inisialisasi dan sinkronisasi dengan satelit GPS, gunakan tombol menu untuk masuk ke menu “Option”.
- Pastikan saat melakukan kalibrasi berada pada tempat terbuka dan cukup jauh dari gangguan sumber-sumber magnet atau berpotensi menghasilkan medan magnet (seperti kendaraan, jaringan listrik tegangan tinggi dan bangunan).
- Temukan pilihan menu “Calibrate Compass”. Tekan dan akan muncul instruksi pada layar untuk menggerakkan perangkat. Ikuti perintah untuk memutar perangkat dalam posisi layar menghadap ke atas, selanjutnya memutar ke arah samping kanan/arah horizontal (seperti diguling-gulingkan) dan terakhir memutar perangkat ke arah badan kita (arah vertikal). Lakukan secara perlahan, dan perhatikan pesan yang muncul pada layar setelah setiap proses dilakukan. Ulangin proses jika ada pesan kalibrasi belum berhasil.
- Pesan “Calibration Successful” akan tampil setelah semua instruksi dilaksanakan. Jika muncul pesan “Calibration Failed”, maka proses kalibrasi harus diulang.

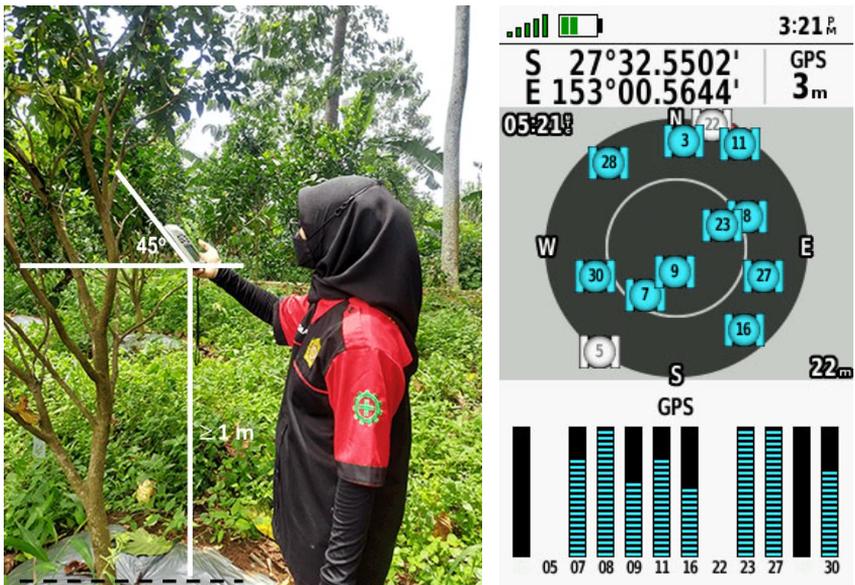
Kalibrasi altimeter (ketinggian tempat) dapat dilakukan secara manual hanya jika kita memiliki informasi akurat mengenai ketinggian tempat (mdpl) dan tekanan (milibar). Berikut langkah-langkah melakukan kalibrasi altimeter:

- Setelah perangkat dinyalakan dan selesai melakukan inisialisasi dan sinkronisasi dengan satelit GPS, gunakan tombol menu untuk masuk ke menu “Option”.
- Temukan pilihan “Calibrate Altimeter” dengan cara menggulir layar ke atas atau ke bawah (*scrolling*).
- Setelah memilih “Calibrate Altimeter”, perangkat akan meminta kita memasukan informasi ketinggian dan tekanan.
- Tekan tombol “OK” untuk mengakhiri proses kalibrasi.

2.2. Menandai Koordinat Lokasi Tumbuhan dengan *handheld* GPS

Penggunaan *handheld* GPS saat melakukan pengukuran, penandaan koordinat lokasi dan pemetaan perlu memperhatikan aturan penggunaan perangkat yang benar. Pada survey biodiversitas tumbuhan, fitur “Mark Waypoint” digunakan dalam mengukur/menandai koordinat lokasi dari tumbuhan yang ditemui saat survey. Berikut ini hal-hal yang harus diperhatikan saat menggunakan *handheld* GPS untuk menandai lokasi:

- Perhatikan lingkungan di sekitar tumbuhan yang akan ditandai dan dicatat koordinat lokasinya. Temukan lokasi yang relatif terbuka, tidak ternaungi obyek padat/konkrit seperti bangunan.
- Ambil posisi berdiri dengan memegang perangkat *handheld* GPS dengan jarak terdekat pada obyek tumbuhan. Ketinggian minimum dari perangkat dengan permukaan tanah agar dijaga tidak kurang dari 1 meter. Hal ini untuk mengurangi efek signal hamburan yang terpantul dari permukaan tanah. Silahkan perhatikan Gambar 3.17.
- Setting tampilan layar pada mode tampilan satelit (Gambar 3.17). Pada mode ini kita akan melihat visualisasi grafik yang menunjukkan nomor satelit, kekuatan signal dan jumlah satelit yang signalnya dapat diterima oleh perangkat *handheld* GPS.



Gambar 3.17. Posisi saat menandai lokasi menggunakan *handheld* GPS (kiri); dan tampilan mode satelit pada *handheld* GPS (kanan).

- Posisikan perangkat miring pada sudut sekitar 45° terhadap bidang datar, menghadap kita, seperti pada Gambar 3.17. Ini akan memudahkan kita membaca tampilan pada layar dan perangkat akan menerima signal langsung dari satelit GPS dengan optimum.
- Tunggu beberapa saat (rata-rata 2 – 5 menit tergantung kondisi cuaca dan naungan) hingga jumlah satelit GPS yang terhubung lebih dari 3 buah dan kekuatan signal dari yang diterima dari setiap satelit GPS relatif merata. Pengukuran di lapangan secara absolut menggunakan *handheld* GPS dapat mencapai error minimum 3 meter.
- Untuk merekam koordinat lokasi, tekan tombol “Mark/Enter” agak lama (i.e. 76CS, 64S, 78S) atau ikon “WayPoint” pada perangkat layar sentuh (i.e. Montana 680), hingga muncul pada layar jendela untuk menyimpan titik koordinat. Sesuaikan nama titik dengan aturan kode yang telah disepakati sebelumnya, kemudian tekan tombol “OK/Simpan”.
- Catat informasi pengukuran pada formulir survey. Lakukan secara konsisten, agar setiap titik yang diukur/ditandai memiliki backup pada formulir survey, seperti diilustrasikan pada Gambar 3.18.
- Ambil beberapa foto dari obyek tumbuhan serta foto untuk orientasi lokasi sesuai arah mata angin, pada arah Utara, Timur, Selatan dan Barat.
- Lanjutkan untuk mengukur/menandai tumbuhan yang lainnya.



Gambar 3.18. Mencatat data pengukuran/lokasi koordinat dari obyek tumbuhan dan mengambil foto dokumentasi.

{balaman ini sengaja dikosongkan}

Mengolah Data Hasil Survey Biodiversitas Tumbuhan

Tujuan materi pembelajaran:

- Menjelaskan cara konversi data hasil survey dengan *Handheld* GPS;
- Menjelaskan cara menampilkan data spasial hasil survey pada perangkat lunak SIG.
- Menjelaskan cara menggabungkan data hasil survey dengan data spasial lainnya;
- Mengatur tampilan dan *simbology* data spasial pada perangkat lunak SIG

Indikator pencapaian kompetensi:

- Mampu mengimpor data dari *Handheld* GPS ke dalam perangkat lunak SIG;
- Mampu menggunakan perangkat lunak SIG untuk menampilkan data spasial dan non spasial;
- Mampu menggunakan fitur *simbology* untuk mengatur tampilan data spasial dalam perangkat lunak SIG.

Fasilitas/Alat Bantu: *Handheld* GPS disertai kabel data dan perangkat lunak SIG

1. Unduh Data dari *Handheld* GPS

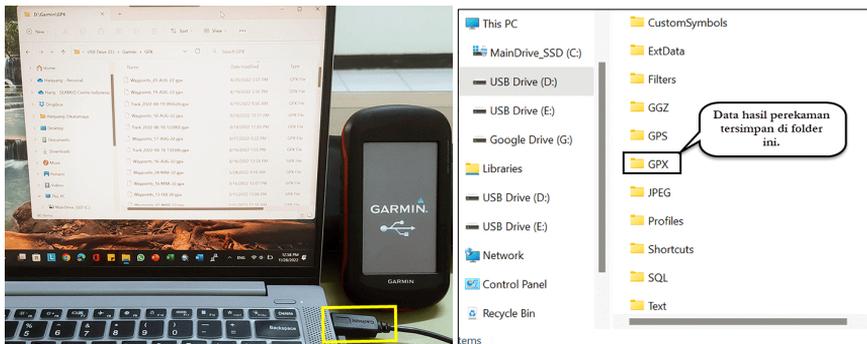
Data hasil praktek survey biodiversitas, perlu dikonversi ke dalam format data SIG dengan menggunakan perangkat lunak SIG. Perangkat lunak SIG yang digunakan pada bahasan ini adalah ArcMap 10.8, merupakan bagian dari paket perangkat lunak ArcGIS Desktop 10.8. Ini adalah perangkat lunak berbayar yang diproduksi/dikembangkan oleh ESRI, satu perusahaan besar yang telah lama bergerak di bidang pengembangan perangkat lunak untuk SIG dan penginderaan jauh.

Langkah pertama dari proses impor data survey dari *Handheld* GPS tentunya mempersiapkan perangkat *Handheld* GPS dengan kondisi catu daya (batere) mencukupi, dan alangkah baiknya batere dalam kondisi penuh agar terhindar dari gangguan kekurangan daya saat transfer data. Kabel data diperlukan untuk menghubungkan *Handheld* GPS dengan komputer. Kabel data ini

disertakan pada saat pembelian *Handheld* GPS. Dan perangkat berikutnya adalah komputer yang telah terinstal perangkat lunak SIG ArcGIS Desktop 10.8. Versi trial dari ArcGIS Desktop masih dapat diunduh melalui: <https://support.esri.com/en/downloads> dengan masa penggunaan 21 hari.

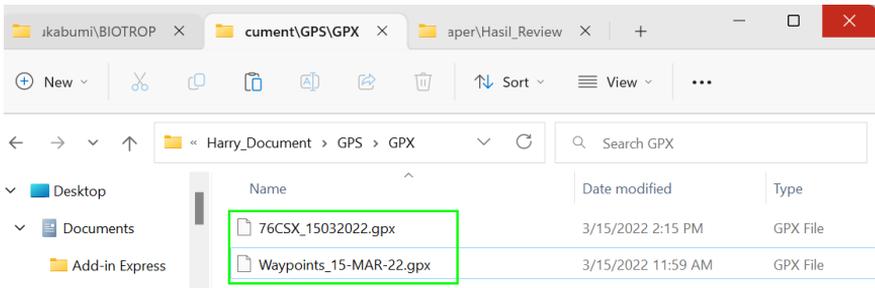
Proses mengunduh data dari *Handheld* GPS mengikuti langkah-langkah berikut ini:

- Nyalakan *Handheld* GPS dan sambungkan dengan komputer menggunakan kabel data. Setelah tersambung, perangkat *Handheld* GPS akan dikenali sebagai media penyimpanan USB (*USB storage*) seperti diilustrasikan pada Gambar 4.19.
- Data hasil perekaman dengan *Handheld* GPS berada pada folder “GPX” (Gambar 4.19). Kita cukup mencari di dalam folder tersebut, file yang bersesuaian dengan tanggal atau periode survey yang telah dilakukan.



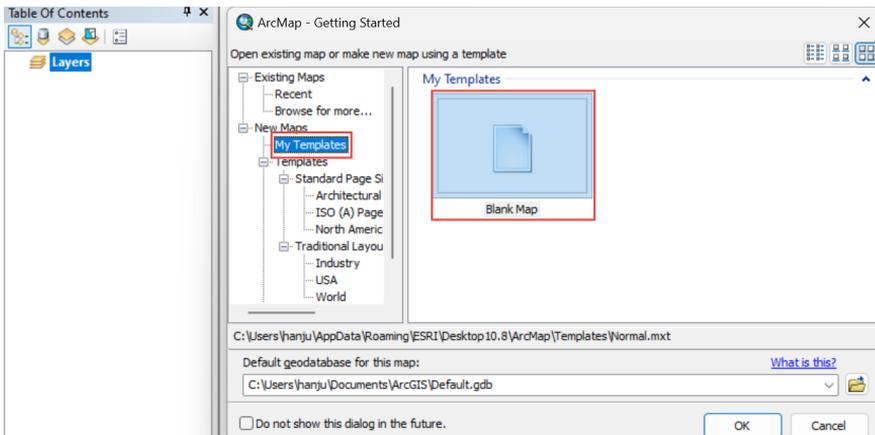
Gambar 4.19. Menghubungkan *Handheld* GPS dengan komputer.

- Buka folder “GPX” dan salin file hasil survey ke dalam folder kerja. Sangat disarankan untuk membuat *backup* dari data hasil survey, sebagai tindakan antisipatif mencegah kehilangan data. File yang sudah disalin ke folder kerja telah siap untuk diimpor ke dalam perangkat lunak SIG (Gambar 4.20).

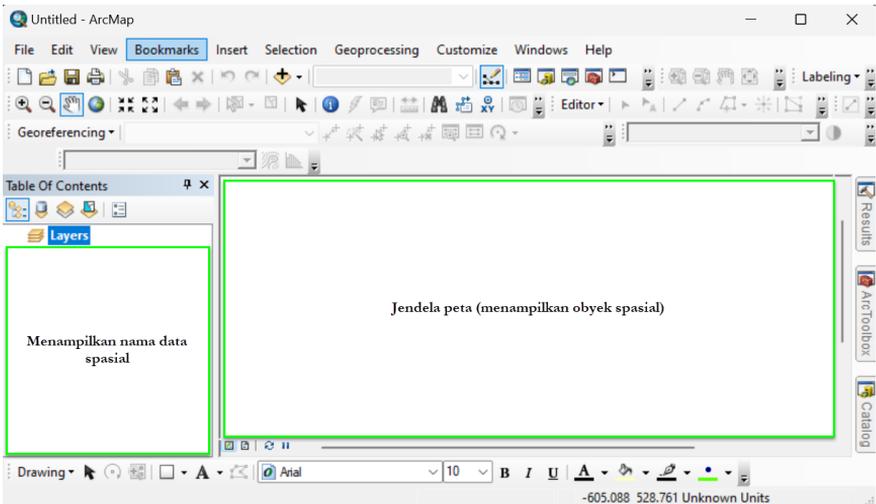


Gambar 4.20. File hasil survey telah disalin ke folder kerja pada komputer.

- Langkah selanjutnya buka aplikasi ArcMap. Pertama kali di buka, ArcMap akan menampilkan opsi untuk menampilkan proyek map yang sudah ada atau akan membuat baru. Pilih “My Templates” kemudian pilih “Blank Map”. Akhiri dengan menekan tombol OK (Gambar 4.21). ArcMap dengan jendela kosong tersaji pada layar komputer (Gambar 4.22).

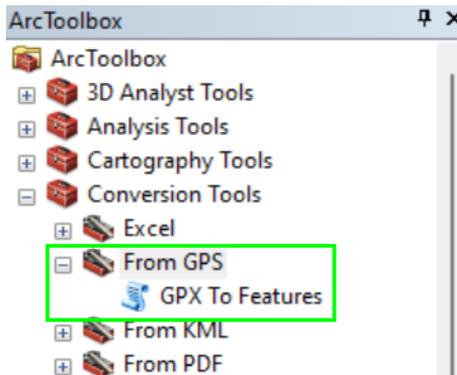


Gambar 4.21. Langkah awal menggunakan ArcMap.



Gambar 4.22. Bagian penting pada tampilan ArcMap.

- Proses impor data dari format GPX ke dalam format Shapefile (SHP) menggunakan fungsi “GPX to Features” yang terdapat pada kelompok fungsi “Conversion Tools” pada “ArcToolbox” (Gambar 4.23. ArcToolbox merupakan koleksi dari fungsi-fungsi komputasi spasial di dalam ArcGIS. Pilih/klik pada nama fungsi “GPX to Features”.

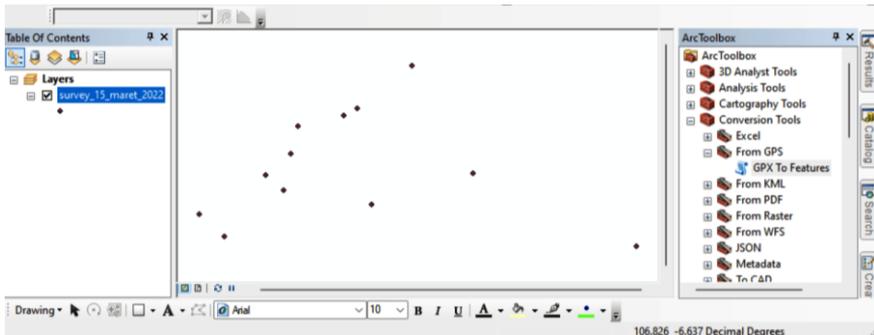


Gambar 4.23. Fungsi untuk impor data dari format GPX.



Gambar 4.24. Jendela dari fungsi untuk impor data dari format GPX.

- Pada jendela impor data (Gambar 4.24), masukan nama file yang telah diunduh dari handheld GPS sebelumnya, yakni file dalam format GPX. Kemudian tentukan lokasi dan nama file baru untuk menyimpan hasil dari proses impor tersebut. Nama file luaran tersebut dalam format shapefile (shp). Tekan tombol OK untuk menjalankan proses impor. Hasil proses impor data disajikan pada Gambar 4.25.



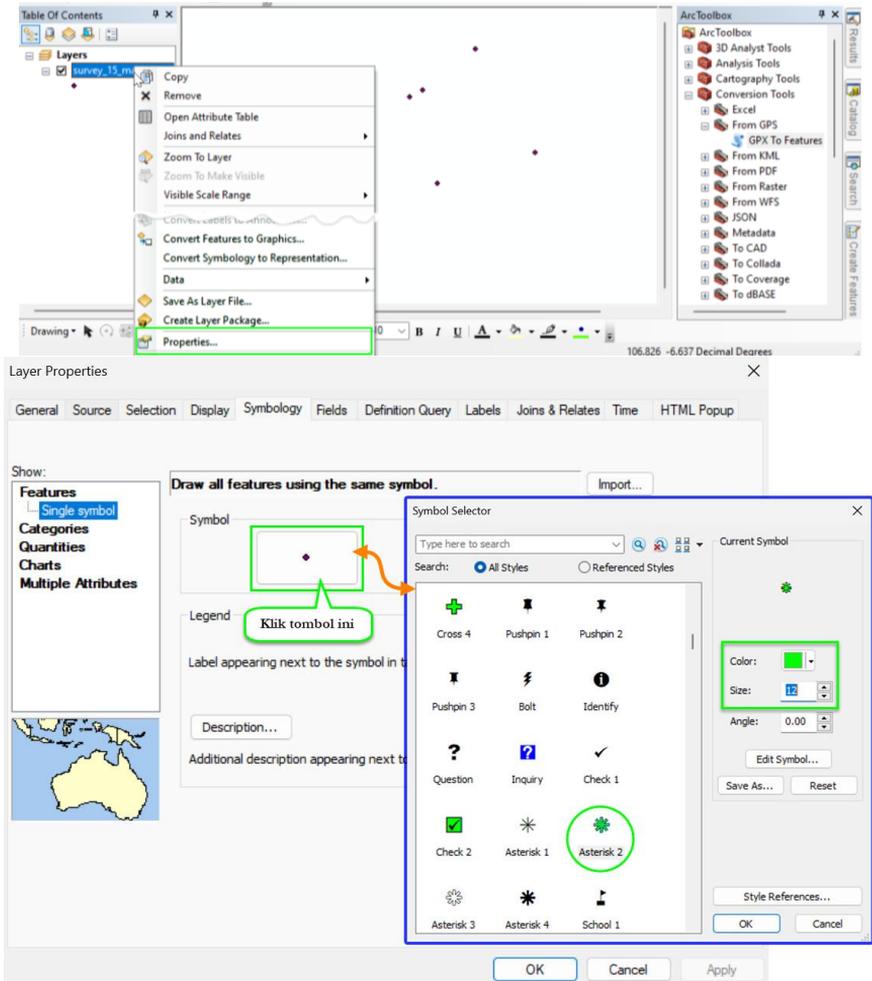
Gambar 4.25. Hasil impor tampil pada jendela peta.

2. Mengatur Tampilan Peta pada ArcMap

Berikut ini langkah-langkah untuk mengatur tampilan peta agar lebih menarik:

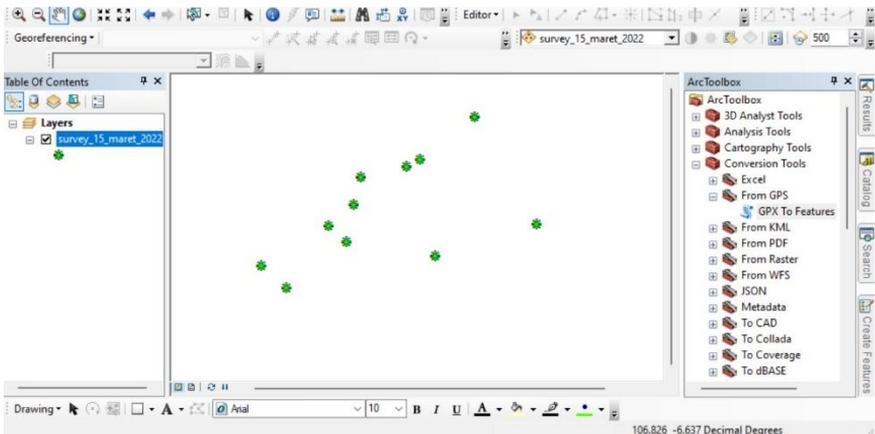
- Atur tampilan peta hasil impor dengan cara masuk ke jendela “Properties”. Klik tombol mouse sebelah kanan pada nama layer

“survey_15_maret_2022”, atau menekan tombol mouse sebelah kiri dua kali di nama layer tersebut. Pilih “Properties”, dan jendela “Properties” akan tampil. Pada jendela “Symbology, atur tampilan warna dan bentuk simbol (Gambar 4.26). Pada contoh dipilih bentuk dan warna yang mewakili tumbuhan.



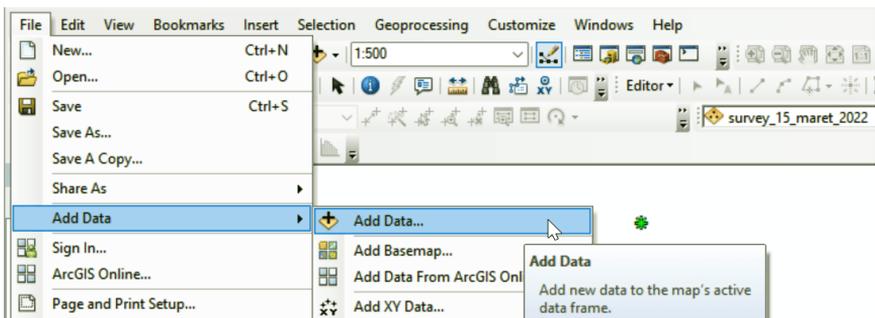
Gambar 4.26. Mengatur properti tampilan titik lokasi tumbuhan.

- Hasil pengaturan properti peta digital pada ArcMap ditunjukkan oleh Gambar 4.27.



Gambar 4.27. Tampilan titik lokasi tumbuhan.

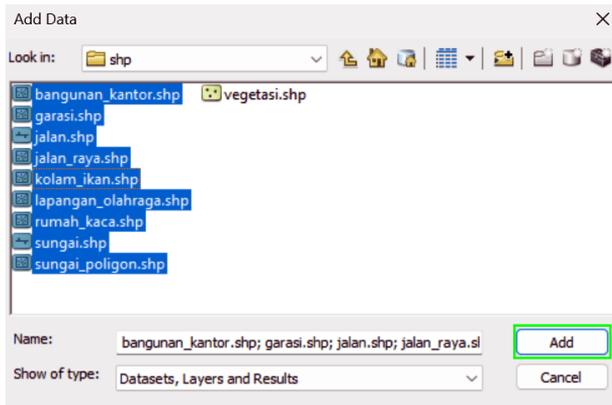
- Tambahkan data spasial batas wilayah atau peta lain untuk memperjelas orientasi peta. Kita akan menambahkan beberapa peta, yakni: (2) peta gedung, peta jalan dan peta jaringan sungai. Peta-peta tersebut telah dihasilkan dari data penginderaan jauh melalui proses konversi data raster menjadi data vektor menggunakan metode digitasi.
- Untuk menambahkan data pada jendela peta ArcMap, dilakukan melalui menu File – Add Data – Add Data (Gambar 4.28).



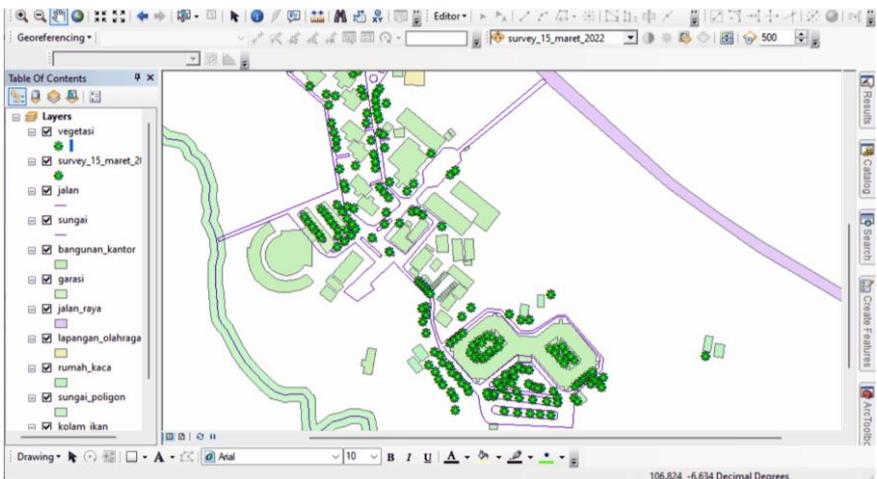
Gambar 4.28. Menambahkan data spasial ke dalam jendela peta ArcMap.

- Tambahkan data-data spasial tersebut melalui jendela “Add Data”. Untuk menambahkan beberapa data sekaligus, tekan tombol “Ctrl” pada keyboard komputer, kemudian klik nama file yang akan

ditambahkan dengan mouse (tombol sebelah kiri). Lepaskan tombol “Ctrl” jika sudah selesai memilih data yang akan ditampilkan, kemudian tekan tombol “Add” (Gambar 4.29). Data akan tampil pada jendela peta seperti ditunjukkan Gambar 4.30.



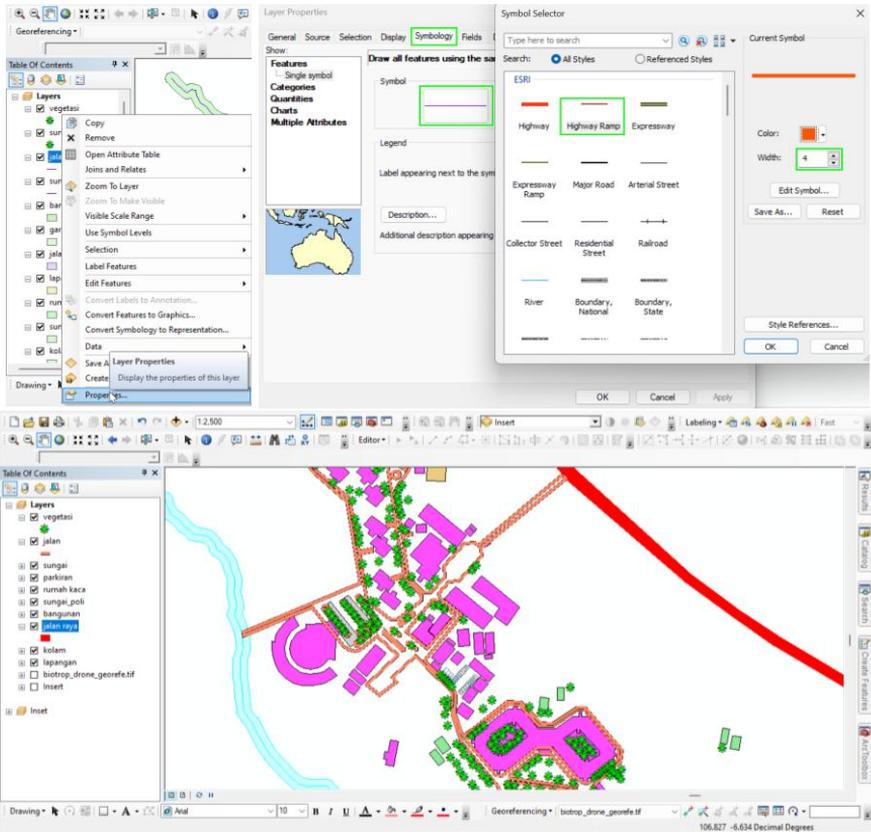
Gambar 4.29. Memilih data spasial yang akan ditampilkan.



Gambar 4.30. Gabungan data spasial memperjelas orientasi lokasi.

- Agar tampilan peta lebih menarik dan informatif, perlu dilakukan pengaturan symbology. Pengaturan simbol warna dan penampilan obyek untuk data spasial yang memiliki fitur garis seperti dicontohkan menggunakan data jalan, diawali dengan masuk ke

jendela “Layer Properties”. Pada jendela ini, pilih “Tab Symbology”. Pada opsi tampilan “Features Single Symbol”, klik kotak simbol (yang ada gambar garis), maka akan tampil pilihan simbol. Pilih simbol yang bersesuaian, sebagai contoh untuk jalan dipilih simbol “Highway Ramp”, atur lebar garisnya, kemudian akhiri dengan menekan tombol OK.



Gambar 4.31. Mengatur simbologi data jalan (fitur garis) dan tampilan pada jendela peta.

{halaman ini sengaja dikosongkan}

Mengolah Data Hasil Survey Biodiversitas Tumbuhan dari Drone dan Foto Udara

Tujuan materi pembelajaran:

- Menjelaskan tahapan pengolahan data *Drone (UAV)*;
- Menjelaskan digitasi *on screen* data hasil survey dengan *Drone (UAV)* untuk menghasilkan data vektor.

Indikator pencapaian kompetensi:

- Mampu menjelaskan tahapan persiapan dan alat bantu yang diperlukan untuk mengolah data *Drone (UAV)*;
- Mampu melakukan pengolahan data *Drone (UAV)* hingga siap untuk dikonversi menjadi data vektor;
- Mampu melakukan konversi data hasil survey berupa data raster (*data drone*, Citra Satelit Resolusi Tinggi, CSRT, foto udara) menjadi data vektor menggunakan metode digitasi *on screen*.

Fasilitas/Alat Bantu: Perangkat lunak pengolah data *Drone (UAV)* dan perangkat lunak SIG dan data hasil perekaman *Drone (UAV)* dan foto udara.

1. Data Drone

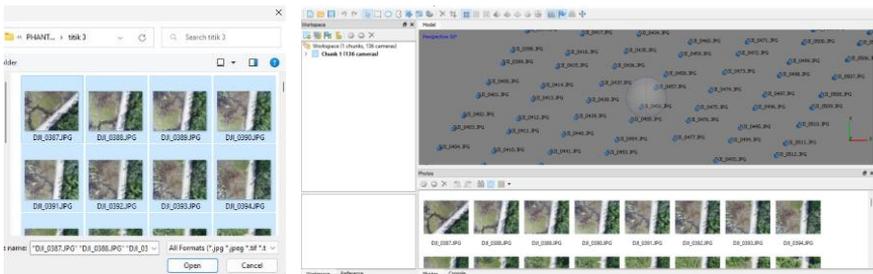
Data drone merupakan salah satu sumber data SIG yang dihasilkan melalui teknologi penginderaan jauh. Format atau tipe data drone adalah raster, yang dibentuk oleh grid-grid homogen dengan ukuran piksel tertentu. Data drone adalah contoh data penginderaan jauh resolusi tinggi. Pada ketinggian terbang 60 – 75 meter, drone dapat menghasilkan data raster resolusi hingga 3 cm. Drone mengambil foto dalam bentuk lembar-lembar foto tunggal. Setiap lembar foto akan memiliki bidang tampalan dengan lembar foto di samping dan di depannya, atau lebih dikenal dengan istilah *side overlap* dan *front overlap*. Bidang bertampalan ini menjadi kunci pada saat dilakukan penggabungan foto (mosaik) menggunakan perangkat lunak pengolah data drone. Pada buku ini, dijelaskan teknik pengolahan data hasil akuisisi drone

kemudian melakukan konversi data dari tipe data raster ke dalam tipe data vektor.

2. Pengolahan Data Drone

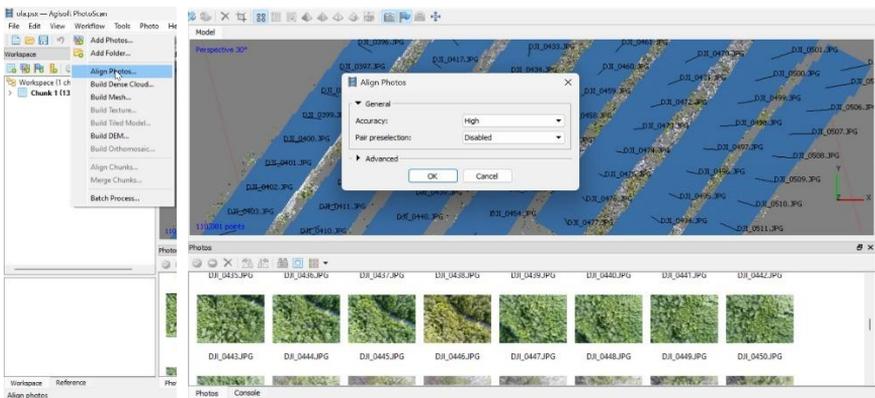
Pengolahan data drone memerlukan perangkat lunak khusus. Dua diantara perangkat lunak yang sering digunakan dalam mengolah data hasil akuisisi drone adalah AgisoftPhotoScan dan Pix4DMapper. Pada buku ini diperkenalkan pengolahan data drone menggunakan AgisoftPhotoScan. Tahapan pengolahan dan penggabungan data hasil akuisisi drone adalah sebagai berikut:

- Pastikan perangkat lunak AgisoftPhotoScan telah terinstal dengan baik pada komputer dan data yang akan diolah telah diunduh/ditransfer dari pesawat drone ke dalam komputer. Jalan aplikasi AgisoftPhotoScan, dan melalui menu “Workflow – Add photos”, pilih foto-foto yang akan diolah. Setelah memastikan tidak ada foto yang terlewatkan, tekan tombol “Open”, seperti diilustrasikan pada Gambar 5.32.



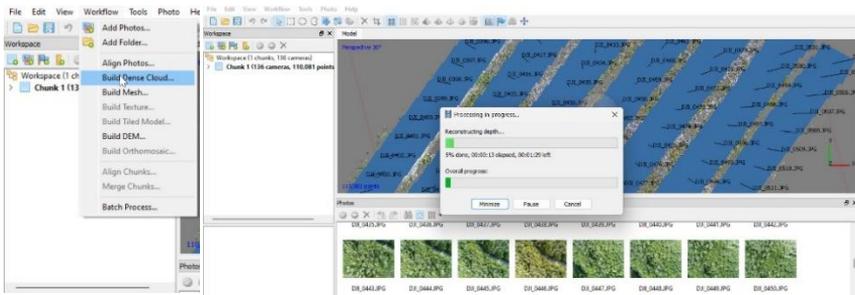
Gambar 5.32. Menambahkan foto-foto hasil akuisisi ke dalam jendela foto.

- Tahap selanjutnya adalah penyesuaian/perapihan foto (*photo alignment*) melalui menu “Workflow – align photos”, seperti pada Gambar 5.33.



Gambar 5.33. Penyelarasan foto (*photo alignment*).

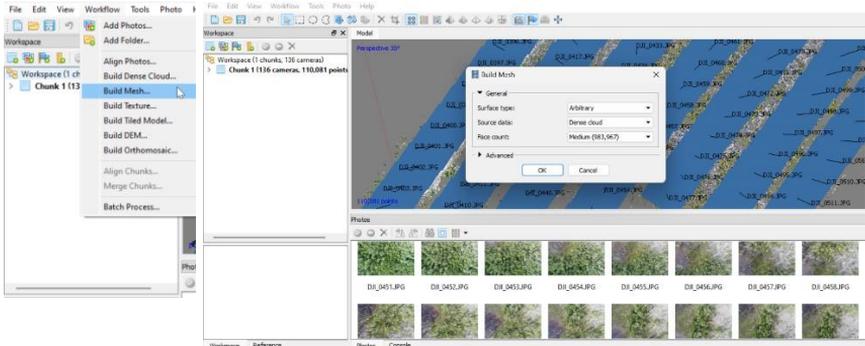
- Setelah proses penyelarasan atau pengurutan foto berdasarkan urutan akuisisi, dilanjutkan dengan proses interpolasi antar titik-titik pada foto sehingga membentuk titik-titik yang lebih rapat (*dense*) seperti membentuk awan (*clouds*). Proses ini dilakukan melalui menu “Workflow – Build Dense Cloud”, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.34. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses ini ditentukan oleh kapasitas prosesor dan memori komputer.



Gambar 5.34. Proses *build dense cloud*.

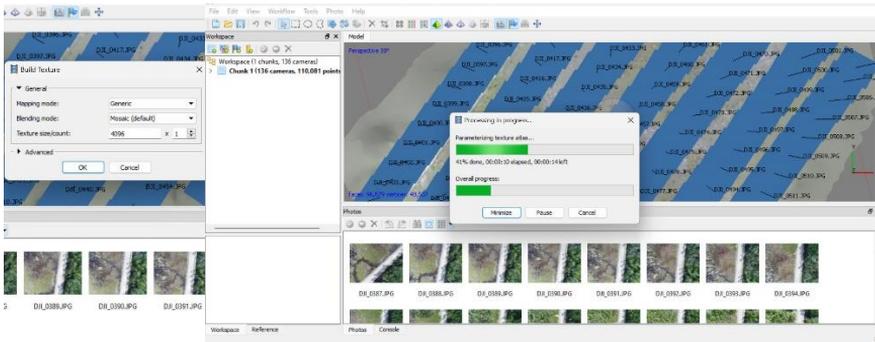
- Proses berikutnya adalah melakukan rekonstruksi 3D dari *point clouds* yang dihasilkan pada proses *build dense cloud*. Pada tahap ini terjadi proses pengikatan kumpulan *tie points* yang belum tersusun, sehingga saling menutupi membentuk jaring-jaring bidang permukaan (*mesh*) dari model tiga 3D. Model 3D ini menjadi syarat dalam membuat

DEM, DSM, DTM dan Orthofoto. Gambar 5.35 menunjukkan proses *Build Mesh*.



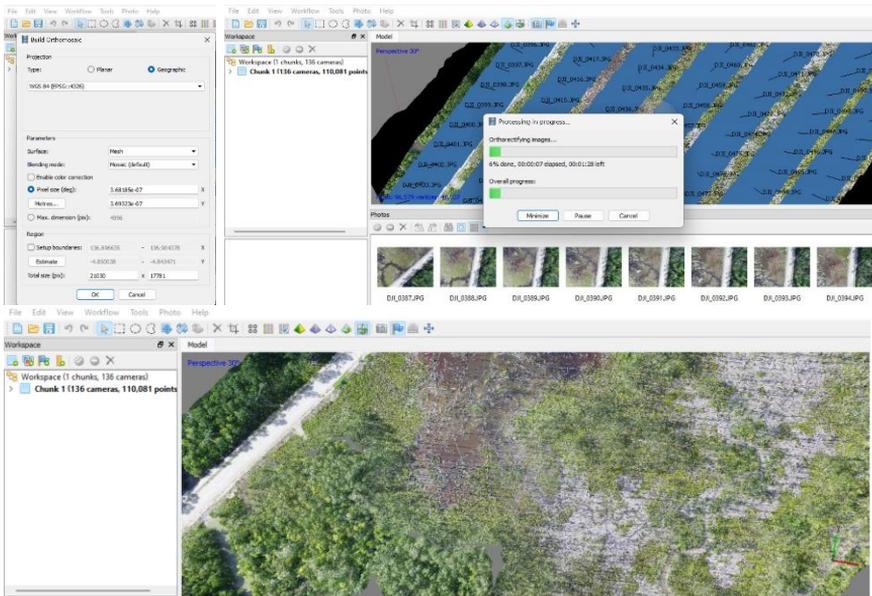
Gambar 5.35. Proses *Build Mesh*.

- Jaringan model 3D yang terbentuk kemudian direkonstruksi, diberi warna membentuk model fisik 3D yang mendekati bentuk dan warna objek sebenarnya. Proses ini dihasilkan melalui “Workflow – Build Texture”, seperti disajikan pada Gambar 5.36. Pada *mapping mode* pilih *spherical* dan *blending mode* pilih *mosaic*.



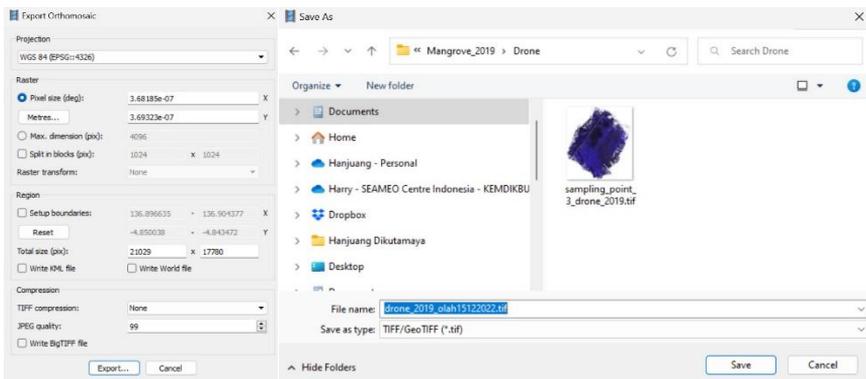
Gambar 5.36. Proses *Build Texture*.

- Rekonstruksi akhir adalah membentuk data raster yang telah terkoreksi tegak melalui menu “Workflow – Orthomosaic”. Hasil dari proses ini disajikan pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37. Proses *Build Orthomosaic* (atas); dan data raster hasil proses orthomosaik (bawah).

- Langkah terakhir adalah ekspor data raster ke dalam format GeoTIFF. Proses ekspor melalui menu “File – Export Orthomosaic” (Gambar 5.38).



Gambar 5.38. Ekspor data raster ke dalam format GeoTIFF.

3. Digitasi Data Biodiversitas Bersumber dari Data Raster Resolusi Tinggi

Konversi data raster menjadi data vektor dengan teknik *on screen digitizing* memerlukan perangkat lunak SIG seperti ArcGIS Dekstop dan QuantumGIS (QGIS). Pada buku ini dijelaskan teknik digitasi dengan alat bantu perangkat lunak ArcGIS.

Langkah persiapan untuk melakukan konversi data raster menjadi data vektor menggunakan teknik digitasi on screen adalah memastikan perangkat lunak ArcGIS Dekstop dan ArcGIS Catalog telah terinstal dengan benar pada komputer. Data drone yang telah dimosaik pada tahap sebelumnya disalin ke dalam folder kerja. Praktek yang baik untuk selalu membuat salinan data asli (backup) sebagai langkah antisipasi terhadap hal-hal yang tidak diinginkan pada data hasil survey, seperti kerusakan file dan tidak sengaja terhapus permanen.

Sistematika tahapan pembuatan data vektor berikut ini, yakni: (1) membuat folder kerja dan menambahkan dalam koleksi folder kerja pada ArcCatalog; (2) membuat file data vektor baru (kosong) menggunakan perangkat lunak ArcCatalog. File data vektor baru ini akan menjadi wadah (menampung) fitur yang dihasilkan melalui proses digitasi; dan (3) digitasi on screen menggunakan fungsi-fungsi digitasi pada perangkat lunak ArcMap.

3.1. Pembuatan Folder Kerja pada ArcCatalog

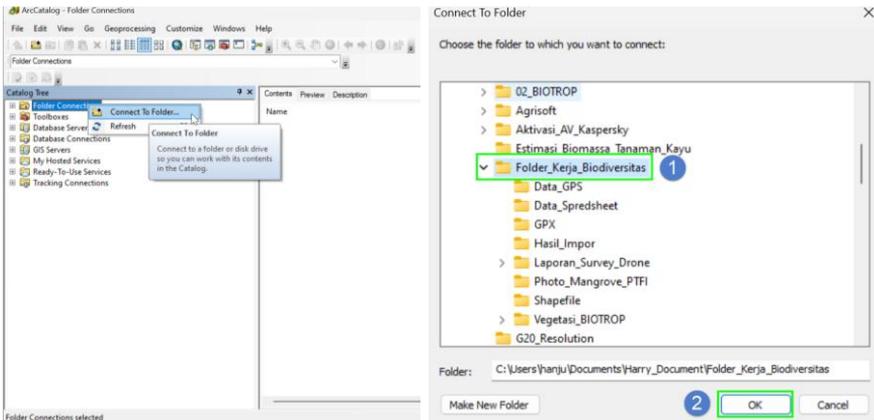
Folder kerja dapat ditambahkan ke dalam koleksi folder kerja di ArcCatalog dan ArcMap. Hal ini sangat direkomendasikan untuk memudahkan saat memanggil atau menyimpan data, apalagi jika kita sudah bekerja dengan banyak data dan banyak folder kerja. Berikut langkah untuk mendaftarkan folder kerja ke dalam ArcCatalog:

- Mulailah dengan membuka perangkat lunak ArcCatalog seperti ditunjukkan pada Gambar 5.39.

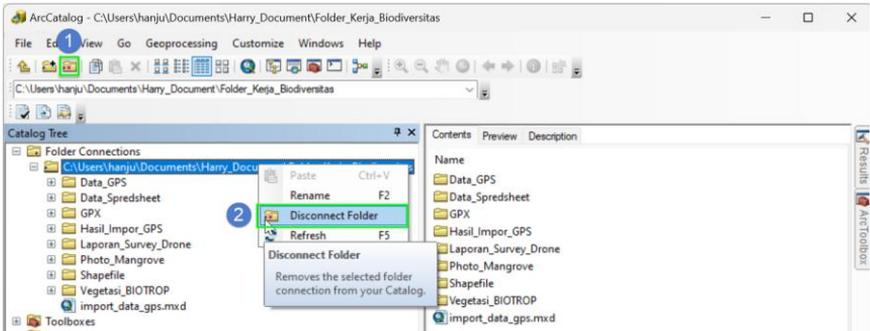


Gambar 5.39. Tampilan awal ArcCatalog.

- Pada jendela Catalog, klik kanan dan pilih menu “Connect to Folder”. Arahkan pada folder kerja yang berisi data-data kerja atau yang akan menampung data hasil kerja, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.40. Tekan tombol OK untuk meregistrasi folder kerja terpilih.
- Folder kerja dapat dikeluarkan dari dalam Catalog Tree dengan melalui ikon shortcut atau melalui menu “Disconnect Folder” (Gambar 5.41).



Gambar 5.40. Registrasi folder kerja ke dalam ArcCatalog.

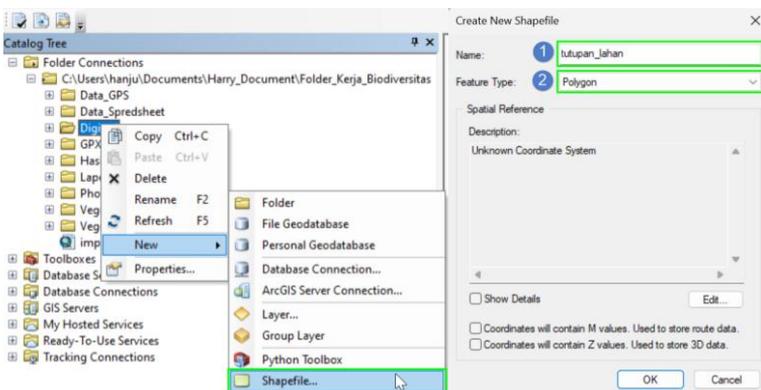


Gambar 5.41. Menghapus folder kerja dari Catalog Tree.

3.2. Pembuatan Shapefile Baru pada ArcCatalog

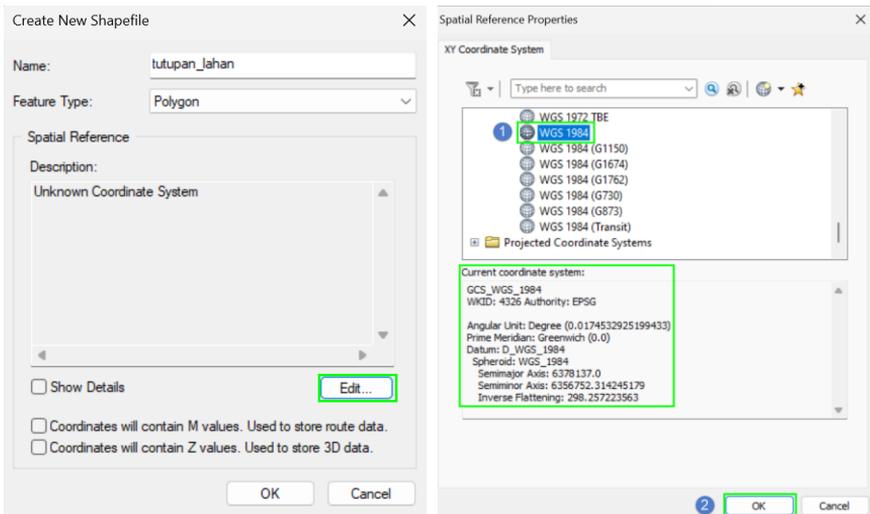
Proses digitasi diawali dengan membuat Shapefile yang baru sebagai wadah dari fitur-fitur spasial hasil proses digitasi. Silahkan ikuti langkah-langkah berikut ini untuk membuat Shapefile yang baru.

- Buat folder bernama “Digitasi” untuk menyimpan Shapefile yang akan dibuat.
- Klik kanan pada folder “Digitasi” kemudian pilih menu “New – Shapefile”. Pada jendela create new shapefile, tentukan nama dan fitur spasial data vektor yang akan ditampilkan (Gambar 5.42).

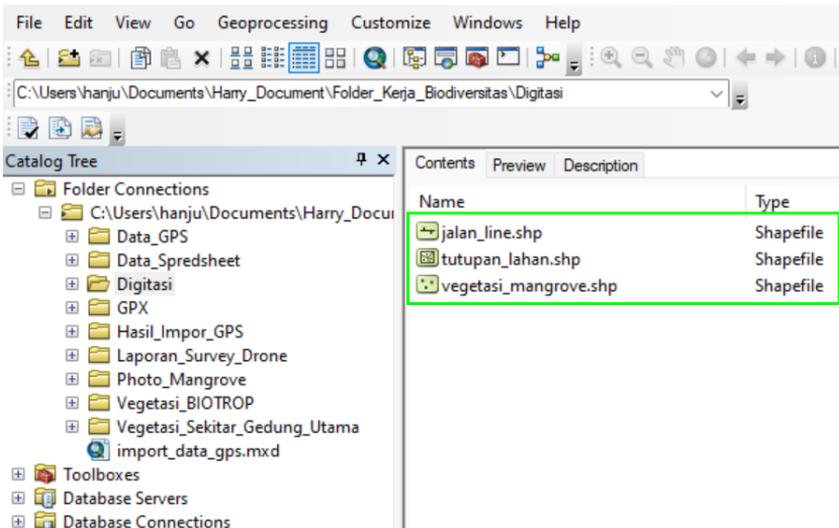


Gambar 5.42. Membuat shapefile yang baru.

- Masih dalam jendela create new shapefile, tentukan sistem referensi koordinat yang digunakan. Sistem koordinat geografis WGS 1984 akan dipilih pada proses digitasi ini. Sistem koordinat terproyeksi, seperti UTM juga umum digunakan untuk membuat data vektor di wilayah lintang rendah (tropis). Jika Sistem koordinat terproyeksi UTM digunakan, maka pastikan zona UTM yang dipilih sesuai untuk lokasi/area yang akan didigitasi. Proses pemilihan sistem koordinat diawali dengan menekan tombol “Edit”, pilih “Geographic Coordinate System – World – WGS 1984”, dan akhiri dengan menekan tombol OK, seperti ditunjukkan oleh Gambar 5.43.
- Mengakhiri proses pembuatan shapefile baru ini akhiri dengan menekan tombol OK pada jendela “Create New Shapefile”.
- Ulangi proses pembuatan shapefile baru untuk mewadahi fitur obyek spasial berupa garis (*line*) dan titik (*point*). Tahap persiapan ini dihasilkan tiga shapefile baru seperti ditunjukkan pada Gambar 5.44.



Gambar 5.43. Memilih sistem koordinat yang digunakan saat digitasi.



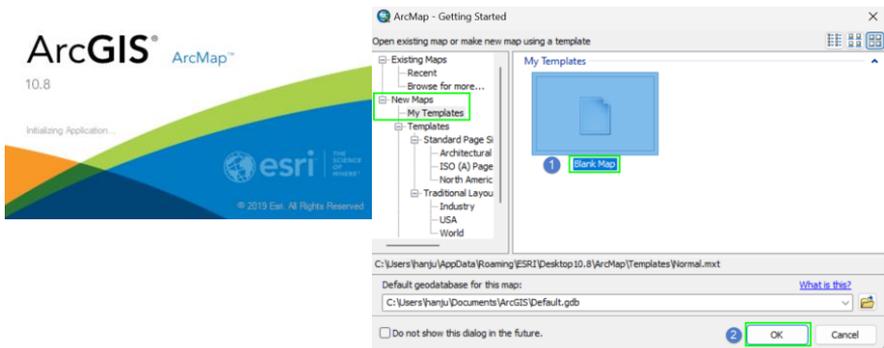
Gambar 5.44. Shapefile baru selesai dibuat dan telah siap digunakan pada tahap digitasi *on screen*.

- Setelah shapefile baru selesai disiapkan, ArcCatalog dapat di tutup. Shapefile baru yang telah dibuat dapat diibaratkan sebagai laci-laci dari sebuah meja yang masing-masing akan menampung obyek-obyek tertentu/khusus.

3.3. Digitasi *on Screen* dengan ArcMap

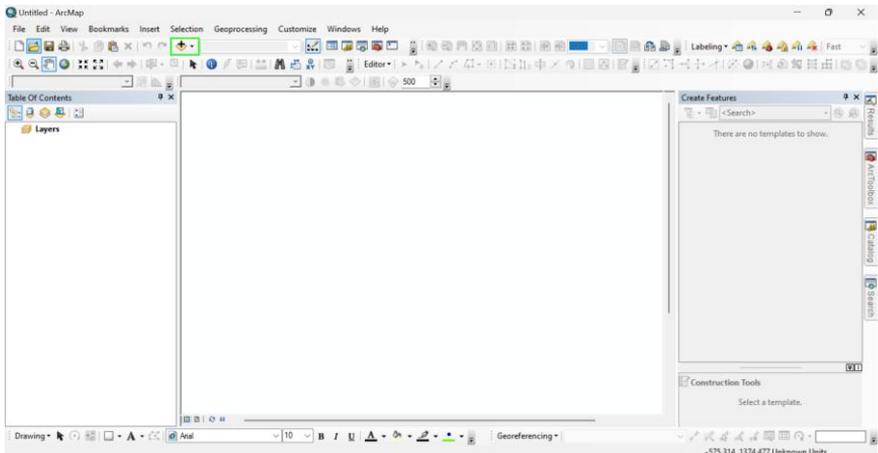
Perangkat lunak ArcMap memiliki fitur aplikasi untuk akuisisi data vektor melalui metode digitasi *on screen*. Fitur atau fungsi-fungsi digitasi pada ArcMap relatif mudah dipelajari, dipahami dan sangat bermanfaat untuk menghasilkan data vektor. Fitur digitasi pada ArcMap secara garis besar terbagi dalam 3 fungsi, sesuai dengan fitur data vektor, yakni untuk membuat obyek berupa titik (*point*), garis (*line*) dan area (*polygon*). Proses digitasi mengikuti tahapan berikut ini:

- Buka aplikasi ArcMap hingga tampil jendela pilihan untuk menampilkan data yang telah tersimpan, atau akan membuat jendela baru. Pilih “New Maps – My Templates – Blank Map”, kemudian klik OK. Perhatikan petunjuk pada Gambar 5.45.



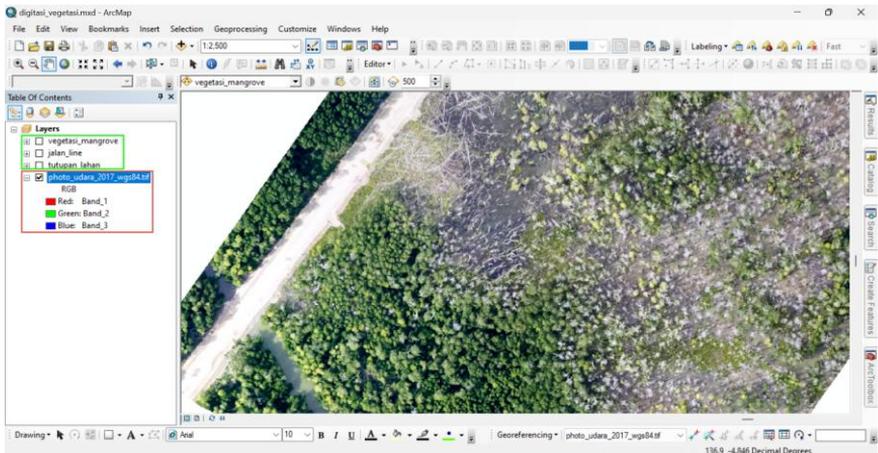
Gambar 5.45. Mejalankan perangkat lunak ArcMap.

- Tambahkan data raster yang akan didigitasi melalui “File – Add Data – Add Data”, atau melalui ikon pintasan yang diberi kotak warna hijau pada Gambar 5.46.



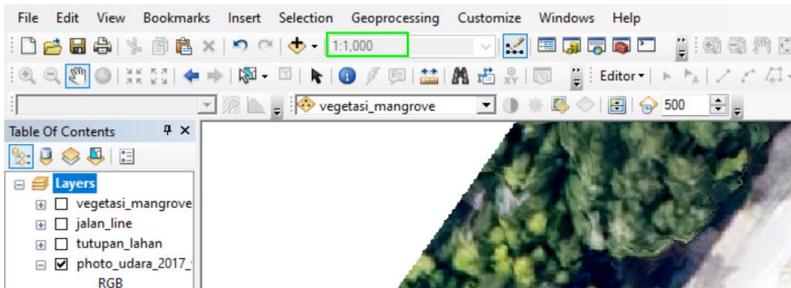
Gambar 5.46. Tampilan jendela peta pada ArcMap.

- Panggil data raster yang akan didigitasi serta 3 shapefile baru yang sudah dibuat pada tahap persiapan. Pada Gambar 5.47, data raster yang akan didigitasi berupa data foto udara dengan komposisi kanal natural (*natural composite*), yakni RGB.



Gambar 5.47. Pemanggilan data raster yang akan didigitasi serta shapefile baru yang dibuat pada tahap persiapan.

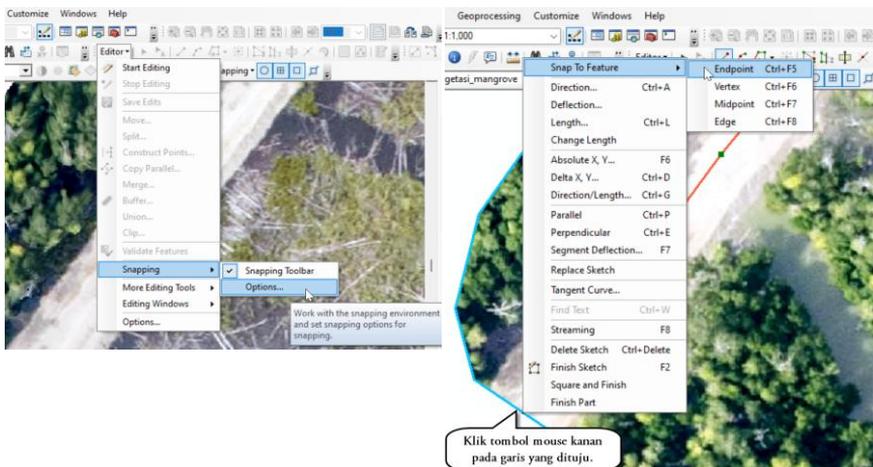
- Untuk mendapatkan tingkat kehalusan digitasi pada skala 1:2000, maka data raster didigitasi pada tampilan skala dua kali lebih besar dari skala peta yang diinginkan, atau digitasi dilakukan pada skala lebih besar atau sama dengan 1:1000, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.48.



Gambar 5.48. Setting skala peta sebelum memulai digitasi.

- Hal penting berikutnya yang harus diperhatikan adalah pengaturan Snap Option. Snap Option sangat membantu pada proses digitasi fitur data garis, Snapping membantu memastikan pertemuan antar node pada titik percabangan atau saat mengakhiri node tepat bersinggungan dengan node yang dituju. Penyetelan snapping ini

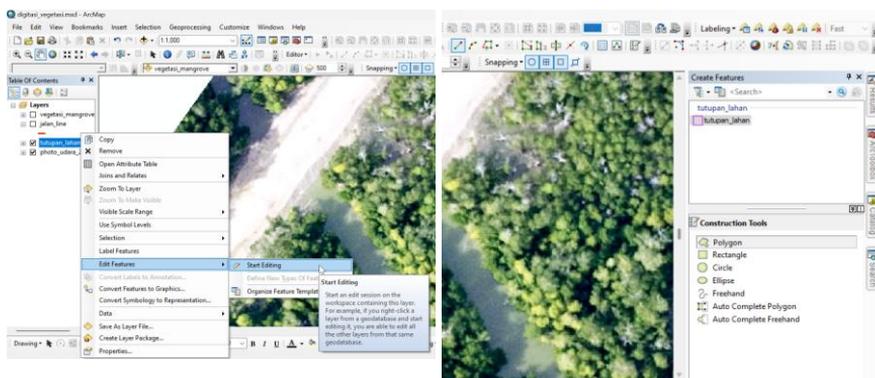
dapat dilakukan melalui menu “Editor – Snapping – Options”. Snapping dapat digunakan saat akan mengakhiri digitasi fitur garis, dengan klik kanan di garis atau titik yang dituju, pilih Snap to Features, kemudian pilih salah satu opsi berikut: (1) *End point* (Ujung garis); (2) *Vertex* (node terdekat); (3) *Midpoint* (tengah garis); atau (4) *Edge* (tepi), maka akan secara otomatis, kursor yang kita dekatkan akan menempel pada garis atau vertex yang dituju (Gambar 5.49).



Gambar 5.49. Setting dan contoh penggunaan Snapping

3.3.1. Membuat Data Vektor Bertipe Area (*Polygon*)

- Klik kanan layer “tutupan_lahan” yang terdapat pada Table of Content (TOC), kemudian pilih “Edit Features – Start Editing”. Opsi editing ini akan mengaktifkan jendela “Create Features”.



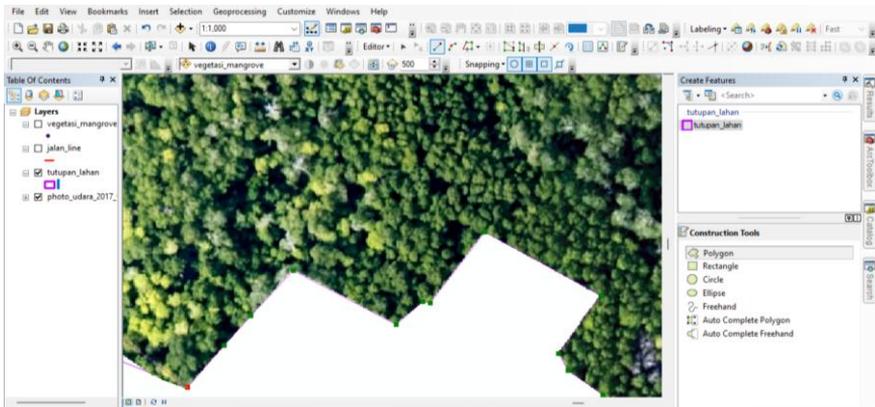
Gambar 5.50. Mengaktifkan fungsi editing (kiri); dan fungsi digitasi akan aktif (kanan)

- Pada “Construction Tools” terdapat beberapa pilihan sebagai berikut:
 - *Polygon* , digunakan untuk membuat segment polygon dari vertex hasil “klik” pada mouse
 - *Rectangle*, digunakan untuk membuat polygon dengan bentuk persegi
 - *Circle*, digunakan untuk membuat polygon dengan bentuk lingkaran
 - *Ellipse*, digunakan untuk membuat polygon dengan bentuk oval
 - *Freehand*, digunakan untuk membuat polygon dengan bentuk mengikuti pergerakan mouse dengan hanya dua kali klik (di awal dan di akhir garis)
 - *Auto Complete Polygon*, untuk membuat polygon yang tepat bersebelahan atau berdampingan dengan polygon lainnya sehingga tidak menimbulkan gap.

Pilih Polygon untuk membuat area baru, dan mulai melakukan digitasi mengikuti area yang akan didigit pada data raster. Klik tombol mouse sebelah kiri satu kali untuk membuat node (titik) awal, gerakan mouse mengikuti batas area, kemudian klik lagi mouse sebelah kiri untuk membuat node (titik) lagi. Jarak antar node tidak ditentukan, hanya ketika batas area berupa kurva yang kompleks,

misalkan melengkung tajam, maka jumlah node diperlukan lebih banyak untuk mengikuti bentuk kurva sehingga hasil digitasi menjadi halus mengikuti lengkungan tersebut (Gambar 5.51). Arah digitasi harus dilakukan secara konsisten searah jarum jam, dari kiri ke kanan. Digit terlebih dahulu batas luar dari data raster.

- Gunakan ikon “Pan” untuk menggeser peta, jika bagian data raster yang didigit tidak tampak pada bidang peta di ArcMap.
- Saat pergerakan mouse sudah mencapai kembali titik awal digitasi, maka akan tampak titik merah yang menunjukkan bahwa node (titik) akhir telah ketemu dengan node (titik) awal (Gambar 5.51). Klik tombol mouse kiri dua kali saat tepat di atas titik merah tersebut, dan proses digitasi area selesai.



(a) Digitasi fitur area (*polygon*).



(b) Mengakhiri proses digitasi area, node akhir bertemu dengan node awal digitasi.

Gambar 5.51. Proses digitasi tutupan lahan dengan fitur area (*polygon*).

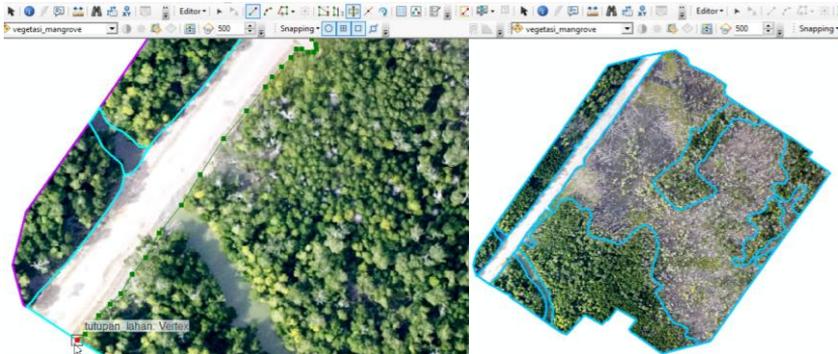
- Untuk mengakhiri sesi digitasi dan menyimpannya, klik kembali menu “Editor”, pilih “Save Edits”, dan akhiri dengan memilih “Stop Editing”.
- Saat sedang digitasi, terkadang ada node yang keliru atau tidak tepat. Untuk membatalkan node dan mengulang kembali ke node sebelumnya tekan “Control – Z”.
- Setelah batas luar dari data raster selesai didigit, maka untuk digitasi tutupan lahan di dalamnya tinggal menggunakan fungsi cut polygon (Gambar 5.52). Ini adalah teknik untuk melakukan digitasi yang efektif dan meminimalkan kesalahan topologi.



Gambar 5.52. Ikon yang berfungsi untuk *cut polygon*.

- Seperti sebuah kue, jika batas terluar sudah didigit, maka bagian dalam tinggal dipotong-potong saja. Awali dengan klik tombol mouse sebelah kiri, gerakan mouse sambil tombol sebelah kiri

ditekan untuk membuat node (titik). Saat sudah mencapai bagian akhir, tekan tombol mouse sebelah kiri dua kali, maka area akan terbagi (terpotong) sesuai dengan jalur pergerakan mouse. Gambar 5.53 menunjukkan penggunaan fungsi *cut polygon* untuk membagi area berdasarkan jenis tutupan.

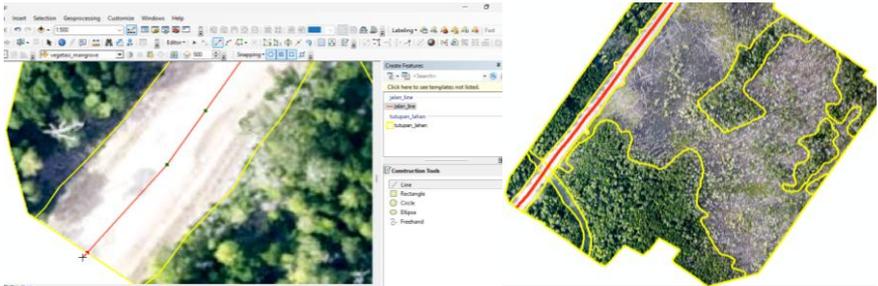


Gambar 5.53. Proses dan hasil dari operasi *cut polygon*.

3.3.2. Membuat Data Vektor Bertipe Garis (*Line*)

- Memulai digitasi fitur garis, pilih layer “jalan_line” pada pada Table of Content (TOC), kemudian tekan menu “Editor” dan pilih “Start Editing”. Jendela “Create Features” akan aktif kembali, pilih nama layer “jalan_line” serta pilih fitur “Line” pada jendela “Construction Tools”.
- Proses digitasi fitur garis, pilih titik awal, klik tombol mouse sebelah kiri, gerakan mouse searah jarum jam dan buatlah node-node berikutnya sepanjang garis yang didigit. Akhiri digitasi dengan menekan 2 (dua) kali berurutan tombol mouse sebelah kiri. Sebagai contoh, digitasi jalan dengan fitur garis pada data raster resolusi tinggi, maka ambil as jalan (bagian tengah jalan) sebagai jalur untuk digitasi fitur garis, seperti disajikan pada Gambar 5.54.
- Pastikan saat mengakhiri sesi digitasi telah menyimpan hasil digitasi. Jika digitasi dilakukan pada area yang besar, lakukan penyimpanan secara periodik setiap satu fitur selesai didigitasi. Klik menu

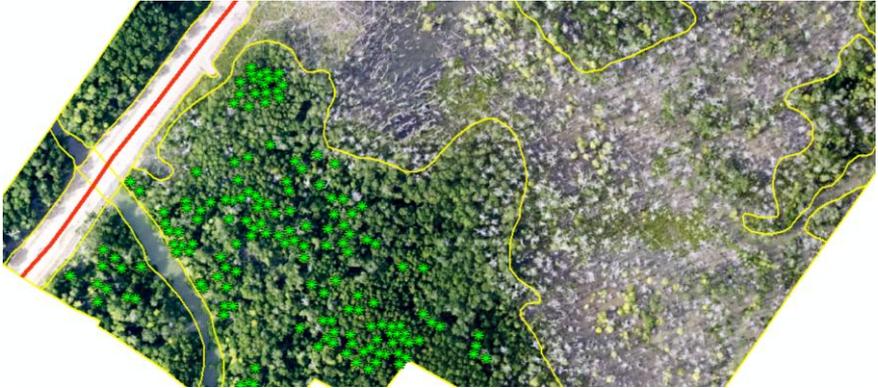
“Editor”, pilih “Save Edits” untuk menyimpan, dan akhiri digitasi dengan memilih Stop Editing. Gambar 5.54 (gambar kanan) menyajikan hasil digitasi area.



Gambar 5.54. Proses (kiri) dan hasil digitasi jalan dengan fitur garis (ditunjukkan garis warna merah pada gambar sebelah kanan).

3.3.3. Membuat Data Vektor Bertipe Titik (*Point*)

- Pilih layer “vegetasi_mangrove” pada Table of Content (TOC), kemudian tekan menu Editor dan pilih Start Editing. Jendela Create Features akan aktif kembali, pilih nama layer “vegetasi_mangrove” pada jendela tersebut. Pilih fitur “Point” pada jendela “Construction Tools”.
- Pohon mangrove yang teridentifikasi tajuknya akan didigit dengan fitur titik (*point*). Klik tombol kiri mouse untuk memulai dan klik 2 (dua) kali pada mouse sebelah kiri untuk mengakhiri proses digitasi titik. Lakukan berulang pada beberapa tumbuhan mangrove yang dapat diidentifikasi tajuknya. Hasil digitasi disajikan pada Gambar 5.55.



Gambar 5.55. Hasil digitasi pohon mangrove dengan fitur titik (*point*).

Demikian proses konversi data raster menjadi data vektor menggunakan metode digitasi *on screen*. Metode ini saat ini paling banyak digunakan untuk membuat data vektor skala detil bersumber dari data-data citra satelit resolusi tinggi (CSRT). Data hasil digitasi memerlukan proses pengolahan lanjutan, seperti melengkapi data atribut dari setiap obyek spasial, baik area, garis maupun titik.

{halaman ini sengaja dikosongkan}

6

Mengelola Atribut Data Biodiversitas Tumbuhan

Tujuan materi pembelajaran:

- Menjelaskan urgensi atribut dalam data spasial;
- Menjelaskan teknik pemutakhiran atribut data spasial;
- Menjelaskan teknik join atribut.

Indikator pencapaian kompetensi:

- Mampu menjelaskan peranan atribut data spasial;
- Mampu melakukan pemutakhiran atribut data spasial;
- Mampu melakukan join atribut data spasial dengan data atribut lain.

Fasilitas/Alat Bantu: Perangkat lunak SIG dan data spasial hasil digitasi.

1. Urgensi Atribut Data Spasial

Ciri dari data spasial adalah memiliki georeferensi yang merujuk pada posisi sebenarnya di permukaan bumi, memiliki obyek spasial, dan memiliki atribut yang menjelaskan/mendefinisikan setiap obyek spasial. Atribut data spasial sangat penting karena mempertegas informasi dari obyek spasial dan dapat membedakan obyek spasial satu dengan lainnya. Bayangkan, ada tiga obyek spasial berupa area (*polygon*), jika setiap area tersebut tidak disertai atribut maka kita akan mengenalnya sebagai fitur area saja, ketiganya sama merupakan kurva tertutup. Tetapi jika setiap area berisi informasi tutupan lahan, maka kini ketiganya bisa berbeda, karena dapat mengandung informasi tutupan lahan yang berbeda, misalkan area pertama adalah hutan, area kedua adalah sawah dan area ketiga adalah permukiman.

Atribut data spasial memberi makna dan mempertegas perbedaan dan persamaan informasi yang terkandung pada obyek spasial. Karena memiliki atribut ini pula maka analisis spasial, termasuk analisis kompleks yang melibatkan kriteria/variabel spasial yang banyak (multikriteria analisis) dapat diterapkan. Data atribut yang terkandung pada obyek-obyek spasial sering

digunakan untuk memberi identitas tematik pada data spasial itu sendiri, sehingga kita mengenal Peta Tutupan Lahan, Peta Rawan Bencana, Peta Kesesuaian Lahan, Peta Isohyet, Peta Isoterm dan lainnya.

2. Edit Data Atribut

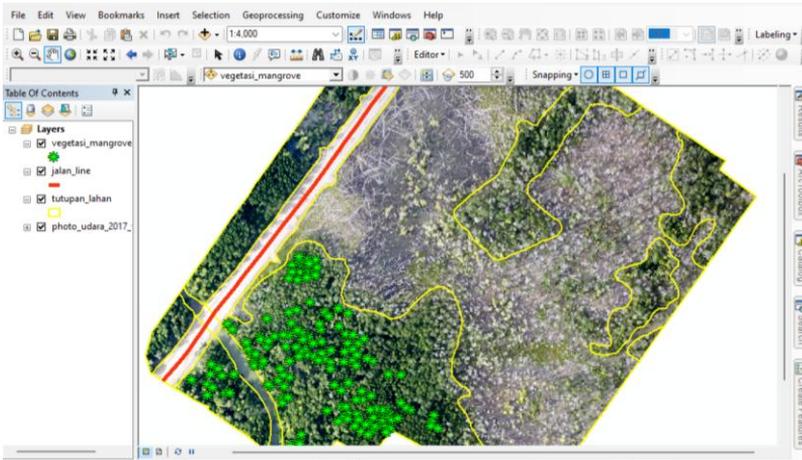
Pada Bab 5, telah dijelaskan tahapan pembuatan data vektor bersumber dari data raster (i.e. data drone) dengan menggunakan teknik digitasi *on screen*. Tiga fitur data vektor terdiri dari fitur area (*polygon*), garis (*line*) dan titik (*point*) telah dihasilkan melalui teknik digitasi *on screen*. Menilik pada data dengan fitur area (*polygon*) ditujukan untuk memetakan tutupan lahan pada bidang landscape tersebut. Berdasarkan data raster, diketahui area tersebut ditutupi oleh tumbuhan mangrove, rumput, genangan air (kemungkinan rawa), jalan dan saluran air (badan air). area-area pada data vektor hasil digitasi belum bisa dibedakan satu dengan lainnya, karena informasi tersebut belum eksplisit terkandung dalam setiap area (*polygon*) tersebut.

Pemutakhiran data atribut perlu dilakukan untuk menambahkan informasi spesifik mengenai obyek yang terkandung pada setiap area/sub area, pada data garis dan titik. Untuk memutakhirkan data atribut, digunakan perangkat lunak ArcMap dan data yang dihasilkan dari proses digitasi sebelumnya serta informasi visual dari data drone/citra satelit. Berikut ini langkah-langkah untuk memutakhirkan data atribut:

2.1. Memutakhirkan Atribut Data Spasial

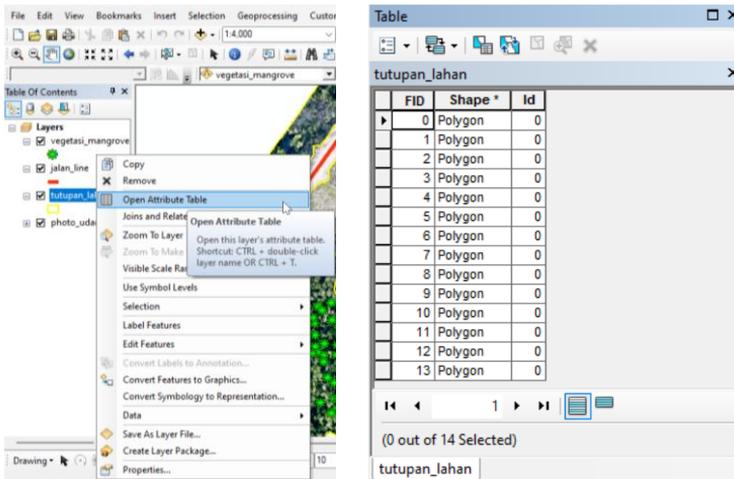
Prinsip dasar pemutakhiran atribut data spasial, baik dengan area (*polygon*), garis (*line*) maupun titik (*point*) adalah sama. Berikut ini tahapan pemutakhiran atribut data spasial:

- Buka kembali perangkat lunak ArcMap dan tampilkan data hasil digitasi serta data raster (data foto udara/data drone) sebagai acuan/sumber informasi, seperti disajikan pada Gambar 6.56.



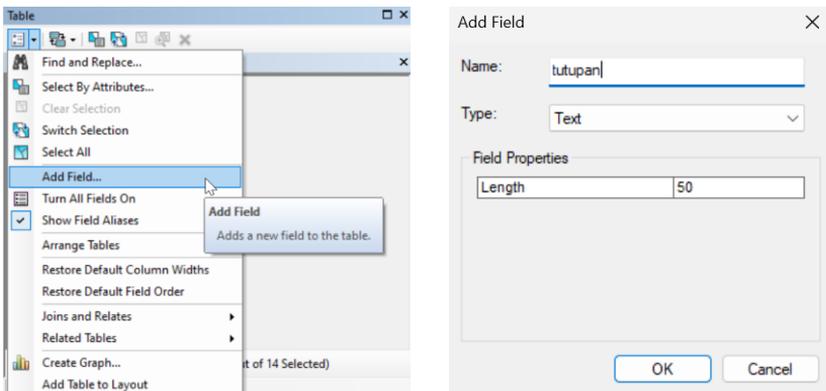
Gambar 6.56. Data vektor hasil digitasi ditampilkan dengan foto udara.

- Klik kanan pada layer “tutupan_lahan” pada Table of Content (TOC), dan pilih “Open Attribute Table”.



Gambar 6.57. Atribut data spasial tutupan lahan hasil digitasi.

- Tambahkan kolom (*field*) baru pada tabel atribut (Gambar 6.58). Tipe data yang digunakan adalah *text* karena field tersebut ditujukan menampung informasi jenis tutupan lahan.



Gambar 6.58. Penambahan atribut data spasial tutupan lahan.

- Aktifkan kembali mode editing pada layer tutupan lahan. Ubah simbol fitur tutupan lahan pada mode “Hollow” dengan warna garis tepi kuning, kemudian tampilkan dengan citra foto udara 2017. Foto udara menjadi referensi untuk mengisi keterangan tutupan, dan didukung oleh data hasil survey lapangan. Klik pada baris data atribut, maka area (*polygon*) bersesuaian akan ditandai warna biru muda. Klik dua kali pada kolom tutupan lahan, dan tambahkan keterangan tutupan untuk setiap area (Gambar 6.59).



Gambar 6.59. Pemutakhiran informasi pada data atribut.

- Ulangi proses tersebut hingga informasi kolom tutupan terisi oleh informasi jenis tutupan lahan.

- Setelah proses pemutakhiran informasi data atribut selesai, akhiri dengan menyimpan hasil melalui “Editor – Save Edits”. Kemudian tutup mode edit melalui “Editor – Stop Editing”.

Data spasial yang telah selesai ditambah keterangan pada atribut peta dipindahkan ke dalam folder untuk analisis. Jangan lupa untuk selalu membuat pencadangan data dari hasil setiap proses/tahapan pengolahan dan analisis data.

{halaman ini sengaja dikosongkan}

Analisis Perubahan Spasial Tutupan Biodiversitas Tumbuhan

Tujuan materi pembelajaran:

- Menjelaskan konsep perubahan tutupan lahan;
- Menjelaskan kemampuan SIG dan Penginderaan Jauh dalam mendeteksi dan memetakan perubahan tutupan lahan;
- Menjelaskan tekni analisis perubahan tutupan lahan menggunakan SIG.

Indikator pencapaian kompetensi:

- Mampu menjelaskan pengertian dan faktor-faktor penyebab perubahan tutupan lahan;
- Mampu melakukan perhitungan dan pemetaan perubahan tutupan lahan menggunakan SIG;

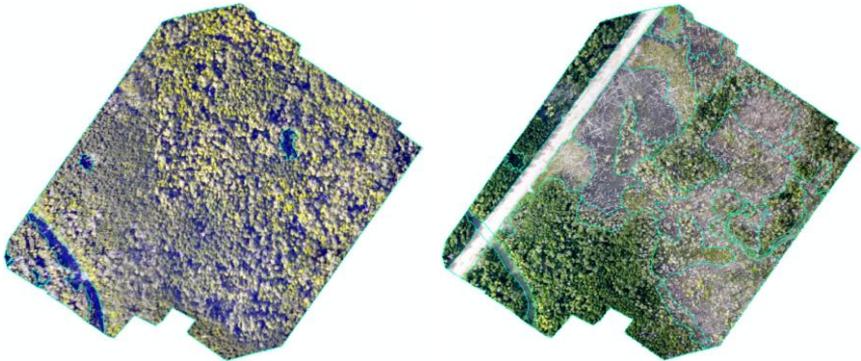
Fasilitas/Alat Bantu: Perangkat lunak SIG, data hasil digitasi, dan data hasil perekaman *Drone (UAV)* atau foto udara.

1. Perubahan Spasial Tutupan Lahan

Perubahan spasial tutupan lahan terjadi karena faktor intervensi manusia dan faktor alami. Kebutuhan manusia akan lahan menyebabkan konversi atau perubahan tutupan maupun penggunaan lahan dalam waktu yang pendek dan cakupan yang luas. Perubahan karena faktor alami dapat berlangsung lama seperti proses suksesi hutan, dan juga dapat terjadi cepat akibat terjadinya bencana alam. Perubahan yang disebabkan oleh aktifitas manusia adalah perubahan yang cepat, masif dan cenderung meningkat seiring peningkatan populasi.

Gambar 7.60 menyajikan 2 citra hasil perekaman wahana foto udara pada waktu (tahun) yang berbeda. Pada citra pertama, perekaman 2012, sebagian besar area didominasi oleh tutupan lahan berupa vegetasi mangrove. Lima tahun kemudian, tahun 2017, area tersebut telah berubah karena intervensi manusia dalam memanfaatkan lahan. Pembangunan jalan telah menyediakan

akses kepada manusia untuk masuk dan memanfaatkan lahan di dekat dan sekitar jalan. Pembangunan jalan juga telah menyebabkan pergerakan air laut terganggu sehingga tidak dapat menjangkau seluruh area vegetasi mangrove. Vegetasi mangrove yang berada pada area yang tidak lagi memperoleh air laut lama kelamaan mati.



Tahun 2012

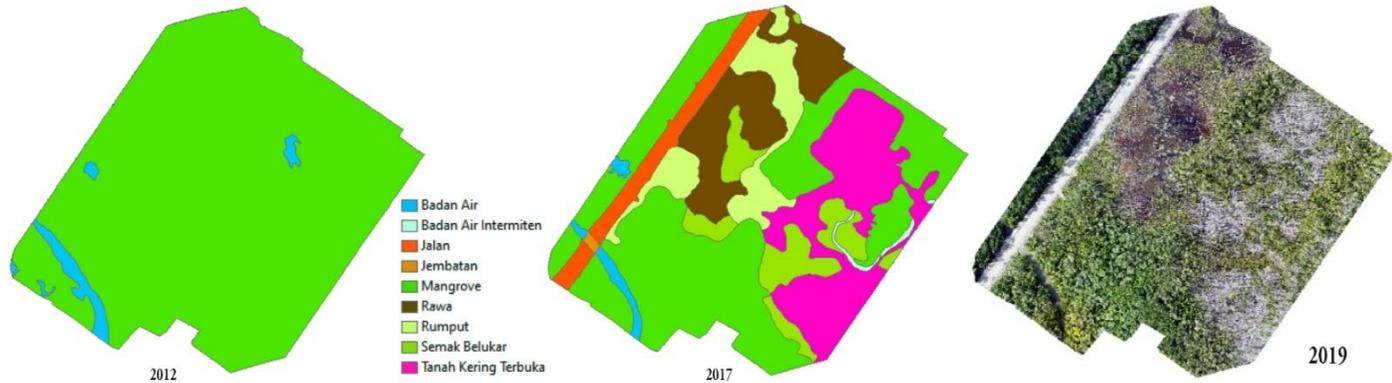
Tahun 2017

Gambar 7.60. Tutupan lahan pada 2 tahun berbeda hasil perekaman wahana foto udara.

Hasil analisis pada Tabel 7.2 menunjukkan vegetasi mangrove tahun 2012, dengan total luas 337.509,1 m² telah berubah menjadi berbagai tutupan lahan pada tahun 2017. Tahun 2017, luas vegetasi mangrove tersisa pada bentang lahan tersebut (Gambar 7.61), adalah 150.783,9 m², dan telah terjadi kehilangan mangrove seluas 186.725,1 m², setara dengan kehilangan karbon 6.031,2 ton, dengan asumsi kerapatan cadangan karbon permukaan mangrove sebesar 323 ton C/ha ⁴¹.

Tabel 7.2. Perubahan tutupan lahan tahun 2012 - 2017

Tutupan Lahan 2012	Tutupan Lahan 2017									Total (m ²)
	Badan Air	Badan Air Intermiten	Jalan	Jembatan	Mangrove	Rawa	Rumput	Semak	Tanah Kering Terbuka	
Badan Air	741.6	0.0	155.3	697.0	5995.6	0.0	0.0	0.0	1267.4	8856.8
Mangrove	759.6	1980.8	19485.6	0.0	144788.4	43455.1	31442.9	31217.9	64378.8	337509.1
Total (m²)	1501.2	1980.8	19640.9	697.0	150783.9	43455.1	31442.9	31217.9	65646.2	



Gambar 7.61. Tutupan lahan tahun 2012 dan 2017 dan perekaman drone 2019

2. Analisis Perubahan Spasial Tutupan Lahan

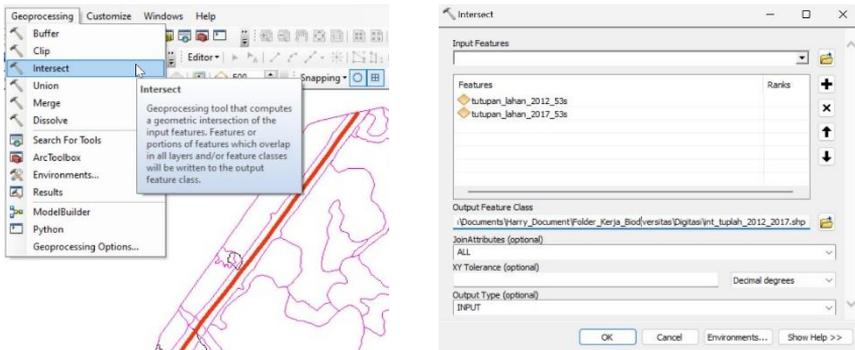
Tabel 7.2 dan Gambar 7.61 menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan tutupan lahan dari tahun 2012 hingga tahun 2017. Bagaimana perubahan dapat dikuantifikasi dan dipetakan melalui 2 (dua) data spasial yang berbeda waktu perekaman?. Untuk menghitung dan memetakan perubahan tersebut diperlukan alat bantu perangkat lunak SIG. Berikut tahapan analisis perubahan tutupan lahan dengan menggunakan perangkat lunak ArcMap:

- Buka kembali perangkat lunak ArcMap dan tampilkan data hasil digitasi. Pastikan minimal 2 (dua) data spasial bertipe vektor dan berbeda waktu perekaman telah tersedia. Proses perhitungan dan pemetaan perubahan tutupan lahan akan menggunakan data vektor. Jika data vektor belum tersedia, maka lakukan akuisisi data dengan teknik digitasi, seperti telah dijelaskan pada Bab 5 serta telah dilengkapi atributnya, seperti diuraikan pada Bab 6.
- Tampilkan kedua data spasial pada ArcMap. Pastikan kedua data spasial telah memiliki koordinat terproyeksi, misalkan menggunakan UTM. Data spasial yang digunakan harus memiliki sistem koordinat terproyeksi agar dapat diterapkan operasi matematika seperti perhitungan luas, panjang dan keliling dari setiap area (*polygon*).
- Perhitungan perubahan tutupan lahan menggunakan teknik *overlay* irisan (*intersect*) seperti diilustrasikan pada Gambar 7.62.



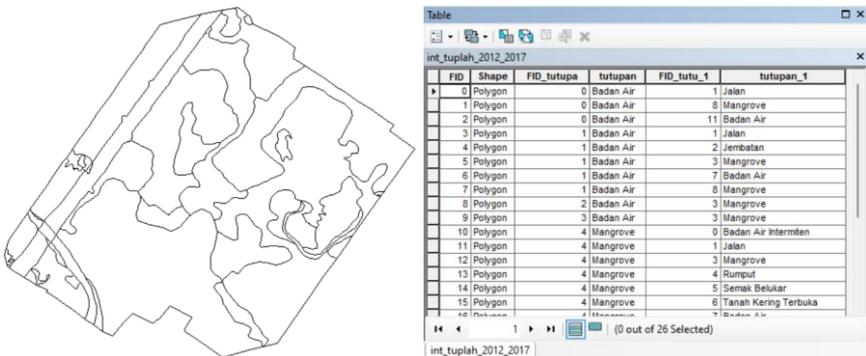
Gambar 7.62. Operasi *intersect* pada dua data spasial.

- Operasi *intersect* memerlukan minimal dua input data spasial. Panggil jendela operasi *intersect* melalui menu “Geoprocessing – Intersect”, seperti pada Gambar 7.63. Masukkan 2 data spasial berbeda waktu pada kolom input. Tentukan nama file baru untuk menyimpan hasil operasi *intersect*, kemudian akhiri dengan menekan tombol OK.



Gambar 7.63. Proses *intersect* dua data spasial menggunakan ArcMap.

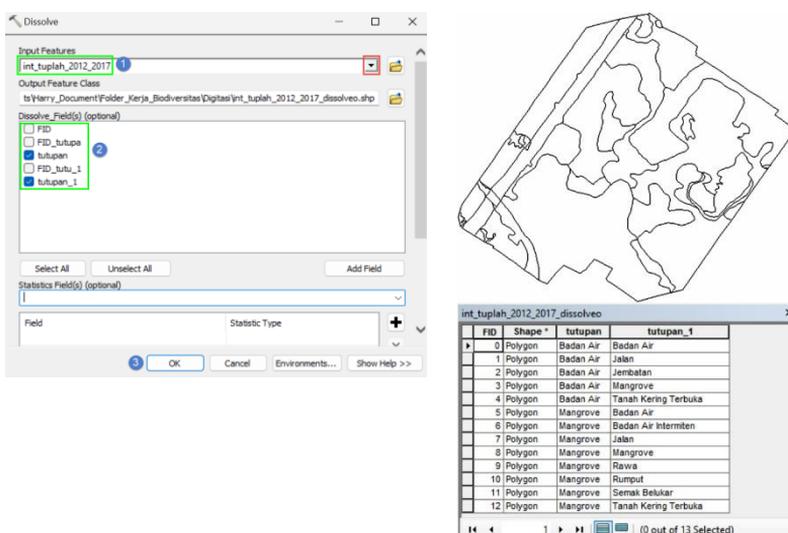
- Hasil proses *intersect* adalah data spasial baru dengan atribut merupakan irisan dari kedua input data spasial (Gambar 7.64).



Gambar 7.64. Data spasial hasil operasi *intersect* menggunakan ArcMap.

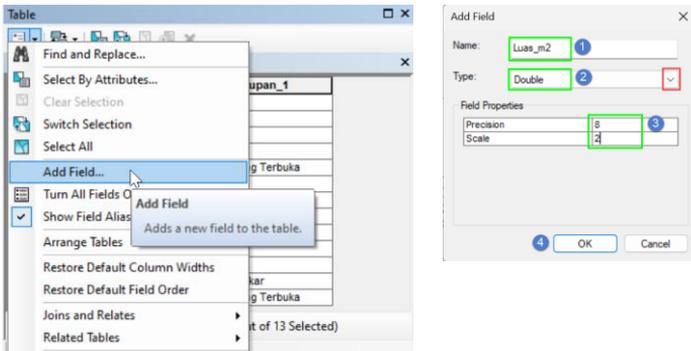
- Hasil interest membentuk area-area (*polygon*) baru, dan sangat mungkin area tersebut memiliki informasi yang berulang. Untuk meningkatkan kemudahan membaca informasi, maka setiap area dengan informasi berulang perlu dikelompokkan ke dalam satu baris

data atribut saja. Fungsi *dissolve* pada ArcMap dapat membantu melakukan proses tersebut dengan cepat. Panggil jendela *dissolve* melalui menu “Geoprocessing – Dissolve”, perhatikan Gambar 7.65. Tekan tanda drop-down, dan pilih nama file hasil proses *intersect* sebelumnya sebagai file input pada proses *dissolve*. Proses *dissolve* akan menghasilkan file baru, sehingga harus ditentukan nama file luaran (*output*). Centang kolom “tutupan” dan “tutupan_1” sebagai acuan untuk melakukan *dissolve*. Tekan tombol OK untuk menjalankan proses *dissolve*. Perhatikan area dan atribut hasil operasi *dissolve* pada Gambar 7.65



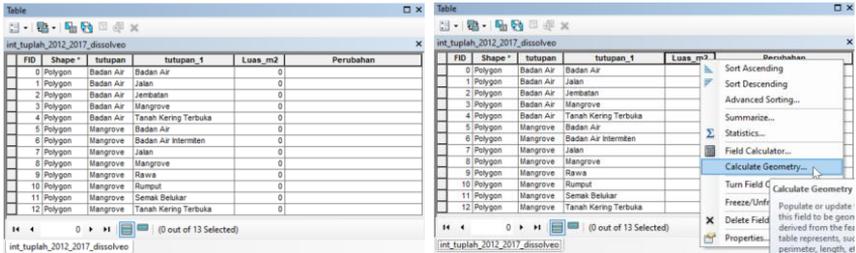
Gambar 7.65. Proses dan hasil *dissolve* menggunakan ArcMap.

- Informasi luas dari setiap area (*polygon*) harus ditambahkan pada atribut data spasial hasil operasi *dissolve*. Buka atribut data spasial hasil operasi *dissolve*, kemudian tambahkan field (kolom) baru dengan nama “Luas_m2”. Kolom ini akan diisi dengan data luas, maka tipe data yang dipilih adalah *Double*, *Precision* diisi 8 (jumlah digit angka) dan *Scale* diisi 2 (menunjukkan jumlah digit desimal). Silahkan cermati Gambar 7.66.



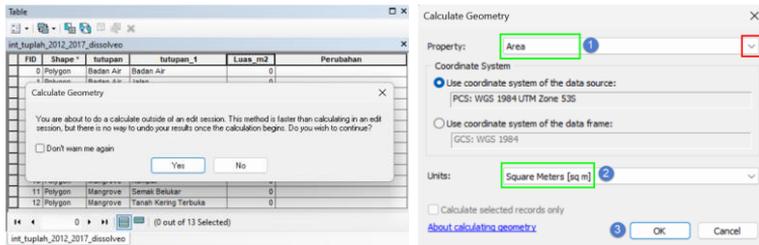
Gambar 7.66. Proses menambah kolom pada data atribut.

- Tambahkan lagi satu kolom baru dengan nama “Perubahan”, tipe data *text* dan jumlah karakter adalah 100 karakter. Sehingga data atribut bertambah 2 (dua) kolom, yaitu “Luas_m2” dan “Perubahan”. Letakkan kursor mouse di atas nama kolom “Luas_m2”, dan klik kanan tombol mouse, pilih “Calculate Geometry” pada pilihan menu yang tampil (Gambar 7.67).



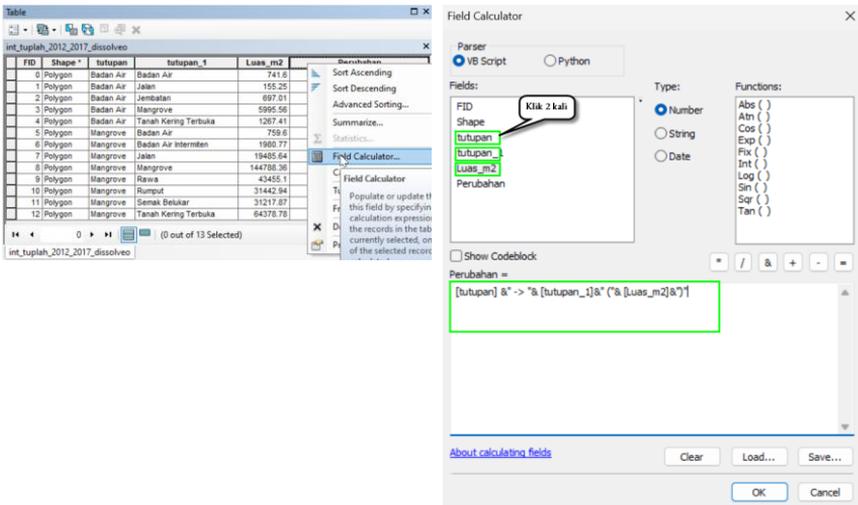
Gambar 7.67. Proses menghitung luas setiap area (*polygon*).

- Perhatikan pesan yang muncul, kemudian tekan “Yes”. Pada jendela “Calculate Geometry” pilih “Area” pada kolom “Property”, dan “Square Meters” (meter persegi) pada kolom “Units”. Akhiri dengan menekan tombol OK untuk menjalankan perhitungan luas (Gambar 7.68).



Gambar 7.68. Menentukan parameter untuk perhitungan luas dari setiap area (*polygon*).

- Hasil perhitungan luas disajikan pada Gambar 7.69. Selanjutnya, mengisi kolom “Perubahan”. Letakkan kursor dari mouse di atas nama kolom “Perubahan”, klik kanan dan pilih menu “Field Calculator”. Pada Jendela “Field Calculator”, masukan perintah berikut ini: [tutupan] &"->"& [tutupan_1]&"("&[Luas_m2]&"").



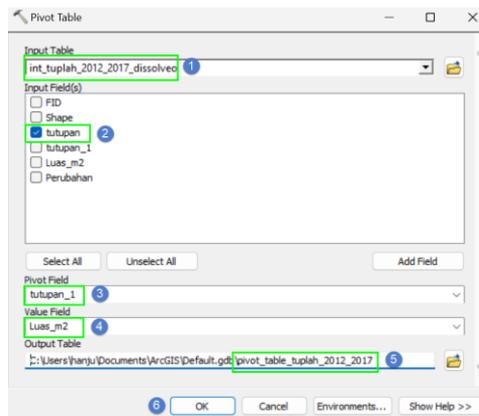
Gambar 7.69. Tampilan hasil perhitungan luas (kiri) dan tampilan *field calculator* untuk mengisi kolom “Perubahan”.

- Perintah untuk mengisi kolom “Perubahan” diketik, sedangkan nama-nama kolom dapat dimasukkan secara otomatis dengan menekan mouse sebelah kiri dua kali berurutan. Hasil dari proses ini disajikan pada Gambar 7.70.

FID	Shape *	tutupan	tutupan_1	Luas_m2	Perubahan
0	Polygon	Badan Air	Badan Air	741.6	Badan Air -> Badan Air (741.6)
1	Polygon	Badan Air	Jalan	155.25	Badan Air -> Jalan (155.25)
2	Polygon	Badan Air	Jembatan	697.01	Badan Air -> Jembatan (697.01)
3	Polygon	Badan Air	Mangrove	5995.56	Badan Air -> Mangrove (5995.56)
4	Polygon	Badan Air	Tanah Kering Terbuka	1267.41	Badan Air -> Tanah Kering Terbuka (1267.41)
5	Polygon	Mangrove	Badan Air	759.6	Mangrove -> Badan Air (759.6)
6	Polygon	Mangrove	Badan Air Intermiten	1980.77	Mangrove -> Badan Air Intermiten (1980.77)
7	Polygon	Mangrove	Jalan	19485.64	Mangrove -> Jalan (19485.64)
8	Polygon	Mangrove	Mangrove	144788.36	Mangrove -> Mangrove (144788.36)
9	Polygon	Mangrove	Rawa	43455.1	Mangrove -> Rawa (43455.1)
10	Polygon	Mangrove	Rumput	31442.94	Mangrove -> Rumput (31442.94)
11	Polygon	Mangrove	Semak Belukar	31217.87	Mangrove -> Semak Belukar (31217.87)
12	Polygon	Mangrove	Tanah Kering Terbuka	64378.78	Mangrove -> Tanah Kering Terbuka (64378.78)

Gambar 7.70. Hasil akhir dari pemutakhiran informasi luas dan informasi perubahan pada data atribut.

- Untuk memudahkan pembacaan dan analisa arah dan besar perubahan tutupan lahan, penyajian dalam bentuk matrik pivot akan sangat membantu tujuan tersebut. Panggil fungsi “Pivot Table”, tepatnya ada di dalam “ArcToolbox – Data Management Tools – Table – Pivot Table”.



Gambar 7.71. Parameter untuk membuat *pivot table*

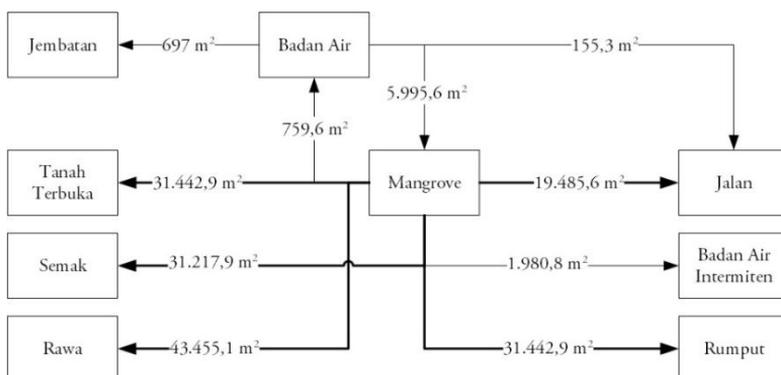
- Pada jendela “Pivot Table”, masukan nama data spasial hasil *dissolve* dan telah memiliki data luas pada data atributnya. “Input Field” pilih nama kolom “tutupan”. Field ini berisi informasi jenis tutupan lahan pada tahun 2012. Pada “Pivot Field”, pilih nama kolom “tutupan_1” yang berisi informasi jenis tutupan lahan pada 2017. Pada “Value

Field” pilih nama kolom “Luas_m2”. Berikan nama baru untuk file luaran dan akhiri dengan menekan tombol OK. Hasil *pivot table* disajikan pada Gambar 7.72.

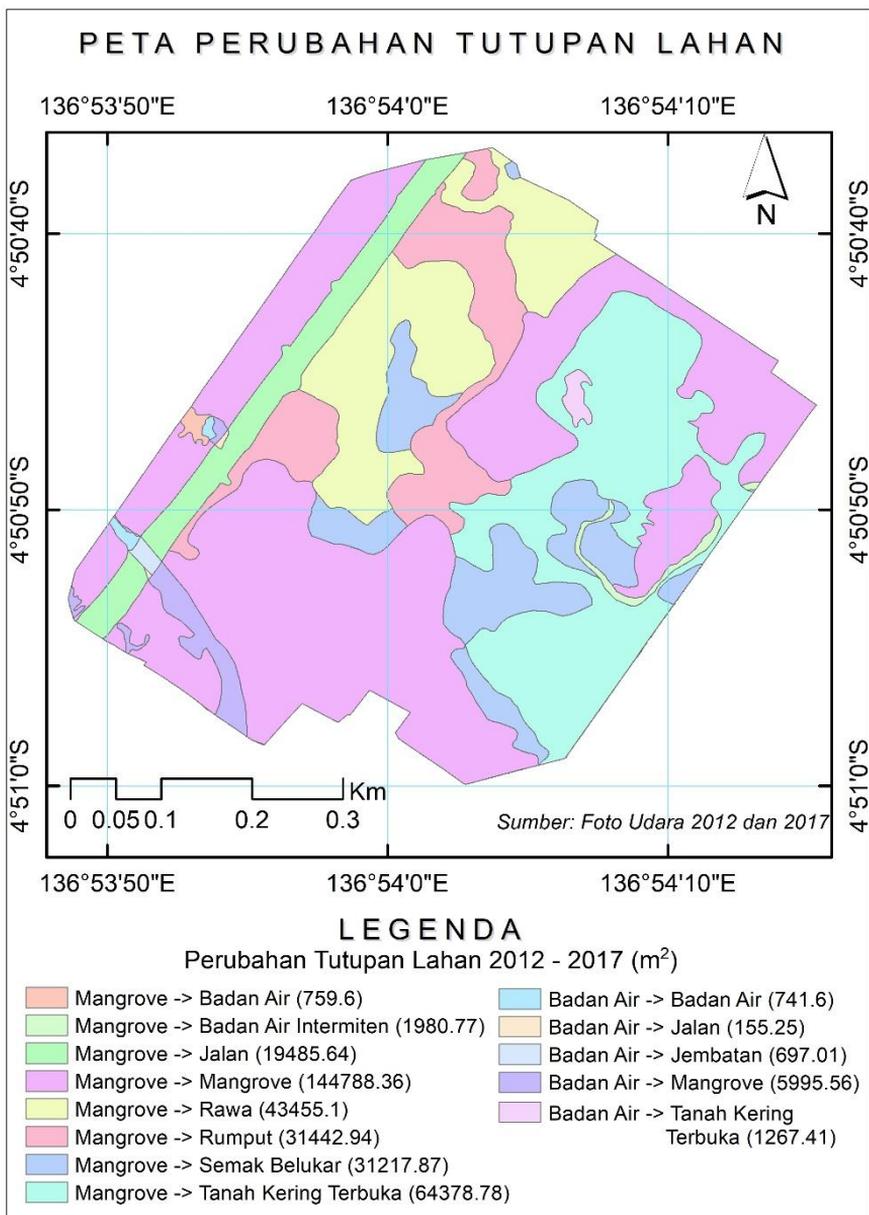
FID*	tutupan	Badan Air	Badan Air Intermite	Jalan	Jembatan	Mangrove	Rawa	Rumput	Semak Beluk	Tanah Kering Terbuk
1	Badan Air	741.6	0	155.25	697.01	5995.56	0	0	0	1267.41
2	Mangrove	759.6	1980.77	19485.64	0	144788.36	43455.	31442.94	31217.87	64378.78

Gambar 7.72. Hasil dari perhitungan *pivot table*.

- Tabel pivot bisa di ekspor ke dalam format teks. Klik kanan pada ikon yang terdapat dipojok kiri tabel atribut, pilih “Export”, dan tentukan nama file untuk menyimpan data *pivot table*. Matrik *pivot table* dapat diterjemahkan ke dalam diagram transisi perubahan tutupan lahan 2012 – 2017 (Gambar 7.73). Peta hasil analisis perubahan tutupan lahan 2012 – 2017 tersaji pada Gambar 7.74.



Gambar 7.73. Diagram transisi perubahan tutupan lahan.



Gambar 7.74. Peta perubahan tutupan lahan dari 2012 - 2017.

{halaman ini sengaja dikosongkan}

Menyajikan Peta Data Biodiversitas Tumbuhan

Tujuan materi pembelajaran:

- Menjelaskan unsur-unsur kartografi petak cetak;
- Menjelaskan tahapan membuat layout peta.

Indikator pencapaian kompetensi:

- Mampu menjelaskan unsur-unsur kunci pada kartografi peta cetak.
- Mampu membuat layout peta

Fasilitas/Alat Bantu: Perangkat lunak SIG, data spasial hasil analisis.

1. Unsur-Unsur Kartografi Peta

Kartografi adalah sebuah ilmu yang mempelajari tentang cara membuat peta dengan baik dan benar. Semua peta mempunyai tujuan umum, yakni menambah pengetahuan dan pemahaman geografis pengguna peta, melalui media komunikasi grafis berupa gambar dan simbol.

Pembuatan peta, hendaklah memperhatikan prinsip pokok pembuatan peta, yang meliputi:

- Penentuan area/wilayah yang akan buat layout peta.
- Pembuatan (akuisisi) peta dasar dan peta tematik yang diperlukan.
- Memastikan kebenaran dan kelengkapan data sesuai dengan kebutuhan.
- Pembuatan simbol-simbol yang mewakili data, dengan memperhatikan regulasi pembuatan simbol dan warna.
- Penempatan skala, arah mata angin dan simbol dengan benar dan jelas pada peta.
- Pembuatan legenda peta sesuai dengan kelengkapan peta (simbol peta dasar dan tematik).
- Melengkapi peta dengan keterangan yang shahih/benar.

Kemudahan melakukan interpretasi/menafsirkan peta tidak lepas dari unsur-unsur kartografi yang harus dipenuhi, yaitu:

1.1. Judul Peta

Judul peta merupakan merupakan komponen yang sangat penting karena mewakili informasi umum dari informasi detil yang terkandung pada peta. Sehingga judul peta hendaknya memuat informasi yang sesuai dengan isi peta, dan tidak menimbulkan penafsiran ganda.

1.2. Skala Peta

Skala adalah perbandingan jarak antara dua titik di peta dengan jarak sebenarnya di permukaan bumi, dengan satuan ukuran yang sama. Contoh, 1 : 100.000 artinya 1cm di peta sama dengan 100.000 cm jarak sebenar.

1.3. Legenda

Legenda pada peta menerangkan arti simbol-simbol yang terdapat pada peta. Legenda harus dapat dipahami oleh pengguna peta, oleh karena itu harus mengacu pada konvensi atau aturan yang ditetapkan. Legenda biasanya diletakkan dipojok kiri bawah peta, selain itu legenda dapat juga diletakkan pad bagian lain pada peta, selama tidak mengganggu kenampakan peta secara keseluruhan.

1.4. Orientasi

Orientasi atau tanda arah mata angin sangat penting keberadaannya pada suatu peta. Tanda ini berguna untuk menunjukkan arah utara, selatan, timur, dan barat pada peta. Orientasi atau tanda arah peta ini harus dicantumkan untuk menghindari kekeliruan dalam menentukan arah pada peta. Orientasi atau tanda arah pada peta berbentuk tanda panah yang menunjukkan arah utara. Penunjuk arah ini dapat diletakkan dibagian mana saja dari peta, asalkan tidak mengganggu kenampakan peta.

1.5. Simbol dan Warna

Secara sederhana simbol dapat diartikan sebagai gambar atau tanda yang mempunyai arti atau makna tertentu. Simbol mempunyai peranan penting, bahkan dalam peta-peta khusus atau peta tematik simbol merupakan informasi utama untuk menunjukkan tema suatu peta.

Simbol dan warna dapat mengacu pada regulasi/ketetapan simbol dan warna yang telah dikeluarkan oleh pemerintah. Jika belum terdapat regulasi yang mengatur, maka pembuatan simbol peta didasarkan pada prinsip sederhana, mudah dimengerti dan bersifat umum. Macam-macam simbol pada peta:

- Simbol berdasarkan bentuknya sebagai berikut :
 - Titik
 - Garis
 - Luasan (area)
 - Batang
 - Lingkaran
 - Bola

- Simbol berdasarkan sifatnya, sebagai berikut :
 - Kuantitatif
 - Kualitatif

- Simbol berdasarkan fungsinya, sebagai berikut :
 - Simbol daratan
 - Simbol perairan
 - Simbol budaya

- Berdasarkan sifatnya warna pada peta dibagi menjadi dua:
 - Warna kuantitatif
 - Warna kualitatif

1.6. Sumber Dan Tahun Pembuatan Peta

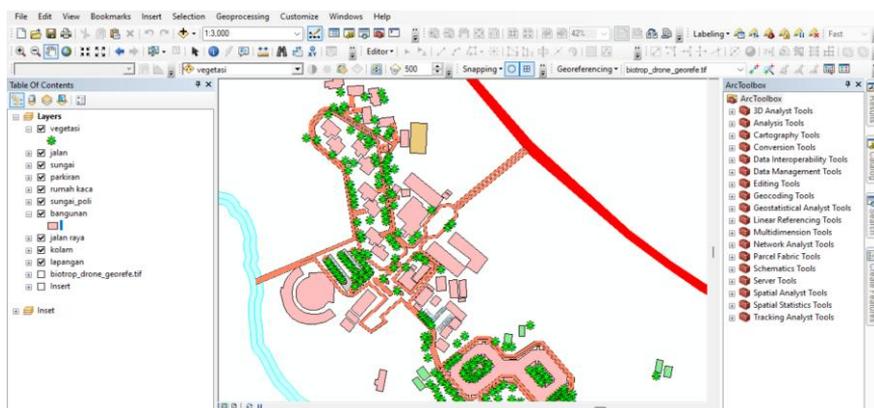
Sumber memberi kepastian kepada pengguna peta mengenai keabsahan dan akurasi peta. Tahun pembuatan peta menjadi referensi kemutakhiran informasi yang terkandung pada peta.

2. Teknik Layout Peta

Pembuatan layout peta memerlukan perangkat lunak SIG seperti ArcMap atau QGIS. Panduan berikut ini adalah teknik layout peta dengan bantuan perangkat lunak ArcMap.

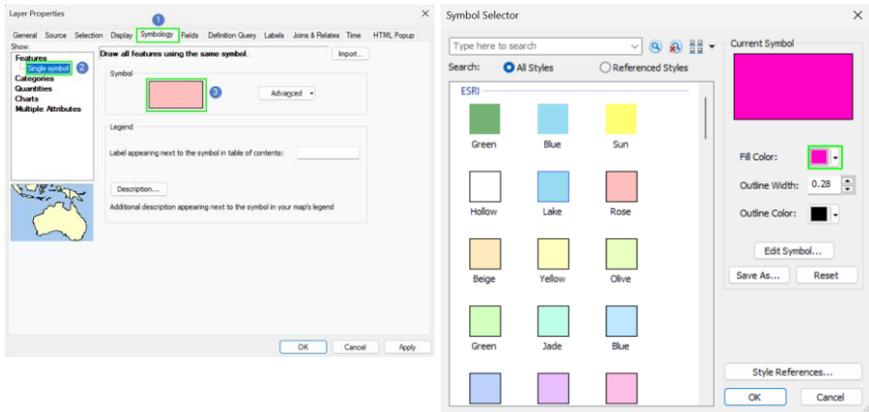
2.1. Mengatur Symbol pada Peta

- Buka kembali perangkat lunak ArcMap dan tambahkan data hasil analisis sebelumnya. Data spasial yang digunakan dalam contoh ini terdiri dari vegetasi di sekitar BIOTROP, jalan, sungai, bangunan dan laboratorium lapang (rumah kaca, kolam).



Gambar 8.75. Peta fasilitas gedung dan tumbuhan di sekitar BIOTROP.

- Pengaturan simbol pada peta perlu dilakukan agar tampilan obyek spasial jelas dan mudah dipahami. Klik dua kali pada layer bangunan, pilih “Symbology”. Pada “Symbol” klik kotak warna, sehingga jendela pilihan simbol tampil (Gambar 8.76). Silahkan ubah warna menjadi ungu, dan akhiri dengan menekan tombol OK.



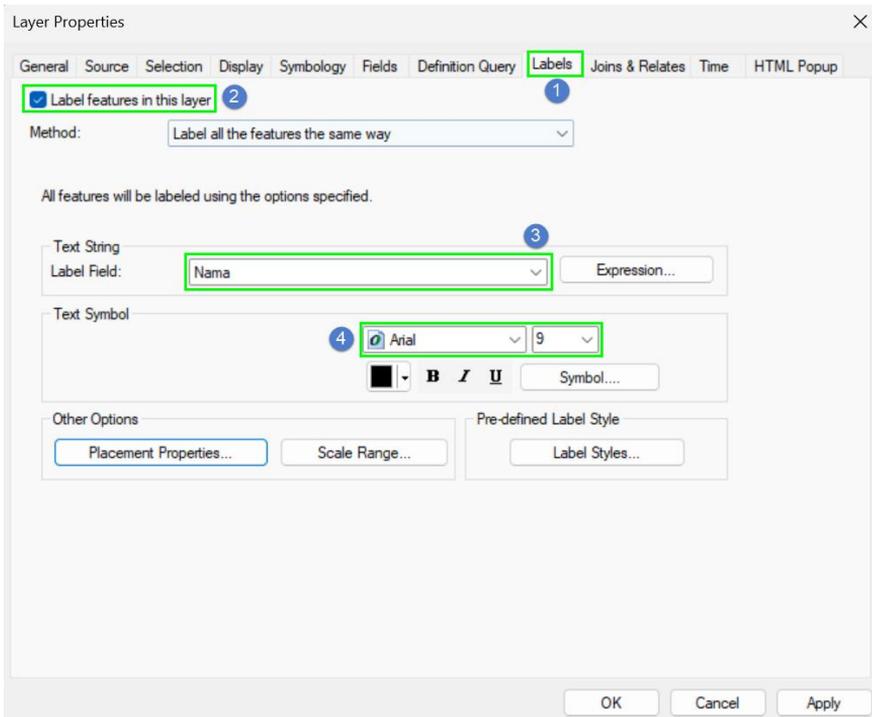
Gambar 8.76. Pengaturan simbol warna.

- Selain pengaturan *Single symbol*, ada 4 (empat) pilihan pengaturan simbol lainnya pada ArcMap, yakni *Categories*, *Quantiles*, *Charts*, dan *Multiple Attributes*. Silahkan melakukan eksplorasi untuk menggunakan pengaturan simbol tersebut.

2.2. Memberikan Label pada Peta

Label diperoleh dari data atribut yang dimiliki oleh data spasial. Berikut contoh cara menampilkan label nama nama-nama fasilitas gedung di BIOTROP:

- Klik kanan pada layer bangunan kemudian pada pilihan menu, pilih “Properties”. Pada jendela “Properties”, pilih tab “Labels”. Centang pada tulisan *Label features in this layer*. Tentukan juga nama kolom (*field*) yang menjadi acuan pemberian label. Pada jendela “Properties” ini juga tersedia pengaturan jenis dan ukuran huruf, format dan model huruf serta pengaturan penempatan label, seperti disajikan pada Gambar 8.77.



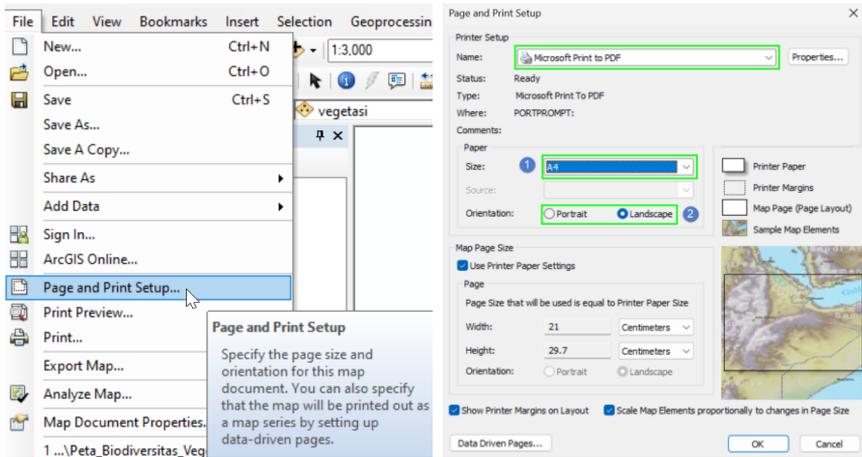
Gambar 8.77. Pengaturan pemberian label pada peta.

- Pada “Placement Properties”, centang *only place label inside polygon*, serta pilih “Remove duplicate label”. Kemudian klik OK.

2.3. Layout Peta

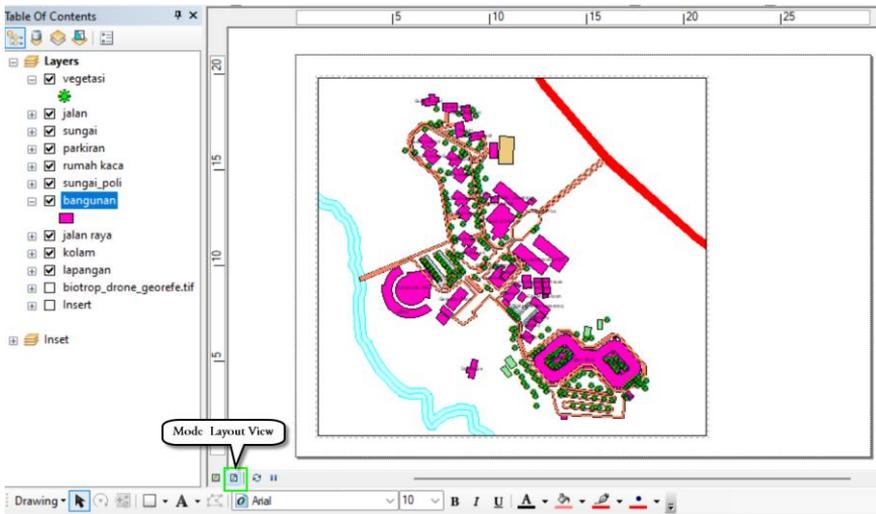
Layout peta adalah kegiatan SIG untuk tujuan visualisasi dan diseminasi informasi spasial. Hasil layout peta ditujukan bagi pengguna akhir yang sangat mungkin memiliki latar belakang keilmuan dan pengetahuan SIG yang berbeda-beda. Karenanya, hasil layout peta harus mengandung informasi yang jelas (tidak menyebabkan multi-tafsir) dan mudah dipahami oleh pengguna. Visualisasi peta yang baik wajib memperhatikan unsur-unsur kartografi yang harus termuat di dalam peta. Berikut ini langkah-langkah dalam membuat layout peta:

- Langkah pertama adalah mengatur ukuran pencetakan peta. Pengaturan ukuran pencetakan peta dilakukan melalui menu “File – Page and Print Setup”. Dua hal yang wajib diatur adalah ukuran kertas dan orientasi kertas (Gambar 8.78).



Gambar 8.78. Pengaturan ukuran dan orientasi bidang layout peta.

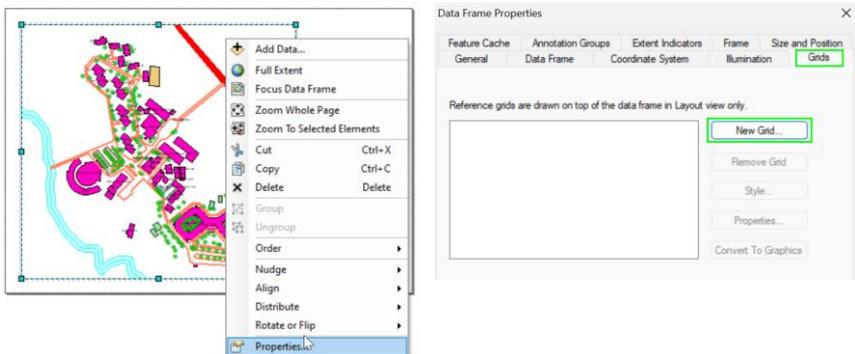
- Pengaturan ukuran kertas berhubungan dengan jenis printer yang dipilih. Jika jenis printer yang dipilih hanya mampu mencetak pada kertas A4, maka otomatis pilihan ukuran bidang layout peta maksimum A4.
- Pada contoh ini, bidang layout peta dipilih ukuran A4 dan orientasi *landscape*.
- Selanjutnya ubah mode tampilan jendela peta ArcMap ke dalam mode “Layout View”, seperti diilustrasikan pada Gambar 8.79.



Gambar 8.79. Tampilan mode layout view.

2.3.1. Menambahkan Grid Koordinat

- Penambahan grid koordinat peta dilakukan dengan cara klik kanan pada bidang peta (dalam mode layout view), kemudian pilih “Properties”. Pada jendela “Properties”, klik tab “Grids” dan tekan tombol “New Grid” (Gambar 8.80).



Gambar 8.80. Proses penambahan grid koordinat pada layout peta.

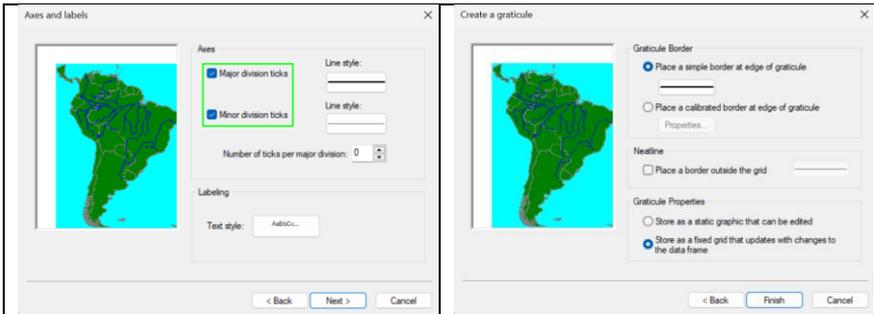
- Pada jendela “Grids and Graticules Wizard”, pilih “Graticule”, kemudian tekan tombol “Next” (Gambar 8.81 sebelah kiri). Pada

jendela “Create Graticule”, masukan nilai interval *graticule* (Gambar 8.81 sebelah kanan), kemudian tekan “Next”.



Gambar 8.81. Proses pembuatan graticule.

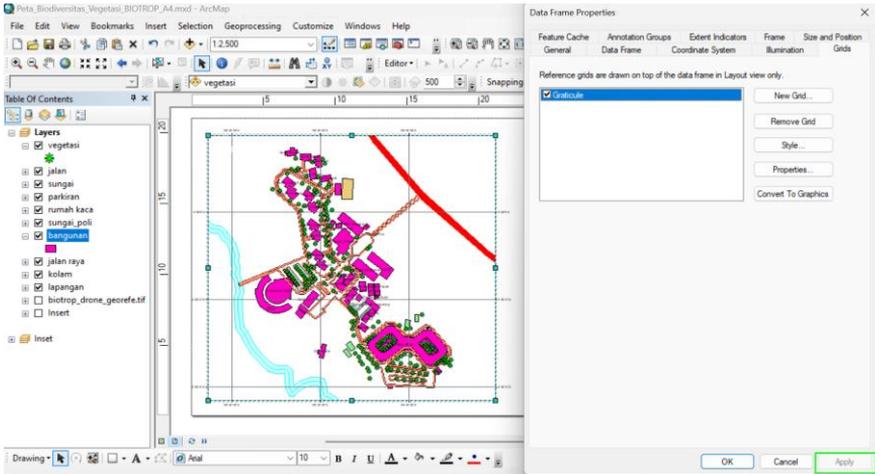
- Pada jendela pengaturan “Axes and Labels”, centang pada opsi “Major division” dan “Minor Division”, dan lanjutkan menekan tombol “Next”. Kemudian tampil jendela “Create a graticule”. Pada jendela pengaturan ini pilih opsi “Place simple border...”, dan akhiri dengan menekan tombol “Finish”.



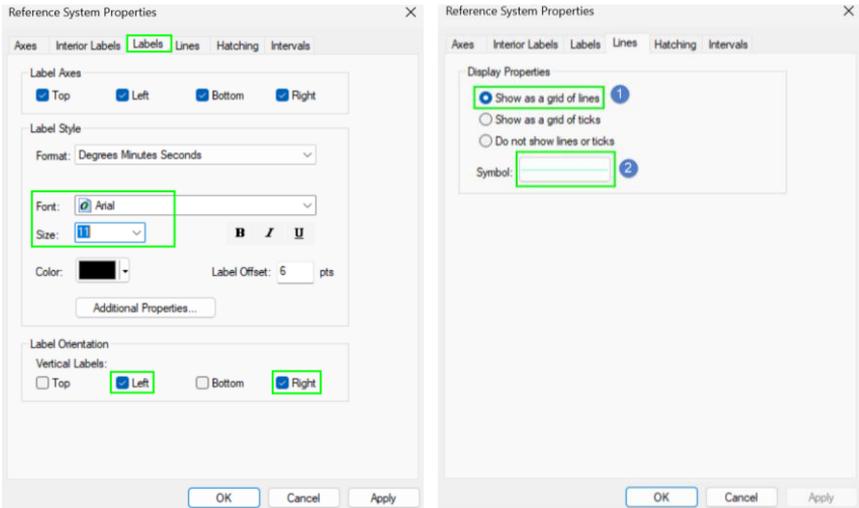
Gambar 8.82. Proses pengaturan axes dan label.

- Jendela “Data Frame Properties” akan tampil kembali. Klik tombol “Apply” untuk melihat perubahan pada layout peta. Setelah tombol “Apply” ditekan, maka pengaturan graticule akan tampil pada layout peta. Pada Gambar 8.83, tampak besar huruf *graticule* masih terlalu kecil, dan tidak terbaca dengan jelas. Ukuran dan orientasi *graticule*

perlu diatur kembali. Klik tombol “Properties” pada jendela “Data Frame Properties”.



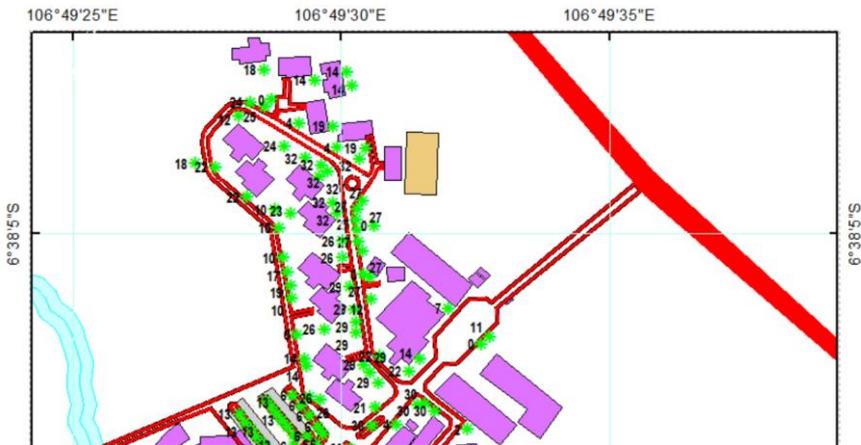
Gambar 8.83. Pengaturan properti *graticule*.



Gambar 8.84. Pengaturan jenis, ukuran huruf dan tata letak label *graticule*.

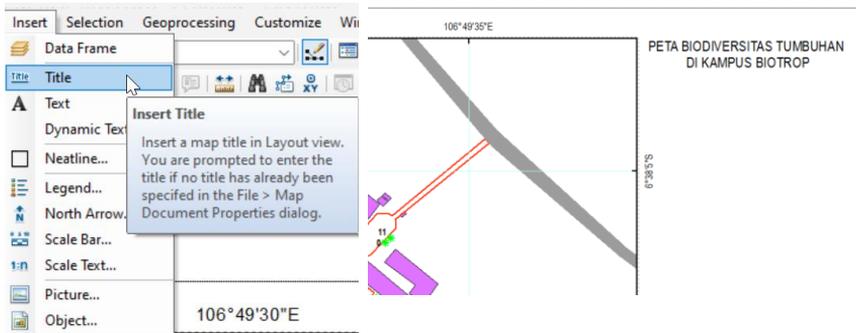
- Pada jendela pengaturan “Reference System Properties”, klik tab “Labels”, dan lakukan pengaturan jenis dan ukuran huruf. Pada

bagian “Label Orientation” centang “Left” dan “Right” untuk merubah orientasi label menjadi vertikal (Gambar 8.84). Klik tombol OK untuk kembali ke jendela “Data Frame Properties”. Pada jendela “Data Frame Properties” klik tombol “Apply” untuk melihat perubahan pada layout peta. Sekarang, pada pembesaran 100% (ukuran sebenarnya), tingkat keterbacaan peta sangat baik (Gambar 8.85).



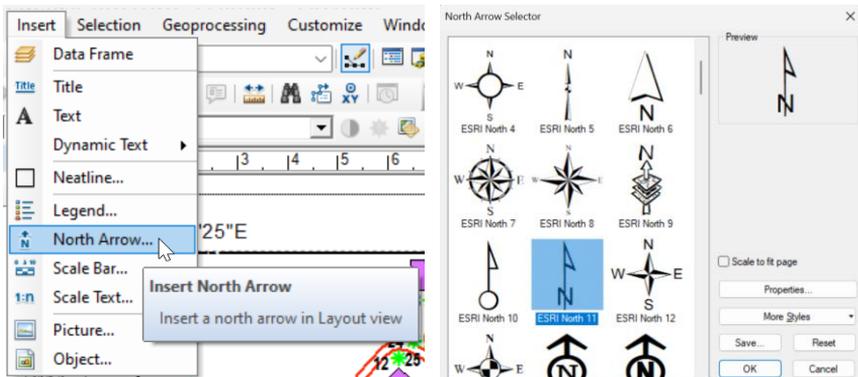
Gambar 8.85. Tingkat keterbacaan informasi menjadi baik setelah pengaturan label.

- Pada “Reference System Properties” pilih tab “Labels” kemudian centang *vertical label* “Left” dan “Right”, kosongkan (*unchecked*) pada pilihan “Top”.
- Tambahkan judul peta melalui menu “Insert – Title”. Ketik nama judul peta. Klik dua kali pada judul peta untuk mengatur jenis dan ukuran huruf.



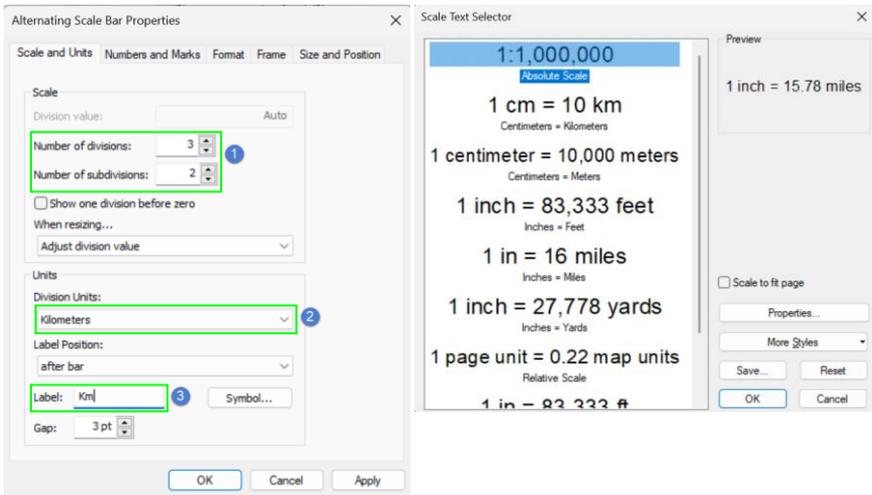
Gambar 8.86. Pemberian judul peta.

- Selanjutnya penambahan arah mata angin pada peta. Penambahan arah mata angin melalui menu “Insert – North Arrow”, seperti disajikan pada Gambar 8.87. Pilih simbol arah mata angin yang diinginkan, kemudian tekan tombol OK.



Gambar 8.87. Penambahan arah mata angin.

- Informasi berikutnya yang wajib ditambahkan pada peta adalah skala peta. Skala peta ada dua jenis, yakni skala gambar dan skala teks. Keduanya harus ditambahkan pada peta. Penambahan skala melalui menu “Insert – Scale Bar/Text”. Untuk mengatur ukuran scale bar, klik dua kali pada simbol/gambar *scale bar*. Perhatikan proses dan pengaturan skala gambar dan teks pada Gambar 8.88.



(a) Pengaturan skala gambar.

(b) Pemilihan model skala teks.



(c) Tampilan peta setelah penambahan skala gambar dan teks.

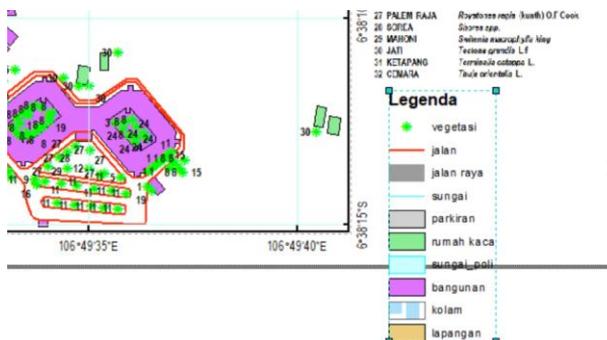
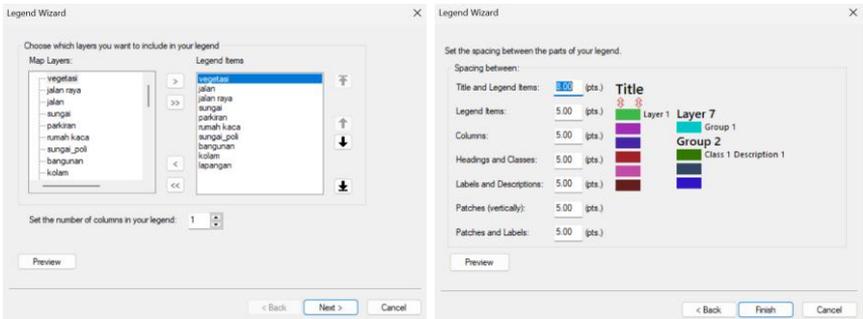
Gambar 8.88. Penambahan dan pengaturan skala gambar dan teks.

- Tahap berikutnya menyisipkan gambar pada layout peta. Nama-nama lokal dan latin dari vegetasi sudah disiapkan dan disimpan dalam format gambar (JPG). Untuk menyisipkan gambar, pilih menu “Insert – Picture”. Pada jendela “Open File”, arahkan ke folder kerja, pilih gambar yang akan disisipkan dan akhiri dengan menekan tombol “Open” (Gambar 8.89).



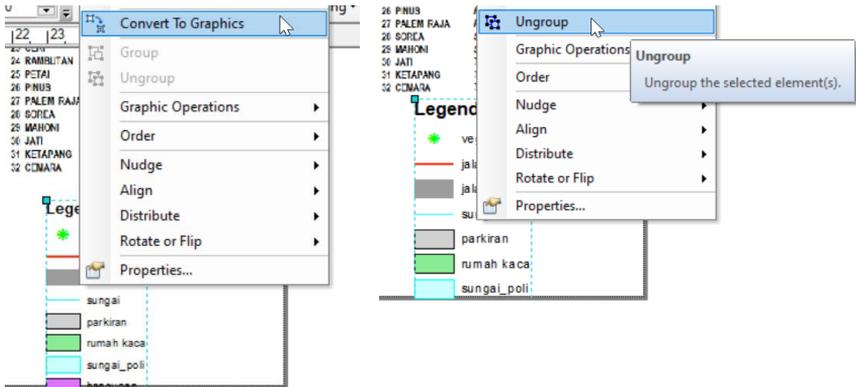
Gambar 8.89. Penyisipan data vegetasi dalam format gambar.

- Berikutnya tambahkan legenda dari obyek spasial lainnya pada peta. Pilih menu “Insert – Legend”. Pilih obyek spasial yang akan ditampilkan simbolnya pada legenda. Ikuti terus panduan menyiapkan legenda hingga jendela terakhir dan akhiri dengan menekan tombol Finish (Gambar 8.90).



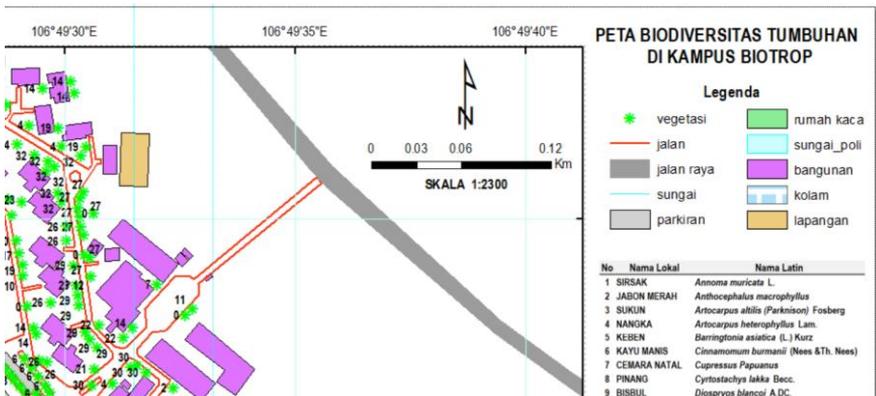
Gambar 8.90. Menambahkan legenda peta.

- Legenda peta perlu diatur lebih lanjut agar tata letaknya menarik. Letakkan cursor mouse pada bidang legenda peta, klik tombol mouse sebelah kanan dan pilih “Convert to Graphics”. Klik lagi tombol sebelah kanan di atas legenda, kemudian pilih “Ungroup”.



Gambar 8.91. Mengatur tampilan legenda.

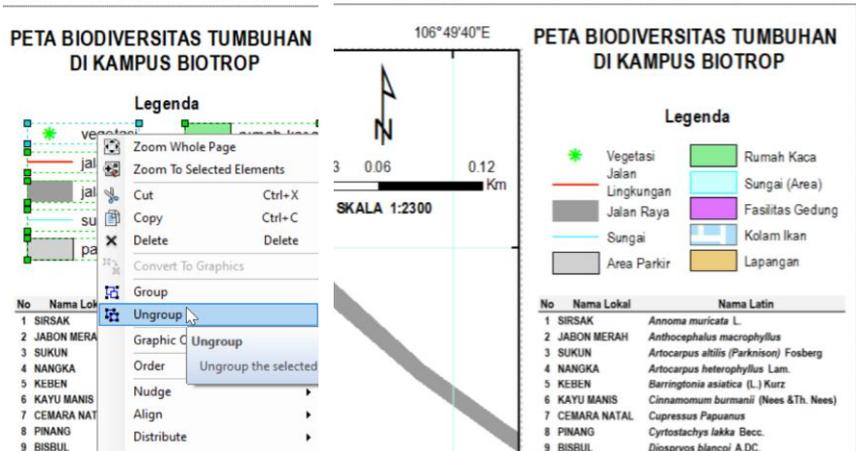
- Atur tata letak legenda. Misalkan legenda dipindahkan ke bagian atas setelah judul, seperti pada Gambar 8.92.



Gambar 8.92. Mengatur tata letak legenda.

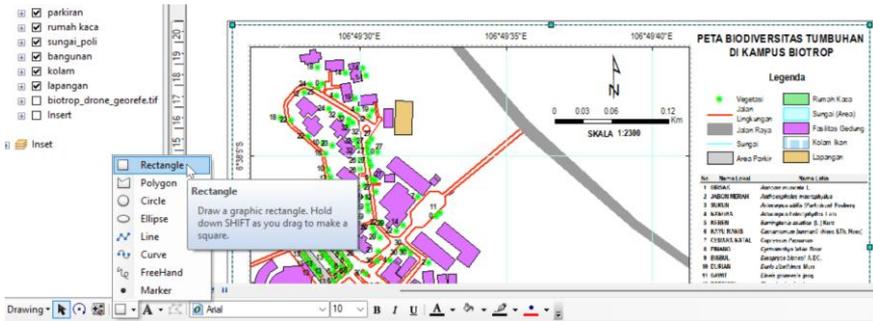
- Selanjutnya memperbaiki keterangan setiap simbol pada legenda. Pilih seluruh simbol pada legenda, kemudian klik tombol mouse sebelah kanan, dan pilih “Ungroup”. Sekarang setiap keterangan

pada simbol dapat di-edit/disempurnakan. Perbaiki penulisan maupun kebenaran informasi dari setiap legenda (Gambar 8.93).



Gambar 8.93. Perbaikan penulisan informasi pada legenda.

- Tambahkan garis tepi dengan membuat kotak melalui menu “Drawing”, seperti pada Gambar 8.94.



Gambar 8.94. Membuat garis tepi/batas luar dari peta.

- Tambahkan garis tepi dengan membuat kotak melalui menu “Drawing”, seperti pada Gambar 8.94. Tambahkan juga keterangan sumber data pada bagian bawah peta seperti Gambar 8.95.

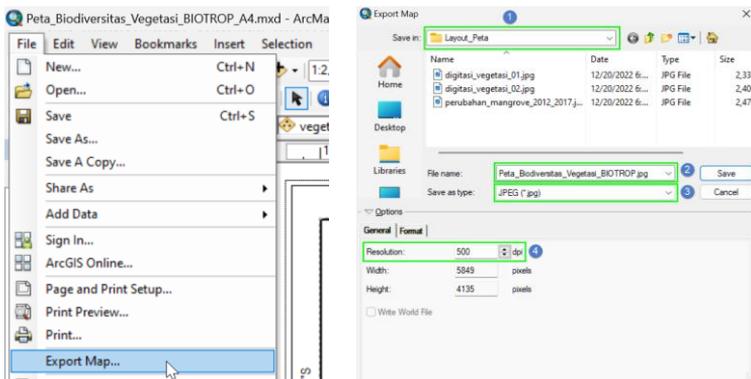


Gambar 8.95. Menambahkan keterangan sumber data.

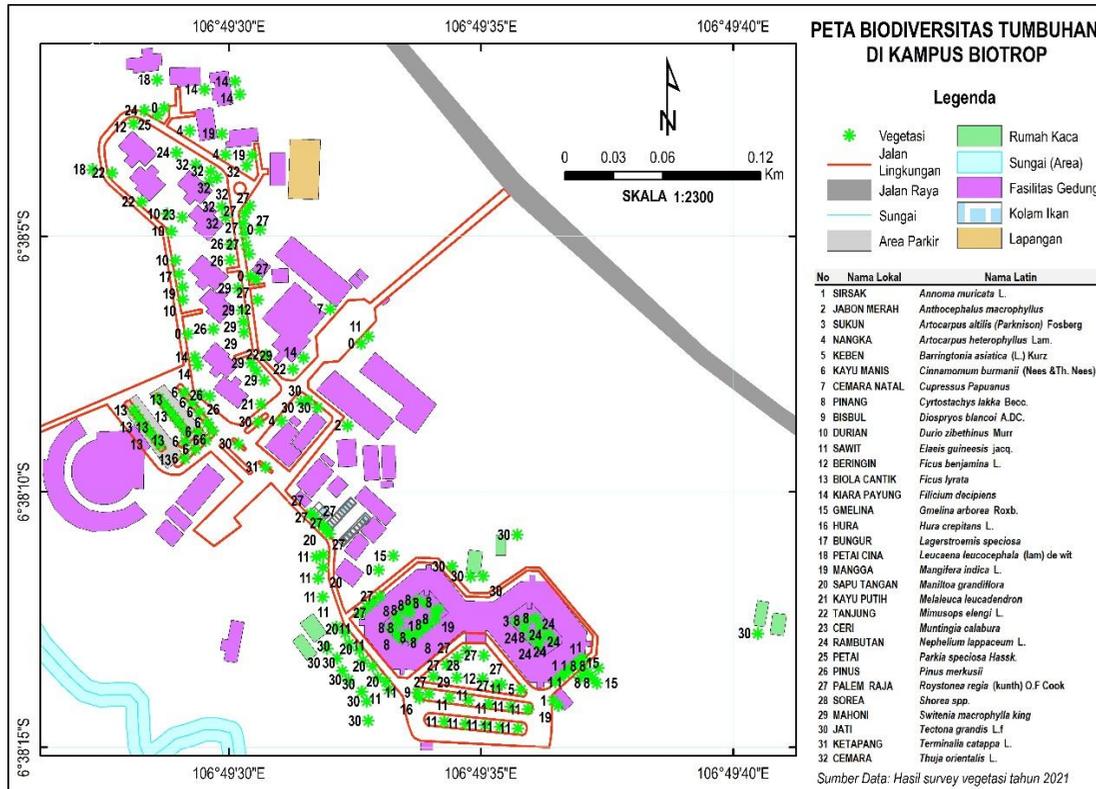
2.3.2. Ekspor Peta ke dalam Format JPG atau PDF

Peta hasil layout ditujukan bagi pengguna akhir, sehingga perlu disediakan dalam format umum yang dapat diakses dengan berbagai perangkat lunak standar. Format gambar JPG ataupun dokumen PDF merupakan format standar yang memudahkan pengguna untuk membuka dan membaca peta. Berikut langkah untuk merubah peta hasil layout menjadi format PDF atau JPG:

Pilih menu “File – Export Map”. Pada jendela “Export Map”, tentukan lokasi penyimpanan, nama dan tipe file, dan resolusi file. Atur reslousi pada angka lebih dari 150 dpi untuk mendapatkan gambar yang tajam (Gambar 8.96). Peta hasil ekspor disajikan pada Gambar 8.97.



Gambar 8.96. Ekspor peta ke dalam format gambar (JPEG).



Gambar 8.97. Peta hasil layout dan siap untuk dicetak.



Daftar Pustaka

1. Cardinale, B. J.; Duffy, J. E.; Gonzalez, A.; Hooper, D. U.; Perrings, C.; Venail, P.; Narwani, A.; Mace, G. M.; Tilman, D.; Wardle, D. A.; Kinzig, A. P.; Daily, G. C.; Loreau, M.; Grace, J. B.; Larigauderie, A.; Srivastava, D. S.; Naeem, S., Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* **2012**, *486* (7401), 59-67.
2. Hooper, D. U.; Adair, E. C.; Cardinale, B. J.; Byrnes, J. E. K.; Hungate, B. A.; Matulich, K. L.; Gonzalez, A.; Duffy, J. E.; Gamfeldt, L.; O'Connor, M. I., A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature* **2012**, *486* (7401), 105-108.
3. Hooper, D. U.; Chapin iii, F. S.; Ewel, J. J.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, J. H.; Lodge, D. M.; Loreau, M.; Naeem, S.; Schmid, B.; Setälä, H.; Symstad, A. J.; Vandermeer, J.; Wardle, D. A., EFFECTS OF BIODIVERSITY ON ECOSYSTEM FUNCTIONING: A CONSENSUS OF CURRENT KNOWLEDGE. *Ecological Monographs* **2005**, *75* (1), 3-35.
4. Hortal, J.; de Bello, F.; Diniz-Filho, J. A. F.; Lewinsohn, T. M.; Lobo, J. M.; Ladle, R. J., Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **2015**, *46* (1), 523-549.
5. Sutherland, W. J.; Freckleton, R. P.; Godfray, H. C. J.; Beissinger, S. R.; Benton, T.; Cameron, D. D.; Carmel, Y.; Coomes, D. A.; Coulson, T.; Emmerson, M. C.; Hails, R. S.; Hays, G. C.; Hodgson, D. J.; Hutchings, M. J.; Johnson, D.; Jones, J. P. G.; Keeling, M. J.; Kokko, H.; Kunin, W. E.; Lambin, X.; Lewis, O. T.; Malhi, Y.; Mieszkowska, N.; Milner-Gulland, E. J.; Norris, K.; Phillimore, A. B.; Purves, D. W.; Reid, J. M.; Reuman, D. C.; Thompson, K.; Travis, J. M. J.; Turnbull, L. A.; Wardle, D. A.; Wiegand, T., Identification of 100 fundamental ecological questions. *Journal of Ecology* **2013**, *101* (1), 58-67.
6. Jin, J.; Yang, J., BDcleaner: A workflow for cleaning taxonomic and geographic errors in occurrence data archived in biodiversity databases. *Global Ecology and Conservation* **2020**, *21*, e00852.
7. Guralnick, R. P.; Zermoglio, P. F.; Wieczorek, J.; LaFrance, R.; Bloom, D.; Russell, L., The importance of digitized biocollections as a source of trait data and a new VertNet resource. *Database* **2016**, *2016*, baw158.

8. Nelson, G.; Ellis, S., The history and impact of digitization and digital data mobilization on biodiversity research. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **2019**, *374* (1763), 20170391.
9. Wijesingha, D.; Marikar, F., Automatic detection system for the identification of plants using herbarium specimen images. **2011**.
10. Lin, Y.-P.; Lin, W.-C.; Lien, W.-Y.; Anthony, J.; Petway, J. R. Identifying Reliable Opportunistic Data for Species Distribution Modeling: A Benchmark Data Optimization Approach *Environments* [Online], 2017.
11. Darrah, S. E.; Bland, L. M.; Bachman, S. P.; Clubbe, C. P.; Trias-Blasi, A., Using coarse-scale species distribution data to predict extinction risk in plants. *Diversity and Distributions* **2017**, *23* (4), 435-447.
12. Banerjee, A. K.; Khuroo, A. A.; Dehnen-Schmutz, K.; Pant, V.; Patwardhan, C.; Bhowmick, A. R.; Mukherjee, A., An integrated policy framework and plan of action to prevent and control plant invasions in India. *Environmental Science & Policy* **2021**, *124*, 64-72.
13. Pelletier, T. A.; Carstens, B. C.; Tank, D. C.; Sullivan, J.; Espindola, A., Predicting plant conservation priorities on a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2018**, *115* (51), 13027-13032.
14. Cabrelli, A. L.; Stow, A. J.; Hughes, L., A framework for assessing the vulnerability of species to climate change: a case study of the Australian elapid snakes. *Biodiversity and Conservation* **2014**, *23* (12), 3019-3034.
15. Nurbaya, S. e., *The State of Indonesia's Forests 2022: Toward FOLU Net Sink 2030*. Ministry of Environment and Forestry, Republic of Indonesia: Jakarta, 2022.
16. Aronoff, S., Geographic information systems: A management perspective. *Geocarto International* **1989**, *4* (4), 58-58.
17. Burrough, P. A., Principles of geographical. Information systems for land resource assessment. Clarendon Press, Oxford **1986**.
18. Goodchild, M.; Haining, R.; Wise, S., Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities. *International Journal of Geographical Information Systems* **1992**, *6* (5), 407-423.

19. Maguire, D. J., GIS: A tool or science. *Birmingham City University UK* **2010**.
20. Longley, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J.; Rhind, D. W., *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons: 2005.
21. Hardjomidjojo, H, H.; Imantho, H.; Suyamto, D. A.; Biology, R. C. f. T., *Decision Support System on Spatial Planning for Food Security: Case Study in Jawa Barat Province*. Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology: 2013.
22. Hardjomidjojo, H. H.; Imantho, H.; Damayanti, A., Spatial Dynamic Modeling for Increasing the Competitiveness of Small Medium Enterprises: Case Study of Bogor City, West Java, Indonesia. In *Economics, Business, and Islamic Finance in ASEAN Economics Community*, Ordoñez de Pablos, P.; Almunawar, M. N.; Abduh, M., Eds. IGI Global: Hershey, PA, USA, 2020; pp 16-30.
23. Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W.; Dulbahri; Suharsono, P.; Hartono; Suharyadi; Sutanto, *Penginderaan jauh dan interpretasi citra*. Gadjah Mada University: 1993.
24. Wang, R.; Gamon, J. A., Remote sensing of terrestrial plant biodiversity. *Remote Sensing of Environment* **2019**, *231*, 111218.
25. Muro, J.; Linstädter, A.; Magdon, P.; Wöllauer, S.; Männer, F. A.; Schwarz, L.-M.; Ghazaryan, G.; Schultz, J.; Malenovský, Z.; Dubovyk, O., Predicting plant biomass and species richness in temperate grasslands across regions, time, and land management with remote sensing and deep learning. *Remote Sensing of Environment* **2022**, *282*, 113262.
26. Pace, G.; Gutiérrez-Cánovas, C.; Henriques, R.; Carvalho-Santos, C.; Cássio, F.; Pascoal, C., Remote sensing indicators to assess riparian vegetation and river ecosystem health. *Ecological Indicators* **2022**, *144*, 109519.
27. Wallis, C. I. B.; Crofts, A. L.; Inamdar, D.; Arroyo-Mora, J. P.; Kalacska, M.; Laliberté, É.; Vellend, M., Remotely sensed carbon content: The role of tree composition and tree diversity. *Remote Sensing of Environment* **2023**, *284*, 113333.
28. Royimani, L.; Mutanga, O.; Odindi, J.; Dube, T.; Matongera, T. N., Advancements in satellite remote sensing for mapping and monitoring

- of alien invasive plant species (AIPs). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **2019**, *112*, 237-245.
29. Vaz, A. S.; Alcaraz-Segura, D.; Campos, J. C.; Vicente, J. R.; Honrado, J. P., Managing plant invasions through the lens of remote sensing: A review of progress and the way forward. *Science of The Total Environment* **2018**, *642*, 1328-1339.
 30. Butler, J. D.; Purkis, S. J.; Yousif, R.; Al-Shaikh, I.; Warren, C., A high-resolution remotely sensed benthic habitat map of the Qatari coastal zone. *Marine Pollution Bulletin* **2020**, *160*, 111634.
 31. Nanda, M. A.; Wijayanto, A. K.; Imantho, H.; Nelwan, L. O.; Budiastira, I. W.; Seminar, K. B. In *Multi-Criteria Decision Analysis Methods for Siting Energy Generation from Municipal Solid Waste: A Systematic Mini Review*, 2021 7th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE), 2-2 Oct. 2021; 2021; pp 1-6.
 32. Nanda, M. A.; Wijayanto, A. K.; Imantho, H.; Nelwan, L. O.; Budiastira, I. W.; Seminar, K. B., Factors Determining Suitable Landfill Sites for Energy Generation from Municipal Solid Waste: A Case Study of Jabodetabek Area, Indonesia. *The Scientific World Journal* **2022**, *2022*, 9184786.
 33. Herniman, S.; Coops, N. C.; Martin, K.; Thomas, P.; Luther, J. E.; van Lier, O. R., Modelling avian habitat suitability in boreal forest using structural and spectral remote sensing data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* **2020**, *19*, 100344.
 34. Anne, N. J.; Abd-Elrahman, A. H.; Lewis, D. B.; Hewitt, N. A., Modeling soil parameters using hyperspectral image reflectance in subtropical coastal wetlands. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **2014**, *33*, 47-56.
 35. Gorraab, A.; Zribi, M.; Baghdadi, N.; Lili-Chabaane, Z.; Mougenot, B. In *Multi-frequency analysis of soil moisture vertical heterogeneity effect on radar backscatter*, 2014 1st International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP), 17-19 March 2014; 2014; pp 379-384.
 36. Imantho, H.; Seminar, K. B.; Hermawan, W.; Saptomo, S. K. A Spatial Distribution Empirical Model of Surface Soil Water Content and Soil Workability on an Unplanted Sugarcane Farm Area Using Sentinel-1A

- Data towards Precision Agriculture Applications *Information* [Online], 2022.
37. Imantho, H.; Seminar, K. B.; Hermawan, W.; Saptomo, S. K. Pendekatan Pertanian Cerdas dan Presisi untuk Pemilihan Mesin Pengolahan Tanah Berdasarkan Variabilitas Spasial. Dissertation, IPB University, Bogor, 2022.
 38. Imantho, H.; Seminar, K. B.; Hermawan, W.; Saptomo, S. K., Distribusi Spasial Dekat Waktu Nyata Draft Spesifik Lahan Perkebunan Tebu Belum Diolah Berbasis Citra SENTINEL-1. *Jurnal Keteknikaan Pertanian* **2022**, 10 (2), 172-185.
 39. David, R. M.; Rosser, N. J.; Donoghue, D. N. M., Improving above ground biomass estimates of Southern Africa dryland forests by combining Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 multispectral imagery. *Remote Sensing of Environment* **2022**, 282, 113232.
 40. Kattenborn, T.; Lopatin, J.; Förster, M.; Braun, A. C.; Fassnacht, F. E., UAV data as alternative to field sampling to map woody invasive species based on combined Sentinel-1 and Sentinel-2 data. *Remote Sensing of Environment* **2019**, 227, 61-73.
 41. Ariani, E.; Ruslan, M.; Kurnain, A.; Kissinger, K., Analisis Potensi Simpanan Karbon Hutan Mangrove Di Area PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk P 12 Tarjun. *EnviroScientiae* 12 (3), 312-329.

Tentang Penulis



Harry Imantho lahir di Sumedang, Propinsi Jawa Barat. Pendidikan dasar hingga menengah atas ditempuh di kota kelahiran. Ia menempuh pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Agrometeorologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor (IPB) dan lulus pada tahun 2000. Pada tahun 2006, menyelesaikan pendidikan Master of Science (S2) pada Program Studi Internasional Master of Science in Information Technology for Natural Resources Management, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, dan menyelesaikan pendidikan program Doktor (S3) tahun 2022 pada Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

Berpengalaman lebih dari 20 tahun di bidang SIG dan Penginderaan jauh, menjadi pengajar dan fasilitator pada berbagai lembaga dan institusi pendidikan, pemerintah dan swasta; dan melakukan penelitian/kajian di bidang SIG dan Penginderaan jauh dengan sejumlah publikasi di level nasional dan internasional. Ia juga menjadi salah satu inventor pengembang Sistem Aplikasi Rekomendasi Pemupukan Tanaman Sawit berbasis Citra Satelit Sentinel, yang telah terdaftar sejak 13 Juni 2019 sebagai satu kekayaan intelektual pada Kementerian Hukum dan HAM Republik Indonesia. Hasil penelitiannya mengenai Sistem Pengambilan Keputusan untuk Perencanaan Spasial Ketahanan Pangan juga tercatat dalam 105 inovasi Indonesia pada tahun 2013 dan mendapat penghargaan dari Gubernur Jawa Barat pada tahun 2016.

Saat ini Ia aktif sebagai Kepala Divisi *Earth Observatory and Change*, SEAMEO BIOTROP. Selain itu, Ia juga menjadi dosen tamu pada Politeknik Pembangunan Pertanian (POLBANGTAN) Bogor sejak tahun 2019, dan dosen luar biasa pada Universitas Paramadina sejak tahun 2020.



Zulhamsyah Imran lahir di Pidie, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam. Ia memperoleh gelar Doktor Bidang Biosphere dari Hiroshima Unbiversity. Ia memiliki pengalaman profesional dalam bidang ekologi wilayah pesisir, perencanaan geo-spasial, kajian lingkungan hidup strategis spasial, serta pendidikan biodiversitas dan *blue carbon*. Hasil-hasil penelitian dan pengalaman profesionalnya telah diterbitkan dalam berbagai publikasi ilmiah dan populer, dalam jurnal nasional dan internasional.

Saat ini Ia aktif sebagai Dosen di Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan IPB dan juga sebagai praktisi bidang lingkungan perairan. Selain itu Ia aktif dalam berbagai organisasi yang fokus pada penyelamatan biodiversitas, konservasi ekologi wilayah pesisir dan laut dan pengembangan *blue carbon*.