



PEMANTAUAN TANAMAN PADI DI KABUPATEN BADUNG MENGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JARAK JAUH (*REMOTE SENSING*) DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS



**BADAN RISET DAN INOVASI DAERAH
KABUPATEN BADUNG**

2024

RINGKASAN

Produksi padi di Kabupaten Badung menghadapi berbagai macam tantangan, salah satunya adalah luas lahan tanaman padi yang menyusut. Pertumbuhan populasi yang meningkat, memicu alih fungsi lahan dari pertanian ke sektor non-pertanian. Produksi beras di Kabupaten Badung mengalami penurunan yang signifikan pada beberapa tahun terakhir ini. Hal tersebut mengindikasikan terdapat masalah dalam menjaga produktivitas padi di Kabupaten Badung.

Selain alih fungsi lahan, kesehatan dan tingkat stres tanaman padi merupakan indikator penting untuk produktivitasnya. Diperlukan data-data hasil pemantauan untuk mengambil intervensi yang tepat. Pemantauan secara konvensional memerlukan sumber daya yang besar dan memakan waktu yang lama, sedangkan disisi lain teknologi penginderaan jauh berbasis citra satelit menyediakan solusi yang lebih efisien. Dengan interpretasi data citra satelit, pemantauan kesehatan tanaman dapat dilakukan secara cepat dan akurat, sehingga dapat membantu petani dan pihak berwenang mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan produksi padi serta menjaga stabilitas pasokan beras.

Berdasarkan kondisi tersebut, rumusan masalah pada kajian ini melingkupi pemetaan luasan lahan pertanian padi, pemetaan kesehatan tanaman padi, dan pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuan kajian adalah memetakan dan memonitor luasan lahan pertanian padi, menganalisis kesehatan tanaman serta estimasi produktivitas dan produksi padi menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh, serta merancang Web-GIS untuk menampilkan informasi yang dihasilkannya. Kegiatan ini juga bertujuan memberikan informasi yang akurat kepada petani dan pemerintah Kabupaten Badung guna mendukung perencanaan kebijakan pertanian yang lebih baik, dan meningkatkan kesadaran masyarakat.

Kajian ini berfokus pada Kabupaten Badung, Provinsi Bali, yang mencakup seluruh wilayah kecuali Kecamatan Kuta Selatan dan Kecamatan Kuta, dengan variasi topografi, dari pesisir hingga pegunungan. Kecamatan Kuta dan Kuta Selatan tidak dimasukkan ke

dalam analisis karena lahan padi sangat sempit dan bahkan hampir tidak terdapat budidaya padi pada kawasan tersebut. Untuk mendukung kajian, sejumlah perangkat keras dan lunak digunakan termasuk komputer, *drone*, kamera, dan perangkat lunak GIS seperti ArcGIS/QGIS. Kajian ini menggunakan berbagai data primer dan sekunder. Data primer/in-situ melibatkan survei lapangan, pengamatan dari *drone*, dan wawancara petani. Citra satelit dari Sentinel-2 yang mencakup rentang tahun 2019-2024 merupakan sumber data yang utama. Data sekunder, seperti batas administrasi dan produksi padi, juga digunakan

Proses kajian diilustrasikan melalui diagram alir yang mencakup pemetaan lahan tanaman padi secara *time-series* menggunakan algoritma *Random Forest*, pemantauan kesehatan padi dengan *Rice Stress Index*, dan estimasi produksi dengan data NDVI. Kajian ini menemukan telah terjadi penurunan luas lahan padi di Kabupaten Badung dari 7.019,38 hektar pada 2019 menjadi 6.074,74 hektar pada 2024. Penurunan ini terutama akibat alih fungsi lahan, utamanya di Kecamatan Mengwi dan Kuta Utara. Produktivitas padi hasil analisis menggunakan model berbasis NDVI, ditemukan dominan berada pada kisaran 9-11 ton/ha. Diketahui telah terjadi penurunan produktivitas pada 2024, terutama di area yang menghasilkan lebih dari 10 ton/ha. Hal ini diperkirakan akibat cuaca dan rotasi budidaya tanaman. Hasil pemodelan kemudian diuji dengan data ubinan menggunakan uji t-berpasangan dan diperoleh bahwa kedua data tidak berbeda signifikan secara statistik. Dengan demikian, model estimasi yang digunakan menunjukkan hasil yang sebanding dengan hasil ubinan di titik-titik observasi sehingga model dapat digunakan sebagai alat alternatif yang valid untuk memperkirakan produktivitas padi di Kabupaten Badung.

Umur tanaman padi dipetakan berdasarkan nilai NDVI, dengan peningkatan selama fase vegetatif dan penurunan saat fase generatif. Pada September 2024, sebagian besar padi telah memasuki fase pematangan dengan perkiraan panen pada akhir September hingga awal November. Adapun produksi padi pada periode tersebut diperkirakan 20.004,3 ton. Kesehatan tanaman, diukur menggunakan *Rice Stress Index* (RSI), menunjukkan potensi stres pada Juli 2024 akibat kekurangan air, namun membaik setelah tutun hujan pada Bulan

September. Model pemetaan umur padi dapat diterapkan sesuai kebutuhan sepanjang tersedia citra satelit yang memadai (minim tutupan awan).

Sistem Web-GIS yang telah dirancang dan dibangun digunakan untuk publikasi hasil monitoring luas lahan, produktivitas, umur, dan tingkat stres tanaman secara interaktif sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Pemerintah disarankan memperkuat upaya-upaya perlindungan lahan sawah dari alih fungsi, meningkatkan infrastruktur irigasi, serta memfasilitasi penggunaan teknologi citra satelit dan sensor untuk membantu petani dalam merencanakan jadwal tanam dan memantau kesehatan tanaman padi.

PRAKATA

Om Swastyastu,

Puji syukur kami panjatkan kehadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa/ Tuhan Yang Maha Esa, dokumen "Pemantauan Tanaman Padi di Kabupaten Badung menggunakan Teknologi Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*) dan Sistem Informasi Geografis dapat diselesaikan tepat pada waktunya."

Khususnya dalam aspek pangan kehidupan masyarakat Kabupaten Badung sangat tergantung pada produksi padi. Dengan pertumbuhan penduduk yang cepat dan alih fungsi lahan yang signifikan, tantangan untuk menjaga produktivitas pertanian semakin kompleks. Kajian ini dilaksanakan sebagai langkah proaktif dan inovatif untuk menghadapi perubahan dalam struktur lahan dan pola pertanian di Kabupaten Badung dengan menerapkan pemanfaatan teknologi penginderaan jarak jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk memantau tanaman padi secara efisien dan efektif sehingga dapat memberikan informasi yang akurat dan terkini terkait luasan lahan, kesehatan tanaman dan estimasi produksi padi.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan motivasi dalam pelaksanaan kajian ini. Kami menyadari bahwa kajian ini masih jauh dari sempurna sehingga kami berharap saran dan masukan terkait untuk penyempurnaan dari hasil kajian ini. Semoga kajian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi Kabupaten Badung khususnya pemangku kepentingan dan masyarakatnya.

"Om Shanti, Shanti, Shanti, Om"



Kepala Badan Riset dan Inovasi Daerah
Kabupaten Badung,

Wayan Putra Yadnya, SKM, M.Si

Pembina Tingkat I

NIP.196810111993031008

DAFTAR ISI

LAPORAN AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN.....	i
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Maksud dan Tujuan	4
1.3.1. Maksud	4
1.3.2. Tujuan.....	4
1.4. Sasaran.....	4
1.5. Ruang Lingkup/Batasan Pekerjaan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tanaman Padi dan Fase Pertumbuhannya	6
2.1.2. Hama dan Penyakit Padi.....	9
2.2. Sistem Informasi Geografis (SIG).....	10

2.2.1. Web GIS (Sistem Informasi Geografis Berbasis Web)	11
2.2.2. Web GIS Pemantauan Tanaman Padi.....	12
2.3. Penginderaan Jauh (<i>Remote Sensing</i>).....	17
2.3.1. Interpretasi Citra.....	19
2.3.2. <i>Machine Learning</i> dan <i>Artificial Intelligence</i>	20
2.3.3. Indeks vegetasi	21
2.3.4. Pemantauan dan Estimasi Produktivitas Padi.....	23
BAB III METODOLOGI	25
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	25
3.1.1. Lokasi	25
3.1.2. Waktu Kajian.....	26
3.2. Peralatan (Perangkat Keras dan Perangkat Lunak)	27
3.3. Jenis dan Sumber Data	27
3.3.1. Data In-Situ.....	27
3.3.2. Data Akses dan Ketahanan Pangan	31
3.3.3. Data Satelit	32
3.3.4. Data Spasial dan Statistik	34
3.4. Langkah Kerja dan Diagram Alir Pengolahan Data	35
3.5. Teknik Analisis Data	36
3.5.1. Pemetaan Lahan Tanaman Padi secara <i>Time-series</i>	36
3.5.2. Pemantauan Kesehatan Padi dan Estimasi Produksinya	38
3.5.3. Uji Ketelitian	40
3.6. Rancang Tampilan Web GIS.....	41
3.6.1 Halaman Home	41

3.6.2 Halaman Peta Lahan Padi.....	42
3.6.3 Halaman Detail Informasi Padi	42
3.7. Batasan Teknis dan Analisis Resiko.....	43
BAB IV ANALISIS DATA	46
4.1. Pengolahan Citra Satelit untuk Pemetaan Luas Tanaman Padi.....	46
4.1.1. Koleksi Citra Satelit Sentinel-2.....	46
4.1.2. Klasifikasi Citra Sentinel-2 dan Pembangunan Peta Tutupan Lahan.....	55
4.2. Analisis Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Badung.....	62
4.3. Analisis Umur dan Kesehatan Tanaman Padi di Kabupaten Badung	63
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	67
5.1. Dinamika Luasan Lahan Tanaman Padi di Kabupaten Badung.....	67
5.1.1. Hasil Pemantauan Luas Lahan Padi Secara <i>Time-series</i>	67
5.2. Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Badung	78
5.2.1. Uji Validitas Model Produktivitas Padi.....	86
5.3. Pemetaan Umur dan Kesehatan Tanaman Padi di Kabupaten Badung	88
5.4. Web-GIS Tanaman Padi Badung	91
5.4.1. Tampilan Halaman Utama.....	91
5.4.2. Tampilan Halaman Peta Luas Lahan Tanaman Padi.....	92
5.4.3. Tampilan Halaman Peta Produktivitas Tanaman Padi	95
5.5. Akses dan Ketahanan Pangan Rumah Tangga di Kabupaten Badung	98
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	100
6.1. Kesimpulan.....	100
6.2. Saran	101
DAFTAR PUSTAKA.....	103

LAMPIRAN	112
Lampiran 1 : Petunjuk pengamatan kesehatan padi di lapangan.....	112
Lampiran 2: Protokol pengambilan ubinan tanaman padi sawah.....	119
Lampiran 3: Cara menggunakan bagan warna Daun.....	122
Lampiran 4: Dokumentasi pegamatan pada titik-titik observasi.....	123
Lampiran 5: Hasil perhitungan NDVI pada titik-titik pengamatan.....	135
Lampiran 6: Hasil dan Dokumentasi Pengubinan	140
GLOSARIUM	241

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal kajian.....	27
Tabel 3.2. Jadwal dan uraian pekerjaan survey lapangan ke titik observasi.....	30
Tabel 3.3. Spesifikasi citra Satelit Sentinel-2 yang digunakan dalam kajian.	33
Tabel 3.4. Klasifikasi tutupan lahan	37
Tabel 3.5. Batasan teknis metode dan spesifikasi alat yang digunakan dalam kajian.	44
Tabel 3.6. Analisis resiko dan upaya mitigasinya.....	45
Tabel 4.1. Performa algoritma RF dan akurasi klasifikasi.....	60
Tabel 4.2. Rentang nilai NDVI dan estimasi umur padi.....	65
Tabel 5.1. Luasan tutupan lahan tiap-tiap tahun pada LSD di Kabupaten Badung.	74
Tabel 5.2. Luasan tutupan lahan tiap-tiap tahun pada LSD di Kabupaten Badung disajikan per Kecamatan.	76
Tabel 5.3. Produktivitas padi di Kabupaten Badung tahun 2019-2024.	79
Tabel 5.4. Hasil ubinan dan estimasi produktivitas padi di Kabupaten Badung.	87
Tabel 5.5. Hasil uji <i>two-sampled t-Test</i> untuk data hasil estimasi produktivitas dengan ubinan dan model.	88
Tabel 5.6. Status kesehatan tanaman padai di Kabupaten Badung pada Bulan Juli dan September 2024.	91
Tabel 5.7. Rata-rata konsumsi beras kebutuhan rumah tangga Kabupaten Badung, Bali dengan asumsi harga beras 15 ribu rupiah per kg.	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik produksi beras per bulan (ton) di Kabupaten Badung Tahun 2022 (BPS, 2022).....	2
Gambar 2.1. Fase pertumbuhan tanaman padi. Gambar dari Institut Penelitian Padi Internasional (IRRI)-Rice Knowledge Bank (Nelson et al., 2014).	9
Gambar 2.2. Tangkapan layar WebGIS lahan pertanian Kota Bima.....	13
Gambar 2.3. Tangkapan layar Web ArcGIS Online Viewer.	14
Gambar 2.4. Tangkapan layar SIG tematik interaktif milik BPS.	15
Gambar 2.5. Tangkapan layar Web GIS Pemantauan Padi yang dibangun oleh BRIDA Kab. Badung.....	16
Gambar 2.6. Spektrum elektromagnetik dan panjang gelombangnya (© CCRS)	18
Gambar 3.1. Peta administrasi Kabupaten Badung yang menjadi lokasi penelitian (“Peta Administrasi Badung,” n.d.) dan contoh foto-foto sawah di Kabupaten Badung.	25
Gambar 3.2. Lokasi titik-titik pengamatan padi pada peta	28
Gambar 3.3. Ilustrasi penentuan lokasi titik observasi	29
Gambar 3.4. Ilustrasi Satelit Sentinel-2 (© ESA).....	33
Gambar 3.5. Ilustrasi Satelit Landsat 9 (© NASA)	34
Gambar 3.6. Diagram alir pengolahan data	35
Gambar 3.7. Ilustrasi Majority Filtering pada data raster hasil klasifikasi	38
Gambar 3.8. Tampilan halaman <i>home</i>	41
Gambar 3.9. Tampilan halaman peta lahan padi.....	42
Gambar 3.10. Tampilan halaman detail informasi padi.....	43
Gambar 4.1. Contoh koleksi citra Sentinel-2 (<i>true color</i>) yang melingkupi daerah kajian (dibatasi polygon warna merah) yang direkam pada (a). 15 Juni 2024, (b) 25 Juni 2024, dan (c) 11 Juli 2024.....	47
Gambar 4.2. Citra mozaik tiap tahun yang dibagi menjadi 5 kelompok citra.	54

Gambar 4.3. <i>Training area</i> untuk tujuh kelas tutupan lahan yang ditentukan secara visual, basis citra <i>true color</i> pada gambar adalah mozaik T5 tahun 2024.	55
Gambar 4.4. Sebaran lokasi <i>Ground Control Points</i> (GCPs) pada lokasi kajian yang nantinya digunakan sebagai titik uji akurasi.....	56
Gambar 4.5. Hasil klasifikasi citra untuk T1,T2,T3,T4, dan T5 untuk tahun 2019 sampai dengan tahun 2024.....	59
Gambar 4.6. Hasil akhir klasifikasi tutupan lahan selama 6 tahun dari tahun 2019 sampai tahun 2024.	62
Gambar 4.7. Dokumentasi pada salah satu titik observasi (titik 7).....	63
Gambar 4.8. Grafik korelasi antara NDVI dengan umur tanaman padi.	64
Gambar 4.9. Citra <i>true color</i> Sentinel-2 pada tanggal 15 Juni 2024 (kiri), 25 Juli 2024 (tengah), dan 13 September 2024 (kanan).....	66
Gambar 5.1. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2019.....	68
Gambar 5.2. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2020.....	69
Gambar 5.3. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2021.....	70
Gambar 5.4. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2022.....	71
Gambar 5.5. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2023.....	72
Gambar 5.6. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2024.....	73
Gambar 5.7. Grafik dinamika luasan masing-masing kelas tutupan lahan pada LSD Kabupaten Badung, kecuali Kecamatan Kuta dan Kuta Selatan.....	75
Gambar 5.8. Grafik dinamika luasan masing-masing kelas tutupan lahan pada LSD pada kecamatan di Kabupaten Badung.	78
Gambar 5.9. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2019.....	80
Gambar 5.10. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2020.....	81
Gambar 5.11. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2021.....	82
Gambar 5.12. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2022.....	83
Gambar 5.13. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2023.....	84
Gambar 5.14. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2024.....	85

Gambar 5.15. Foto-foto dokumentasi pengambilan data ubinan pada beberapa titik observasi.	86
Gambar 5.16. Pemetaan umur tanaman padi pada 25 Juli 2024 (kiri), dan pada 13 September 2024 (kanan).	89
Gambar 5.17. Peta Indeks Stress Padi pada tanggal 25 Juli 2024 (kiri), dan 13 September 2024 (kanan).	90
Gambar 5.18. Tampilan halaman utama web.	92
Gambar 5.19. Tampilan halaman peta luas lahan tanaman padi Kabupaten Badung.	93
Gambar 5.20. Tampilan halaman utama luas tanaman padi yang lebih detail.....	94
Gambar 5.21. Tampilan grafik luas lahan tanaman padi pada halaman utama	95
Gambar 5.22. Tampilan halaman utama produktivitas lahan padi.	96
Gambar 5.23. Tampilan halaman produktivitas yang lebih detail.	97

DAFTAR SINGKATAN

AI	: <i>Artificial Intelligence</i>
BIG	: Badan Informasi Geospasial
BPS	: Badan Pusat Statistik
Daring	: Dalam Jaringan
EO	: <i>Earth Observation</i>
ESA	: <i>European Space Agency</i>
EVI	: <i>Enhanced Vegetation Index</i>
FIR	: <i>Far Infrared</i>
GEE	: <i>Google Earth Engine</i>
GNDVI	: <i>Green Normalized Difference Vegetation Index</i>
LANDSAT	: <i>Land Sattelite</i>
LWCI	: <i>Leaf Water Content Index</i>
ML	: <i>Machine Learning</i>
NDVI	: <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NDWI	: <i>Normalized Difference Water Index</i>
NIR	: <i>Near Infrared</i>
NOAA	: <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
OLI	: <i>Operational Land Imager</i>
PJ	: Penginderaan Jauh

PPL	: Petugas Penyuluh Lapangan
RF	: <i>Random Forest</i>
RSI	: <i>Rice Stress Index</i>
SAVI	: <i>Soil Adjusted Vegetation Index</i>
SIG	: Sistem Informasi Geografis
SIPADU	: Sistem Informasi Tanaman Padi Badung
SVM	: <i>Support Vector Machine</i>
SWIR	: <i>Shortwave Infrared</i>
TIRS	: <i>Thermal Infrared Sensor</i>
UAV	: <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
VI	: <i>Vegetation Index</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Petunjuk pengamatan kesehatan padi di lapangan

Lampiran 2 : Protokol pengambilan ubinan tanaman padi sawah

Lampiran 3 : Cara menggunakan bagan daun

Lampiran 4 : Dokumentasi pengamatan pada titik-titik observasi

Lampiran 5 : Hasil perhitungan NDVI pada titik-titik pengamatan

Lampiran 6 : Hasil dan Dokumentasi Pengubinan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Padi merupakan tanaman yang sangat penting di Indonesia, karena beras yang dihasilkannya merupakan makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Data menunjukkan bahwa konsumsi beras per kapita per tahun di Indonesia mencapai 102 kg, dan sekitar 90% penduduk Indonesia mengandalkan beras sebagai sumber utama karbohidrat mereka. Oleh karena itu, kestabilan produksi beras sangat vital untuk memastikan pasokan pangan yang cukup bagi penduduk Indonesia.

Kabupaten Badung adalah salah satu daerah di Indonesia yang juga bergantung pada produksi padi untuk memenuhi kebutuhan berasnya. Berdasarkan data BPS Provinsi Bali dari tahun 2017-2022, Kabupaten Badung selama 5 tahun terakhir mengalami pengurangan luas lahan sawah sebesar 206 ha. Kabupaten Badung memiliki jumlah penduduk sebesar 550.000 jiwa dan menduduki peringkat ketiga jumlah penduduk terbanyak pada tahun 2022 setelah Kota Denpasar dan Kabupaten Buleleng yaitu (BPS Provinsi Bali, 2022). Berdasarkan data Dinas Pertanian Dan Pangan Kabupaten Badung sejak tahun 2017-2022, alih fungsi lahan pertanian yang terjadi di Kabupaten Badung yang dulunya hanya 51 hektar melonjak sangat tinggi sampai 160 hektar pada tahun 2022. Pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan penduduk. Kebutuhan tersebut antara lain kebutuhan perumahan dan tempat kegiatan ekonomi seperti hotel, restoran, pertokoan, pasar dan lain-lain dengan cara menggeser lahan pertanian terutama dari lahan pertanian ke non pertanian.

Data menunjukkan bahwa produksi pertanian khususnya beras di Kabupaten Badung telah mengalami penurunan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2018, produksi beras mencapai 109.593 ton, kemudian turun drastis menjadi 85.475,63 ton pada tahun 2019, sebesar 83.587,00 ton pada tahun 2020, dan menurun pada tahun 2021 menjadi 58.247,38 ton. Tren penurunan ini mengindikasikan bahwa Kabupaten Badung menghadapi

permasalahan besar dalam menjaga produktivitas tanaman padi. Penurunan produksi padi yang signifikan seperti ini akan menjadi masalah besar jika tidak segera diatasi.



Gambar 1. 1 Grafik produksi beras per bulan (ton) di Kabupaten Badung Tahun 2022, (BPS Provinsi Bali, 2022).

Disamping karena alih fungsi lahan, kesehatan tanaman padi dan tingkat stres padi menjadi faktor penting dalam produktivitas beras. Tanaman padi yang sehat dan minim stres memiliki potensi untuk memberikan hasil panen yang lebih baik, memastikan pasokan beras yang stabil, dan membantu dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduk. Oleh karena itu, pemantauan dan perawatan yang cermat terhadap kesehatan tanaman padi dengan memanfaatkan teknologi menjadi kunci untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian beras.

Untuk mengidentifikasi penyebab penurunan produksi dan mengambil tindakan yang tepat, diperlukan pemantauan yang akurat terhadap kesehatan tanaman padi. Pemantauan

tradisional dengan metode lapangan akan memakan waktu dan sumber daya yang besar, terutama jika mencakup area yang luas seperti yang dimiliki oleh Kabupaten Badung. Perkembangan teknologi khususnya teknologi penginderaan jauh dan penggunaan citra satelit menjadi salah satu solusi untuk melakukan pemantauan kesehatan tanaman padi dengan lebih efisien. Citra satelit dapat memberikan informasi tentang kondisi tanaman padi secara luas dan berkala. Dengan melakukan interpretasi data citra satelit, pemantauan terhadap kesehatan tanaman dapat dilakukan secara akurat dan cepat, yang akan membantu petani dan pihak berwenang di Kabupaten Badung untuk mengambil tindakan yang diperlukan dalam rangka meningkatkan produksi padi dan menjaga kestabilan pasokan beras. Oleh karena itu dipandang perlu untuk melakukan penelitian tentang **“Pemantauan Tanaman Padi di Kabupaten Badung Menggunakan Teknologi Penginderaan Jarak Jauh (Remote Sensing) dan Sistem Informasi Geografis.”**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan gambaran umum mengenai kondisi pertanian padi di Kabupaten Badung, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa luasan area lahan pertanian padi di Kabupaten Badung berdasarkan pantauan hasil penginderaan jarak jauh secara *time-series* ?
2. Bagaimana kualitas tanaman padi serta estimasi hasil produksi gabah yang dihasilkan di Kabupaten Badung dengan menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh berbasis *Image Processing*?
3. Merancang dan mengembangkan sebuah website Sistem Informasi Geografis (SIG) yang mudah digunakan dan berfungsi sebagai sumber data penting tentang pertanian padi, membantu para pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan dan perencanaan pertanian.

1.3. Maksud dan Tujuan

1.3.1. Maksud

Kegiatan Penelitian terkait Pemantauan Tanaman Padi di Kabupaten Badung menggunakan Teknologi Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*) dan Sistem Informasi Geografis dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui luasan area lahan pertanian, memantau dan memahami kesehatan, produktivitas serta keberlanjutan tanaman padi.

1.3.2. Tujuan

Kegiatan Penelitian terkait Pemantauan Tanaman Produksi Padi di Kabupaten Badung Menggunakan Teknologi Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*) dan Sistem Informasi Geografis dapat digunakan sebagai pedoman Pemerintah Kabupaten Badung dalam melaksanakan perencanaan, penganggaran serta penyusunan strategi dan kebijakan demi keberlanjutan dan ketahanan pangan. Seiring dengan upaya tersebut terdapat tiga tujuan kegiatan ini, antara lain:

1. Memetakan dan memonitor luasan area lahan pertanian padi dengan akurat untuk memahami sebaran tanaman padi di wilayah Kabupaten Badung
2. Untuk mengetahui kualitas tanaman padi serta estimasi produksi gabah di Kabupaten Badung dengan menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh berupa citra satelit dan *drone*.
3. Mengimplementasikan sebuah website Sistem Informasi Geografis (SIG) yang mudah digunakan dan berfungsi sebagai sumber data penting tentang pertanian padi, membantu para pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan dan perencanaan pertanian.

1.4. Sasaran

Sasaran Pemantauan Tanaman Padi di Kabupaten Badung menggunakan Teknologi Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*) dan Sistem Informasi Geografis adalah memberikan akses informasi kepada petani untuk memantau, meningkatkan hasil panen dan efektivitas pertanian padi, memberikan data aktual kepada Pemerintah Kabupaten Badung

untuk merancang kebijakan pertanian yang lebih baik, mendukung penelitian lebih lanjut dalam pengembangan pertanian yang lebih efisien dan tepat guna, serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pertanian padi dan keberlanjutan sumber daya alam di Kabupaten Badung.

1.5. Ruang Lingkup/Batasan Pekerjaan

Ruang lingkup Pemantauan Tanaman Padi di Kabupaten Badung menggunakan Teknologi Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*) dan Sistem Informasi Geografis meliputi:

1. Mengidentifikasi luasan area lahan pertanian padi di Kabupaten Badung berdasarkan pantauan hasil penginderaan jarak jauh secara time series . Data primer yang digunakan diperoleh melalui survei lapangan, wawancara, dan observasi langsung terkait dengan kondisi pertanian padi di Kabupaten Badung sementara data sekunder akan digunakan bersumber dari citra satelit dan citra digital lainnya yang tersedia untuk mendukung analisis spasial dan temporal terkait dengan pertanian padi di wilayah tersebut.
2. Menganalisis kualitas tanaman padi serta estimasi hasil produksi gabah yang dihasilkan di Kabupaten Badung dengan menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh berbasis *Image Processing*. Ini akan mencakup analisis faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan pangan, seperti produktivitas pertanian, akses ke pangan, dan ketahanan pangan rumah tangga.
3. Merancang dan mengembangkan sebuah Sistem Informasi Geografis (SIG) yang efektif untuk memantau dan memberikan informasi kualitas tanaman padi di Kabupaten Badung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Padi dan Fase Pertumbuhannya

Padi, atau *Oryza sativa* L., merupakan tanaman budidaya paling vital dalam sejarah peradaban manusia, terutama di kawasan Asia (Khush, 1997). Tanaman ini menjadi sumber karbohidrat utama bagi lebih dari setengah populasi dunia (Maclean et al., 2002) dan memiliki peran sentral sebagai makanan pokok di Indonesia, di samping menjadi simbol budaya dan tradisi.

Oryza sativa L. juga merupakan bagian dari subfamili Bambusoideae dan genus *Oryza* (Vaughan et al., 2003). Ada tiga subspecies padi yaitu *Indica*, *Japonica*, dan *Javanica* (Zhou et al., 2008). Padi adalah tanaman rumput tahunan yang tingginya berkisar antara 50-130 cm hingga mencapai 5 meter (Chang, 1985). Batangnya bulat, berongga, dan beruas-ruas serta memiliki akar serabut (Hoshikawa, 1989). Daunnya terdiri dari helai daun yang menyelubungi batang. Bunga padi membentuk malai yang muncul dari buku paling atas dengan jumlah bunga yang bervariasi antara 50 hingga 500 bunga, tergantung pada kultivarnya (Yoshida, 1981). Buah atau biji padi bervariasi dalam bentuk, ukuran, dan warnanya (Juliano, 1985; Siregar, 1981).

Berdasarkan masa tanamnya, tanaman padi dibedakan menjadi dua: Padi Gogo, yang ditanam di sawah tadah hujan dengan masa tanam 4-6 bulan, dan Padi Sawah, yang ditanam di sawah dengan sistem irigasi dan memiliki masa tanam 3-4 bulan (Huke, 1982).

2.1.1. Syarat Pertumbuhan Padi

Tanaman padi (*Oryza sativa*) tumbuh optimal di daerah tropis dan subtropis, pada lintang 45° LU hingga 45° LS, dengan iklim panas dan kelembaban tinggi, serta musim hujan yang berlangsung selama 4 bulan (Yoshida, 1981). Curah hujan ideal untuk pertumbuhan padi adalah sekitar 200 mm per bulan atau 1500-2000 mm per tahun (Maclean et al., 2002). Padi dapat dibudidayakan baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Pada musim

kemarau, produksi dapat meningkat asalkan suplai air irigasi tetap tersedia. Sebaliknya, pada musim hujan, meskipun air melimpah, produksi dapat menurun akibat penyerbukan yang kurang optimal (Arouna et al., 2023).

Di dataran rendah, padi memerlukan ketinggian 0-650 meter di atas permukaan laut dengan temperatur 22-27°C, sementara di dataran tinggi dengan ketinggian 650-1.500 meter di atas permukaan laut, padi membutuhkan temperatur 19-23°C (Chafid, 2013). Tanaman padi juga membutuhkan penyinaran matahari penuh tanpa naungan untuk pertumbuhan yang maksimal. Angin memiliki pengaruh signifikan terhadap proses penyerbukan dan pembuahan, namun angin yang terlalu kencang dapat menyebabkan tanaman padi rebah.

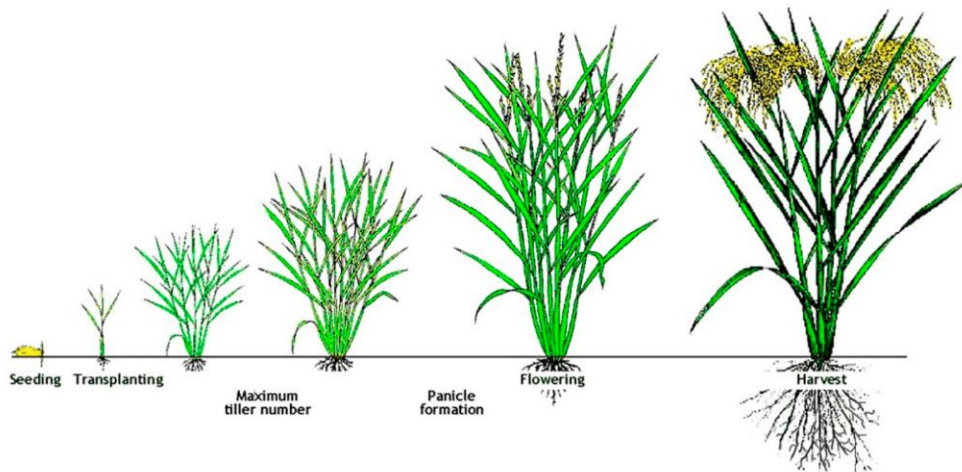
Tanaman padi sawah ditanam di tanah berlempung yang berat atau tanah dengan lapisan keras pada kedalaman 30 cm di bawah permukaan (Yoshida, 1981). Padi membutuhkan tanah lumpur yang subur dengan ketebalan 18-22 cm dan keasaman tanah antara pH 4,0-7,0 (Maclean et al., 2002). Penggenangan pada padi sawah dapat mengubah pH tanah menjadi netral (7,0) (Juliano, 1985). Meskipun tanah berkapur dengan pH 8,1-8,2 tidak merusak tanaman padi, penggenangan menyebabkan tanah sawah memiliki lapisan reduksi yang tidak mengandung oksigen sehingga pH tanah sawah biasanya mendekati netral (Hoshikawa, 1989). Untuk mendapatkan tanah sawah yang optimal, diperlukan pengolahan tanah yang khusus (Prihatman, 2000).

Proses pemanfaatan lahan sawah dalam bercocok tanam padi memiliki ciri khas yang membedakannya dari jenis tanaman lain. Pada tahap pengolahan tanah, lahan memerlukan kondisi genangan air. Selama fase awal pertumbuhan padi saat penanaman (transplanting), area sawah selalu tergenang air, dan dominan terlihat sebagai kenampakan air (fase air). Seiring pertumbuhannya, kondisi lahan sawah berubah menjadi didominasi oleh daun-daun padi. Pada puncak pertumbuhan vegetatif, tingkat kehijauan meningkat karena tingginya kandungan klorofil. Setelah fase ini, tingkat kehijauan menurun, dan bunga-bunga padi muncul hingga menguning. Fase pertumbuhan berakhir dengan panen, dan lahan dibiarkan kosong untuk jangka waktu tertentu (fase bera), tergantung pada pola tanam (Patria et al., 2021). Oleh karena itu, fase pertumbuhan tanaman padi dapat dikelompokkan menjadi empat

kategori, yaitu fase air, fase pertumbuhan vegetatif, fase pertumbuhan generatif, dan fase bera.

Tanaman padi mengalami tiga fase pertumbuhan: (1) fase vegetatif, dari awal pertumbuhan hingga pembentukan bakal malai (primordia); (2) fase reproduktif, dari pembentukan primordia hingga pembungaan; dan (3) fase pematangan, dari pembungaan hingga gabah matang (Patria et al., 2021).

Fase vegetatif pada tanaman padi mencakup pertumbuhan organ-organ vegetatif seperti peningkatan jumlah anakan, tinggi tanaman, jumlah, bobot, dan luas daun. Durasi fase ini bervariasi, menyebabkan perbedaan umur tanaman. Fase reproduktif ditandai oleh pemanjangan beberapa ruas batang atas, berkurangnya jumlah anakan karena matinya anakan yang tidak produktif, munculnya daun bendera, fase bunting, dan pembungaan. Inisiasi primordia malai biasanya dimulai 30 hari sebelum heading, hampir bersamaan dengan pemanjangan ruas batang, yang terus berlanjut hingga pembungaan. Karena itu, fase reproduktif juga dikenal sebagai fase pemanjangan ruas (Yoshida, 1981). Di daerah tropis, untuk kebanyakan varietas padi, fase reproduktif berlangsung sekitar 35 hari dan fase pematangan sekitar 30 hari. Perbedaan masa pertumbuhan (umur) tanaman hanya ditentukan oleh durasi fase vegetatif.



Gambar 2.1. Fase pertumbuhan tanaman padi. Gambar dari Institut Penelitian Padi Internasional (IRRI)-Rice Knowledge Bank (Nelson et al., 2014).

2.1.2. Hama dan Penyakit Padi

Tanaman padi sering kali mengalami serangan hama dan penyakit yang signifikan mempengaruhi hasil panen. Hama utama diantaranya wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*), yang menghisap cairan dari batang padi, menyebabkan tanaman layu dan mati serta dapat menjadi vektor virus kerdil rumput (Listihani et al., 2022). Penggerek batang padi (*Scirpophaga incertulas*) merusak jaringan tanaman dari dalam batang (Djunaedy et al., 2024), sementara tikus (*Rattus argentiventer*) menyebabkan kerusakan fisik dengan memakan biji, batang, dan akar tanaman padi.

Penyakit penting yang menyerang padi antara lain blast (*Magnaporthe oryzae*), yang menyebabkan bercak-bercak berlian pada daun, batang, dan bulir padi, serta hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae pv. oryzae*), yang menimbulkan bercak kuning pada daun yang kemudian menyebar dan menyebabkan kematian daun (Syahri and Somantri, 2024). Selain itu, penyakit tungro yang disebabkan oleh Rice Tungro Bacilliform Virus (RTBV) dan ditularkan oleh wereng hijau menyebabkan daun menguning dan tanaman tumbuh kerdil, mengurangi hasil panen secara signifikan (Abbas et al., 2020). Penanganan hama dan

penyakit ini memerlukan strategi pengelolaan terpadu yang melibatkan penggunaan varietas tahan penyakit, pengendalian biologis, serta aplikasi pestisida yang tepat.

Produktivitas padi di Indonesia sangat bervariasi tergantung pada jenis padi, kondisi lingkungan, dan teknologi yang diterapkan. Rata-rata produktivitas padi nasional pada tahun 2020 mencapai 54,43 kuintal/ha (BPS, 2020). Beberapa tantangan melibatkan alih fungsi lahan pertanian, bencana alam, hama dan penyakit, ketersediaan air, dan perkembangan teknologi. Beberapa upaya untuk meningkatkan produktivitas termasuk penggunaan varietas unggul yang tahan terhadap hama dan penyakit, penerapan sistem tanam jajar legowo, pemupukan berimbang, pengendalian hama dan penyakit terpadu, dan mekanisasi pertanian.

2.2. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem yang dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan menyajikan data geografis. Data geografis ini dapat berupa informasi spasial, seperti peta, serta data atribut yang terkait dengan lokasi fisik di Bumi. Berikut adalah beberapa komponen utama dan fitur SIG:

- a. **Data Geografis:** Merupakan informasi tentang objek atau fenomena di dunia nyata yang terkait dengan lokasi geografisnya. Data ini dapat berupa vektor (poin, garis, poligon) atau raster (gambar berpiksel).
- b. **Perangkat Keras (Hardware):** Melibatkan komputer, perangkat penyimpanan data, dan perangkat input-output yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan mengolah data SIG.
- c. **Perangkat Lunak (Software):** Merupakan program-program komputer yang digunakan untuk analisis dan visualisasi data geografis. Contoh perangkat lunak SIG meliputi ArcGIS, QGIS, dan Google Earth.
- d. **Analisis Spasial:** SIG memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis spasial seperti overlay (tumpang tindih), buffering, analisis jarak, dan analisis pola spasial.

- e. **Database Geografis:** Tempat penyimpanan data geografis dan atribut yang terorganisir dengan baik untuk kemudahan pengambilan informasi.

2.2.1. Web GIS (Sistem Informasi Geografis Berbasis Web)

Web GIS adalah evolusi dari SIG tradisional yang memanfaatkan kekuatan internet untuk menyajikan, berbagi, dan mengelola data geografis. Ini memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi geografis dan melakukan analisis secara online. Berikut adalah beberapa aspek utama Web GIS:

- a. **Pemetaan Interaktif:** Web GIS memungkinkan pembuatan peta interaktif yang dapat diakses dan digunakan oleh banyak orang. Pengguna dapat memilih lapisan peta, zoom in-out, dan melakukan analisis langsung.
- b. **Akses Daring (Online):** Data geografis dan peta dapat diakses melalui internet, memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi dari mana saja dan kapan saja.
- c. **Integrasi dengan Data Online:** Web GIS memungkinkan integrasi data geografis dengan sumber data online seperti data cuaca, data transportasi, atau data demografi.
- d. **Kolaborasi:** Pengguna dapat berkolaborasi dalam pembuatan peta, berbagi informasi, dan mengakses sumber daya geografis bersama-sama.
- e. **Pengembangan Aplikasi:** Web GIS memberikan kemampuan untuk mengembangkan aplikasi berbasis lokasi, memungkinkan penggunaan informasi geografis dalam berbagai konteks, seperti aplikasi mobile atau dashboard berbasis web.
- f. **Teknologi Cloud:** Pemanfaatan teknologi cloud memungkinkan penyimpanan dan pengelolaan data geografis secara efisien, dengan peningkatan kemampuan skala dan kinerja.

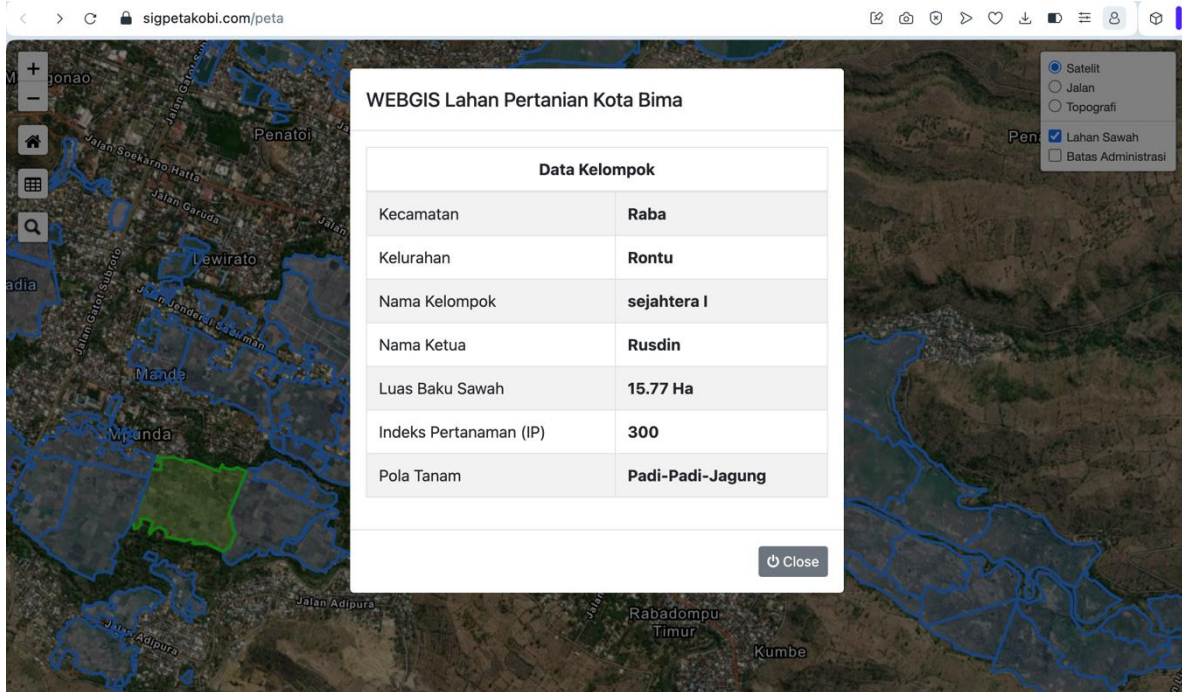
Dengan kombinasi keunggulan SIG dan kemudahan akses Web GIS, pengguna dapat menjalankan analisis spasial, membuat keputusan, dan berkolaborasi dengan efisien dalam konteks ruang dan lokasi.

2.2.2. Web GIS Pemantauan Tanaman Padi

Sebagai upaya dalam mengembangkan sistem pemantauan tanaman padi yang komprehensif untuk pemetaan luas lahan tanaman padi di Kabupaten Badung, tidak lepas dari referensi beberapa situs web GIS yang telah ada yang dijadikan acuan perbandingan. Terdapat tiga situs web yang menjadi bahan perbandingan utama adalah website GIS lahan sawah di Bima NTB, website GIS dari Badan Pusat Statistik dan website GIS lahan sawah di Sumatra Selatan. Meskipun situs-situs ini memiliki fungsionalitas yang serupa dengan sistem yang dibangun oleh BRIDA Kabupaten Badung, situs-situs tersebut memiliki beberapa keterbatasan fitur dibandingkan Web GIS yang dibangun. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai beberapa Web GIS yang dimaksud di atas yang kemudian dibandingkan dengan sistem yang sedang dibangun oleh BRIDA Kab. Badung.

1. SIG Petak OBI (<https://sigpetakobi.com/peta>)

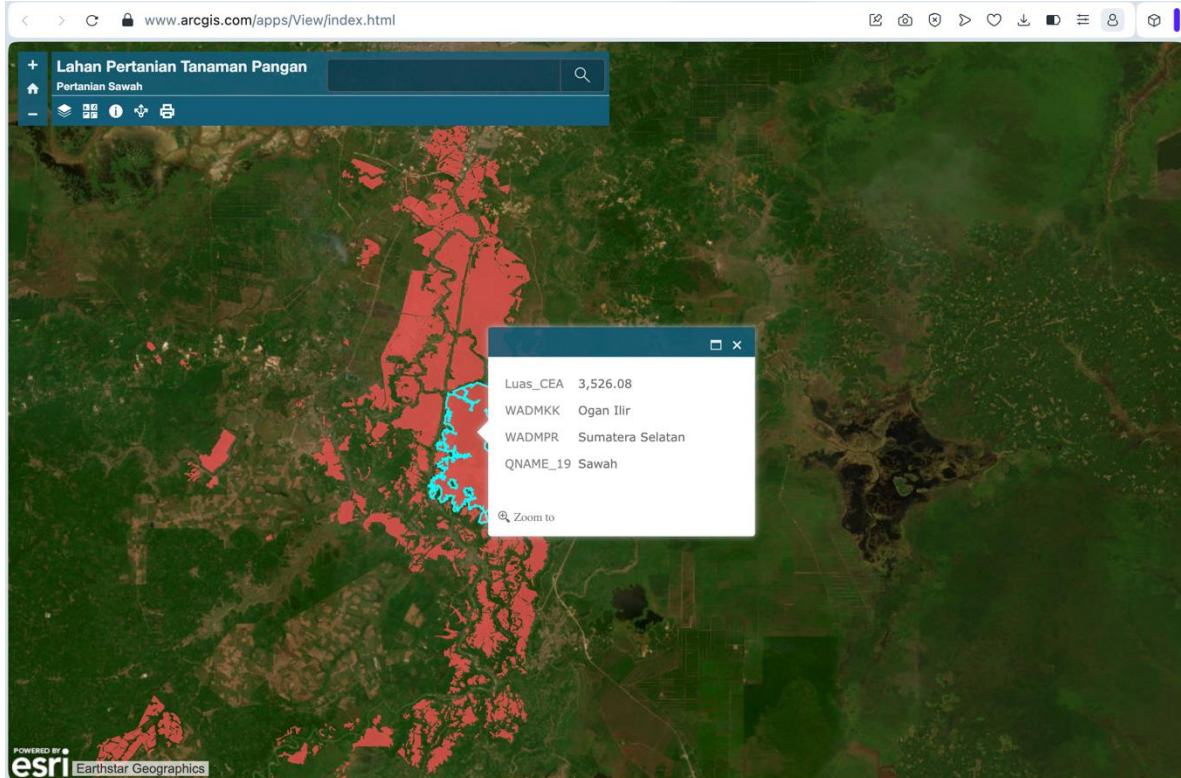
Situs SIG Petak OBI merupakan Web GIS yang dirancang untuk pemetaan lahan persawahan di Bima, NTB. Situs ini menampilkan informasi pola tanam sawah dan luas lahan sawah di lokasi yang dipilih. Namun, data yang tersedia hanya mencakup satu tahun saja, sehingga tidak memberikan informasi yang berkelanjutan tentang perubahan atau perkembangan lahan sawah dari waktu ke waktu. Hal ini membatasi kemampuan situs dalam menyediakan analisis jangka panjang yang diperlukan untuk perencanaan pertanian yang efektif. Tangkapan layar dari situs ini ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tangkapan layar WebGIS lahan pertanian Kota Bima

2. ArcGIS Online Viewer (<https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=d891f91c58404151bc7ed78535d2c99e>)

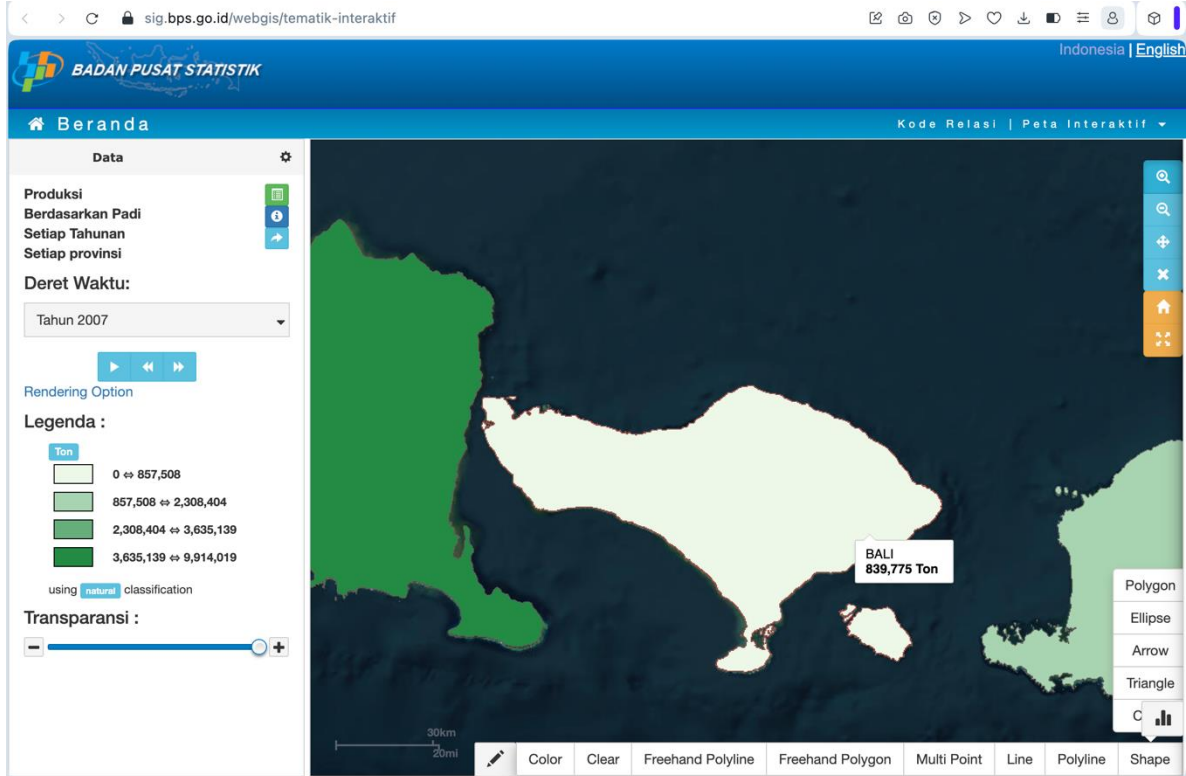
Situs ini adalah Web GIS yang menggunakan platform ArcGIS dengan data lahan pertanian sawah di Sumatra Selatan. Seperti SIG Petak OBI, situs ini juga hanya menampilkan luas lahan sawah di lokasi yang dipilih untuk satu tahun saja. Keterbatasan ini membuatnya kurang memadai untuk pengguna yang memerlukan data historis atau analisis tren jangka panjang. Gambar 2.3. memperlihatkan salah satu tangkapan layar dari situs tersebut.



Gambar 2.3. Tangkapan layar Web ArcGIS Online Viewer.

3. SIG BPS Tematik Interaktif (<https://sig.bps.go.id/webgis/tematik-interaktif>)

Website dari Badan Pusat Statistik ini mampu menampilkan data tahunan luas lahan padi, produktivitas padi, dan jumlah produksi padi. Namun, data yang tersedia hanya mencakup tingkat provinsi di Indonesia dan rentang waktu yang terbatas, yaitu dari tahun 2007 hingga 2015. Selain itu, data ini tidak spesifik untuk kabupaten atau daerah tertentu, sehingga kurang relevan untuk analisis yang lebih mendetail di wilayah Badung. Tangkapan layar situs ini ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Tangkapan layar SIG tematik interaktif milik BPS.

4. Sistem Pemantauan Tanaman Padi oleh BRIDA Kabupaten Badung

Sistem pemantauan tanaman padi yang dikembangkan oleh BRIDA Kabupaten Badung memiliki beberapa keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan situs-situs yang telah di sampaikan di atas, antara lain:

1. Ketersediaan Data yang Lebih Lengkap dan Terbaru

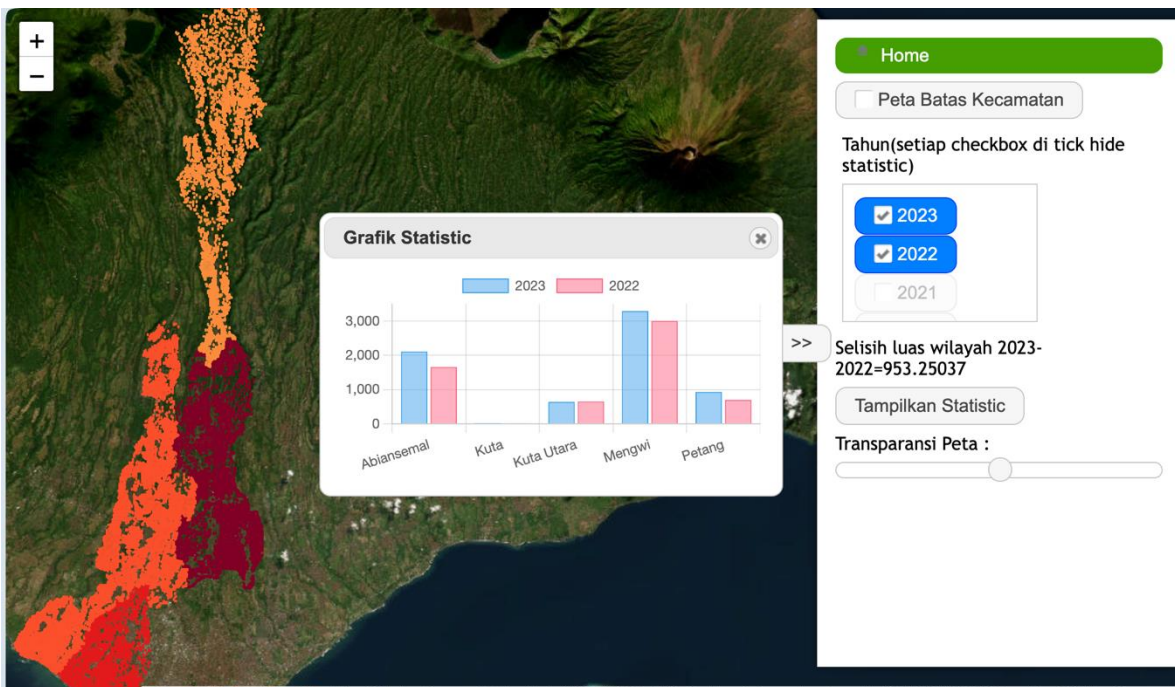
- a. Web GIS ini akan menampilkan data luas lahan tanaman padi, produktivitas tanaman padi, dan tingkat stres tanaman padi yang spesifik untuk wilayah Badung.
- b. Data akan diperbarui secara berkala untuk memastikan informasi yang diberikan selalu akurat dan relevan.

2. Detail Data Spesifik Wilayah Badung

Fokus pada wilayah Badung memungkinkan penyediaan data yang lebih mendetail dan relevan untuk perencanaan dan pengambilan keputusan di daerah tersebut.

3. Analisis Historis dan Perkiraan Masa Depan

- a. Sistem ini akan mampu menampilkan perbandingan statistik dari tahun ke tahun, sehingga pengguna dapat melihat tren dan pola perubahan luas lahan dan produktivitas tanaman padi.
- b. Menyediakan perkiraan besaran panen baik secara total maupun per beberapa minggu ke depan, sehingga dapat membantu dalam perencanaan dan strategi pertanian.



Gambar 2.5. Tangkapan layar Web GIS Pemantauan Padi yang dibangun oleh BRIDA Kab. Badung.

Dengan demikian, sistem pemantauan tanaman padi yang dikembangkan oleh BRIDA Kabupaten Badung diharapkan menjadi alat yang lebih canggih dan berguna untuk pemetaan dan analisis data pertanian, khususnya tanaman padi, di wilayah Badung. Sistem ini akan membantu para pemangku kepentingan dalam membuat keputusan yang lebih baik dan

terinformasi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi sektor pertanian di daerah tersebut. Gambar 2.5. menunjukkan salah satu tangkapan layar website pemantauan padi yang dibangun oleh BRIDA Kab. Badung.

2.3. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Penginderaan jauh adalah teknologi untuk memperoleh informasi tentang objek atau daerah tanpa kontak langsung (Lillesand et al., 2015). Teknologi ini melibatkan penggunaan instrumen sensor yang terletak jauh dari objek atau area yang diamati, seperti pesawat udara atau satelit (Campbell & Wynne, 2011). Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan pengumpulan data secara luas tentang bumi dan lingkungan secara efisien (Jensen, 2015). Berikut adalah beberapa komponen dan konsep utama dalam penginderaan jauh. 1. Sensor:

- a. Sensor Elektromagnetik: Sensor ini mendeteksi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek atau permukaan tanah. Ini mencakup spektrum elektromagnetik mulai dari sinar gamma hingga gelombang radio.
- b. Sensor Termal: Mendeteksi panas yang dipancarkan oleh objek.
- c. Sensor Gelombang Mikro: Digunakan untuk pengamatan cuaca dan atmosfer.

2. Sumber Energi:

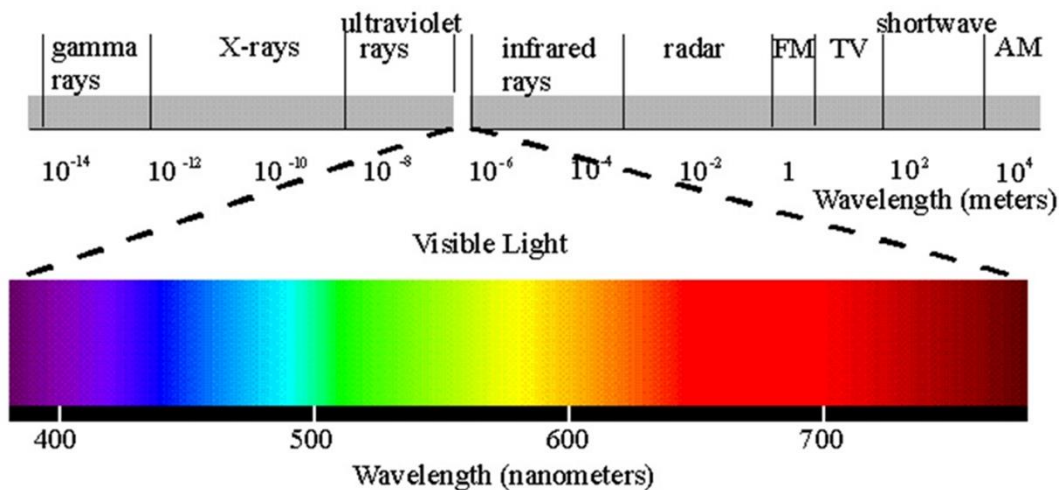
Berdasarkan sumber energi yang digunakan sistem penginderaan jauh di kategorikan menjadi 2 yaitu sistem pasif dan sistem aktif. Sistem pasif hanya menerima pantulan objek atau radiasi dari objek. Banyak sensor pada sistem pasif bergantung pada cahaya matahari yang dipantulkan oleh objek atau permukaan. Sistem ini memiliki beberapa kelemahan seperti terganggu oleh faktor cuaca dan hanya beroperasi siang hari. Di lain sisi, sistem aktif menggunakan sumber energi yang dibawa pada wahana, contohnya adalah sistem *Synthetic Aperture Radar*. Pada sistem ini memiliki kelebihan yaitu operasinya tidak terhalang oleh cuaca dan dapat beroperasi siang dan malam (Yastika et al., 2020, 2019; Yastika and Shimizu, 2017)

3. Resolusi:

- a. Resolusi Ruang (*Spatial*): Kemampuan untuk membedakan dua objek atau fitur yang terpisah satu sama lain di permukaan tanah. Semakin tinggi resolusi spasial, semakin kecil objek yang dapat dibedakan.
- b. Resolusi Spektral: Jumlah pita spektral yang diukur oleh sensor. Sensor dengan resolusi spektral tinggi dapat membedakan variasi dalam ciri-ciri spektral objek.

4. Spektrum Elektromagnetik

Spektrum elektromagnetik adalah rentang frekuensi gelombang elektromagnetik dalam semua radiasi elektromagnetik. Gambar 2.6. memperlihatkan ilustrasi dari spektrum elektromagnetik.



Gambar 2.6. Spektrum elektromagnetik dan panjang gelombangnya (© CCRS)

Adapun spektrum yang umumnya digunakan dalam penginderaan jauh antara lain:

- a. *Visible* (Sinar tampak): Rentang cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia.
- b. Inframerah Dekat (NIR) dan Inframerah Jauh (FIR): Digunakan untuk analisis vegetasi dan kondisi tanah.
- c. Microwave dan Radar: Digunakan untuk memantau permukaan tanah bahkan dalam kondisi cuaca buruk.

5. Platform Observasi:

- a. Pesawat Udara/UAV: Pesawat terbang membawa sensor untuk pengamatan regional.
- b. Satelit: Mengorbit bumi dan menyediakan pemantauan global.

6. Aplikasi:

- a. Pertanian: Pemantauan pertumbuhan tanaman dan pengelolaan sumber daya tanah.
- b. Pemetaan dan penginderaan bencana: Memantau perubahan permukaan bumi, pengelolaan bencana alam.
- c. Meteorologi: Pemantauan kondisi atmosfer dan cuaca.

7. Citra dan Data:

- a. Citra Satelit: Hasil dari penginderaan jauh, dapat digunakan untuk analisis dan pemodelan.
- b. Data Spektral: Data spektral yang diukur oleh sensor dapat dianalisis untuk memahami karakteristik objek atau area.

2.3.1. Interpretasi Citra

Interpretasi citra merujuk pada tindakan memeriksa foto udara atau citra dengan tujuan mengidentifikasi objek dan mengevaluasi signifikansinya (Lillesand et al., 2015). Dalam proses pengenalan objek pada citra, terdapat tiga tahap kritis yang harus dilakukan, yaitu deteksi, identifikasi, dan analisis (Richards and Jia, 2006). Umumnya, interpretasi dilakukan dengan menempatkan citra pada permukaan datar dan melakukan interpretasi secara manual (Campbell and Wynne, 2011). Data Penginderaan Jauh (PJ) juga dapat diproyeksikan di layar monitor komputer dalam bentuk piksel, di mana setiap piksel mencerminkan nilai bilangan digital yang menggambarkan tingkat kecerahan pada setiap piksel dalam citra (Jensen, 2015).

Jika data PJ tersedia dalam format digital, analisis, pemrosesan, dan interpretasi data dapat dilakukan dengan bantuan komputer. Pengelolaan citra secara digital memiliki potensi untuk meningkatkan kejelasan citra (Lillesand et al., 2015). Analisis secara digital juga memungkinkan kita untuk secara otomatis mengenali target dan menyaring informasi tanpa campur tangan manusia secara manual. Proses interpretasi citra melibatkan pemeriksaan

informasi dari citra atau foto udara dan penyederhanaan informasi tersebut sesuai dengan kebutuhan, dengan menggunakan tahapan dan metode yang sesuai dengan data pemaparan informasi dalam bentuk citra atau foto udara (Jensen, 2015).

2.3.2. Machine Learning dan Artificial Intelligence

Machine Learning (ML), sebagai salah satu subdisiplin Kecerdasan Buatan/*Artificial Intelligence* (AI), menekankan pada pengembangan algoritma dan studi statistik untuk memungkinkan sistem melakukan pembelajaran dari data, mampu menggeneralisasi informasi yang tidak terlihat, serta melaksanakan tugas-tugas tanpa memerlukan instruksi eksplisit (Goodfellow et al., 2016).

Pendekatan ML telah diterapkan luas pada berbagai bidang, termasuk model bahasa, visi komputer, pengenalan suara, pemfilteran email, pertanian, dan kedokteran, di mana pengembangan algoritma menjadi suatu kebutuhan esensial akibat biaya implementasi yang signifikan (Alpaydin, 2021).

Fondasi matematika ML ditemukan pada metode optimasi matematika atau pemrograman matematika (Hastie et al., 2009). Bidang terkait seperti penambangan data menekankan pada analisis data eksploratif melalui pembelajaran tanpa pengawasan (Han et al., 2012). Secara teoretis, kerangka kerja pembelajaran yang tepat memberikan landasan konseptual untuk menjelaskan paradigma ML (Goodfellow et al., 2016). *Machine Learning* adalah algoritma dan model secara statistik, memungkinkan sistem komputer menjalankan tugas-tugas tanpa memerlukan instruksi eksplisit, dan mengandalkan pola serta inferensi sebagai metode pengambilan keputusan (Albertini et al., 2024).

ML telah banyak diaplikasikan dibidang pengideraan jauh untuk menganalisis berbagai macam citra satelit. Salah satu metode yang paling sering digunakan adalah metode *Random Forest (RF)*. Berdasarkan telaah artikel pada penelitian tentang pemantauan padi yang dipublikasikan dari tahun 2012-2020 (Fernández-Urrutia et al., 2023) di peroleh *RF mendominasi* dengan 17 artikel dan algoritma yang paling banyak digunakan, diikuti oleh *support vector machine (SVM)* pada 12 artikel dan susul oleh isodata. Algoritma ML dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar: *supervised* dan *Un-supervised*. Berdasarkan

pada kategori ini diperoleh ML *supervised* mewakili 80% (47 artikel) dan lebih disukai dibandingkan dengan *Un-supervised* 20% (12 artikel).

2.3.3. Indeks vegetasi

Indeks Vegetasi (IV), sering disebut sebagai *Vegetation Index* (VI), adalah nilai kecerahan digital yang dihitung matematis untuk mengukur kandungan biomasa atau kondisi vegetasi (Tucker, 1979). Ini melibatkan kombinasi nilai spektral dengan operasi matematis seperti penambahan, pengurangan, pengalihan, atau pembagian untuk menghasilkan citra tunggal yang mencerminkan jumlah atau kekuatan pantulan vegetasi dalam satu piksel. Nilai piksel yang tinggi dalam citra IV mencerminkan besar tutupan vegetasi sehat di area tersebut (Huete, 1988).

Bentuk paling sederhana dari IV adalah rasio antara dua nilai digital dari band spektral terpisah (Rouse et al., 1974). Beberapa rasio band didefinisikan dengan memanfaatkan pengetahuan tentang perilaku spektral vegetasi hidup. Indeks vegetasi didasarkan pada sifat gelombang pada objek, di mana beberapa objek memantulkan gelombang dengan baik, sementara objek lain menyerap atau memantulkan gelombang dengan sifat yang berbeda. Indeks vegetasi mengukur nilai kehijauan vegetasi yang dihasilkan dari data digital nilai kecerahan beberapa kanal sensor satelit (Huete, 1988). Untuk pemantauan vegetasi, perbandingan dilakukan antara tingkat kecerahan kanal cahaya merah dan kanal cahaya inframerah dekat. Penyerapan cahaya merah oleh klorofil dan pemantulan cahaya inframerah dekat oleh jaringan mesofil pada daun menciptakan perbedaan yang signifikan dalam nilai kecerahan pada kedua kanal tersebut (Tucker, 1979). Daerah non-vegetasi dan rusak vegetasi tidak akan menunjukkan nilai rasio tinggi, sementara daerah vegetasi yang rapat dan sehat akan mencapai nilai rasio maksimum (Huete, 1988). Beberapa Indeks Vegetasi yang umum digunakan antara lain:

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):

Indeks Vegetasi NDVI adalah hasil kombinasi teknik pembagian dan teknik pengurangan citra. Transformasi NDVI ini termasuk dalam produk standar yang dikembangkan oleh NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

Meskipun NDVI masih memiliki kekurangan, banyak penelitian dan jurnal ilmiah yang mempublikasikan studi tentang vegetasi menggunakan teknik transformasi NDVI. Hal ini disebabkan karena NDVI merupakan bagian integral dari indeks vegetasi yang telah mengalami banyak pengembangan. Formula NDVI ditunjukkan oleh persamaan 2.1. Dihasilkan dari perbedaan reflektansi antara daerah inframerah dekat (NIR) dan merah (Red). Nilai NDVI berkisar dari -1 hingga +1. Nilai positif menunjukkan vegetasi yang sehat, sementara nilai negatif menunjukkan permukaan non-vegetasi seperti air atau tanah terbuka.

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad (2.1)$$

2. Enhanced Vegetation Index (EVI):

Indeks EVI dikembangkan untuk mengatasi beberapa keterbatasan NDVI, terutama dalam menghitung vegetasi pada daerah dengan atmosfer tebal. Formulasnya ditunjukkan oleh persamaan 2.2.

$$EVI = 2.5 \frac{(NIR-Red)}{(NIR+6 \times Red - 7.5 \times Blue + 1)} \quad (2.2)$$

3. Leaf Water Content Index (LWCI):

Leaf Water Content Index (LWCI) adalah suatu indeks yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan atau kadar air pada daun tanaman. Indeks ini memberikan informasi mengenai kandungan air dalam jaringan daun suatu tanaman. LWCI sering digunakan dalam studi penginderaan jauh untuk pemantauan vegetasi, terutama dalam konteks pertanian dan ekologi hutan.

Pengukuran LWCI ini sering dilakukan menggunakan data spektral yang diperoleh dari citra satelit atau sensor lainnya. Anazawa (Anazawa et al., 2000), misalnya, mengaplikasikan LWCI dengan menggunakan citra Landsat TM (*Thematic Mapper*) untuk pemetaan vegetasi hutan. Indeks ini dirumuskan sebagai berikut (2.3):

$$LWCI = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \quad (2.3)$$

Di dalam rumus tersebut, *NIR (Near Infrared)* merupakan reflektan pada saluran Near Infrared, dan *SWIR (Shortwave Infrared)* merupakan reflektan pada saluran Shortwave Infrared. Indeks ini memberikan nilai yang berkorelasi dengan tingkat kelembapan atau kandungan air dalam daun. Semakin tinggi nilai LWCI, semakin tinggi pula kandungan air dalam daun tersebut.

Penggunaan LWCI dalam pemantauan vegetasi memiliki relevansi yang besar, terutama dalam konteks pertanian. Dengan mengamati perubahan nilai LWCI pada tanaman, dapat diidentifikasi tingkat kelembapan tanah dan kesehatan tanaman secara lebih akurat. Informasi ini dapat membantu petani dalam mengambil keputusan terkait irigasi, pemupukan, dan manajemen pertanian secara umum.

Sebagai indeks yang terkait dengan kelembapan daun, LWCI juga dapat menjadi indikator stres pada tanaman. Tanaman yang mengalami kekurangan air atau kondisi lingkungan yang tidak mendukung dapat tercermin dalam perubahan nilai LWCI. Oleh karena itu, pemantauan LWCI melalui teknologi penginderaan jauh membuka potensi untuk memahami kondisi pertumbuhan tanaman secara lebih holistik dan mendukung pengelolaan sumber daya pertanian dengan lebih efisien.

2.3.4. Pemantauan dan Estimasi Produktivitas Padi

Pemantauan pertumbuhan tanaman secara efisien pada skala regional dapat dilakukan melalui data satelit pengamatan Bumi (*Earth Observation*) dengan resolusi spasial (~10 m) dan temporal (setiap 5 hari) yang tinggi (misalnya, (Franch et al., 2021; Skakun et al., 2019)). Peluncuran sensor untuk citra optik resolusi tinggi ESA Sentinel-2A pada tahun 2015 dan Sentinel-2B pada tahun 2017, beserta fusi dengan Landsat yang menyediakan data frekuensi tinggi dan resolusi tinggi secara gratis, bersamaan dengan kemajuan signifikan dalam analisis big data dan komputasi berkinerja tinggi, telah merevolusi penggunaan data EO untuk aplikasi pertanian.

Penelitian terkini menunjukkan bahwa data satelit dapat digunakan untuk memperkirakan hasil tanaman baik dalam skala lokal maupun skala regional. Sebagai contoh, (Skakun et al., 2021) menunjukkan bahwa variabilitas hasil jagung dan kedelai dapat dijelaskan dengan

menggunakan resolusi spasial data “Planet” 3 m, sementara resolusi lebih kasar Sentinel-2 (10 m) mengurangi variabilitas hasil yang dapat dijelaskan sebesar 14%. Studi yang sama juga menyimpulkan bahwa pita spektral paling penting yang menjelaskan variabilitas hasil adalah hijau, tepi merah, dan Near Infrared (NIR), tetapi korelasi yang lebih rendah yang diperoleh untuk hasil tinggi menunjukkan saturasi data optik multispectral. Kayad et al., 2019 menyelidiki berbagai Indeks Vegetasi (VI) dari Sentinel-2 dan teknik *machine learning* untuk menilai hasil jagung dalam skala lokal. Studi mereka memilih *Green Normalized Difference Vegetation Index* (GNDVI) sebagai VI terbaik, yang terintegrasi dalam Random Forest memberikan R² sebesar 0,60 pada uji validasi independen. Zhao et al.,(2020) menguji sejumlah VI dari Sentinel-2 untuk memperkirakan hasil gandum pada skala lahan. Hasil mereka menunjukkan bahwa teknologi penginderaan jauh pada skala dalam pixel menunjukkan koefisien determinasi sebesar 0,40 dan meningkat menjadi 0,45 dan 0,69 ketika diintegrasikan pada tingkat lokal dan tingkat regional, secara berturut-turut.

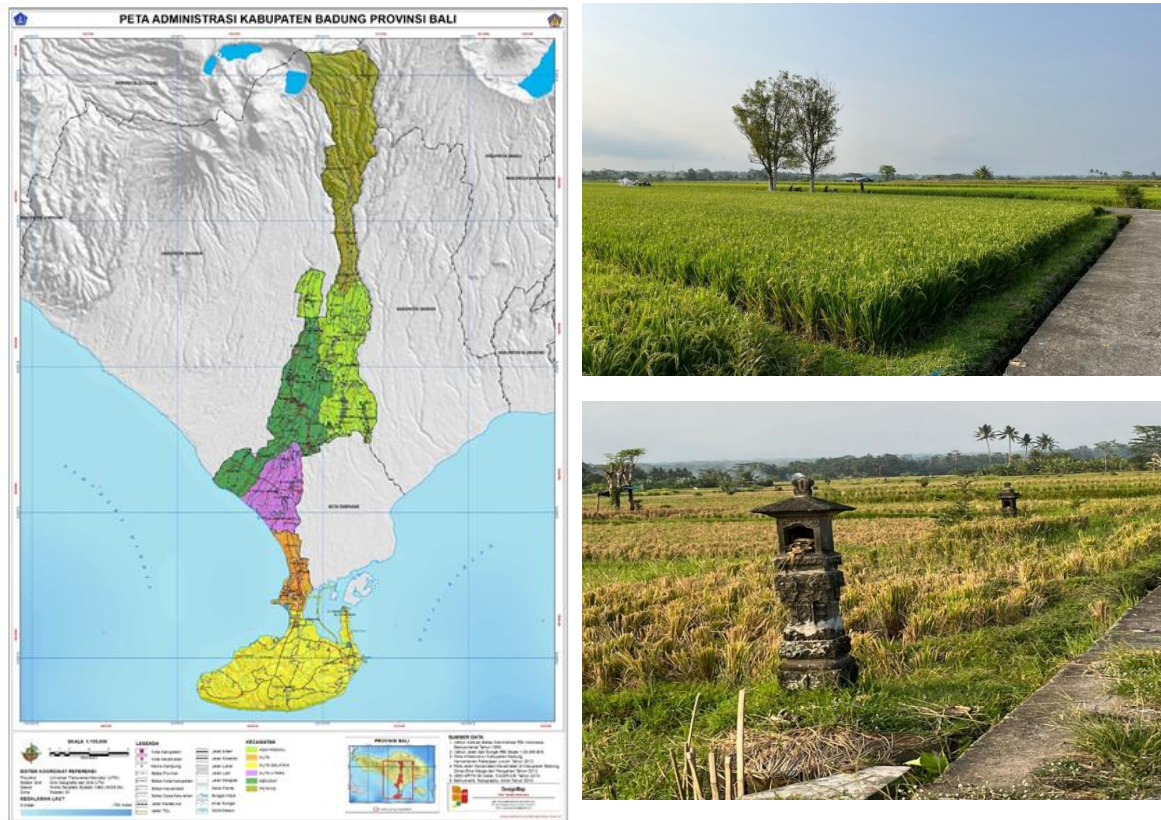
Dengan memahami karakteristik spektral dari fase-fase pertumbuhan tanaman padi mulai dari awal tanam hingga panen, yang kemudian digunakan sebagai 'kunci interpretasi' dalam mengidentifikasi tanaman padi, monitoring dapat dilakukan menggunakan citra satelit. Melalui pendekatan ini, pemantauan tanaman padi dapat dilakukan dengan memanfaatkan data citra satelit yang diarahkan untuk memprediksi luas areal tanam, usia tanaman, luas area panen, dan estimasi produktivitasnya. Terkhusus di Indonesia, banyak penelitian telah dilakukan dalam memetakan lahan pertanian, pengukuran produktivitas, dan estimasi produksi dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh berbasis data satelit (Ariani et al., 2020; Cahyono et al., 2023; Fajri et al., 2022; Fatchurrachman et al., 2022; Made Arya Bhaskara Putra, I Wayan Nuarsa, 2018; Nirtanto et al., 2022; Ramadhani et al., 2021; Sari and Sukojo, 2015; Sukmono et al., 2013; Wahyunto et al., 2006)

BAB III

METODOLOGI

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1. Lokasi



Gambar 3.1. Peta administrasi Kabupaten Badung yang menjadi lokasi penelitian (“Peta Administrasi Badung,” n.d.) dan contoh foto-foto sawah di Kabupaten Badung.

Lokasi penelitian ini adalah seluruh wilayah Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Badung terletak di sepanjang poros tengah hingga selatan Pulau Bali, memiliki koordinat astronomis antara $8^{\circ}14'$ hingga $8^{\circ}50'$ lintang selatan dan $115^{\circ}5'$ hingga $115^{\circ}14'$ bujur timur seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Luas wilayahnya mencapai $418,52 \text{ km}^2$, dibagi menjadi enam kecamatan, dengan Kecamatan Petang sebagai yang paling luas (115 km^2) dan

Kecamatan Kuta sebagai yang paling kecil (17,52 km²). Dari segi topografi, Badung memiliki variasi kontur muka daratan, melibatkan dataran rendah dan pesisir di bagian selatan, dataran rendah perbukitan di bagian tengah, serta pegunungan di bagian utara. Ketinggian muka daratan bervariasi dari 0 hingga ±2000 mdpl (BPS, 2023).

Badung memiliki iklim tropis monsun (Am) yang mengalami dua musim, yaitu musim penghujan dari November hingga April dan musim kemarau dari Mei hingga Oktober. Suhu udara berkisar antara 22°–34°C, dengan tingkat kelembapan relatif antara 50%–90%. Dengan kondisi tanah yang subur dan iklim yang mendukung, Badung mencapai produktivitas pertanian yang tinggi, yakni 8,3 ton/hektar. Pada tahun 2022, produksi gabah mencapai 122.291 ton, setara dengan 69.412 ton beras, sedangkan kebutuhan beras untuk penduduk sekitar 48.270 ton. Dengan populasi pada akhir 2023 yang mencapai 530.226 jiwa, Kabupaten Badung masih memiliki surplus beras sebesar 14.201 ton (badungkab.go.id, 2024).

Melihat kondisi eksisting lahan tanaman padi yang ada, pada kajian ini wilayahnya dibatasi pada Kecamatan Petang, Kecamatan Abiansemal, Kecamatan, Mengwi, dan Kecamatan Kuta Utara. Kecamatan Kuta Selatan tidak dimasukkan ke dalam wilayah kajian karena tidak terdapat lahan tanaman padi di wilayah tersebut. Demikian pula halnya dengan Kecamatan Kuta, lahan sawah yang hanya tersisa 7 Ha (Dinas Pertanian Kab. Badung, 2024) membuat wilayah ini tidak dimasukkan ke dalam wilayah kajian.

3.1.2. Waktu Kajian

Kajian ini akan dilakukan selama 6 (enam) bulan kalender, sejak penandatanganan Kontrak Swakelola dengan jadwal pelaksanaan sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jadwal kajian

No	Uraian	Bulan																												
		APR				MEI				JUNI				JULI				AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER				NOV
		M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1		
1	Persiapan Administrasi																													
2	Tanda Tangan Kontrak Kerjasama																													
3	Rapat Perencanaan dan Pembahasan Metode Penelitian																													
4	Pengumpulan Data Primer dan Skunder																													
5	Rapat Laporan Pendahuluam																													
6	Analisis Data dan Studi Pendahuluan																													
7	Rapat Laporan Antara																													
8	Rapat Laporan Akhir dan Evaluasi Kegiatan																													
9	Pelaporan Akhir																													

3.2. Peralatan (Perangkat Keras dan Perangkat Lunak)

Pada kajian ini membutuhkan beberapa peralatan berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

Perangkat keras: 1 Set Komputer, 1 Set Drone, Kamera, Hand GPS, 3 set alat pengubinan, 1 set alat ukur kadar air gabah, dan Alat Tulis Kantor.

Perangkat lunak: ArcGIS/QGIS, Ms. Office, Perangkat perancang grafis, Agisoft, Google Earth Engine.

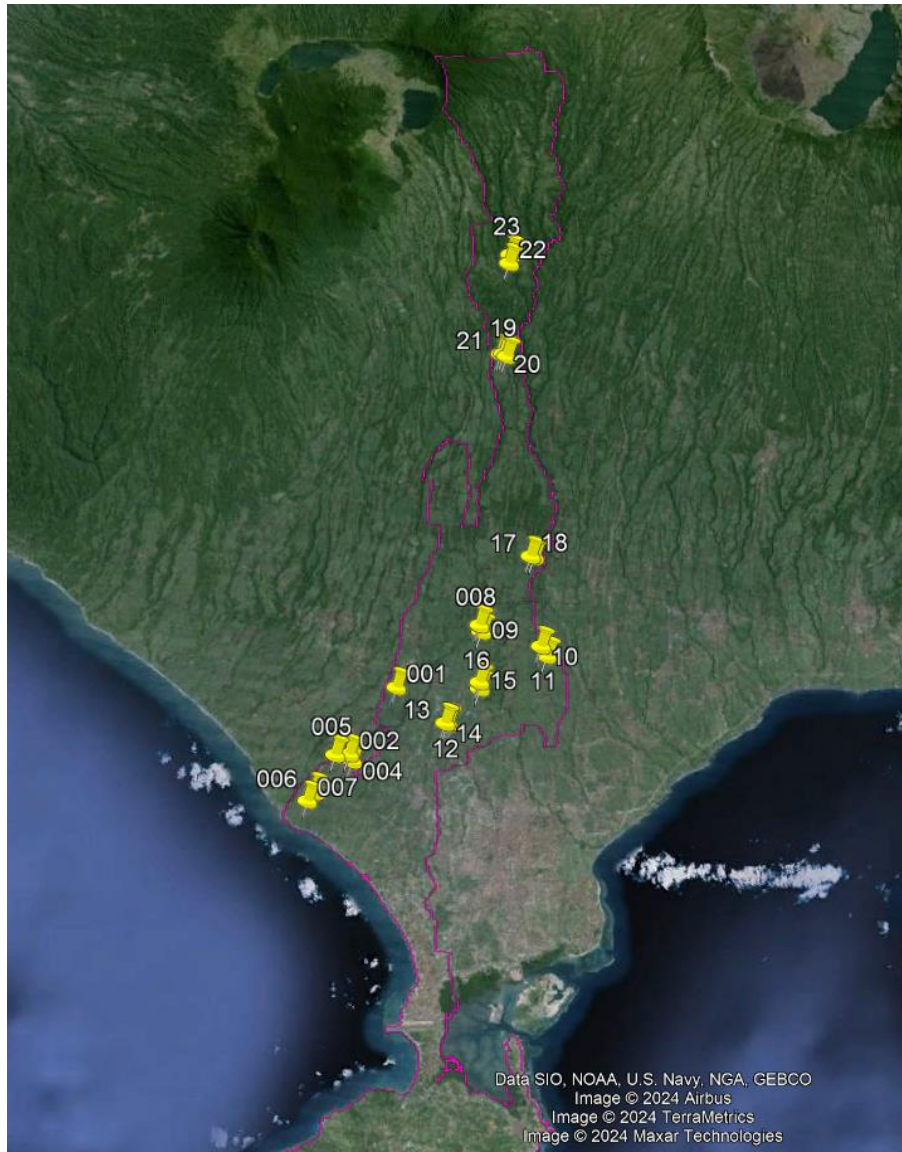
3.3. Jenis dan Sumber Data

Kajian ini akan menggunakan beberapa data untuk mencapai tujuannya. Berdasarkan sumbernya data-data ini dibedakan menjadi data primer dan data skunder. Adapun pada kajian ini, jenis-jenis datanya di klasifikasikan menjadi data In-situ, data/citra satelit, dan data sekunder pendukung lainnya.

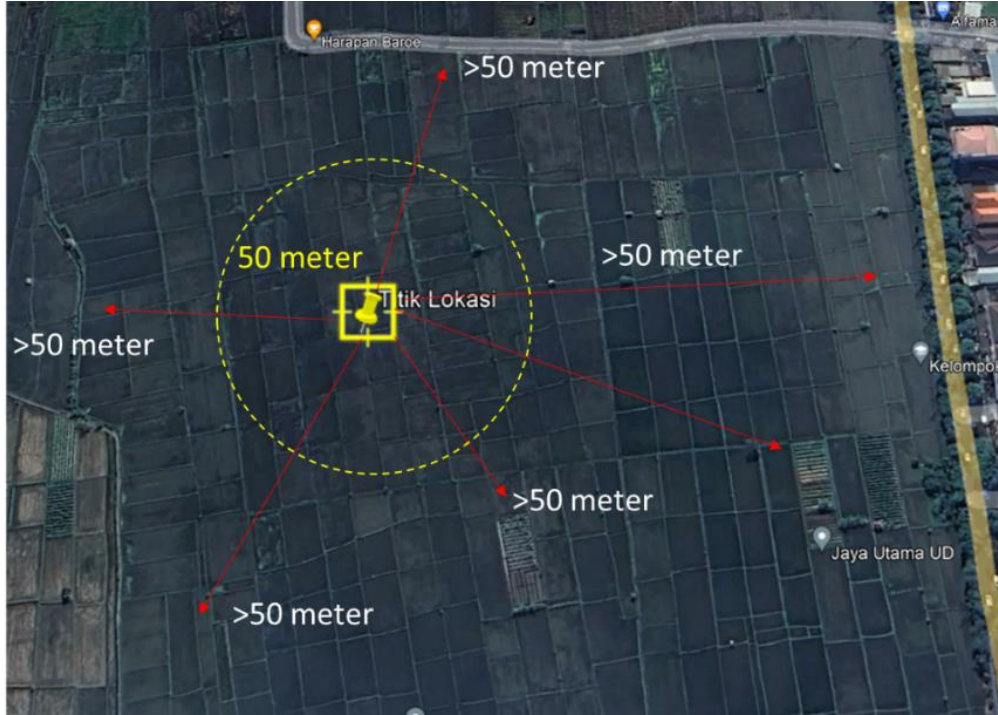
3.3.1. Data In-Situ

Data in-situ atau data lapangan diperoleh dengan cara survey. Titik-titik sampel di tentukan tersebar di wilayah kajian sebanyak 23 titik. Wilayah tersebut mencakup Desa Sulangai, Pangsang, Bongkasa, Sempidi, Pnarungan, Sedang, Darmasaba, Kekeran, Cemagi, dan Munggu. Gambar 3.2. menunjukkan lokasi titik-titik pengamatan pada peta. Pemilihan titik sampel observasi dikondisikan pada area yang homogen pada radius minimal 50

meter/atau 2.5 pixel untuk meminimalkan distorsi. Gambar 3.3. menunjukkan ilustrasi cara pemilihan lokasi titik observasi.



Gambar 3.2. Lokasi titik-titik pengamatan padi pada peta



Gambar 3.3. Ilustrasi penentuan lokasi titik observasi

Pengamatan akan dilakukan pada saat 3 hari setelah atau sebelum atau saat akuisisi citra satelit, tergantung pada faktor cuaca. Adapun data yang diambil adalah kondisi lahan tanaman padi dan fase pertumbuhan padi saat itu. Survey dilakukan sebanyak 9 kali selama kajian yang mencakup 1 siklus tanaman padi. Selain itu data-data pendukung lain seperti produksi, jenis tanaman, historis produktivitas dilakukan dengan cara wawancara kepada petani dan PPL. Sedangkan data produksi pada titik observasi didapat dengan melakukan ubinan dibantu oleh PPL menyesuaikan dengan waktu panen. Jadwal survey pada titik-titik observasi ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jadwal dan uraian pekerjaan survey lapangan ke titik observasi

No.	Tanggal	Survey ke-	Uraian Pekerjaan
1	2024-06-05	Survey ke-1	Penentuan titik lokasi sample untuk pengamatan berkala dibantu oleh PPL setempat
2	2024-06-10	Survey ke-2	Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada.
3	2024-06-25	survey ke-3	Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada.
4	2024-07-10	survey ke-4	Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada.
5	2024-07-25	survey ke-5	Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada.

- | | | | |
|---|------------|-------------|---|
| 6 | 2024-08-09 | survey ke-6 | Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada. |
| 7 | 2024-08-24 | survey ke-7 | Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada. |
| 8 | 2024-09-08 | Survey ke-8 | Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada. |
| 9 | 2024-09-23 | Survey ke-9 | Semua tim melakukan survey ke titik observasi sesuai tugasnya masing-masing, mengambil data yang dibutuhkan mengikuti petunjuk pada lampiran 1 dan lampiran 3, melaporkan kondisi titik survey yang sebenarnya dilengkapi dengan foto-foto. Mencatat kejadian-kejadian khusus jika ada. |
-

3.3.2. Data Akses dan Ketahanan Pangan

Data akses dan Ketahanan Pangan Keluarga di Badung digunakan sebagai pendukung dalam ruang lingkup kajian. Data ini diperoleh dengan menyebarkan kuesioner dengan

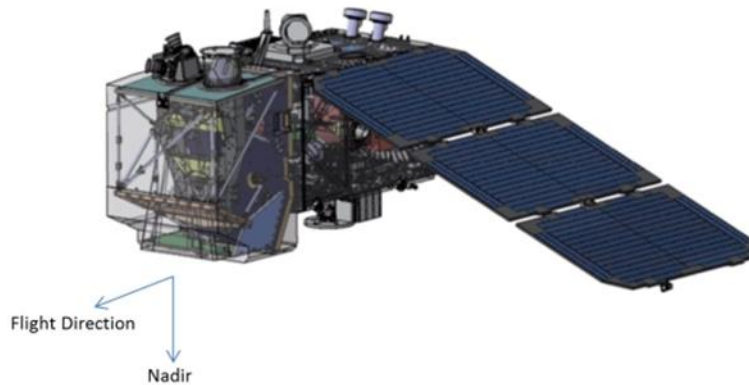
Google Form. Adapun pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan jumlah sampel minimal 383, dengan tingkat kepercayaan 95% dan margin of error 5%.

3.3.3. Data Satelit

Kajian ini menggunakan citra optis dari Sentinel-2 dan Landsat-8/9. Adapun data yang di analisis meliputi semua data historis dari tahun 2019-2023 dan data terkini yang akan direkam pada periode kajian ini yakni tahun 2024.

a. Sentinel-2.

Sentinel-2, merupakan satelit milik Eropa dengan kemampuan cakupan luas dan resolusi tinggi, melibatkan satelit kembar yang mengorbit bersama tetapi bertahap pada 180°, memberikan frekuensi kunjungan ulang selama 5 hari di area khatulistiwa. Dilengkapi dengan muatan instrumen optik, Sentinel-2 menangkap 13 pita spektral resolusi spasial yang beragam yaitu; 4 pita/band dengan resolusi spasial 10 m, 6 pita pada resolusi spasial 20 m, dan 3 pita pada resolusi spasial 60 m, yang mencakup lebar petak orbit besar sebesar 290 km. Satelit kembar ini memastikan kesinambungan dalam menyediakan data citra tipe SPOT dan LANDSAT, berkontribusi terhadap pengamatan multispektral yang sedang berlangsung, dan mendukung berbagai layanan Copernicus, termasuk pengelolaan lahan, pertanian, kehutanan, pengendalian bencana, bantuan kemanusiaan, pemetaan risiko, dan aplikasi keamanan. Dirancang khusus untuk studi pemantauan daratan, Copernicus SENTINEL-2 membantu memantau vegetasi, tanah, tutupan air, dan mengamati saluran air pedalaman dan wilayah pesisir (ESA, 2015). Semua data Sentinel-2 yang digunakan dalam kajian ini akan diperoleh melalui *Google Earth Engine* (GEE). Gambar 3.4. memperlihatkan ilustrasi dari Satelit Sentinel-2. Sedangkan spesifikasi citra Sentinel-2 ditampilkan pada Tabel 3.3.



Gambar 3.4. Ilustrasi Satelit Sentinel-2 (© ESA)

Tabel 3.3. Spesifikasi citra Satelit Sentinel-2 yang digunakan dalam kajian.

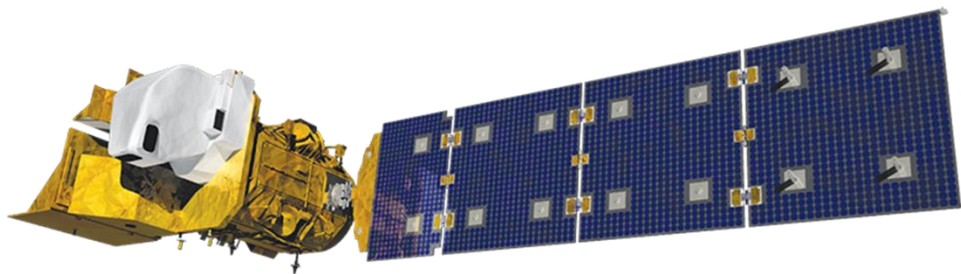
Nama Pita	Ukuran Pixel	Panjang Gelombang	Dekripsi
B1	60 meters	443.9nm (S2A) / 442.3nm (S2B)	Aerosols
B2	10 meters	496.6nm (S2A) / 492.1nm (S2B)	Blue
B3	10 meters	560nm (S2A) / 559nm (S2B)	Green
B4	10 meters	664.5nm (S2A) / 665nm (S2B)	Red
B5	20 meters	703.9nm (S2A) / 703.8nm (S2B)	Red Edge 1
B6	20 meters	740.2nm (S2A) / 739.1nm (S2B)	Red Edge 2
B7	20 meters	782.5nm (S2A) / 779.7nm (S2B)	Red Edge 3
B8	10 meters	835.1nm (S2A) / 833nm (S2B)	NIR
B8A	20 meters	864.8nm (S2A) / 864nm (S2B)	Red Edge 4
B9	60 meters	945nm (S2A) / 943.2nm (S2B)	Water vapor
B11	20 meters	1613.7nm (S2A) / 1610.4nm (S2B)	SWIR 1
B12	20 meters	2202.4nm (S2A) / 2185.7nm (S2B)	SWIR 2
QA60	60 meters		Cloud mask

b. Satelit LANDSAT

LANDSAT adalah satelit milik pemerintah amerika serikat. Seri satelit Landsat yang terakhir adalah Landsat 9. Satelit ini merupakan satelit pemantauan bumi yang memanfaatkan dua sensor unggulan, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Sensor OLI dan TIRS ini menyajikan tingkat resolusi spasial yang mencapai 30 meter untuk *band/pita* visual, *Near Infrared* (NIR), dan *Shortwave Infrared*

(SWIR), serta 100 meter untuk perekaman termal, sementara pankromatik memiliki resolusi sejauh 15 meter. Terbang pada orbit *Sun-Synchronous* setinggi 705 km, Landsat 8 menawarkan resolusi temporal dengan rentang waktu selama 16 hari.

Data Landsat sudah banyak dipakai dalam berbagai bidang seperti pemantauan mangrove, padang lamun, hutan, padi, dan lain sebagainya (Yastika et al., 2023). Pada kajian ini akan menggunakan citra Landsat *collection 2* yang diunduh dengan menggunakan Google Earth Engine. Koleksi data ini berisi reflektansi permukaan yang dikoreksi secara atmosferik dan suhu permukaan tanah yang diperoleh dari data yang dihasilkan oleh sensor Landsat 8 OLI/TIRS. Citra-citra ini berisi 5 pita inframerah tampak dan dekat (NIR) dan 2 pita inframerah gelombang pendek (SWIR) yang diproses untuk reflektansi permukaan yang diortorektifikasi, dan satu pita inframerah termal (TIR) yang diproses untuk suhu permukaan yang diortorektifikasi. Citra-citra tersebut juga berisi pita perantara yang digunakan dalam penghitungan produk ST, serta pita QA. Data LANDSAT digunakan sebagai opsi cadangan jika Data Sentinel-2 tidak tersedia atau mengalami kendala. Gambar 3.5. berikut memperlihatkan ilustrasi dari Satelit Landsat-8 oleh NASA.



Gambar 3.5. Ilustrasi Satelit Landsat 9 (© NASA)

3.3.4. Data Spasial dan Statistik

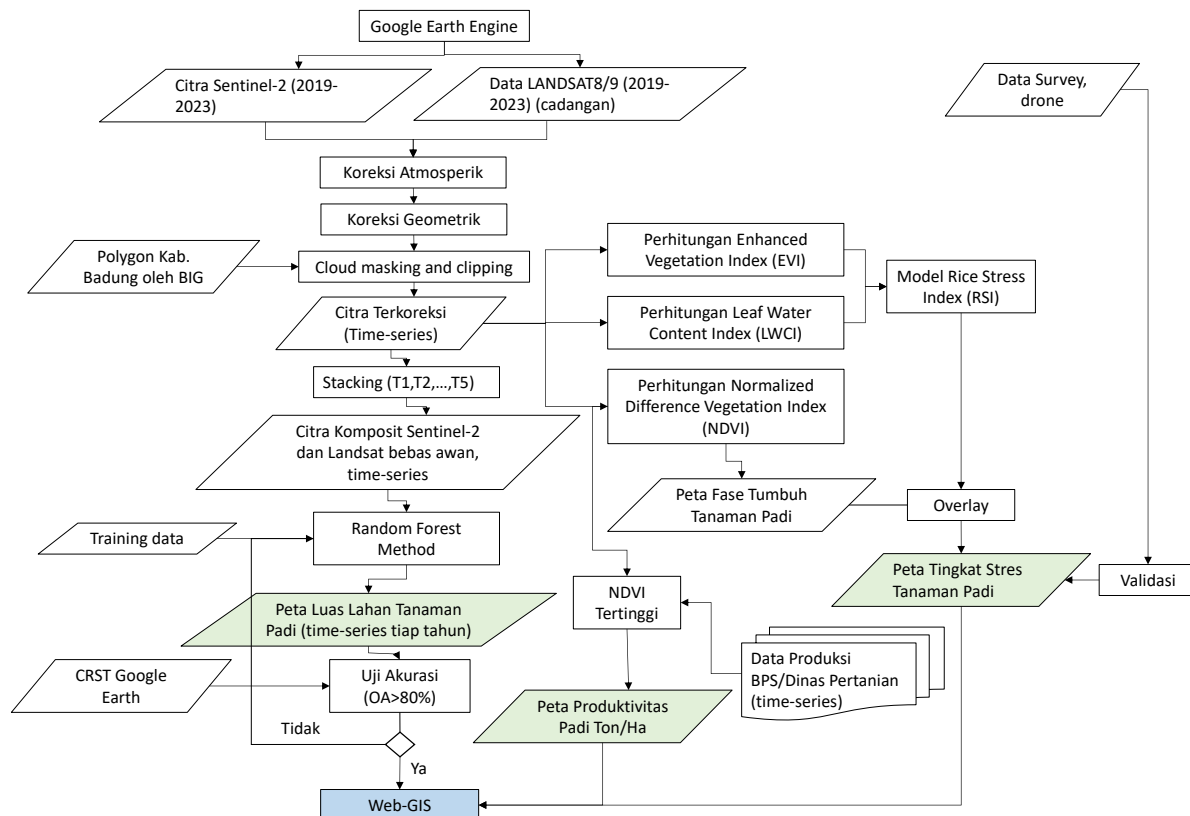
Data sekunder yang diperlukan dalam kajian ini antara lain:

1. Polygon batas administrasi Kabupaten Badung yang diperoleh dan Badan Informasi Geospasial Indonesia (BIG).

2. Data produksi padi di Kabupaten Badung pada tahun 2019, 2020, 2021, 2022, dan 2023 dari BPS dan Dinas Pertanian.
3. Data Ubinan di seluruh Kabupaten Badung pada tahun 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, dan 2024, oleh Dinas Pertanian.
4. Data jumlah penduduk dan Kepala Keluarga di Kabupaten Badung pada tahun 2023, dari Dinas Dukcapil Kabupaten Badung.

3.4. Langkah Kerja dan Diagram Alir Pengolahan Data

Gambar 3.6. menunjukkan langkah kerja dan diagram alir pengolahan data pada kajian ini. Hasil akhir dari kajian ini adalah beberapa peta yaitu luas lahan tanaman padi per tahun, peta produktivitas, peta fase tumbuh padi, dan peta tingkat stress tanaman padi. Semua peta yang dihasilkan akan di tampilkan dengan Web-GIS dan dapat di akses oleh *stake holder*.



Gambar 3.6. Diagram alir pengolahan data

3.5. Teknik Analisis Data

Analisis data citra pada peta ini sebagian besar dilakukan *secara cloud computing* berbasis *Google Earth Engine* (GEE). Pengolahan citra satelit melalui GEE memberikan sejumlah kelebihan yang signifikan dalam konteks kajian ilmiah. GEE, memungkinkan analisis yang melibatkan area bukan hanya pada skala lokal, melainkan juga regional hingga global. Kecepatan pemrosesan citra satelit pada GEE sangat optimal, didorong oleh infrastruktur komputasi *cloud* yang kuat, memungkinkan pemrosesan yang efisien dan cepat.

3.5.1. Pemetaan Lahan Tanaman Padi secara *Time-series*

Untuk membangun peta lahan tanaman padi secara *time-series* yang akurat, pada kajian ini akan mengaplikasikan metode *Random Forest* (RF). RF sebagai metode dalam *machine learning* yang termasuk dalam kategori *ensemble learning*, memanfaatkan serangkaian model keputusan (*decision trees*) yang digabungkan untuk meningkatkan kinerja dan ketepatan prediksi (Zafar et al., 2024). Dalam konteks klasifikasi citra, keandalan dan stabilitas *Random Forest* menjadikannya pilihan yang kuat karena kemampuannya menangani data yang kompleks dan multidimensional seperti citra satelit. *Ensemble learning* pada *Random Forest* bekerja dengan membuat sejumlah pohon keputusan acak yang beroperasi secara independen, dan kemudian menggabungkan hasilnya. Hal ini memberikan keandalan tinggi dan toleransi terhadap *overfitting*, seiring setiap pohon keputusan beroperasi secara independen dan memiliki variasi dalam pembentukan. Selain itu, *Random Forest* mampu mengatasi dataset yang besar dan kompleks, termasuk klasifikasi citra yang umumnya melibatkan sejumlah besar piksel dan variabel. Kemampuannya dalam menangani hubungan yang tidak linier antara variabel input dan output, serta kemampuan otomatis untuk melakukan seleksi fitur, menjadikan *Random Forest* sebagai pilihan efektif untuk klasifikasi citra.

Beberapa parameter setting pada *Random Forest* mencakup jumlah pohon (*n_estimators*), jumlah fitur maksimum (*max_features*), dan kedalaman pohon maksimum (*max_depth*) (Izquierdo-Verdiguier and Zurita-Milla, 2020). Parameter ini akan disesuaikan sesuai dengan karakteristik khusus dari dataset citra yang sedang diolah.

Sebelum penerapan metode RF pada citra, terlebih dahulu dibuat citra mozaik dan *cloud masking* untuk menghilangkan efek tutupan awan. Koleksi citra pada periode 1 tahun di bagi menjadi 5 kelompok, setiap kelompok memiliki periode 3-4 bulan, kemudian diseleksi hanya dengan menggunakan citra dengan tutupan awan dibawah 30%. Setelah itu diklasifikasikan ke dalam 7 kelas seperti ditunjukkan oleh Tabel 3.4. Proses diulang untuk semua kelompok, sehingga pada tahapan ini akan didapatkan 5 peta tutupan lahan yang selanjutnya diberi label T1, T2, T3, T4, dan T5.

Tabel 3.4. Klasifikasi tutupan lahan

No.	Jenis Tutupan	Kelas
1.	Badan Air	0
2.	Tanaman Padi	1
3.	Kebun dan Hutan	2
4.	Lahan Terbangun dan Tanpa Kelas	3
5.	Mangrove	4
6.	Hortikultura dan Padang Rumput	5
7.	Lahan Terbuka	6

Proses klasifikasi dilanjutkan dengan *majority filtering*. Proses ini dilakukan untuk *smoothing* dan meningkatkan akurasi dari hasil klasifikasi. *Majority filtering* dilakukan dengan menerapkan logika matematika *pixel by pixel* pada peta T1, T2, T3, T4, dan T5, dimana jika pada *pixel-n* pada T1-T5 dominan Kelas X, maka pada peta akhir pixel tersebut menjadi kelas X. Jika *pixel-n* pada T1-T5 tidak ada yang dominan, maka kelas pixel tersebut pada peta akhir sama dengan pixel pada data raster dengan nilai akurasi tertinggi. Proses ini diilustrasikan pada Gambar 3.7. berikut.



Gambar 3.7. Ilustrasi Majority Filtering pada data raster hasil klasifikasi

3.5.2. Pemantauan Kesehatan Padi dan Estimasi Produksinya

Tingkat stres pada tanaman padi dalam kajian ini diukur menggunakan *Rice Stress Index* (RSI) (Sukmono et al., 2013). Indeks RSI ini diperoleh melalui integrasi antara *Leaf Water Content Index* (LWCI) dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI), dimana LWCI digunakan untuk mengenali stres berdasarkan tingkat kelembaban dan biomassa daun, sementara EVI mengidentifikasi stres berdasarkan tingkat kehijauan daun. Indeks LWCI dan EVI digabungkan dengan melakukan rerata di antara keduanya. Pendekatan ini dipilih karena tanaman padi pada fase awal cenderung memiliki tingkat kehijauan yang rendah, tetapi memerlukan banyak air. Seiring berjalannya waktu, terutama pada fase generatif, kehijauan tanaman meningkat, dan kebutuhan air tidak sebesar pada fase awal. Kombinasi antara tingkat air dan kehijauan inilah yang menjadi dasar dalam pembentukan RSI. Persamaan 3.1. adalah persamaan RSI yang akan diterapkan.

$$RSI = 1 - \frac{(EVI+LWCI)}{2} \quad (3.1)$$

Identifikasi stres pada tanaman padi dengan metode ini ditujukan khusus untuk fase vegetatif dan reproduktif. Pada fase *Ripening*, di mana daun padi mulai mengering, menjadi sulit untuk membedakan antara tanaman yang mengalami stres dan yang tidak. Oleh karena itu, pengidentifikasian menggunakan metode ini memerlukan data mengenai fase pertumbuhan yang diidentifikasi melalui metode NDVI, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sari and Sukojo, 2015). Metode ini fokus pada fase vegetatif dan reproduktif untuk mendeteksi dan mengukur tingkat stres pada tanaman padi.

Sedangkan untuk mengestimasi produksi dan produktivitas padi, pada kajian ini akan menggunakan data NDVI dengan mengaplikasikan metode-metode handal yang sudah dikembangkan (Alit, Wiranatha I Made, Nuarsa, I Wayan, 2021; Fajri et al., 2022; Wahyunto et al., 2006). Adapun langkah-langkahnya diuraikan sebagai berikut:

1. Setiap area perwakilan (minimal 3 x 3 pixel) yang mewakili desa-desa di wilayah penelitian dilakukan pengukuran NDVI. (23 Titik/7desa)
2. Pengukuran NDVI dilakukan pada tanaman padi yang berumur 10-11 MST atau fase awal pembungaan-bunting.
3. Model estimasi produksi dibangun berdasarkan hubungan antara nilai NDVI dan produktivitas.
4. NDVI diambil dari citra satelit, sementara data produktivitas diperoleh dari hasil ubinan di lapangan.
5. Di wilayah yang telah diukur nilai NDVI-nya, dilakukan pengukuran produktivitas padi menggunakan ubinan berukuran 2,5 x 2,5 m, kemudian hasilnya diubah menjadi satuan ton/ha.
6. Model regresi linear digunakan dengan metode pendugaan *Ordinary Least Square* (OLS), dengan formula:

$$\text{Produktivitas (t/ha)} = a (\text{NDVI}) + b \quad (3.2)$$

dimana :

a = konstanta

b = konstanta

Dari persamaan tersebut diperoleh koefisien determinasi (R^2) yang menunjukkan korelasi antara produktivitas padi dengan nilai NDVI

3.5.3. Uji Ketelitian

Untuk mengukur ketelitian hasil klasifikasi menggunakan *Confusion Matrix* sebagai metode evaluasi. Pengukuran akurasi akan dilakukan melalui pembagian jumlah prediksi yang benar dengan total prediksi, bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif terkait kemampuan model dalam memprediksi kelas secara tepat. Selain itu, penerapan *Confusion Matrix* diharapkan dapat menyajikan analisis lebih mendalam dengan mengidentifikasi jumlah True Positive, True Negative, False Positive, dan False Negative untuk setiap kelas secara terinci. Integrasi metode ini diarahkan untuk memberikan pemahaman holistik mengenai kinerja model, dengan fokus pada identifikasi potensial ketidakseimbangan kelas serta peningkatan kinerja pada area yang relevan. Sedangkan pemilihan sampel uji akan menggunakan pendekatan probabilitas binominal untuk memperkirakan tepat jumlah sampel di seluruh daerah penelitian dengan rumus Fitzpatrick-Lins dan dengan menggunakan persamaan tersebut, agar mendapat hasil akurasi total pada rentang 80-100% maka jumlah sampel minimal untuk tiap kelas adalah 30-50 titik untuk kelas yang paling kecil dan 50-100 titik untuk kelas yang besar (dominan).

$$N = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \quad (3.3)$$

Dimana:

N = jumlah sampel,

$Z^2 = 2$ (standar normal menyimpang untuk tingkat kepercayaan 95%),

p = akurasi yang diharapkan, 85%

q = 100 - 85,

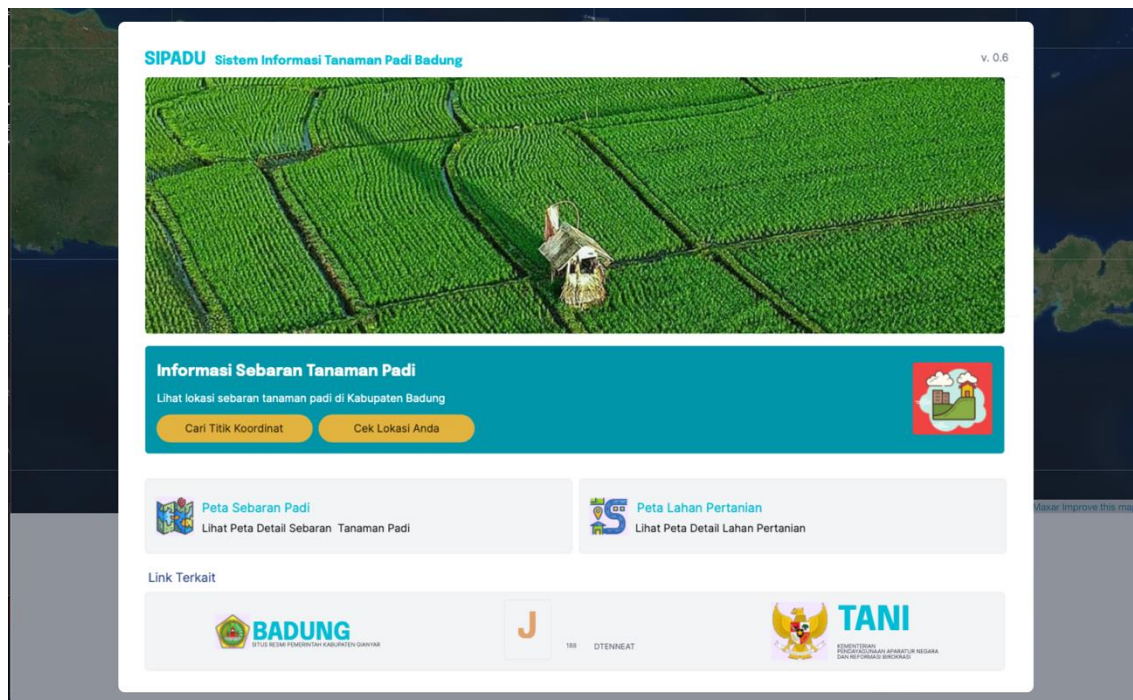
E^2 = adalah kesalahan yang diijinkan 5%

3.6. Rancang Tampilan Web GIS

Adapun rancang tampilan dari Web GIS SIPADU (Sistem Informasi Tanaman Padi Badung) ini terdiri dari 3 tampilan utama yang mampu merepresentasikan informasi data dan sebaran lahan tanaman padi di Kabupaten Badung. Adapun tampilan tersebut meliputi : Halaman Home, Halaman Peta Lahan Padi dan Halaman Detail Informasi Padi. Detail tentang 3 halaman ini, akan dijabarkan sebagai berikut:

3.6.1 Halaman Home

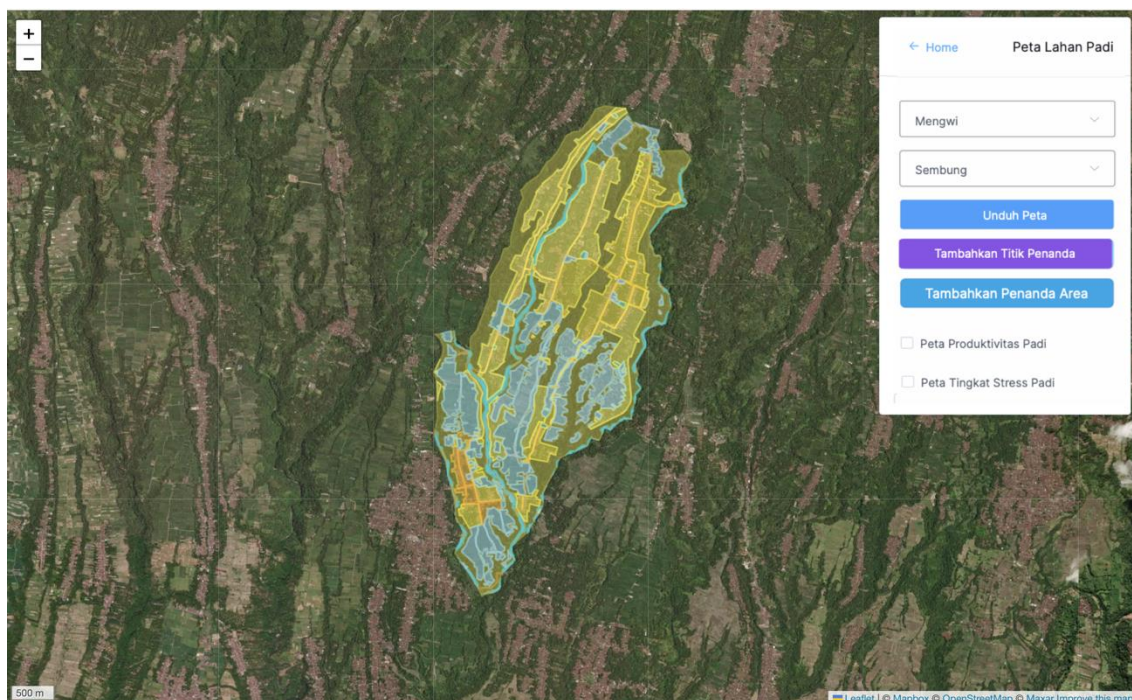
Halaman Home ini merupakan tampilan awal dari WebGIS SIPADU. Pada halaman ini, dari atas ke bawah terdapat tampilan gambar yang dapat dislide kanan dan kiri, kemudian dilanjutkan dengan 2 tombol untuk Cari Titik Koordinat, dan Cari Lokasi User saat ini. Selanjutnya terdapat 2 tombol menuju ke tampilan peta, yaitu tombol Peta Sebaran Padi dan tombol Peta Lahan Pertanian. Paling bawah, terdapat beberapa link terkait dari Dinas Pertanian maupun Dinas Kabupaten Badung. Gambar 3.8 berikut merupakan rancangan tampilan dari Halaman Home SIPADU.



Gambar 3.8. Tampilan halaman *home*.

3.6.2 Halaman Peta Lahan Padi

Halaman Peta Lahan Padi ini merupakan tampilan yang memuat informasi peta kebumian dan peta lahan padi di wilayah Kabupaten Badung. Pada halaman ini, user diwajibkan memilih Kecamatan dan Desa dahulu pada bagian kanan tampilan. Setelah itu akan muncul peta sebaran Lahan Padi di desa tersebut. Tampilan sebaran lahan padi yang muncul dapat diklik dan akan memunculkan detail informasi dari lahan bersangkutan. Gambar 3.9 berikut merupakan rancangan tampilan dari Halaman Peta Lahan Padi SIPADU.



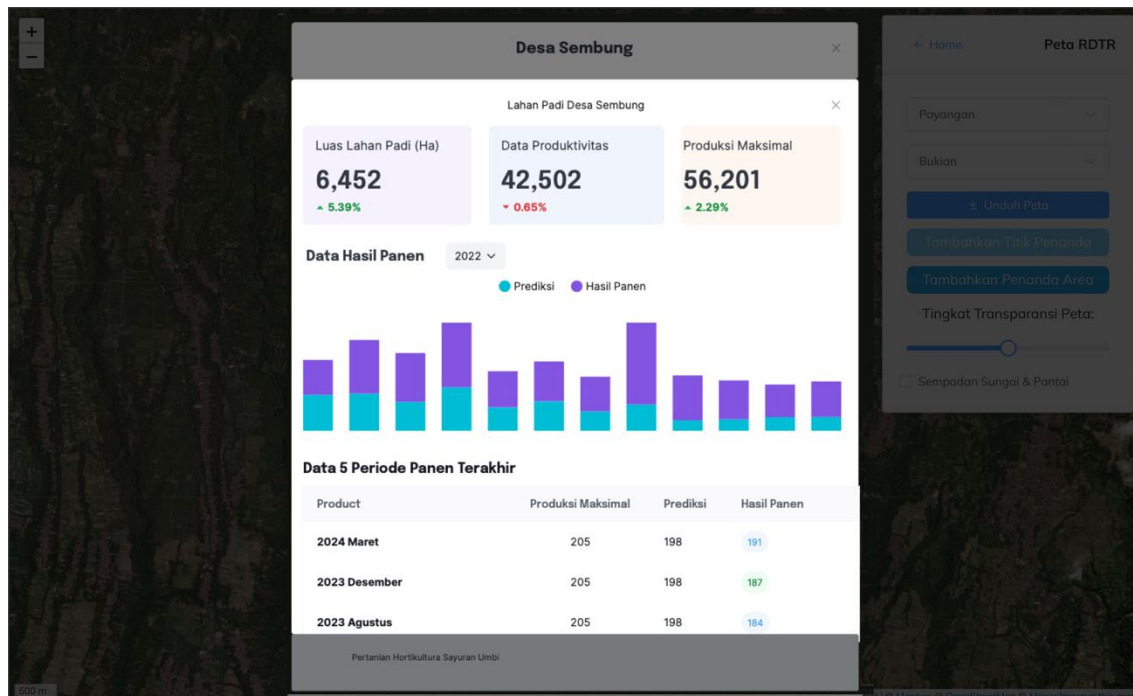
Gambar 3.9. Tampilan halaman peta lahan padi.

Pada tampilan ini, juga dilengkapi dengan fitur : Menambah titik lokasi penanda, Menambahkan Penanda Area, Menampilkan Overlay Peta Produktivitas, dan Menampilkan Overlay Peta Tingkat Stress Padi.

3.6.3 Halaman Detail Informasi Padi

Halaman Detail Informasi Padi ini merupakan tampilan yang memuat informasi detail dari lahan padi di wilayah Kabupaten Badung. Tampilan detail informasi dari lahan padi akan muncul setelah pengguna menekan salah satu lahan padi yang diinginkan. Pada

tampilan ini, terdapat informasi berupa Luas Lahan, Data Produktivitas, Potensi Produksi Padi Maksimal, Grafik Hasil Panen dan data tabel beberapa periode panen terakhir dari lahan bersangkutan. Gambar 3.10. berikut merupakan rancangan tampilan dari Halaman Detail Informasi Padi SIPADU.



Gambar 3.10. Tampilan halaman detail informasi padi.

3.7. Batasan Teknis dan Analisis Resiko

Dalam melaksanakan dan mengimplementasikan metode dalam kajian ini terdapat beberapa batasan teknis dan kendala yang mungkin akan terjadi. Tabel 3.5. menunjukkan batasan teknis dalam kajian ini. Sedangkan analisis resiko dan upaya mitigasinya ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5. Batasan teknis metode dan spesifikasi alat yang digunakan dalam kajian.

No	Kategori	Keterangan
1.	Resolusi Spasial Citra	Resolusi spasial produk akhir pemetaan adalah 20m x 20m, sesuai dengan spesifikasi teknis citra Sentinel-2.
2.	Resolusi Temporal	Resolusi temporal atau frekwensi pengamatan adalah maksimal setiap 5 hari sekali
3.	Resolusi Radiometrik	Resolusi radiometrik adalah 12 bit
4.	Resolusi Spektral	13 pita spektral
5.	Akurasi Total/ <i>Accuracy</i>	<i>Overall</i> Akurasi total minimum adalah di atas 80%, sehingga akan muncul ketidak akuratan hasil mencapai maksimal 20%
6.	Akurasi Produktivitas	Estimasi Estimasi produktivitas akan dipengaruhi oleh jumlah sampel dan kualitas data yang digunakan dalam membangun model
7.	Pemantauan Tanaman Padi	Kwalitas Pada kajian ini terbatas pada pemantauan tingkat stress tanaman padi tanpa mengetahui penyebabnya.

Tabel 3.6. Analisis resiko dan upaya mitigasinya.

No.	Resiko	Upaya Mitigasi
1.	Tutupan Awan	Melakukan mozaik dengan citra yang diakuisisi pada waktu terdekat
2.	Sistem Satelit Sentinel-2 <i>down</i>	Beralih menggunakan citra Landsat, dengan resolusi spasial yang lebih rendah (30 m)
3.	Sistem Google Earth Engine (GEE) <i>down</i>	Menggunakan klasifikasi secara konvensional dengan metode <i>supervised</i> pada ArcGIS
4.	Cuaca yang tidak mendukung pada jadwal pengamatan lapang	Menjadwalkan ulang pada hari berikutnya.
5.	Tingkat keberhasilan sistem dipengaruhi oleh tingkat kemahiran operator.	Menyiapkan sumber daya manusia sebagai operator sistem
6.	Data historis pendukung dari intansi terkait kurang memadai.	Mengoptimalkan data yang ada dan fokus pada data terkini.

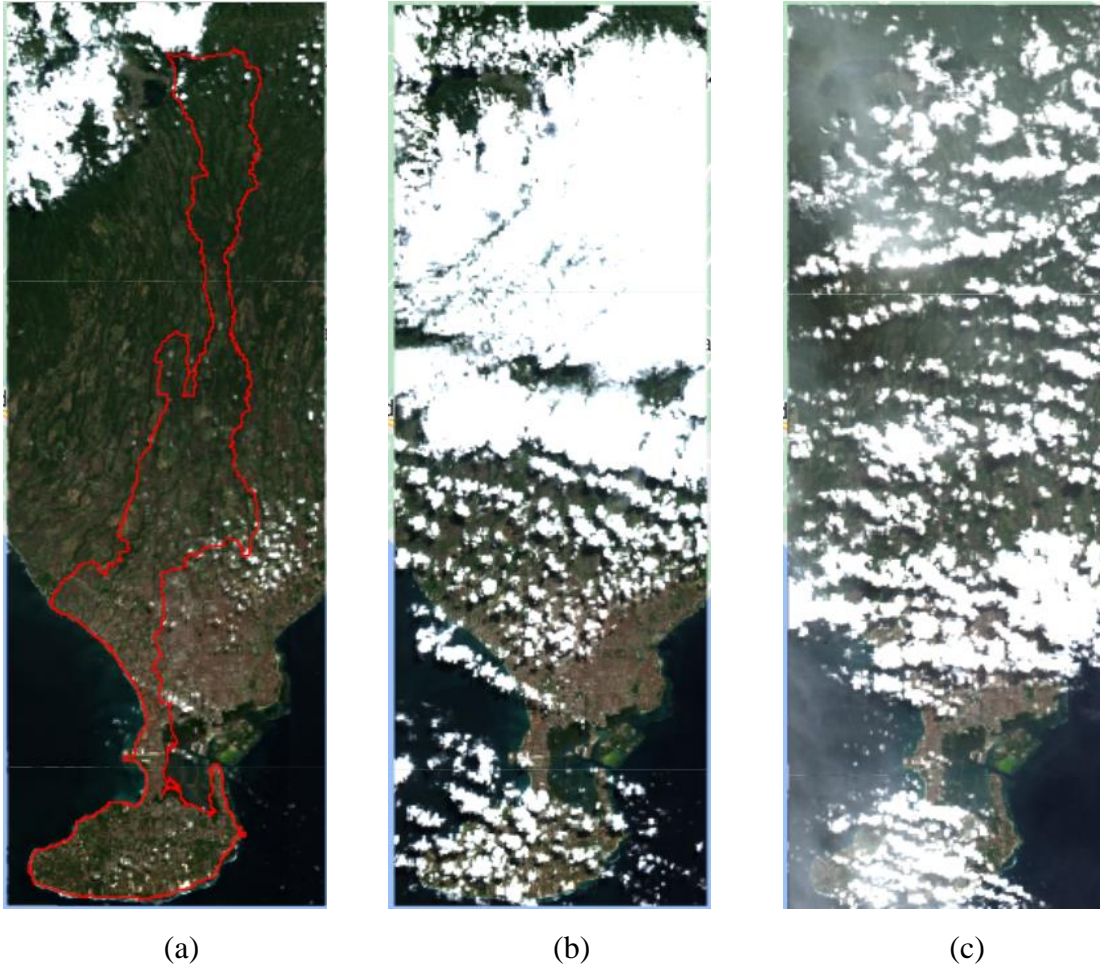
BAB IV

ANALISIS DATA

4.1. Pengolahan Citra Satelit untuk Pemetaan Luas Tanaman Padi.

4.1.1. Koleksi Citra Satelit Sentinel-2

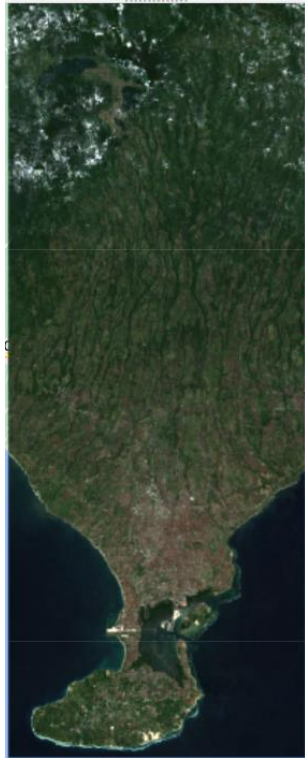
Untuk mencapai tujuan pertama dari kajian ini yaitu memetakan dan memonitor luasan area lahan pertanian padi dengan akurat di Kabupaten Badung, maka pada kajian ini mengimplementasikan algoritma klasifikasi terbimbing *Machine Learning Random Forest (RF)* pada citra Satelit Sentinel-2 yang dioperasikan oleh badan antariksa Eropa (*European Space Agency*). Citra Sentinel-2 yang melingkupi wilayah Kabupaten Badung dikoleksi dari 1 Januari 2019 sampai dengan 8 September 2024. Dengan mengaplikasikan kriteria tutupan awan di bawah 20% untuk menyortir kumpulan citra diperoleh masing-masing pada tahun 2019 terdapat 270 citra, tahun 2020 terdapat 137 citra, pada tahun 2021 terdapat 169 citra, pada tahun 2022 terdapat 70 citra, pada tahun 2023 terdapat 185 citra, dan pada tahun 2024 terdapat 131 citra. Adapun koleksi citra yang digunakan telah diterapkan koreksi geometrik dan atmosferik pada *platform Google Earth Engine*. Gambar 4.1 (a-c) dari kiri ke kanan masing-masing menunjukkan contoh citra Sentinel-2 dalam kombinasi pita *true color* yang direkam pada tanggal 5 Juni 2024, 10 Juni 2024, dan 15 Juni 2024.



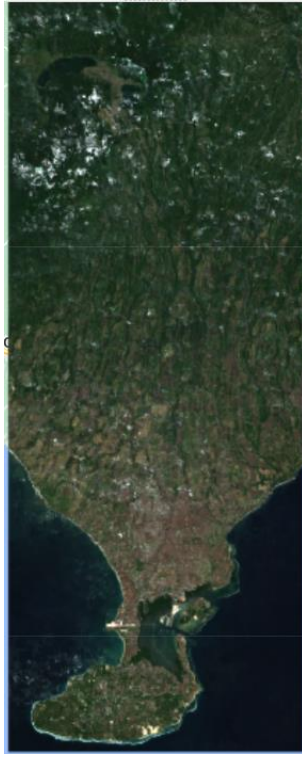
Gambar 4.1. Contoh koleksi citra Sentinel-2 (*true color*) yang melingkupi daerah kajian (dibatasi polygon warna merah) yang direkam pada (a). 15 Juni 2024, (b) 25 Juni 2024, dan (c) 11 Juli 2024.

Pada Gambar 4.1. merupakan hasil perekaman pada pukul 10:30 pagi waktu lokal pada setiap tanggal observasi. Terlihat awan menutupi sebagian besar wilayah kajian pada tanggal 5 Juni dan 10 Juni 2024. Tutupan awan hampir tidak ada di atas daerah kajian pada tanggal 15 Juni 2024. Hal ini menegaskan bahwa sebagai penginderaan jauh dengan sistem pasif, citra Satelit Sentinel-2 sangat dipengaruhi oleh tutupan awan dan ini merupakan salah satu kelemahannya. Salah satu upaya untuk meminimalisir efek tutupan awan maka dilakukan mozaik dengan citra multi-temporal seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.5.1. Semua citra dalam seahun yang tutupan lahannya kurang dari 20% di kelompokkan menjadi

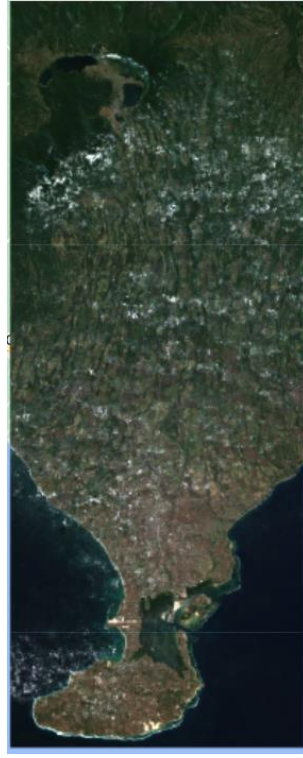
5 kelompok dengan periode kronologis berurut dari Januari-Desember dan kemudian dilabeli T1, T2, T3, T4, dan T5. Dengan metode ini efek tutupan awan dapat dikurangi secara signifikan. Gambar 4.2. memperlihatkan citra mozaik setiap tahun untuk tiap-tiap periode (T1-T5). Adapun panjang waktu atau periode masing-masing kelompok citra adalah 4-5 Bulan, kecuali pada tahun 2022 dan tahun 2024. Pada tahun 2022 sebagian besar citra tertutup awan sehingga panjang periode tiap kelompok citra harus disesuaikan agar dapat menghilangkan tutupan awan sebanyak mungkin. Sedangkan tahun 2024 belum genap 1 tahun sehingga panjang periode tiap kelompok juga disesuaikan. Lebih jelas mengenai citra mozaik dan panjang periode tiap kelompok disetiap tahunnya disajikan pada Gambar 4.2.



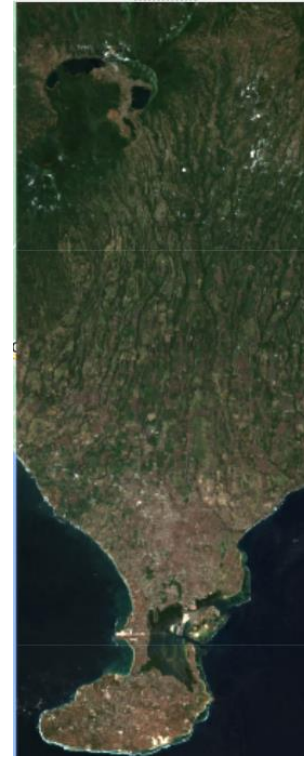
T1 (1 Jan-15 Mei
2019)



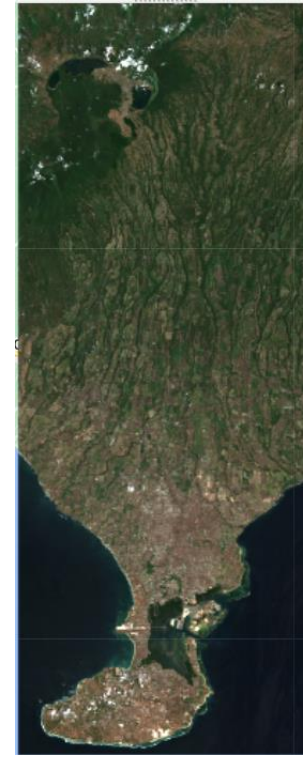
T2 (15 Mar-15 Jun
2019)



T3 (15 Mei-15 Agu
2019)



T4 (15 Jul-15 Okt
2019)



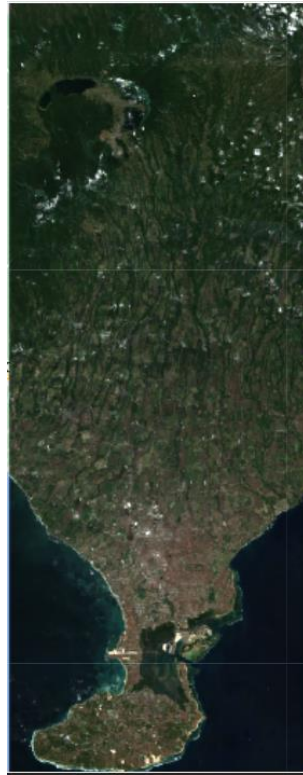
T5 (15 Sept-31 Des
2019)



T1 (1 Jan-15 Mei
2020)



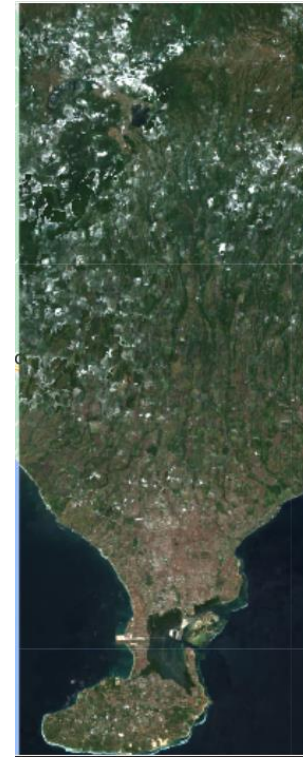
T2 (15 Mar-15 Jun
2020)



T3 (15 Mei-15 Agu
2020)



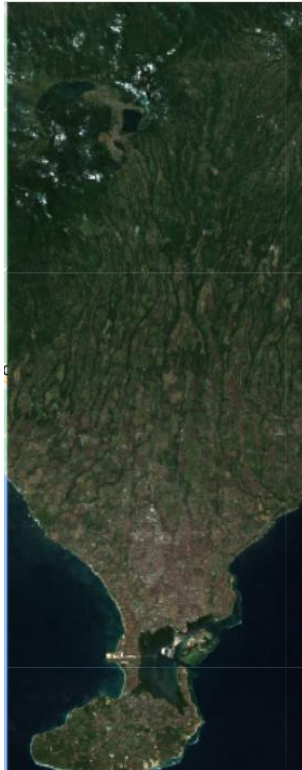
T4 (15 Jul-15 Okt
2020)



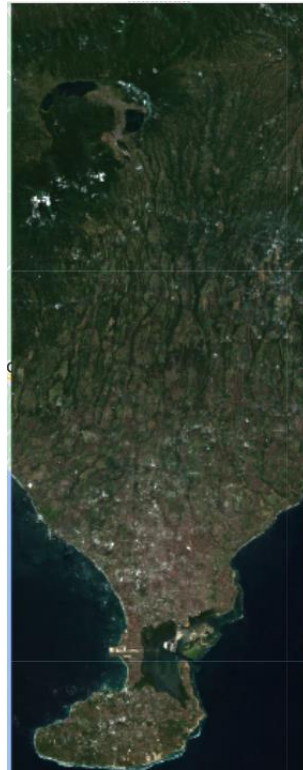
T5 (15 Sept-31 Des
2020)



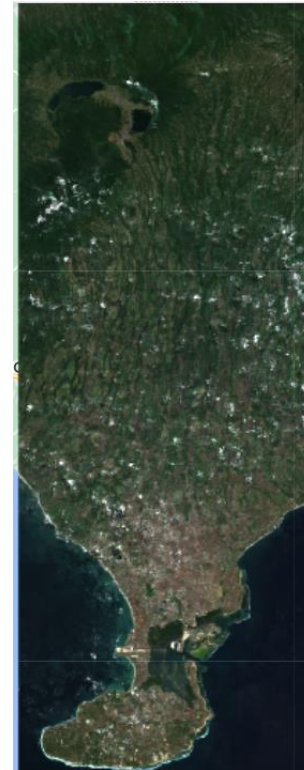
T1 (1 Jan-15 Mei
2021)



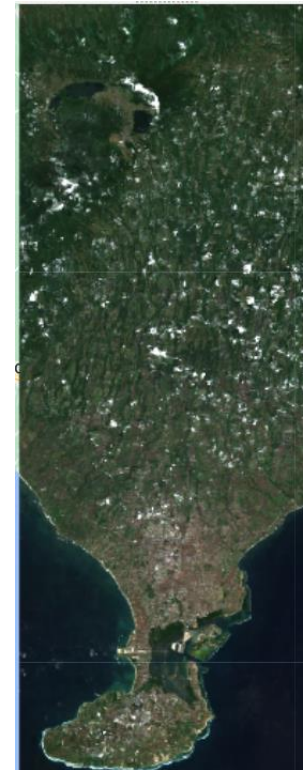
T2 (15 Mar-15 Jun
2021)



T3 (15 Mei-15 Agu
2021)



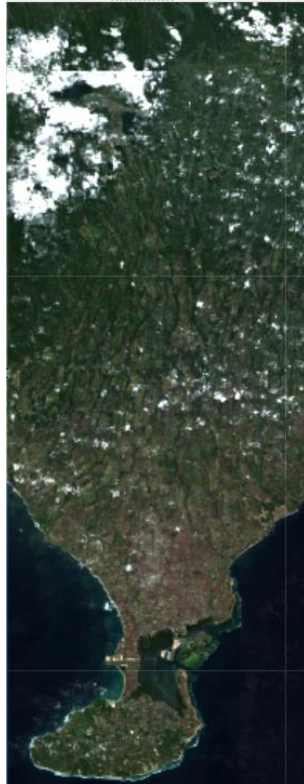
T4 (15 Jul-15 Okt
2021)



T5 (15 Sept-31 Des
2021)



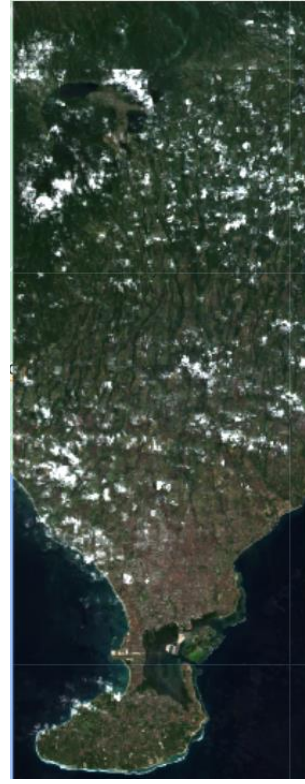
T1 (1 Jan-15 Agu
2022)



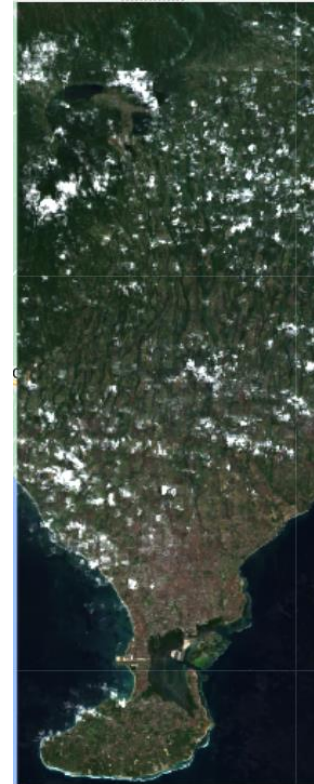
T2 (15 Mar -15 Jul
2022)



T3 (15 Mei -15 Agu
2022)



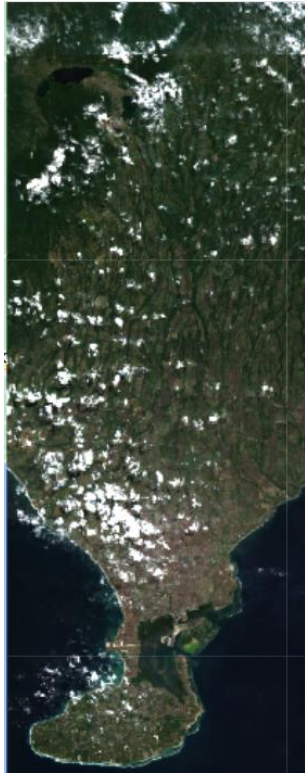
T4 (15 Feb-15 Sept
2022)



T5 (15 Mar-30 Nov
2022)



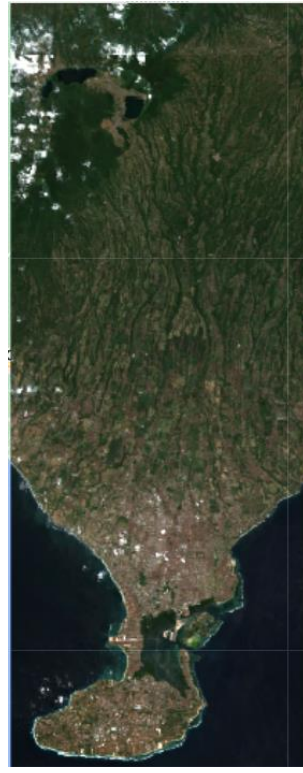
T1 (1 Jan-15 Mei
2023)



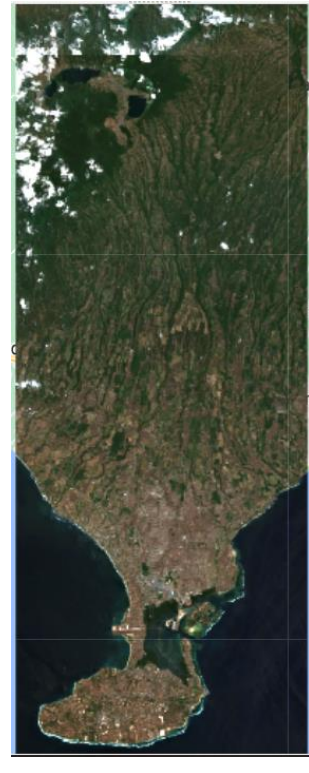
T2 (15 Mar-15 Jun
2023)



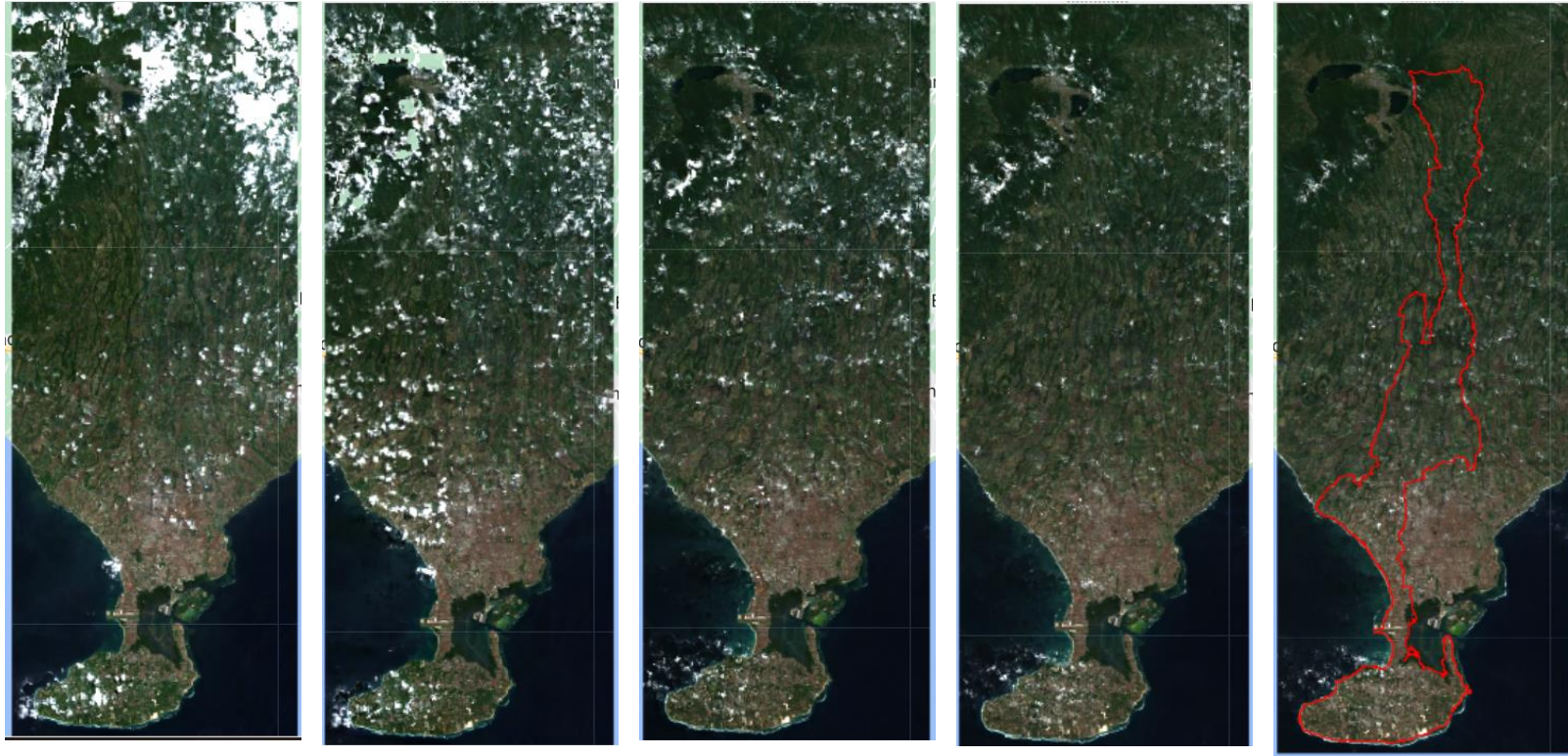
T3 (15 Mei-15 Agu
2023)



T4 (15 Jul-15 Okt
2023)



T5 (15 Sept-31 Des
2023)



T1 (1 Jan-15Apr
2024)

T2 (15 Mar-15 Jun
2024)

T3 (15 Apr-15 Jul
2024)

T4 (14 Mei-6 Agu
2024)

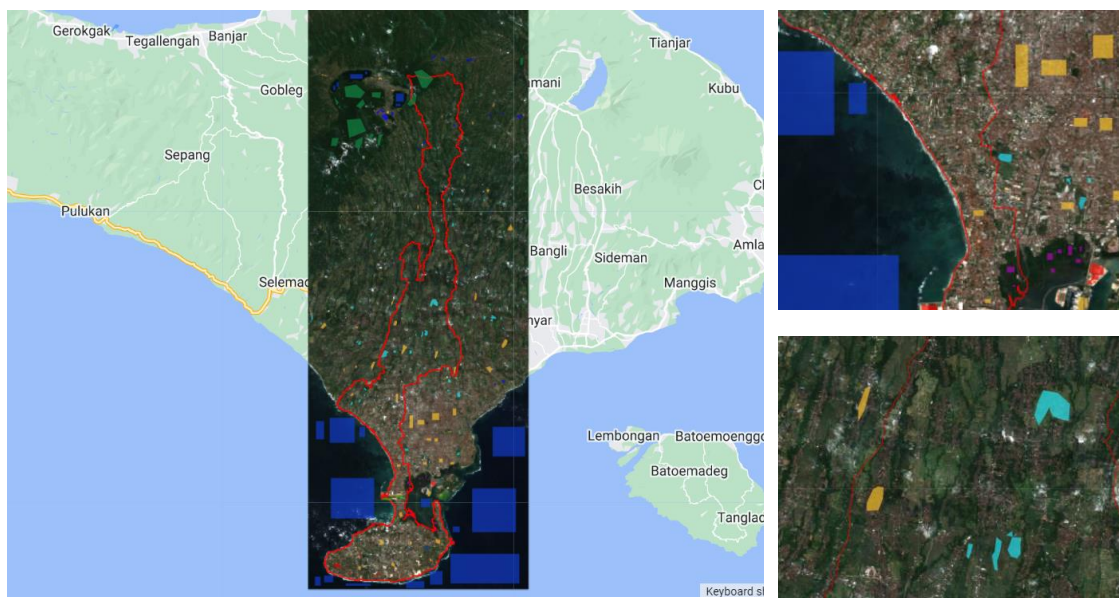
T5 (15 Jun-6 Sept
2024)

Gambar 4.2. Citra mozaik tiap tahun yang dibagi menjadi 5 kelompok citra.

4.1.2. Klasifikasi Citra Sentinel-2 dan Pembangunan Peta Tutupan Lahan

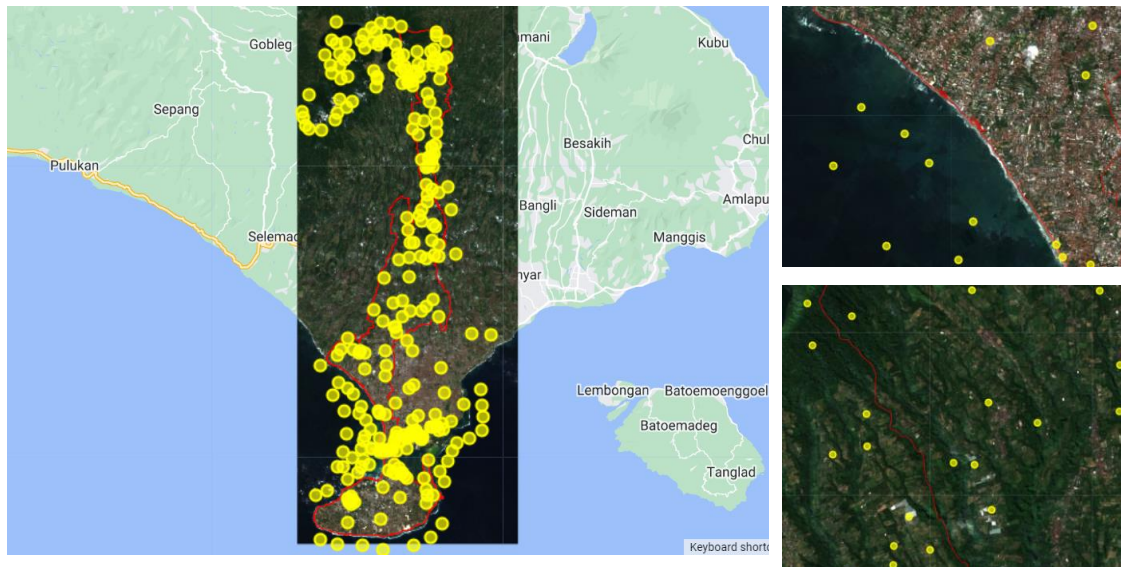
Setelah sebagian besar tutupan awan pada citra Sentinel-2 dikoreksi dengan menerapkan metode mozaik, proses kemudian dilanjutkan dengan pengklasifikasian citra dengan metode klasifikasi terbimbing *Random Forest (RF)*. Adapun pengaturan parameter metode RF meliputi jumlah pohon (*number of trees*) sebanyak 500 dan jumlah kelas klasifikasi sebanyak 7 kelas seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.4. Sedangkan penentuan *training area* untuk melatih algoritmanya dilakukan secara visual.

Gambar 4.3. memperlihatkan sebaran polygon *training area* pada citra yang akan di klasifikasi. Luasan citra yang diklasifikasi sengaja dibuat melebihi wilayah kajian untuk memastikan seluruh wilayah kajian dilingkupi dalam analisis dan juga membantu mempermudah untuk membuat *training area*. Pada Gambar 4.3. terlihat tujuh kelas tutupan lahan yaitu warna hijau untuk tutupan vegetasi tanaman keras meliputi hutan dan kebun, warna biru merepresentasikan badan air, warna oranye merepresentasikan daerah terbangun, warna ungu untuk mangrove, dan tanaman padi ditunjukkan dengan warna *cyan*. Untuk kelas-kelas lainnya tidak terlihat dengan jelas karena luasannya yang kecil dan tersebar.



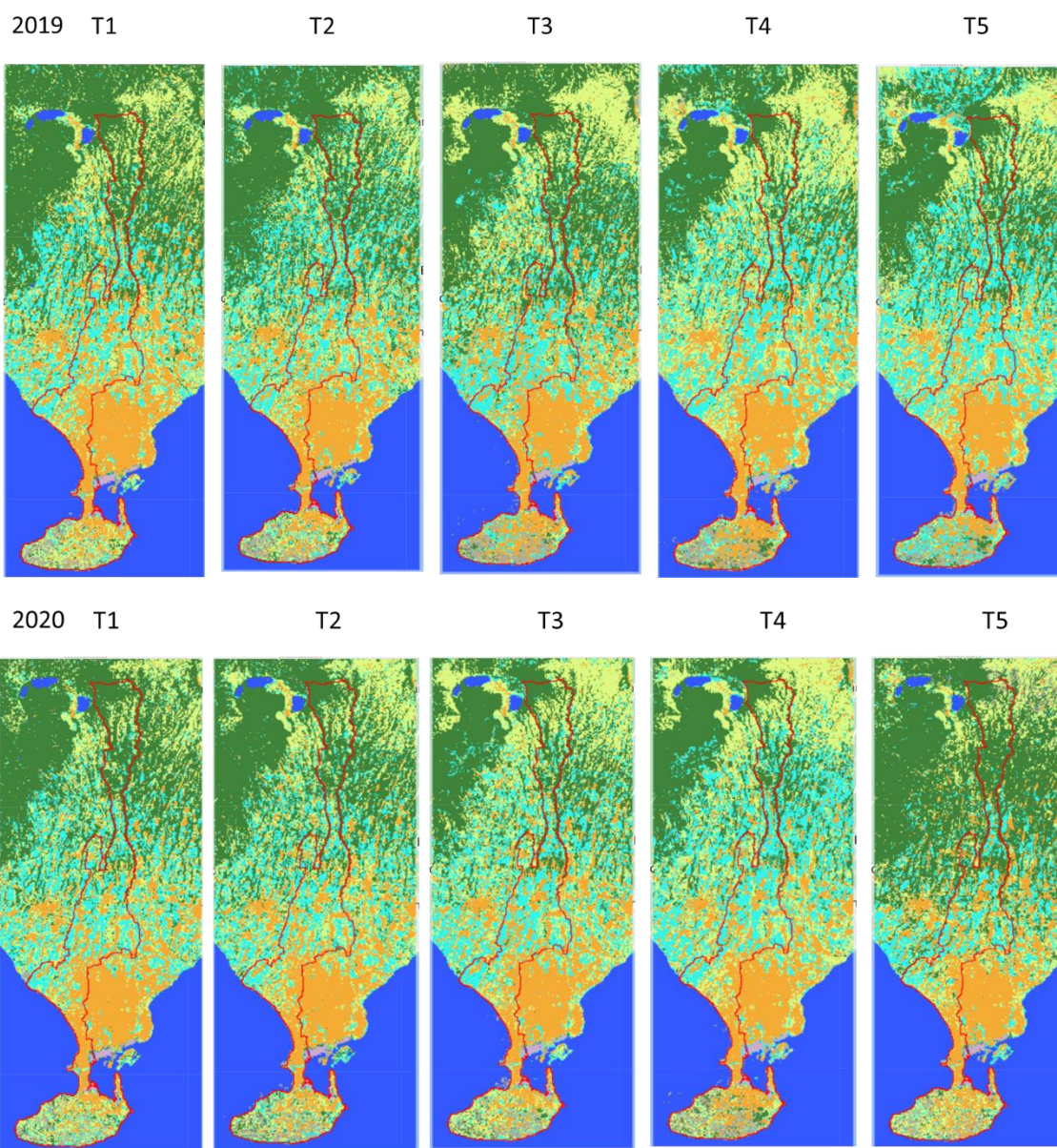
Gambar 4.3. *Training area* untuk tujuh kelas tutupan lahan yang ditentukan secara visual, basis citra *true color* pada gambar adalah mozaik T5 tahun 2024.

Untuk menguji akurasi hasil klasifikasi digunakan metode *confusion matrix* dengan 540 titik kontrol (*Ground Control Points* atau *GCPs*) yang tersebar pada daerah kajian. Penentuan titik-titik kontrol ini dilakukan dengan kombinasi survei lapangan dan pengamatan visual pada citra resolusi sangat tinggi (CSRT) google earth. Gambar 4.4. menunjukkan lokasi GCPs pada peta yang ditandai dengan titik-titik warna kuning.



Gambar 4.4. Sebaran lokasi *Ground Control Points* (GCPs) pada lokasi kajian yang nantinya digunakan sebagai titik uji akurasi.

Dengan menerapkan prosedur analisis yang telah dijelaskan di atas, maka pada tahap ini diperoleh hasil dari klasifikasi untuk masing-masing citra. Gambar 4.5. berikut menunjukkan hasil klasifikasi pada T1-T5 untuk semua tahun dari 2019 sampai 2024. Warna biru pada gambar menunjukkan badan air (laut, sungai, dan danau), warna *cyan* menunjukkan lahan padi, warna hijau untuk kebun/hutan, warna oranye untuk lahan terbangun, kuning untuk hortikultura, ungu untuk mangrove, dan warna hitam untuk yang tanpa kelas.



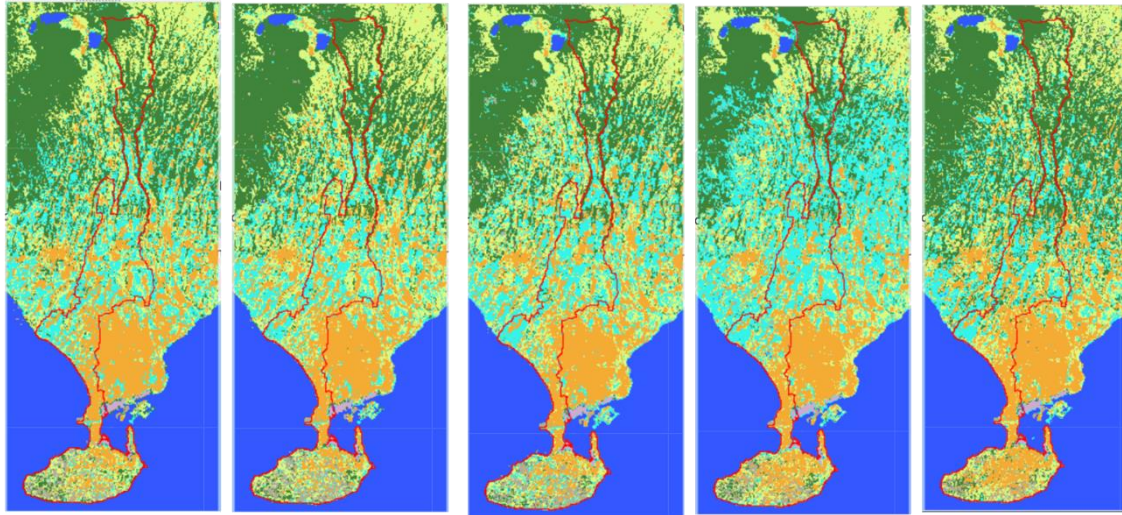
2021 T1

T2

T3

T4

T5



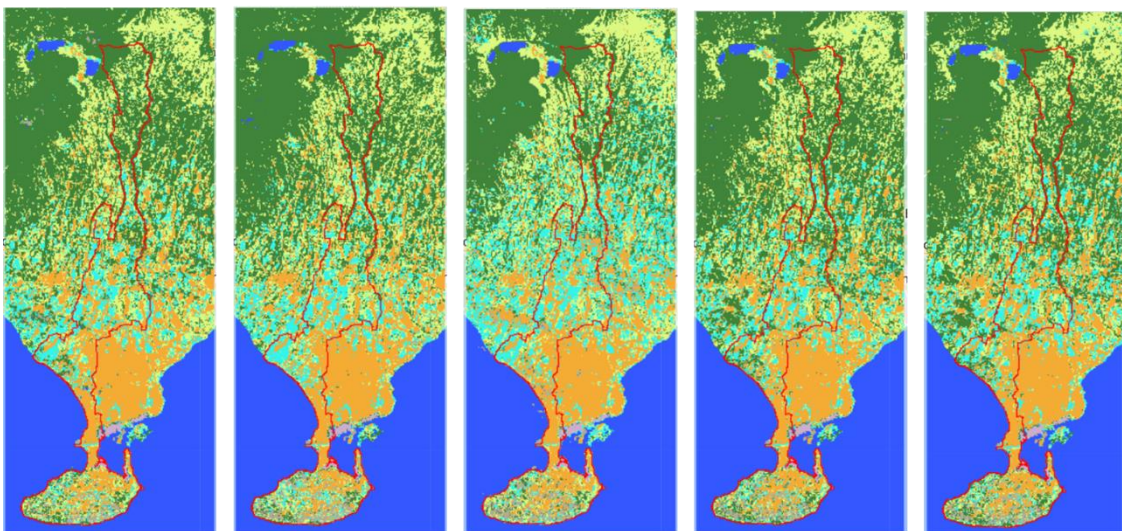
2022 T1

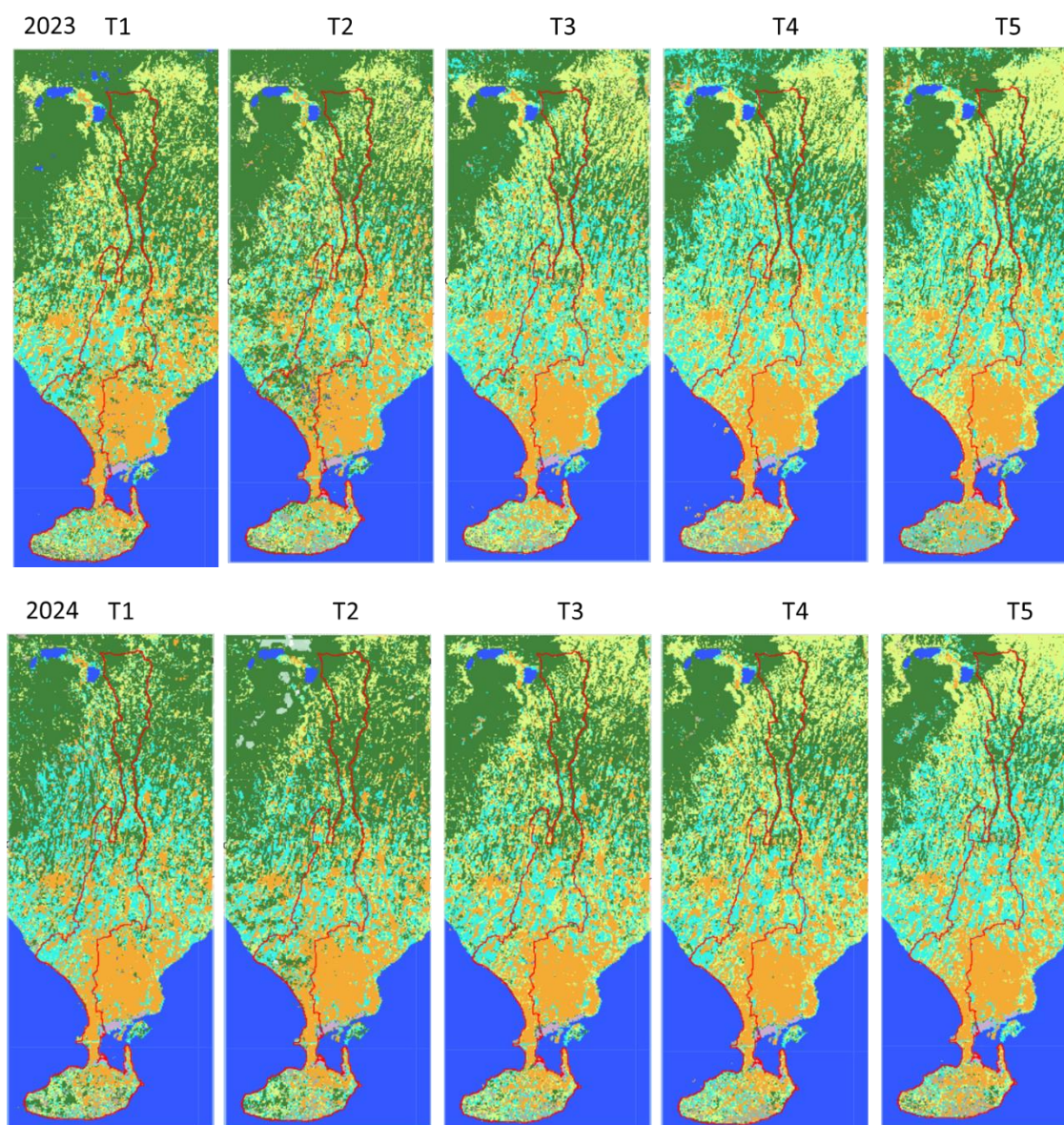
T2

T3

T4

T5





Gambar 4.5. Hasil klasifikasi citra untuk T1,T2,T3,T4, dan T5 untuk tahun 2019 sampai dengan tahun 2024.

Dari Gambar 4.5. terlihat sangat jelas dinamika tutupan lahan hasil klasifikasi pada setiap tahun. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan distribusi spasial, utamanya untuk 3 kelas yakni; tutupan lahan padi, lahan kebun/hutan, dan tutupan lahan hortikultura. Perubahan ini dimungkinkan disebabkan oleh musim dan juga dapat dipengaruhi oleh kesalahan klasifikasi, utamanya karena efek dari awan. Dua kontributor kesalahan ini tidak dapat dipisahkan sehingga tidak dapat dibedakan perubahan tutupan lahan diakibatkan oleh faktor yang mana dari kedua faktor tersebut. Untuk menguji kualitas

hasil klasifikasi maka digunakan *confussion matrix* dan *ground truth data* pada GCPs.

Tabel 4.1. menunjukkan hasil uji akurasi dan juga performa algoritma RF.

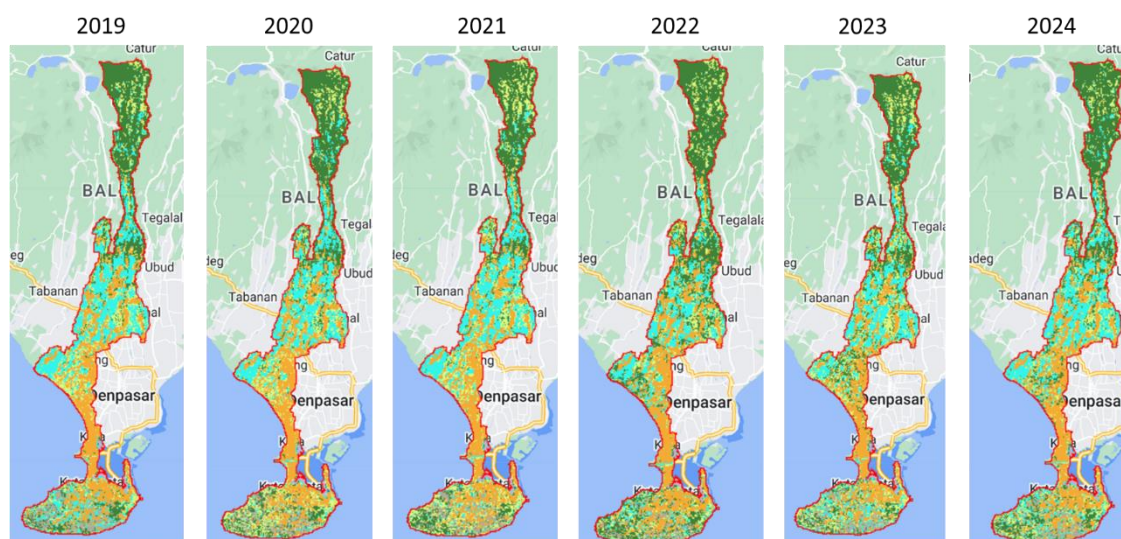
Tabel 4.1. Performa algoritma RF dan akurasi klasifikasi

	2019	T1	T2	T3	T4	T5
Periode		1 Jan-15 Mei	15 Mar-15 Jun	15 Mei-15 Agu	15 Jul-15 Okt	15 Sep-31 Des
Jumlah Citra		69	66	93	52	30
Akurasi		0.85	0.82	0.85	0.83	0.85
Number of trees		500	500	500	500	500
Out of bageror estimate		0.01149	0.01369	0.0101	0.00785	0.00962
Tress		79	71	97	121	98
	2020	T1	T2	T3	T4	T5
Periode		1 Jan-15 Mei	15 Mar-15 Juli	15 Mei-15 Agu	15 Jul-15 Okt	15 Sep-31 Des
Jumlah Citra		45	68	30	31	37
Akurasi		0.84	0.85	0.89	0.9	0.84
Number of trees		500	500	500	500	500
Out of bageror estimate		0.01459	0.01249	0.00938	0.0094	0.01359
Tress		70	76	106	102	69
	2021	T1	T2	T3	T4	T5
Periode		1 Jan-15 Mei	15 Mar-15 Jun	15 Mei-15 Agu	15 Jul-15 Okt	15 Sep-31 Des
Jumlah Citra		45	102	55	88	57
Akurasi		0.87	0.86	0.9	0.85	0.87
Number of trees		500	500	500	500	500
Out of bageror estimate		0.01104	0.00914	0.00961	0.00931	0.01193
Tress		82	104	108	102	82
	2022	T1	T2	T3	T4	T5
Periode		1 Jan-15 Agu	15 Mar-15 Jul	15 Mei-15 Agu	15 Feb-15 Sep	15 Mar-30 Nov
Jumlah Citra		46	40	30	60	67
Akurasi		0.85	0.87	0.86	0.86	0.86
Number of trees		500	500	500	500	500
Out of bageror estimate		0.0113	0.0128	0.0096	0.0117	0.0117
Tress		81	71	98	77	77
	2023	T1	T2	T3	T4	T5
Periode		1 Jan-15 Mei	15 Mar-15 Jun	15 Mei-15 Agu	15 Jul-15 Okt	15 Sep-31 Des
Jumlah Citra		66	68	101	53	30
Akurasi		0.82	0.82	0.85	0.89	0.87
Number of trees		500	500	500	500	500

Out of bageror estimate	0.0152	0.01853	0.01029	0.00859	0.008659
Tress	59	53	91	106	99
	2024	T1	T2	T3	T4
Periode	1 Jan-15	15 Mar-15	15 Apr-15	15 Mei-6	15 Jun-6 Sept
Jumlah Citra	Apr	Jun	Jul	Aug	
Akurasi	26	37	42	52	62
Number of trees	0.8	0.8	0.82	0.87	0.89
Out of bageror estimate	500	500	500	500	500
Tress	0.01742	0.01762	0.01264	0.01207	0.0097
	58	53	72	78	101

Seluruh hasil uji akurasi diperoleh lebih dari 0,8 atau di atas 80%. Hal ini sesuai dengan kriteria yang sudah ditentukan sebelumnya. Untuk akurasi yang kurang dari 80% telah dilakukan pengulangan dan perbaikan *training area* sehingga dapat memenuhi standar. Untuk menilai performa algoritma RF dapat ditunjukkan dengan nilai *Out-of-bag error (oobe)*. *Out-of-bag error* adalah perkiraan kesalahan yang dihitung dengan menggunakan subset data yang tidak digunakan saat membangun pohon keputusan. Ini adalah teknik validasi internal yang digunakan dalam metode *Random Forest* untuk menilai performa model tanpa memerlukan dataset validasi terpisah. Nilai di bawah 0,1 menunjukkan kesalahan model yang relatif rendah, sedangkan nilai *oobe* saat ini diperoleh di bawah 0,02 dengan demikian performa RF yang digunakan pada klasifikasi ini sangat baik.

Analisis selanjutnya adalah menerapkan *majority filter* untuk menghilangkan *noise* dan juga untuk *smoothing* pixel-pixel yang terdapat pada perbatasan antar kelas tutupan lahan. Selain *majority filter* pada tahap ini juga dilakukan *downsampling* dari pixel berukuran 10x10m menjadi 20x20m. *Downsampling* dilakukan untuk *smoothing* atau menghilangkan nilai pixel yang *outliar* dan juga mengoptimalkan sumber daya komputer pada proses selanjutnya. Gambar 4.6. memperlihatkan hasil akhir klasifikasi tutupan lahan setiap tahun yang sudah dipotong hanya meliputi daerah Kabupaten Badung.



Gambar 4.6. Hasil akhir klasifikasi tutupan lahan selama 6 tahun dari tahun 2019 sampai tahun 2024.

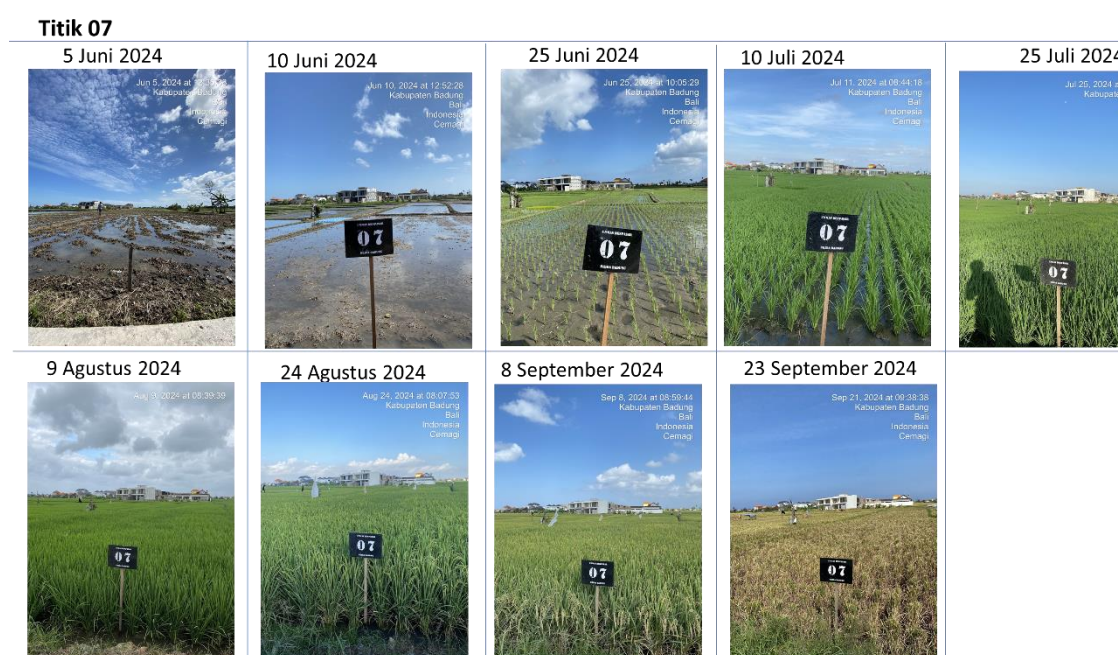
4.2. Analisis Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Badung

Analisis produktivitas tanaman padi dilakukan dengan mencari hubungan antara nilai NDVI dengan hasil panen. Adapun tahapan-tahapan analisisnya telah dijabarkan pada sub-bab 3.5.2. Pada kajian ini terdapat kendala ketika menerapkan metode ini untuk mengestimasi produktivitas tanaman padi pada tahun-tahun yang sudah lewat yaitu 2019-2023, yaitu tidak tersedianya data ubinan pada tahun-tahun yang sudah lampau. Oleh karena itu pada kajian ini menerapkan model produktivitas padi yang diajukan oleh Wahyunto, dkk (Wahyunto et al., 2006). Model persamaan ini dibangun dengan menggunakan data penelitian padi di Kabupaten Bekasi, Kerawang, dan Subang, Jawa Barat dengan nilai koefisien regresi 0,727 dengan standar error kurang dari 5 persen. Adapun model persamaannya adalah (4.1) :

$$y = 24.622X - 7,8083 \quad (4.1)$$

Dimana y adalah produktivitas (ton/ha) dan X adalah NDVI tertinggi sepanjang tahun terkait. Terkecuali pada tahun 2024 nilai X adalah nilai NDVI tertinggi pada periode kajian yaitu Februari-Oktober 2024. Untuk memvalidasi model, hasil estimasi akan dibandingkan dengan hasil pengamatan padi pada titik-titik observasi yang telah ditentukan. Validasi terbatas untuk data tahun 2024 karena tidak tersedianya data lapangan untuk tahun-tahun sebelumnya

Untuk memvalidasi model produktivitas dan membangun model estimasi umur tanaman padi, maka diperlukan data lapangan mengenai pertumbuhan padi. Sebanyak 23 titik pengamatan telah ditentukan dan dilakukan pengamatan berkala disesuaikan dengan jadwal observasi satelit. Adapun sebaran lokasi dan jadwal pengamatan ditunjukkan pada Gambar 3.2. dan Tabel 3.2. Adapun data yang dicatat adalah kondisi tutupan lahan, pertumbuhan padi, dan kondisi kesehatan padi pada titik-titik observasi. Gambar 4.7. berikut adalah hasil observasi berkala pada titik 7 sebagai contoh. Dokumentasi pengamatan pada titik-titik lainnya dapat dilihat pada lampiran 4.



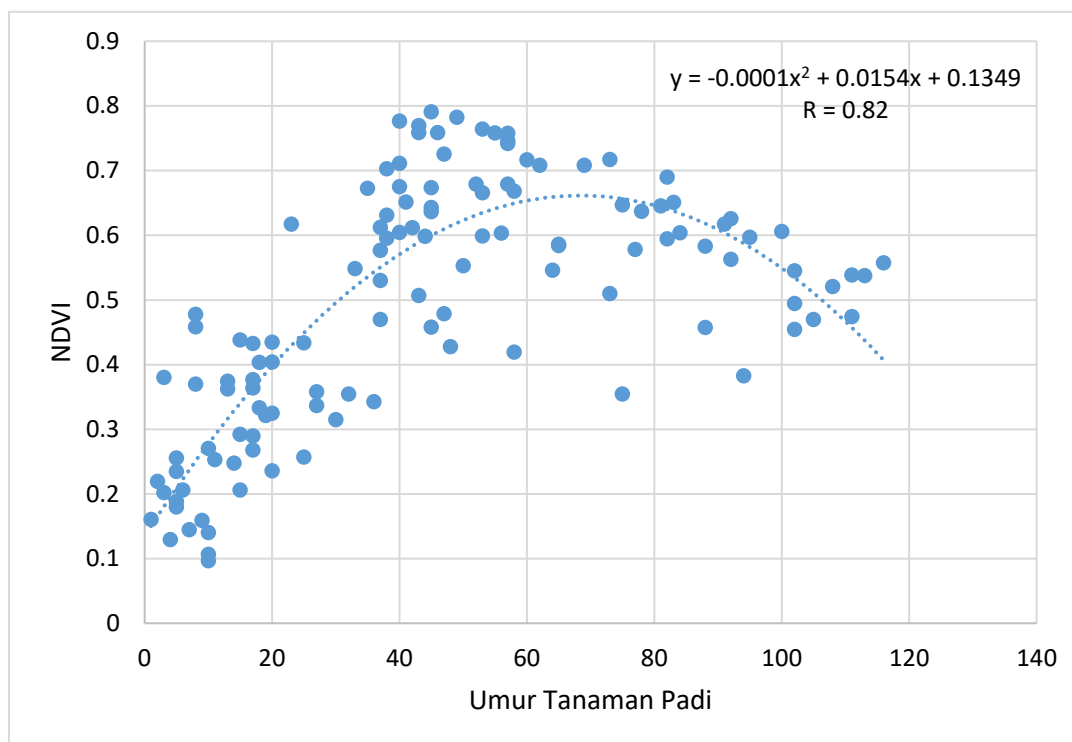
Gambar 4.7. Dokumentasi pada salah satu titik observasi (titik 7).

4.3. Analisis Umur dan Kesehatan Tanaman Padi di Kabupaten Badung

Guna menganalisis kesehatan tanaman padi di Kabupaten Badung, pada kajian ini mengaplikasikan indeks stress padi atau *Rice Stress Index (RSI)* yang dibangun dengan memadukan LWCI dan EVI. Dikarenakan fase pertumbuhan tanaman padi yang terbagi menjadi 3 fase utama, yaitu fase vegetatif, generatif, dan pematangan, maka sebelum melakukan analisis RSI, perlu dilakukan pemetaan umur padi menurut fasenya.

Untuk membangun peta umur tanaman padi, pada kajian ini mengukur nilai NDVI pada semua titik observasi setiap 5 hari sekali (sesuai dengan periode observasi satelit). Nilai NDVI kemudian disandingkan dengan umur tanaman padi dan kondisi lapangan

pada setiap titik. Hasil pengukuran NDVI pada semua titik dapat dilihat pada lampiran 5. Setelah itu dilanjutkan mencari korelasi antara NDVI dengan umur padi. Gambar 4.8. menunjukkan grafik korelasi antara NDVI dengan umur tanaman padi.



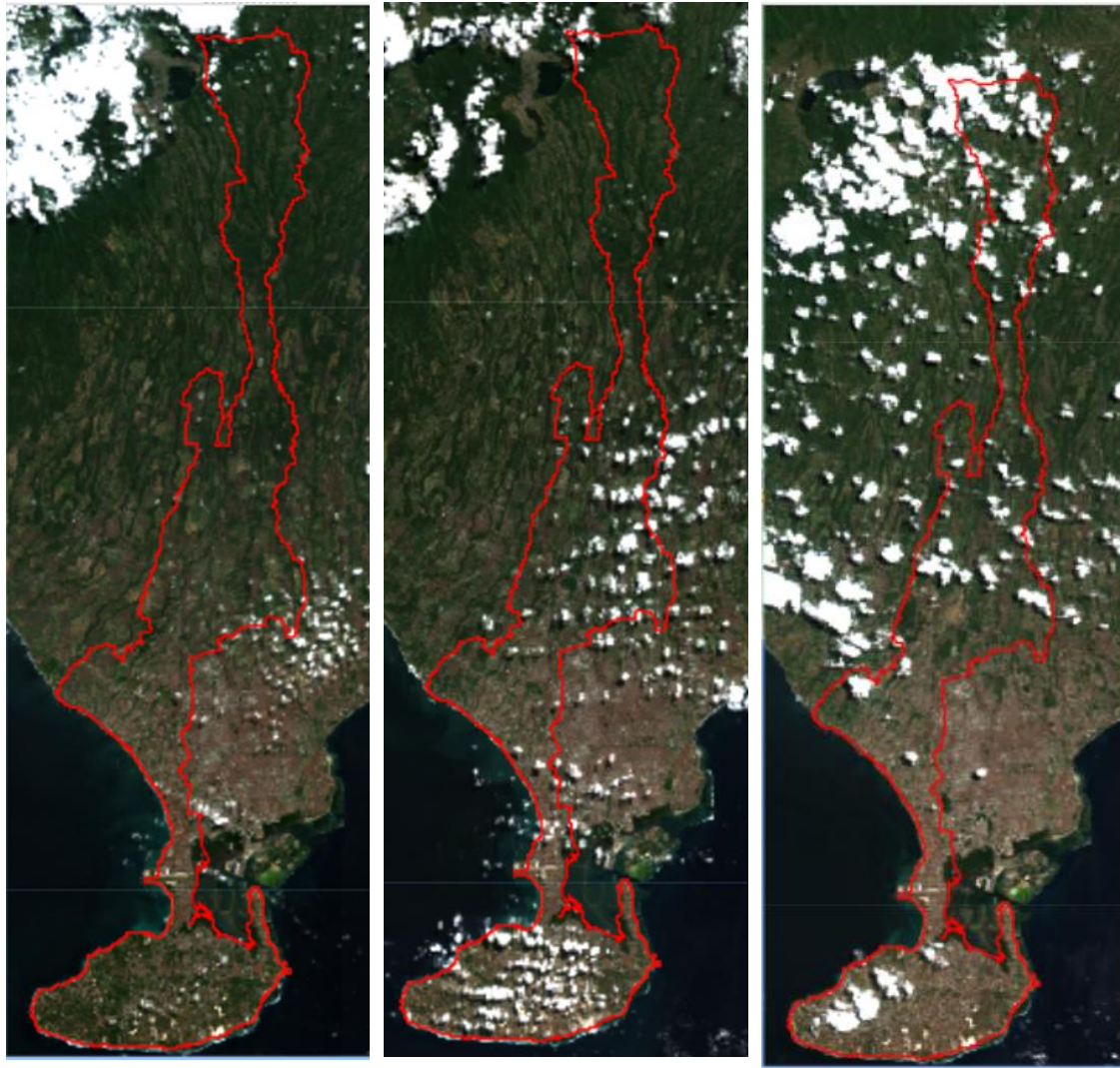
Gambar 4.8. Grafik korelasi antara NDVI dengan umur tanaman padi.

NDVI dan umur tanaman padi memiliki korelasi polynomial orde 2 dengan persamaan; $y = -0.0001x^2 + 0.0154x + 0.1349$ dan koefisien korelasinya (R) adalah 0,82 yang berarti terdapat korelasi kuat antara nilai NDVI dan umur tanaman padi. Dari fase awal pertumbuhan tanaman padi, nilai NDVI meningkat sehingga mencapai puncaknya pada umur 50-60 hari atau 7-9 Minggu Setelah Tanam (MST) yaitu saat padi berada pada masa vegetatif akhir. NDVI kemudian menurun ketika memasuki fase generatif dan pematangan. Dengan menggunakan data NDVI yang telah dikumpulkan kemudian digunakan untuk membangun model untuk menduga umur tanaman padi pada seluruh wilayah. Tabel 4.2 berikut menunjukkan hubungan antara rentang nilai NDVI dan umur tanaman padi. Dari Tabel 4.2. terlihat untuk menduga umur padi diperlukan minimal 2 citra untuk menghitung NDVI, yaitu citra yang direkam pada tanggal saat hari H dan sebuah citra yang diambil pada perekaman sebelumnya.

Tabel 4.2. Rentang nilai NDVI dan estimasi umur padi.

Nilai NDVI	Kondisi Lahan/Umur Padi	Selisih dengan NDVI tanggal sebelumnya (Delta NDVI)
<0.096	Fase air/olah tanah	
0,096-0,244	1-2 MST	>0
0,244-0,356	2-4 MST	>0
0,356-0,577	4-6 MST	>0
0,577-0,649	6-8 MST	>0
0,649-1	8-10 MST	>0
0,6-0,354	10-16 MST	<0
0.354-0.01	Fase Bera	<0

Pendugaan umur padi dapat dilakukan setiap saat ketika tersedia citra yang laik (minim tutupan awan). Sebagai demonstrasi, pada kajian ini akan ditunjukkan estimasi sebaran umur tanaman padi pada tanggal 25 Juli 2024 dan 13 September 2024. Untuk itu 3 citra yang direkam pada tanggal 15 Juni 2024, 25 Juli 2024, dan 13 September 2024 digunakan sebagai data dasar untuk analisis. Citra-citra tersebut dipilih karena relatif bebas dari tutupan awan pada daerah kajian. Gambar 4.9. menunjukkan citra *true color* pada tanggal-tanggal tersebut.



Gambar 4.9. Citra *true color* Sentinel-2 pada tanggal 15 Juni 2024 (kiri), 25 Juli 2024 (tengah), dan 13 September 2024 (kanan).

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Dinamika Luasan Lahan Tanaman Padi di Kabupaten Badung

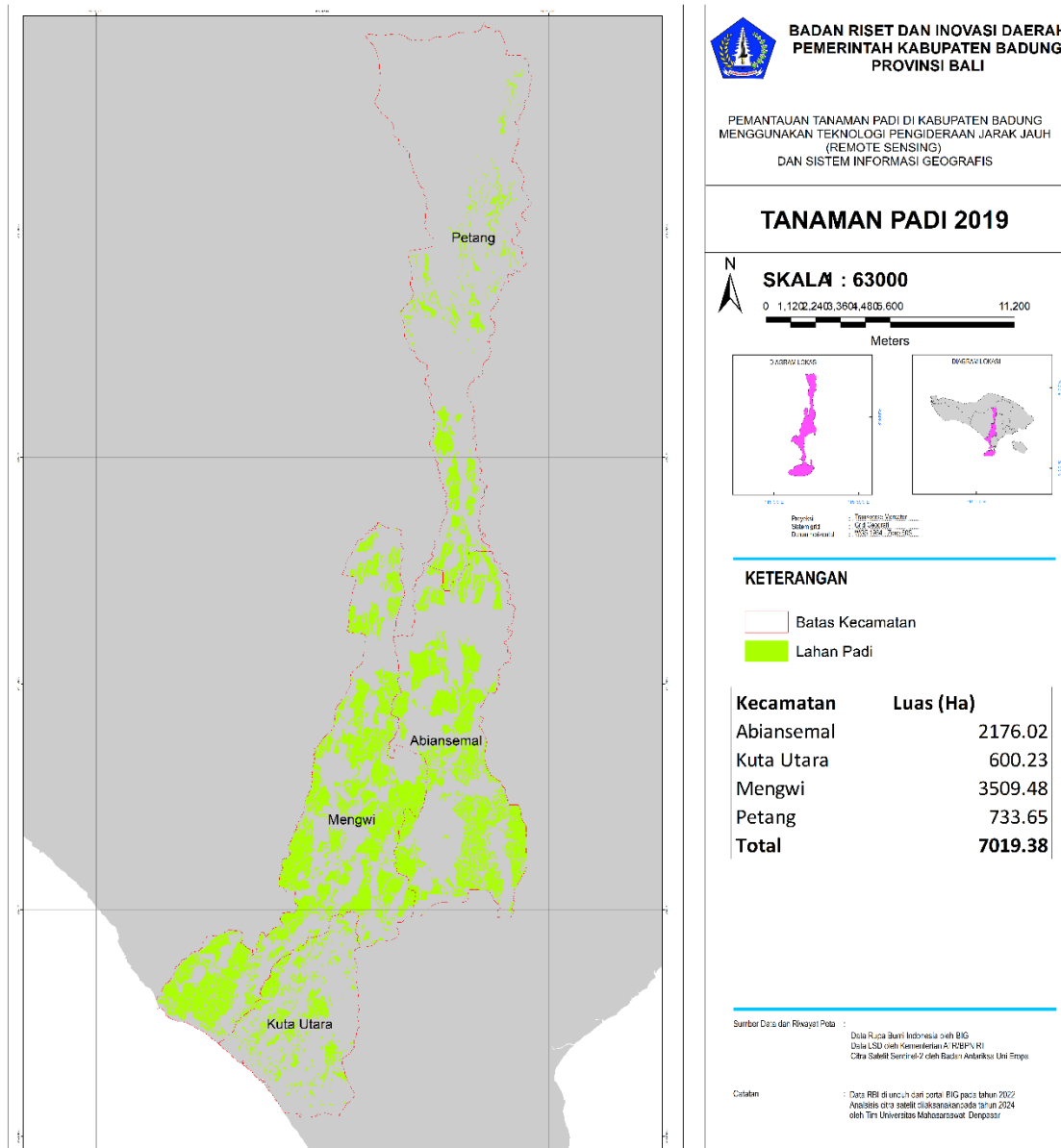
Dari hasil analisis citra Satelit Sentinel-2 dengan metode dan prosedur yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, diperoleh dinamika dari luasan tanaman padi di Kabupaten secara *spatio-temporal*. *Spatio-temporal* memiliki arti tidak hanya data luas tanaman padi, tetapi juga distribusinya secara spasial/keruangan dan dinamikanya dari waktu ke waktu (*temporal*).

Luas lahan dan sebaran tananaman padi di Kabupaten Badung telah ditetapkan dan dilindungi secara hukum dengan Keputusan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 1589/SK-HK.02.01/XII/2021 tentang penetapan peta lahan sawah yang dilindungi pada Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Banten, Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Provinsi Jawa Timur, Provinsi Bali, dan Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pada Kepmen tersebut diputuskan luas dan sebaran Lahan Sawah yang Dilindungi di Kabupaten Badung seluas 8.597,40 Hektar yang tersebar pada Kecamatan Petang, Kecamatan Abiansemal, Kecamatan Mengwi, Kecamatan Kuta Utara, dan Kecamatan Kuta. LSD terluas terdapat pada Kecamatan Mengwi seluas 4045,313 hektar dan terkecil ada pada Kecamatan Kuta seluas 8,097 hektar. Oleh karenanya pembahasan pada kajian ini akan berfokus pada aera yang sudah ditetapkan sebagai LSD, kecuali Kecamatan Kuta, kerana luasnya kecil dan kondisi tutupan lahannya sangat kompleks.

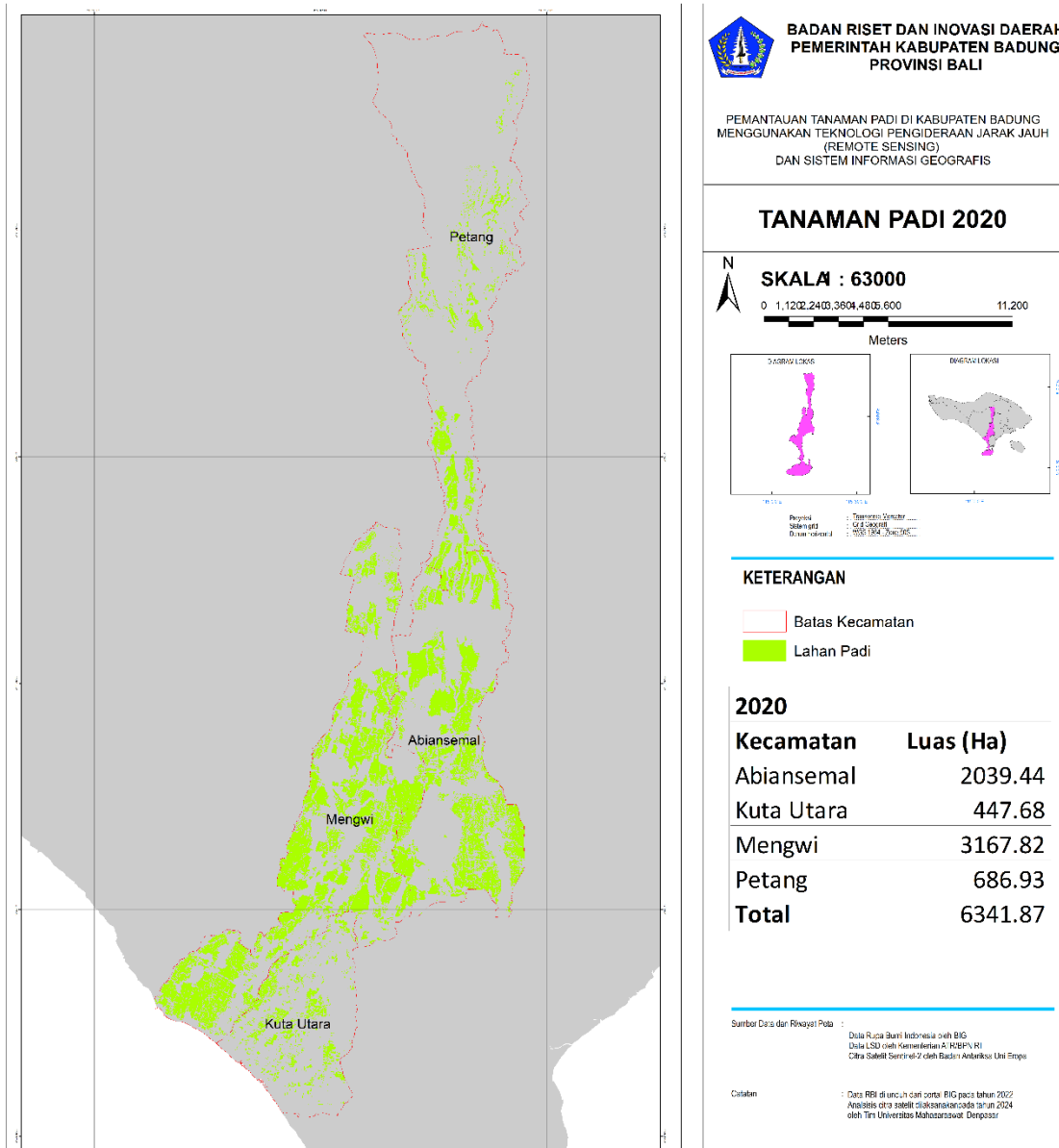
5.1.1. Hasil Pemantauan Luas Lahan Padi Secara *Time-series*

Pada sub-bab berikut akan menampilkan dan membahas hasil pemetaan lahan padi pada kajian ini secara *time-series* selama rentang waktu 6 tahun dari tahun 2019-2024. Definisi lahan tanaman padi pada kajian ini dibatasi sebagai sebuah lahan dimana disepanjang tahun lahannya dominan digunakan unutm budidaya padi. Gambar 5.1. sampai

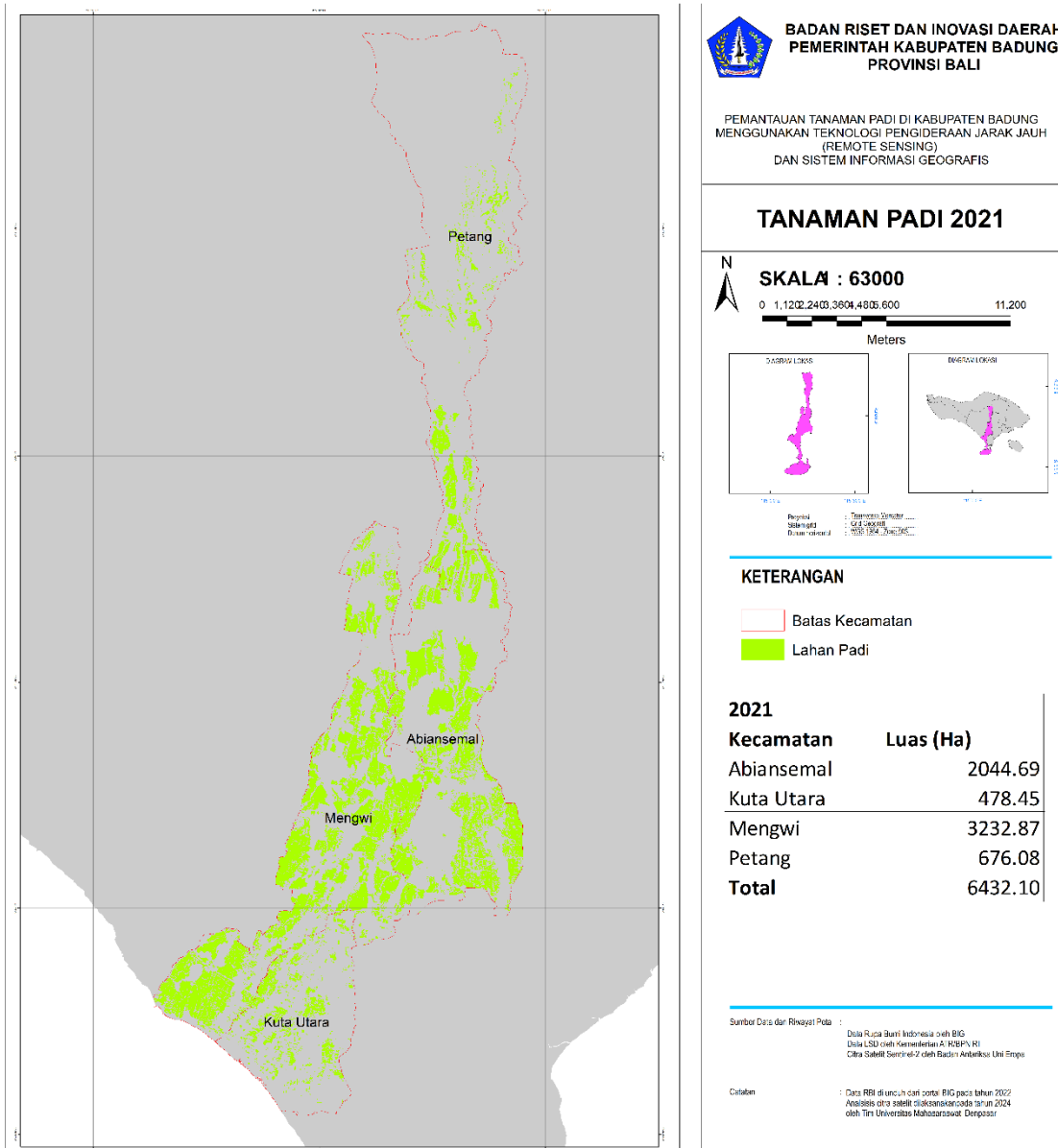
dengan Gambar 5.6. berturut-turut menyajikan peta tanaman padi pada tahun 2019-2024, dimana tanaman padi ditunjukkan dengan warna hijau.



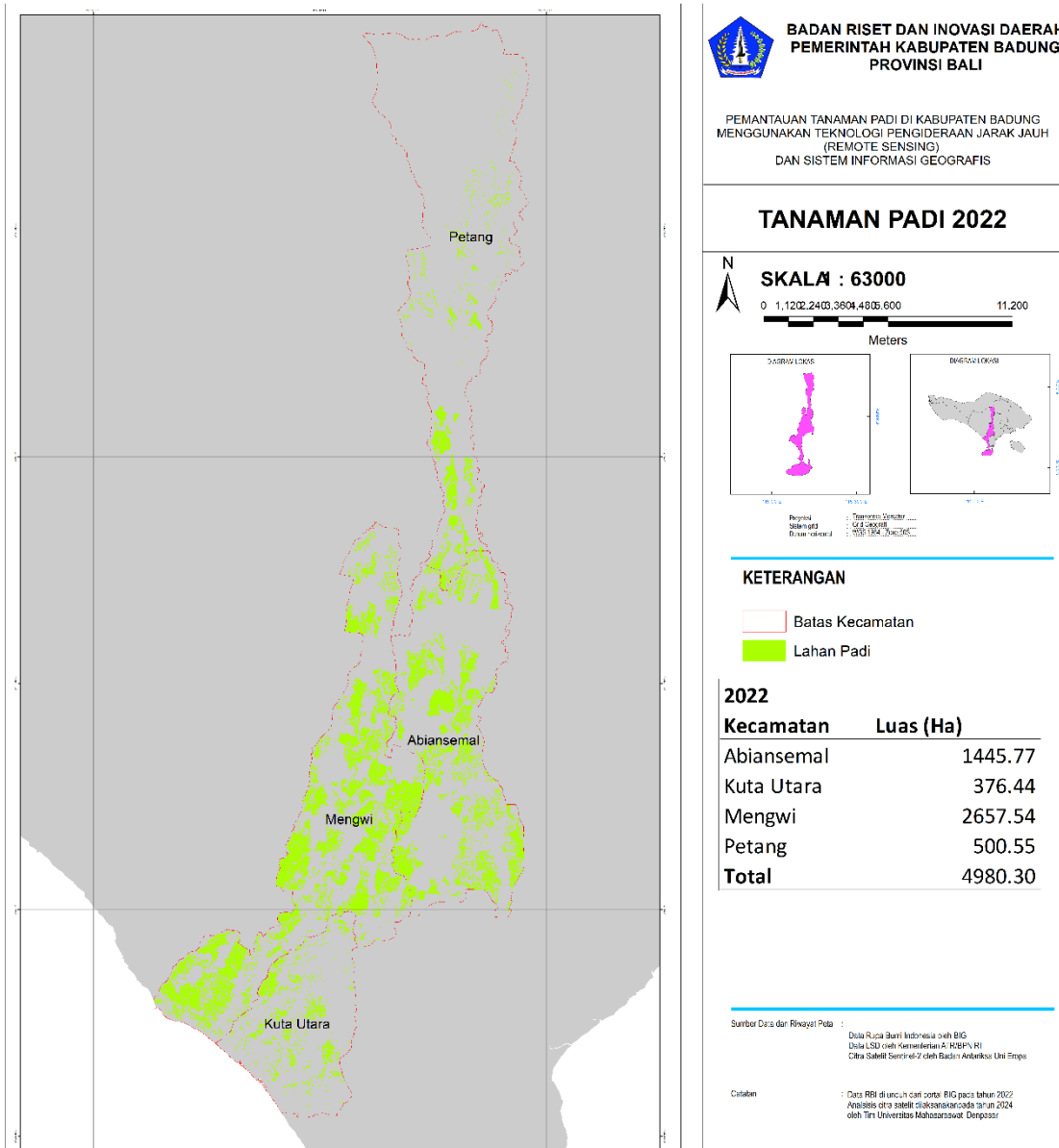
Gambar 5.1. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2019.



Gambar 5.2. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2020.



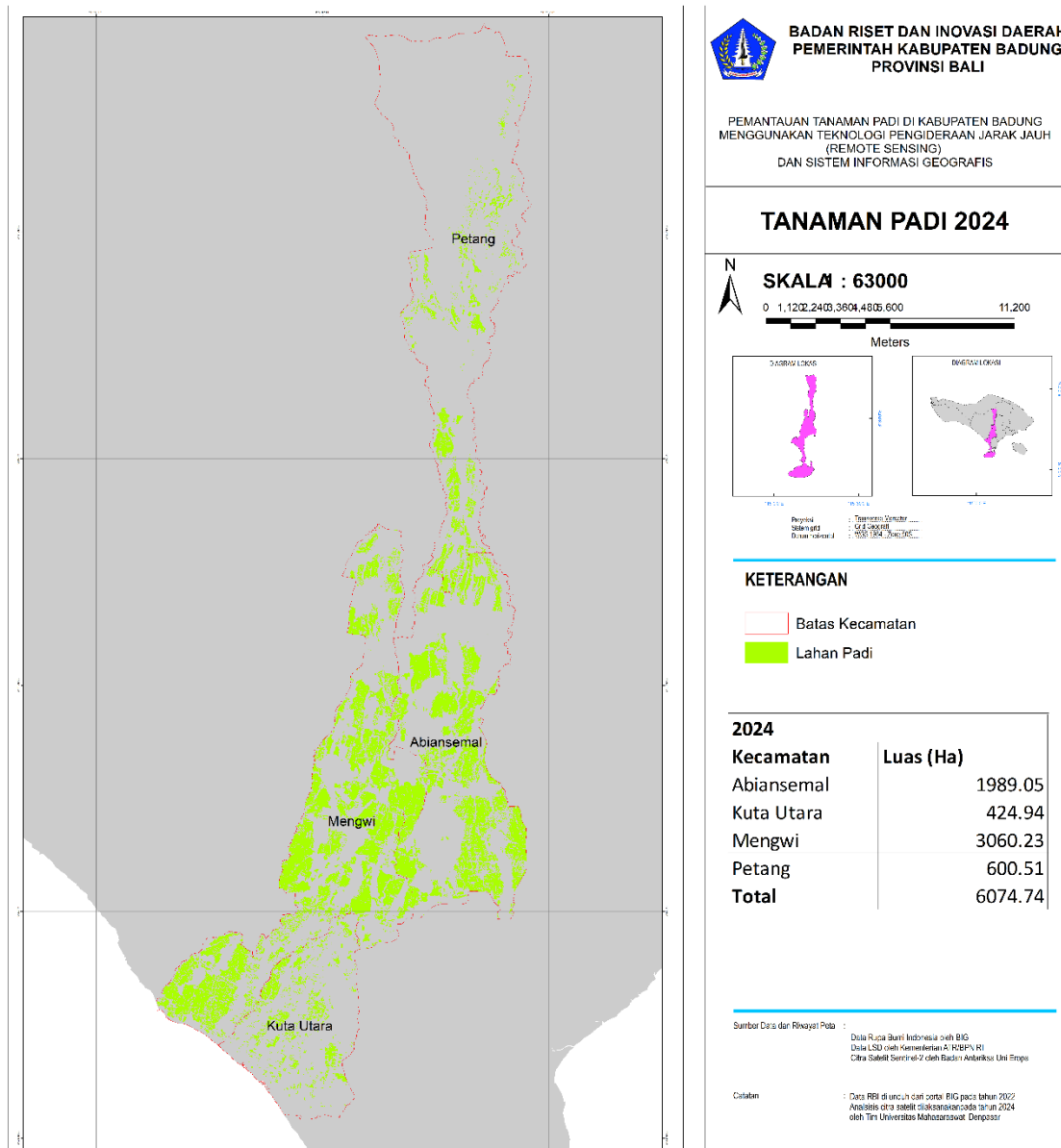
Gambar 5.3. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2021.



Gambar 5.4. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2022.



Gambar 5.5. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2023.



Gambar 5.6. Peta luasan tanaman padi pada tahun 2024.

Hasil pemetaan tutupan lahan secara *time-series* pada LSD disajikan pada Tabel 5.1. Data ini mengesualikan Kecamatan Kuta, karena alasan yang sudah dikemukakan sebelumnya. Dari hasil pemetaan ini diketahui terdapat perbedaan antara luas LSD dengan luas lahan tanaman padi. Hal ini dikarenakan karena rotasi tanaman dan alih fungsi lahan dan juga adanya kesalahan klasifikasi. Dari Tabel 5.1. terlihat luasan tanaman padi pada tahun

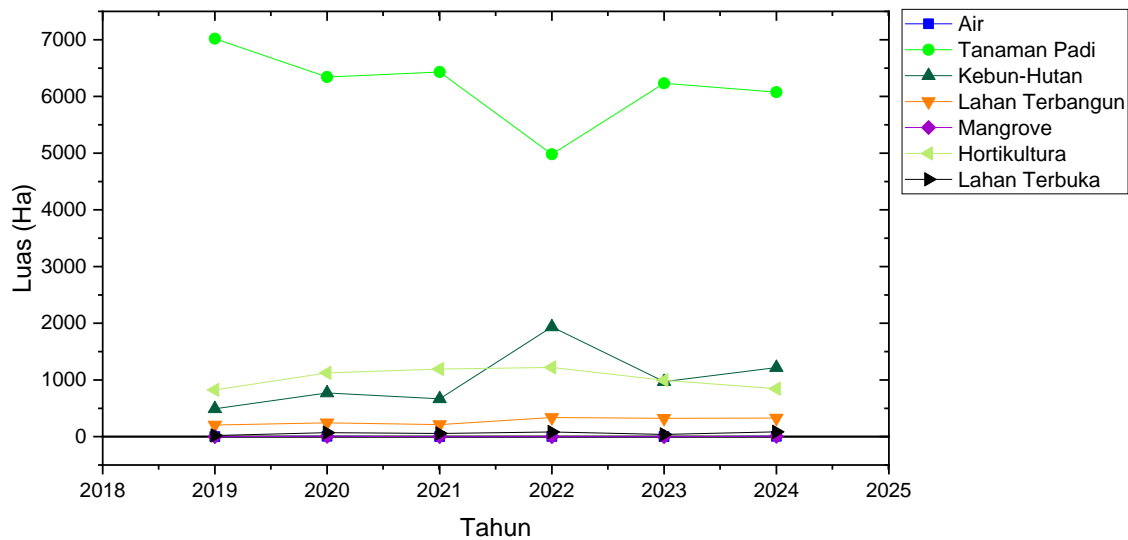
2019 adalah 7019,38 hektar. Luasannya dari tahun-ketahun cenderung menurun dengan luas terakhir pada tahun 2024 sebanyak 6074.74 hektar. Disisi lain terjadi tren kenaikan pada luas lahan terbangun yang pada tahun 2019 seluas 204,81 hektar menjadi 328,14 hektar di tahun 2024. Sedangkan untuk kelas Kebun-Hutan, Air, Hortikultura, dan Lahan terbuka terlihat fluktuatif, yang menandakan perubahan tutupan lahannya bersifat temporal dan seasonal. Terdeteksi juga kesalahan klasifikasi, dimana diperoleh luasan mangrove terluas 5,87 hektar pada tahun 2024. Hal ini dipastikan sebuah kesalahan klasifikasi karena pada kenyataannya tidak terdapat mangrove di atas LSD.

Tabel 5.1. Luasan tutupan lahan tiap-tiap tahun pada LSD di Kabupaten Badung.

Tahun	Luas Lahan (hektar)						
	Air	Tanaman Padi	Kebun-Hutan	Lahan Terbangun	Mangrove	Hortikultura	Lahan Terbuka
2019	0.00	7019.38	491.53	204.81	1.00	823.16	20.70
2020	4.54	6341.87	771.92	242.53	5.35	1123.36	71.03
2021	1.53	6432.10	666.73	212.19	1.62	1191.15	55.27
2022	2.25	4980.30	1934.54	338.00	1.15	1221.44	82.90
2023	0.03	6230.50	971.02	323.92	1.36	993.99	39.76
2024	5.31	6074.74	1218.22	328.14	5.87	844.32	84.00

Sumber: Analisis Data

Gambar 5.7 menyajikan tren dari setiap tutupan lahan secara lebih jelas mengenai luasan tanaman padi yang cenderung menurun dan luasan lahan terbangun dengan tren yang naik. Terlihat kondisi yang berbeda pada data tahun 2022 dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya, dimana luasan tanaman padi menurun sangat drastis dari tahun sebelumnya dan terjadi kenaikan luasan kebun-hutan. Hal ini memerlukan kajian yang lebih mendetail untuk menjelaskan fenomena ini.



Gambar 5.7. Grafik dinamika luasan masing-masing kelas tutupan lahan pada LSD Kabupaten Badung, kecuali Kecamatan Kuta dan Kuta Selatan.

Untuk menjelaskan lebih detail mengenai dinamika perubahan tutupan lahan pada LSD, Tabel 5.2. menampilkan data tutupan lahan secara temporal untuk masing-masing kecamatan. Sedangkan grafiknya disajikan pada Gambar 5.8. Dengan hasil ini diketahui alih fungsi lahan dari sawah menjadi lahan terbangun paling banyak terjadi di Kecamatan Kuta Utara dan Kecamatan Mengwi. Lahan terbangun di kedua kecamatan itu terlihat stagnan pada tahun 2019-2022 akan tetapi melonjak tajam pada tahun 2023 dan 2024. Hal ini mungkin berkorelasi dengan pandemi Covid-19 yang telah menurunkan aktivitas perekonomian Bali pada tahun 2020, 2021, dan 2022. Akan tetapi diperlukan kajian-kajian yang lebih mendalam untuk mendukung dugaan korelasi ini.

Tabel 5.2. Luasan tutupan lahan tiap-tiap tahun pada LSD di Kabupaten Badung disajikan per Kecamatan.

Abiansemal, Luas Tutupan Lahan (ha)								
Tahun	Air	Tanaman Padi	Kebun-Hutan	Lahan Terbangun	Mangrove	Hortikultura	Lahan Terbuka	Luas Total (Ha)
2019	0.00	2176.02	178.37	34.50	0.60	314.26	5.63	2709.38
2020	2.06	2039.44	244.73	51.39	1.64	351.45	18.67	2709.38
2021	0.08	2044.69	229.84	35.15	0.85	386.98	11.77	2709.38
2022	0.33	1445.77	748.18	76.63	0.92	420.09	17.45	2709.38
2023	0.00	2064.53	306.84	47.90	0.07	281.95	8.09	2709.38
2024	0.37	1989.05	365.78	53.08	1.29	279.12	20.68	2709.38

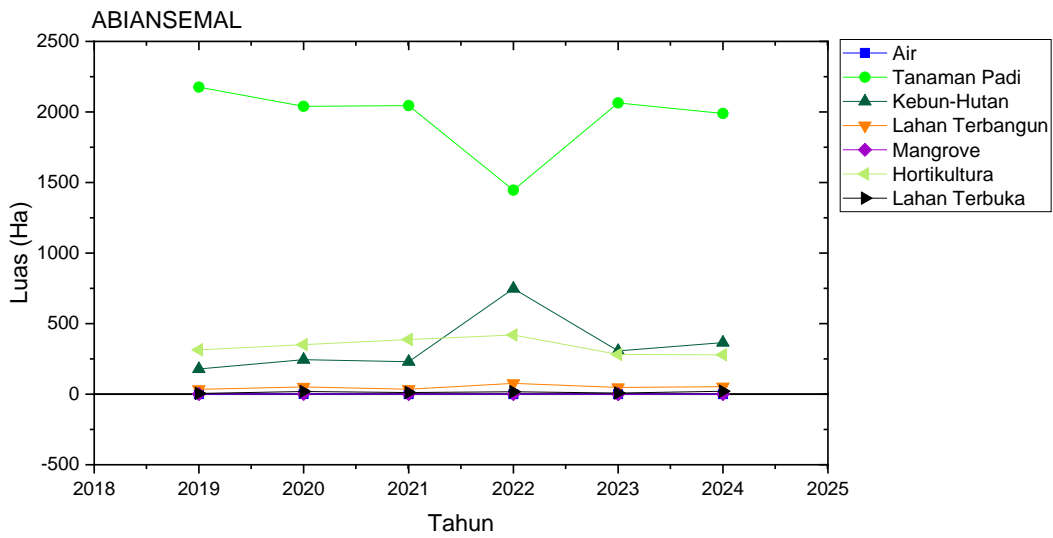
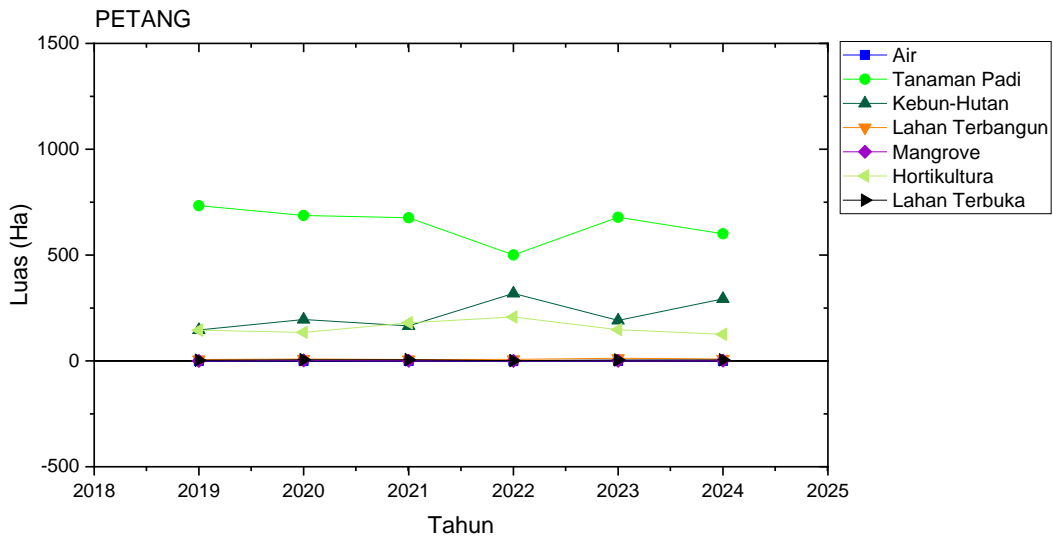
Kuta Utara, Luas Tutupan Lahan (ha)								
Tahun	Air	Tanaman Padi	Kebun-Hutan	Lahan Terbangun	Mangrove	Hortikultura	Lahan Terbuka	Luas Total (Ha)
2019	0.00	600.23	27.02	61.28	0.04	112.15	5.54	806.25
2020	0.00	447.68	63.13	66.09	0.08	209.62	19.66	806.25
2021	0.51	478.45	49.86	64.42	0.00	201.78	11.24	806.25
2022	1.11	376.44	178.65	77.46	0.00	159.70	12.91	806.25
2023	0.03	436.61	123.47	101.97	0.04	133.62	10.51	806.25
2024	2.22	424.94	130.13	100.09	0.83	118.39	29.66	806.25

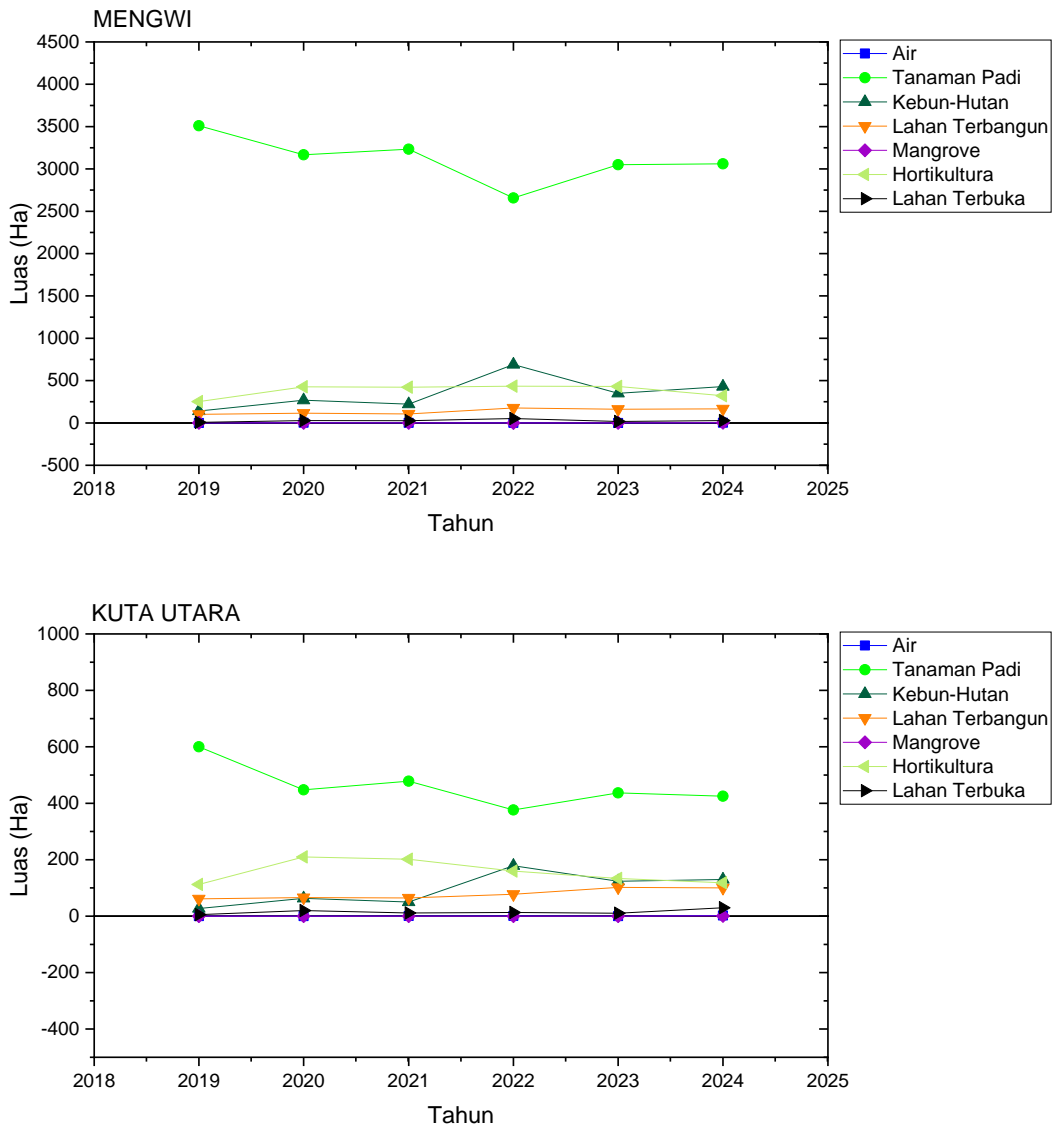
Mengwi, Luas Tutupan Lahan (ha)								
Tahun	Air	Tanaman Padi	Kebun-Hutan	Lahan Terbangun	Mangrove	Hortikultura	Lahan Terbuka	Luas Total (Ha)
2019	0.00	3509.48	140.19	102.21	0.17	251.89	6.59	4010.53
2020	2.48	3167.82	268.57	115.89	1.25	427.26	27.27	4010.53
2021	0.94	3232.87	221.40	105.90	0.24	422.53	26.64	4010.53
2022	0.77	2657.54	689.12	176.99	0.12	434.34	51.65	4010.53
2023	0.00	3050.67	349.58	161.68	0.36	431.30	16.94	4010.53
2024	2.69	3060.23	429.08	166.24	2.57	321.09	28.62	4010.53

Petang, Luas Tutupan Lahan (ha)								
Tahun	Air	Tanaman Padi	Kebun-Hutan	Lahan Terbangun	Mangrove	Hortikultura	Lahan Terbuka	Luas Total (Ha)
2019	0.00	733.65	145.96	6.82	0.19	144.87	2.94	1034.43
2020	0.00	686.93	195.49	9.16	2.37	135.04	5.44	1034.43
2021	0.00	676.08	165.63	6.72	0.52	179.86	5.61	1034.43

2022	0.04	500.55	318.59	6.92	0.11	207.31	0.90	1034.43
2023	0.00	678.69	191.14	12.37	0.89	147.12	4.22	1034.43
2024	0.03	600.51	293.23	8.73	1.17	125.72	5.04	1034.43

Sumber: Analisis Data





Gambar 5.8. Grafik dinamika luasan masing-masing kelas tutupan lahan pada LSD pada kecamatan di Kabupaten Badung.

5.2. Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Badung

Hasil analisis produktivitas padi di Kabupaten Badung setiap tahun pada tahun 2019-2024 disajikan berturut-turut pada Gambar 5.9-Gambar 5.14. Produktivitas dikelompokkan menjadi 5 kelas dimana untuk kelas produktivitas yang kurang dari 4 ton/ha ditunjukkan dengan warna oranye. Warna kuning pada peta mewakili daerah dengan produktivitas 4-6

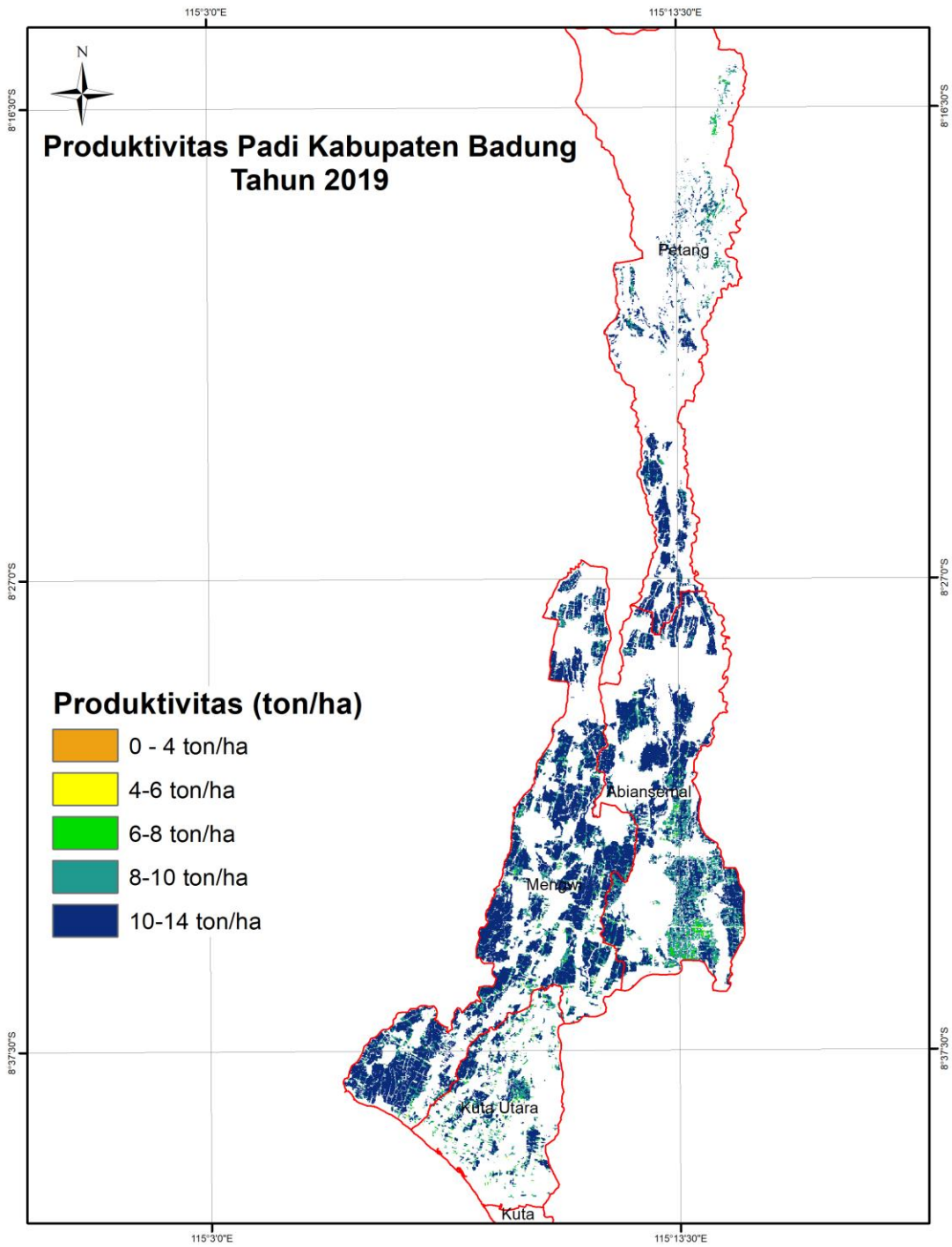
ton/ha, warna hijau untuk produktivitas 6-8 ton/ha. Sedangkan produktivitas 8-10 ton dan 10-14 ton/ha masing-masing digambarkan dengan warna toska dan biru. Hasil analisis mendapatkan bahwa produktivitas padi di Kabupaten Badung dominan pada 9-11 ton per hektar seperti terlihat pada peta. Produktivitas menurun seiring bertambahnya ketinggian tempat.

Lebih terperinci produktivitas padi di Badung disajikan pada Tabel 5.3, dimana rentang kelasnya dibuat lebih mendetail. Dibandingkan dengan tahun 2023, terdeteksi terjadi penurunan produktivitas padi pada tahun 2024. Penurunan ini terjadi pada kelas lahan dengan produktivitas pada rentang 10-11 ton/ha. Produktivitas hasil pemodelan di Kabupaten tergolong sangat tinggi, hasil ini tentunya akan divalidasi dengan data lapangan.

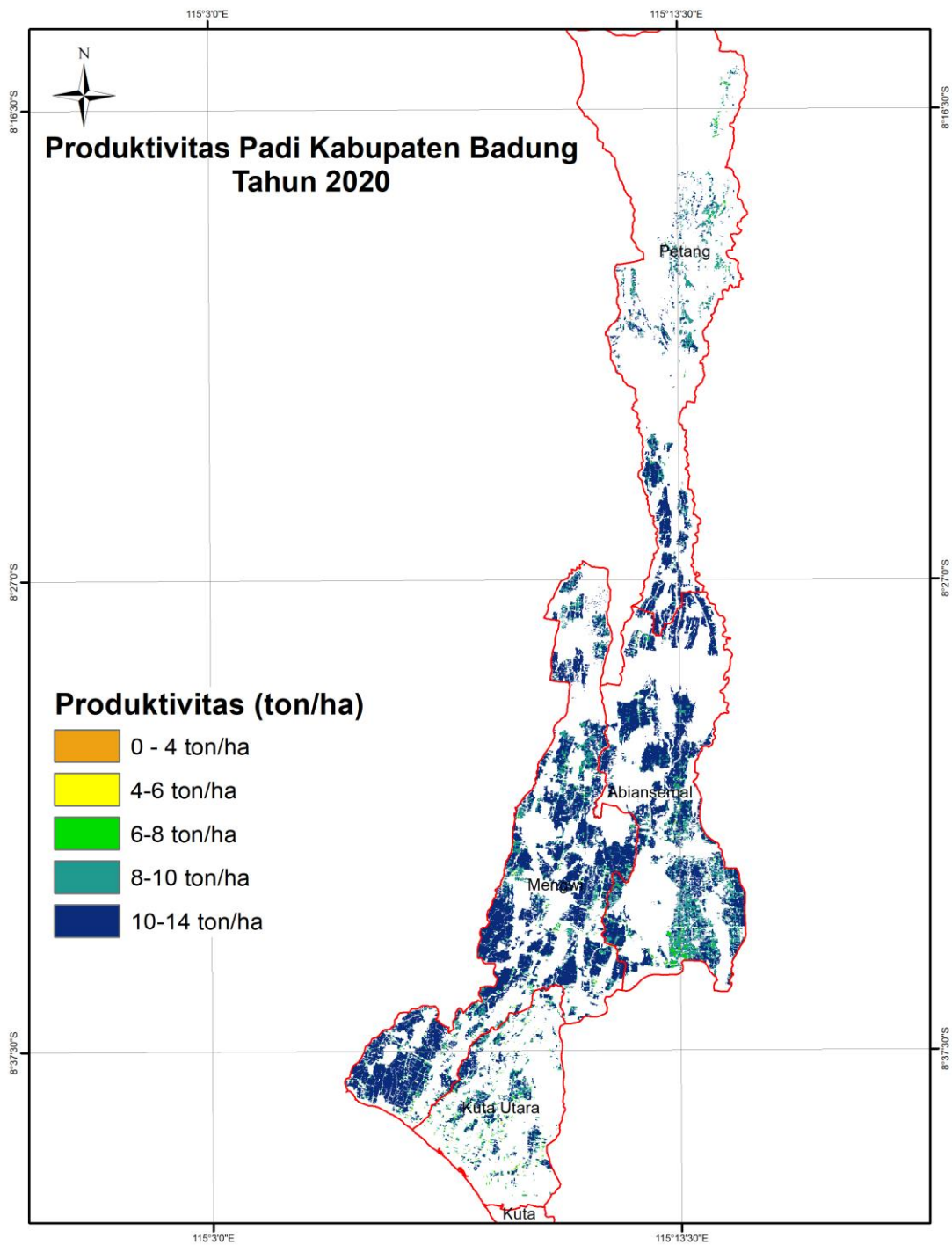
Tabel 5.3. Produktivitas padi di Kabupaten Badung tahun 2019-2024.

Produktivitas	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)
<4 ton/ha	9.04	7.64	21.36	239.8	29.84	159.72
4 ton/ha	7.72	7.76	20.32	200	24.32	89.28
5 ton/ha	18.36	16.88	39.48	355.84	43.72	179.04
6 ton/ha	44.04	40.92	97.56	550.64	85.72	331.52
7 ton/ha	146.44	117.52	233.4	832.2	198.28	621.72
8 ton/ha	406.68	370.28	576.56	1098.88	489.48	1096.6
9 ton/ha	1154.32	1143	1385.64	1125.72	1277.12	1758.72
10 ton/ha	2993.12	2592.44	2755.96	781.2	2664.72	1801.16
11 ton/ha	2521.72	2378	1732.64	345.36	1850.16	653.56
12 ton/ha	228.68	247.28	85	74.12	206.28	34.12
13 ton/ha	9.96	0.2	3.88	13.84	14.68	2.68
14 ton/ha	1.88	0	2.04	36.32	22.44	0.24

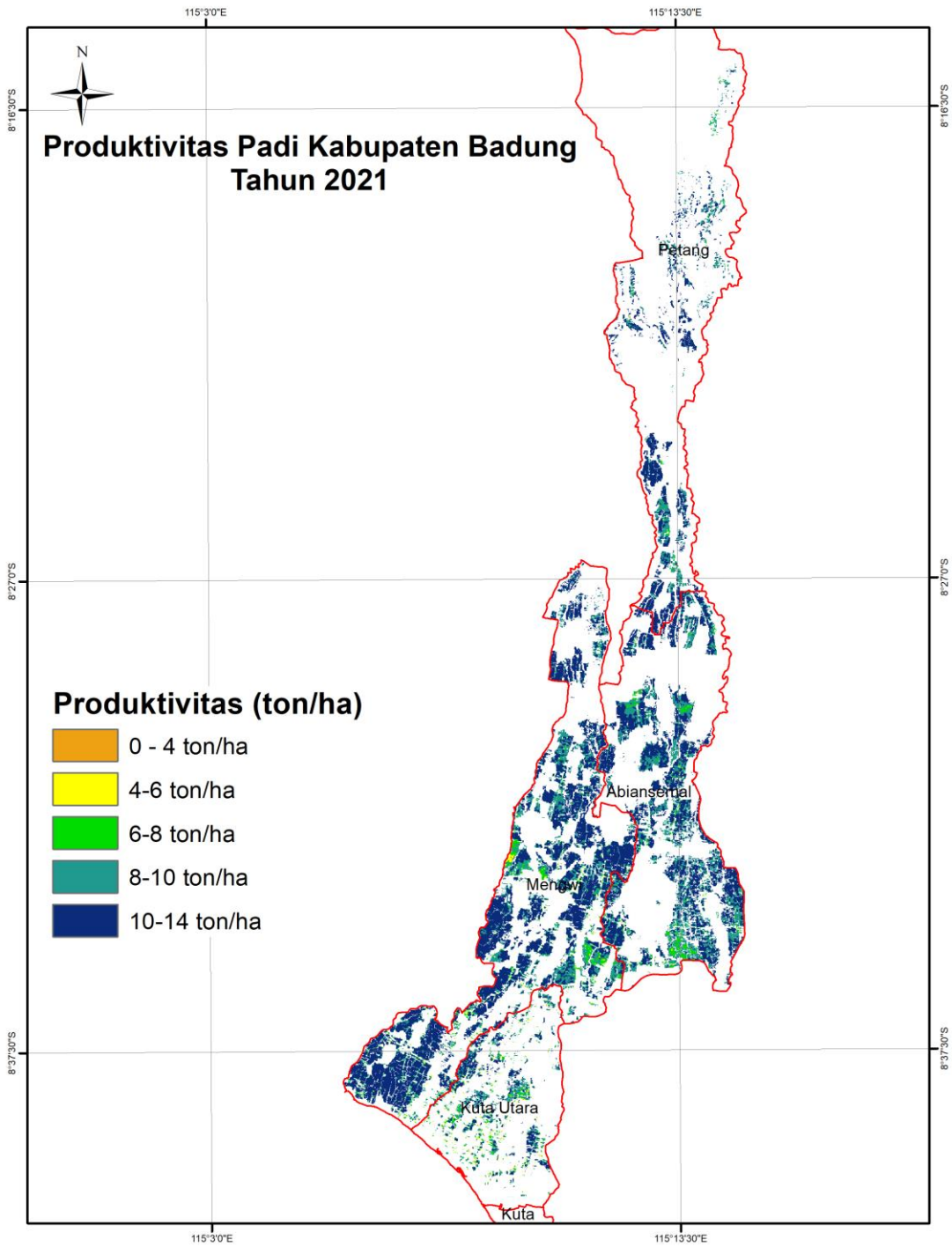
Sumber: Analisis Data



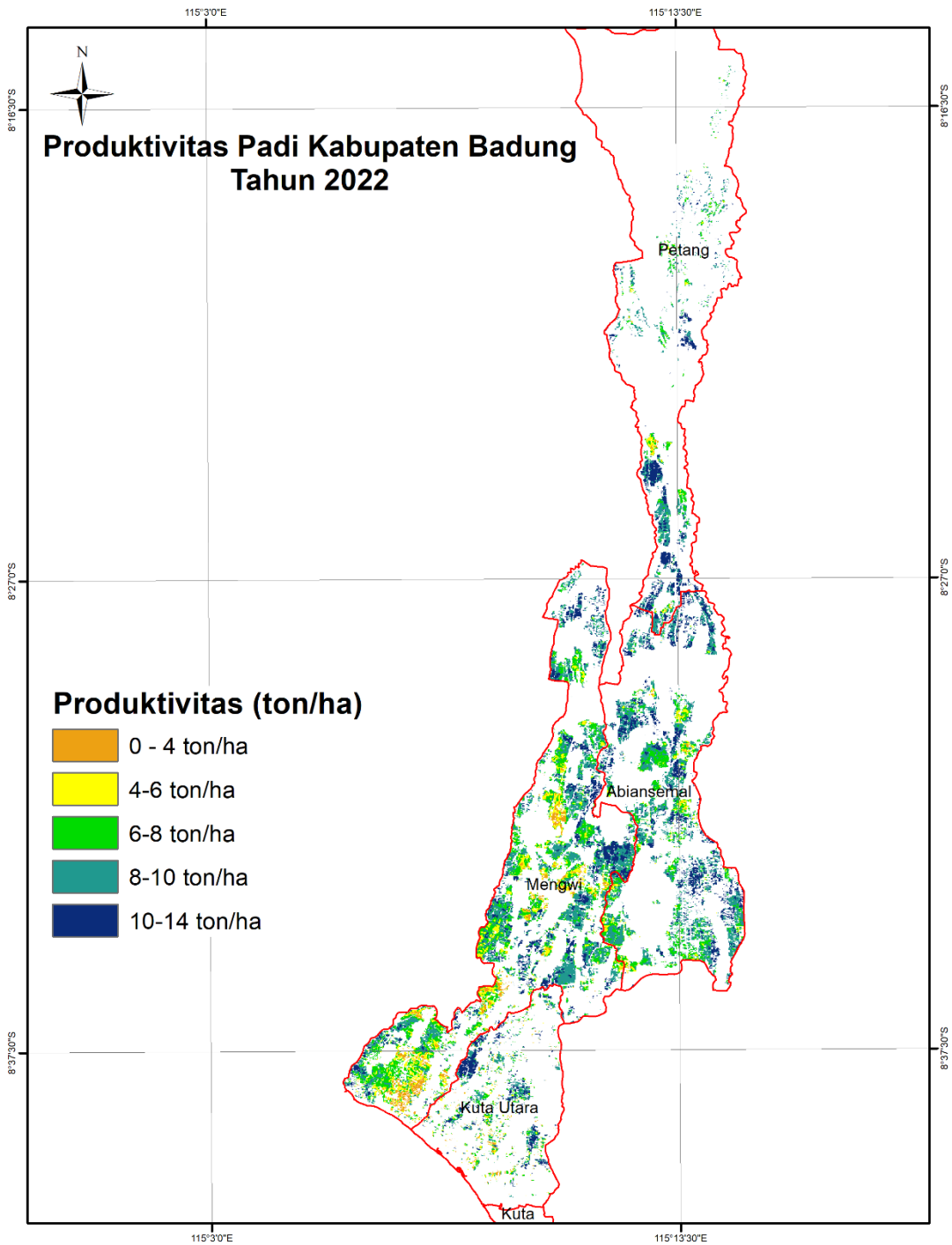
Gambar 5.9. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2019.



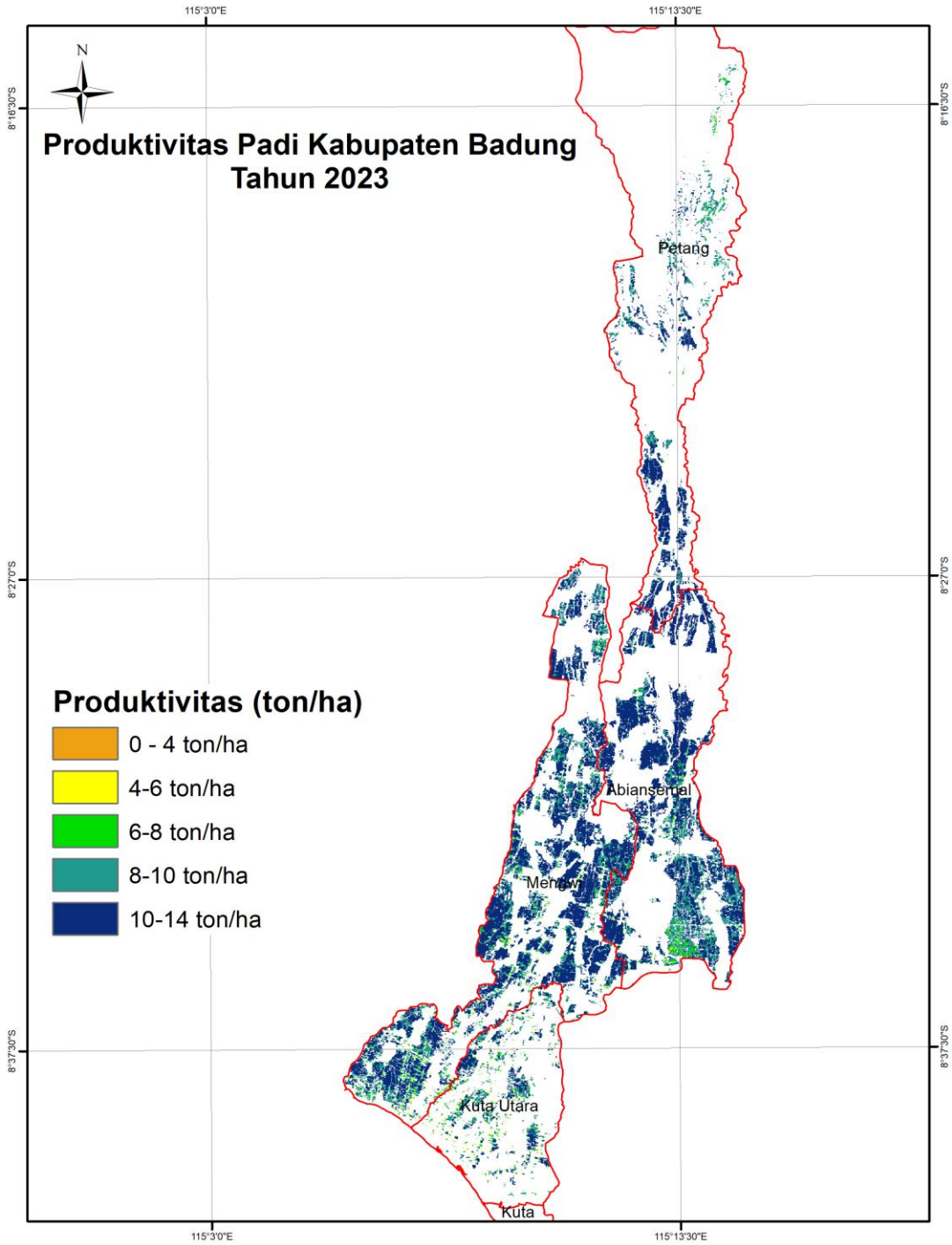
Gambar 5.10. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2020.



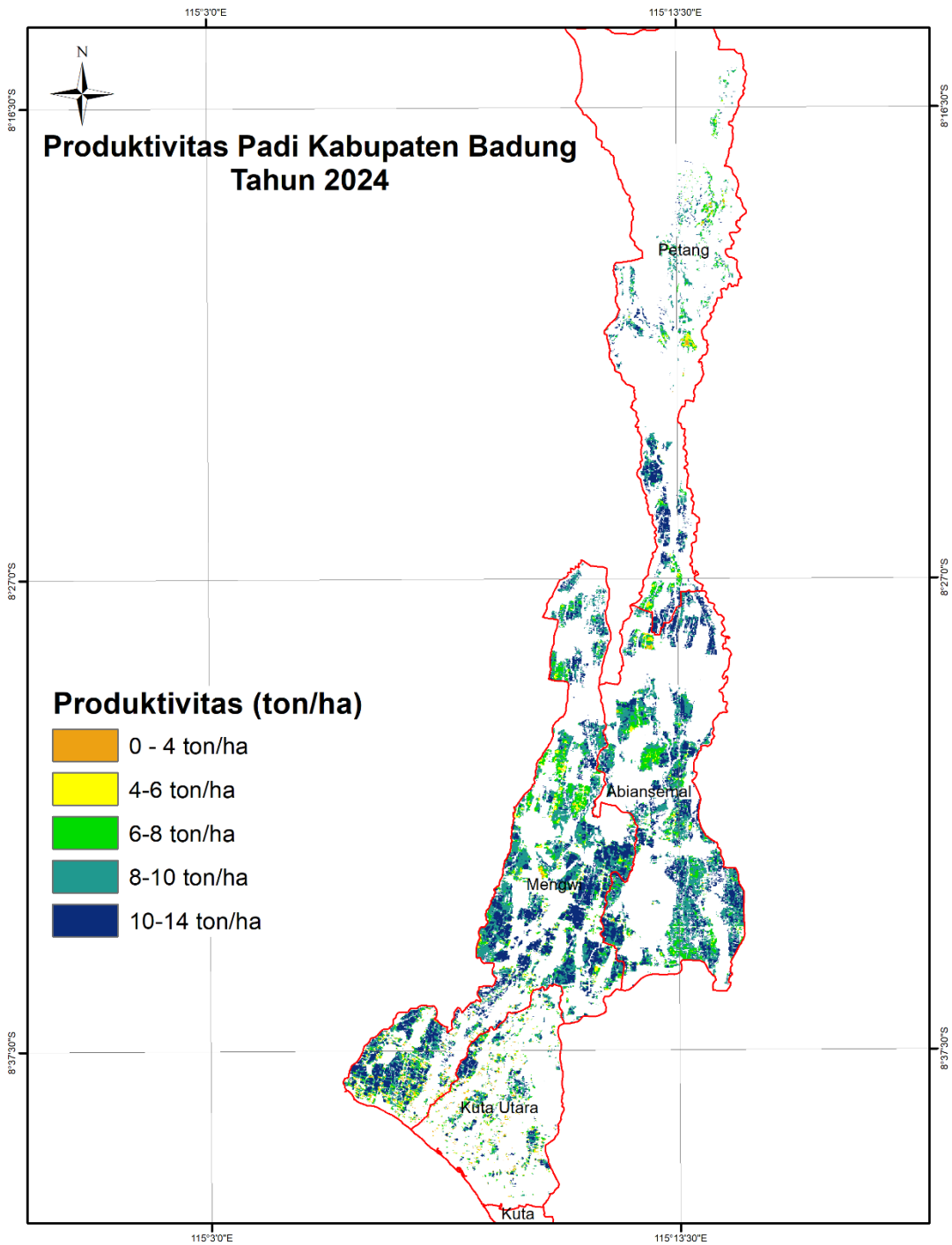
Gambar 5.11. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2021.



Gambar 5.12. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2022.



Gambar 5.13. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2023.



Gambar 5.14. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung pada tahun 2024.

5.2.1. Uji Validitas Model Produktivitas Padi

Untuk memvalidasi hasil estimasi model produktivitas tanaman padi, pengambilan data ubinan dilakukan pada semua titik observasi dengan mengikuti prosedur yang dijelaskan pada lampiran 2. Gambar 5.15 menunjukkan beberapa foto dokumentasi saat pengambilan data ubinan pada titik-titik observasi. Dokumentasi lainnya dilampirkan pada lampiran 6.



Gambar 5.15. Foto-foto dokumentasi pengambilan data ubinan pada beberapa titik observasi.

Hasil ubinan dan estimasi produktivitas dengan hasil ubinan dan model pada semua titik disajikan pada tabel 5.4 berikut. Rata-rata estimasi produktivitas dari hasil ubinan adalah 9,98 ton/ha dan rata-rata estimasi dari model diperoleh 10,28 ton/ha.

Tabel 5.4. Hasil ubinan dan estimasi produktivitas padi di Kabupaten Badung.

Titik Lokasi	Varietas	Tanggal Panen	Berat Ubinan (kg)	Estimasi Produktivitas dari Ubinan (ton/ha)	Estimasi Produktivitas dari Model (ton/ha)
2	Inpari 32	15 Oktober 2024	7.375	11.8	8.431
4	Ciherang	24 Sept 2024	7.93	12.688	10.138
5	Ciherang	13 Sept 2024	7.645	12.232	9.492
6	Ciherang	13 Sept 2024	6.8	10.88	11.289
7	Ciherang	21 Sept 2024	7.445	11.912	11.840
8	Ciherang	09 Oktober 2024	6.98	11.168	10.306
9	Ciherang	21 Sept 2024	6.46	10.336	11.839
10	Ciherang	15 Oktober 2024	6.39	10.224	8.472
11	Ciherang	5 Sept 2024	5.7	9.12	11.202
12	Ciherang	09 Oktober 2024	6.4	10.24	10.420
13	Cigeulis	09 Oktober 2024	6.2	9.92	10.552
14	Ciherang	09 Oktober 2024	6.3	10.08	10.747
15	Ciherang	11 Oktober 2024	5.46	8.736	10.553
16	Ciherang	11 Oktober 2024	7.17	11.472	11.267
17	Inpari 32	19 Juni 2024	4.88	7.808	11.300
18	Inpari 32	19 Juni 2024	5.1	8.16	10.922
19	Inpari 32	8 Sept 2024	4.98	7.968	11.370
20	Inpari 32	7 Sept 2024	6.24	9.984	10.887
21	Inpari 32	7 Sept 2024	5.42	8.672	11.203
22	Inpari 32	14 Juni 2024	4.97	7.952	5.692
23	sertani	14 Juni 2024	5.2	8.32	8.040
Rata-rata			6.24	9.98	10.28

Sumber: Data Primer Ubinan dikumpulkan pada periode penelitian (Juni-Oktober 2024)

Pengujian secara statistik kemudian dilakukan untuk mengetahui apakah hasil estimasi produktivitas dari model berbeda dengan estimasi menggunakan data ubinan. Uji T berpasangan (*two sampled t-Test*). Tes ini digunakan menyesuaikan dengan kondisi dua

kelompok data estimasi produktivitas yang tidak tergantung (*independent*) satu dengan yang lainnya. Hasil uji *t-Test* ditampilkan pada Tabel 5.5 dimana diperoleh bahwa kedua data tidak berbeda signifikan secara statistik dengan nilai $p\text{-value}=0,526$, yang lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, model estimasi yang digunakan menunjukkan hasil yang sebanding dengan hasil ubinan di titik-titik observasi. Ini menyiratkan bahwa model dapat digunakan sebagai alat alternatif yang valid untuk memperkirakan produktivitas padi di Kabupaten Badung.

Tabel 5.5. Hasil uji *two-sampled t-Test* untuk data hasil estimasi produktivitas dengan ubinan dan model.

Descriptive Statistics

		N	Mean	SD	SEM	Median
"real"		21	9.98438	1.53474	0.33491	10.08
"model 3 (med)"		21	10.2839	1.50583	0.3286	10.74703
	Difference	21	-0.29952		0.46919	-0.40929
	Overall	42	10.13414	1.50933	0.23289	10.37787

Standard Error of Mean (SEM) of difference is computed under the condition that equal variance is assumed.

t-Test Statistics

	t Statistic	DF	Prob> t
Equal Variance Assumed	-0.63837	40	0.52687
Equal Variance NOT Assumed (Welch Correction)	-0.63837	39.98554	0.52687

Null Hypothesis: mean1-mean2 = 0
 Alternative Hypothesis: mean1-mean2 <> 0
 At 0.05 level, when equal variance is assumed, Mean1 - Mean2 is NOT significantly different from 0
 At 0.05 level, when equal variance is NOT assumed, Mean1 - Mean2 is NOT significantly different from 0

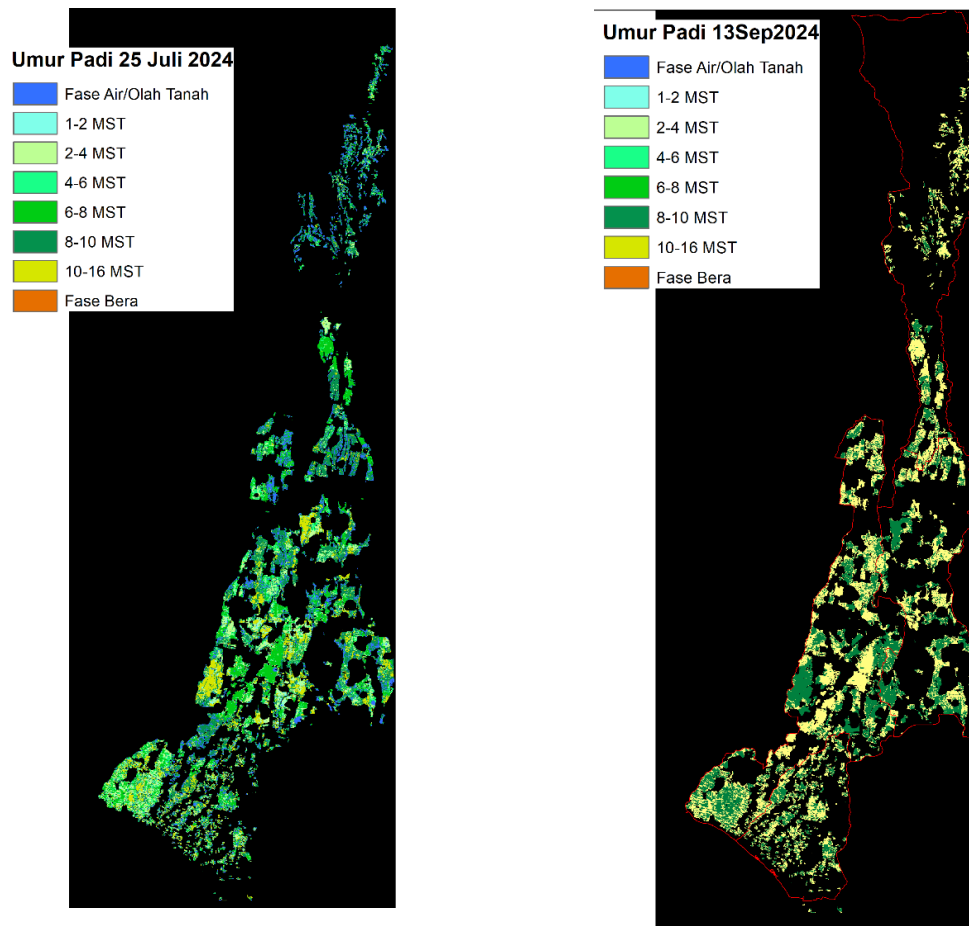
Confidence Intervals for Mean

Conf. Levels in %	Lower Limits	Upper Limits
95	-1.24779	0.64875

5.3. Pemetaan Umur dan Kesehatan Tanaman Padi di Kabupaten Badung

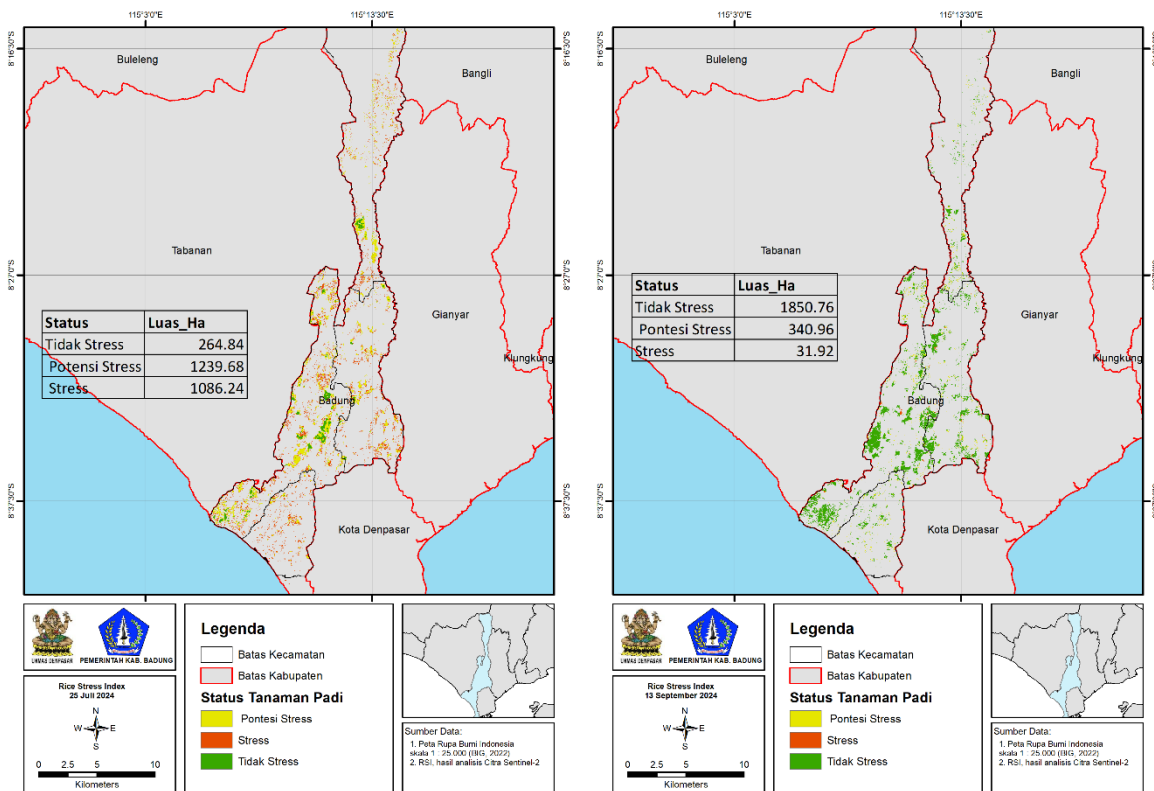
Pada sub-bab ini akan ditampilkan hasil pemetaan umur tanaman padi dan kesehatannya di Kabupaten Badung pada tanggal 25 Juli 2024 dan 13 September 2024. Gambar 5.16. menampilkan hasil pemetaan umur padi di Badung pada masing-masing tanggal observasi. Tutupan lahan dibagi menjadi 8 kelas, yang terdiri dari 6 kelas untuk fase pertumbuhan padi, 1 kelas untuk fase air/atau masa olah tanah, dan 1 kelas untuk fase pasca

panen atau bera. Fase tanaman padi umumnya terbagi menjadi 3 fase yaitu fase vegetatif, fase generatif, dan fase pematangan. 1-8 minggu setelah tanam (MST) padi masih pada fase vegetatif, pada fase ini nilai NDVI nya akan meningkat sampai pada puncaknya sekitar 7-9 MST. Setelah itu padi memasuki masa generatif yaitu pembentukan buah, pada fase ini nilai NDVI mulai menurun. Penurunan nilai NDVI terus berlangsung pada fase pematangan seiring menguningnya daun padi. Pada Gambar 5.16 terlihat jelas pada 13 September 2024 sebagian besar memasuki fase generatif dan pematangan. Dengan demikian panen raya kemungkinan terjadi sekitar akhir September (minggu ke-4) hingga awal (minggu pertama) November. Dimana estimasi produksi padinya adalah 20.004,3 ton yang diperoleh dengan mengalikan estimasi produktivitas dengan luasannya.



Gambar 5.16. Pemetaan umur tanaman padi pada 25 Juli 2024 (kiri), dan pada 13 September 2024 (kanan).

Hasil pemantauan kesehatan padi dengan indikator *Rice Stress Index (RSI)* disajikan pada Gambar 5.17. Dengan mempertimbangkan dari fase pertumbuhan tanaman padi yang nilai NDVI nya berfluktuasi, maka RSI ini hanya diterapkan pada fase 6-10 MST, dimana nilai NDVI berada pada puncaknya. Jika terjadi kekurangan air pada tanaman padi, maka akan berpotensi mengalami stress sehingga kesehatan tanaman padi menjadi terganggu. Berdasarkan nilai RSI nya, kesehatan padi dikategorikan menjadi 3 level yaitu stress (warna merah), berpotensi stress (warna kuning), dan tidak stress (warna hijau). Nilai RSI lebih dari 0,87 menandakan tanaman padi sudah mengalami stress (Sukmono et al., 2019). Sedangkan nilai RSI pada rentang 0,7-0,87 dikategorikan pontesi stress, dan di bawah 0,7 tidak terjadi stress.



Gambar 5.17. Peta Indeks Stress Padi pada tanggal 25 Juli 2024 (kiri), dan 13 September 2024 (kanan).

Dari hasil pemetaan ini terlihat pada tanggal 25 Juli sebagian besar wilayah masuk berpotensi stress dan stress. Hal ini dapat disebabkan oleh musim kemarau dimana tanaman

padi kekurangan air, walaupun demikian, belum terkonfirmasi adanya laporan gagal panen di Kabupaten Badung. Hal sebaliknya terjadi pada tagl 13 September 2024, sebagian besar wilayah, padinya dalam keadaan tidak stress, ini sesuai dengan kondisi cuaca yang sudah mulai turun hujan di akhir Bulan Agustus sampai pada awal Bulan September tahun ini. Lebih rinci mengenai luasan dan status tanaman padi pada tanggal-tanggal tersebut di atas di sajikan pada Tabel 5.6. berikut.

Tabel 5.6. Status kesehatan tanaman padai di Kabupaten Badung pada Bulan Juli dan September 2024.

Status	25 Juli 2024	13 September 2024
	Luas (ha)	Luas (ha)
Tidak Stress	264.84	1850.76
Potensi Stress	1239.68	340.96
Stress	1086.24	31.92

Sumber: Hasil analisis

5.4. Web-GIS Tanaman Padi Badung

Untuk mempublikasikan hasil pemantauan padi kepada khlayak umum dan *stake holder*, pada kajian ini juga dibangun sebua Web-GIS. Berikut adalah tampilan dari Sistem Informasi Geografis Tanaman Padi di Kabupaten Badung. Dimana aplikasi berbasis website ini mampu untuk memonitoring data sebaran Luas Lahan Tanaman Padi, sebaran Produktivitas Tanaman Padi, sebaran Umur Tanaman Padi dan sebaran Tingkat Stres Tanaman Padi.

5.4.1. Tampilan Halaman Utama

Pada halaman ttama dari website ini, menampilkan beberapa gambar maupun informasi serta beberapa menu dan fitur yang dapat diakses.

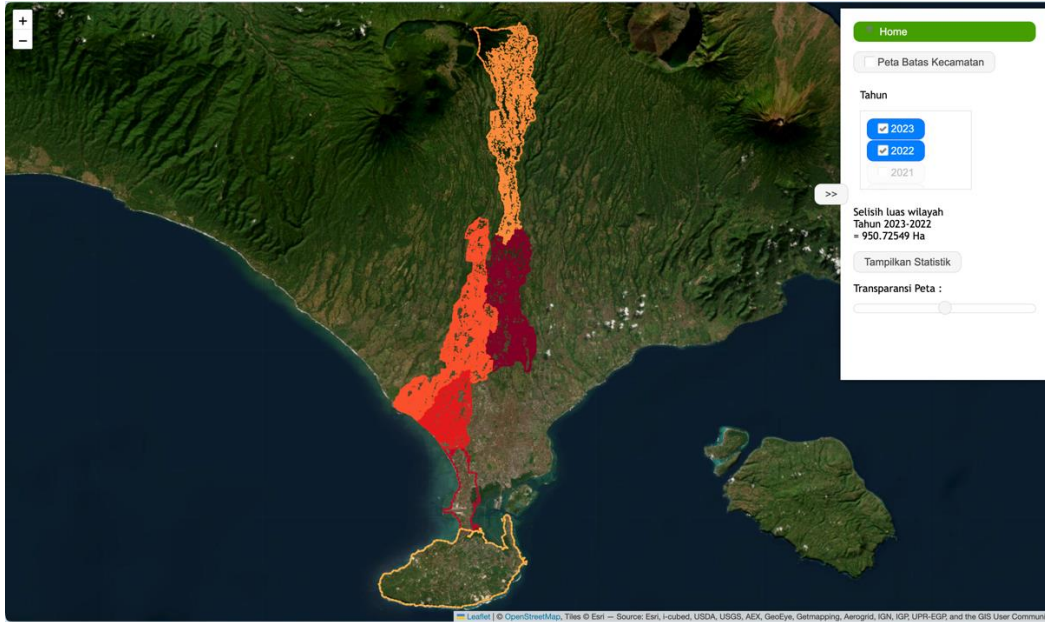


Gambar 5.18. Tampilan halaman utama web.

Pada bagian atas, disematkan beberapa gambar terkait Lokasi dan tempat ikonik dari Kabupaten Badung. Yang selanjutnya di bawah gambar ditampilkan 4 menu pemetaan yang dapat diakses meliputi : tombol Peta Luas Lahan Tanaman Padi, tombol Peta Produktivitas Tanaman Padi, tombol Peta Umur Tanaman Padi dan tombol Peta Tingkat Stres Tanaman Padi, dimana saat tombol ini diklik, maka akan menuju halaman peta masing-masing. Selanjutnya di bawah tombol peta, ditampilkan info grafis berupa gambar Grafik, yang dimana grafik ini menampilkan data statistic rangkuman dari keempat data peta Tanaman Padi yang berhasil dihimpun. Selanjutnya, di bawah grafik, ditampilkan Link Terkait dari website dan Perda berupa peraturan-peraturan yang menaungi kegiatan pemetaan tanaman padi di kabupaten Badung. Terakhir, di bagian terbawah, ditampilkan data statistik terkait jumlah kunjungan dari website.

5.4.2. Tampilan Halaman Peta Luas Lahan Tanaman Padi

Bagian ini menampilkan informasi mengenai data, gambar, dan statistik sebaran lahan tanaman padi 5 tahun terakhir di kabupaten Badung.



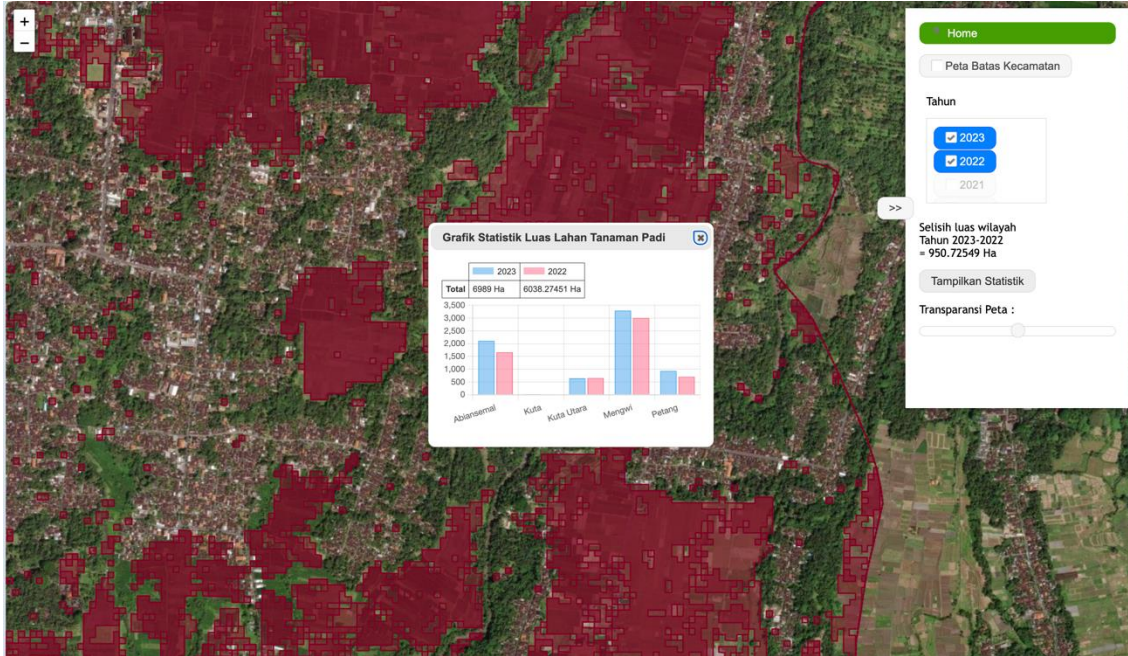
Gambar 5.19. Tampilan halaman peta luas lahan tanaman padi Kabupaten Badung.

Adapun tombol navigasi utama dari halaman ini terdapat di bagian kanan atas, yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan (1) Peta Batas Kecamatan di Kabupaten Badung, (2) Peta sebaran luas lahan tanaman padi pada 5 tahun terakhir, (3) Selisih luas lahan tanaman padi dari 2 data peta di tahun berbeda, (4) Data Statistik luas lahan tanaman padi dari peta yang ditampilkan, dan (5) Mengatur Transparansi tampilan peta yang dipilih.



Gambar 5.20. Tampilan halaman utama luas tanaman padi yang lebih detail.

Tampilan peta luas lahan tanaman padi ini dikelompokkan menjadi beberapa warna, berdasarkan Lokasi Kecamatan dari masing-masing area tanaman padi. Ketika masing-masing area lahan tanaman padi diklik, akan memunculkan data mengenai Kecamatan mana dan besaran Luas lahan tanaman padi dalam satuan Hektar seperti gambar di atas. Selanjutnya, untuk menampilkan data statistik dari peta pada tahun yang dipilih, maka dapat dilakukan dengan mencentang tahun peta yang diinginkan terlebih dahulu, kemudian klik tombol Tampilkan Statistik, maka info grafis berupa grafik akan muncul seperti gambar di bawah ini.

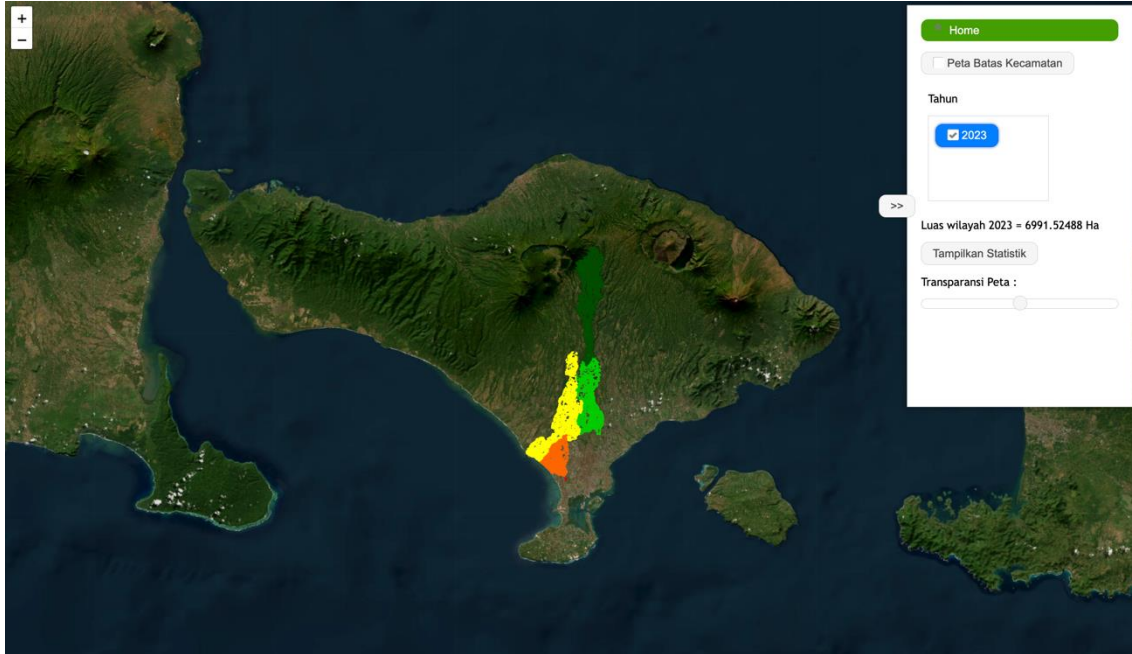


Gambar 5.21. Tampilan grafik luas lahan tanaman padi pada halaman utama

Pada grafik di atas, ditampilkan grafik luas lahan tanaman padi per Kecamatan per data tahun yang dipilih. Dari tampilan ini pengguna dapat menganalisa bagaimana perkembangan dan perbandingan keadaan luas lahan tanaman padi pada tahun yang dipilih. Tidak hanya itu, jika mencentang 2 tahun peta yang berbeda, maka akan muncul info berapa Hektar perbedaan luas lahan tanaman padi dari 2 tahun yang dipilih tersebut.

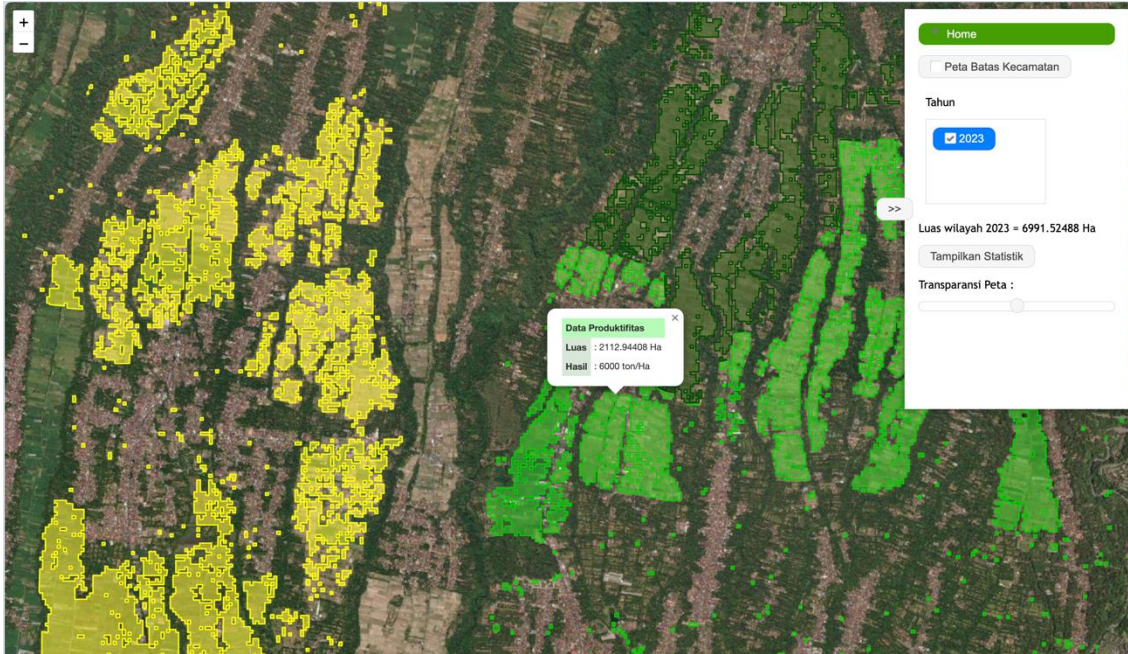
5.4.3. Tampilan Halaman Peta Produktivitas Tanaman Padi

Menu halaman selanjutnya adalah Halaman Peta Produktivitas Tanaman Padi, dimana pada halaman ini menampilkan informasi baik data, gambar, dan statistik dari sebaran produktivitas tanaman padi yang ada di Kabupaten Badung.



Gambar 5.22. Tampilan halaman utama produktivitas lahan padi.

Berbeda dengan Peta lainnya, pada halaman peta produktivitas tanaman padi ini, hanya menampilkan 1 pilihan peta pada tahun terkini saja. Adapun tombol navigasi utama dari halaman ini masih terletak di bagian kanan atas, yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan (1) Peta Batas Kecamatan di Kabupaten Badung, (2) Peta sebaran produktivitas tanaman padi pada tahun terkini, (3) Luas lahan produktivitas tanaman padi di tahun terkini, (4) Data Statistik luas dan hasil produktivitas tanaman padi pada tahun terkini, dan (5) Mengatur Transparansi tampilan peta yang dipilih.



Gambar 5.23. Tampilan halaman produktivitas yang lebih detail.

Tampilan peta produktivitas tanaman padi ini dikelompokkan menjadi beberapa warna, berdasarkan Lokasi Kecamatan dari masing-masing area tanaman padi. Ketika masing-masing area produktivitas tanaman padi diklik, akan memunculkan data mengenai besaran Luas lahan produktivitas tanaman padi dalam satuan Hektar dan besaran Hasil produktivitas tanaman padi dalam satuan Ton/Hektar seperti gambar di atas. Selanjutnya, untuk menampilkan data statistik dari peta pada tahun terkini, maka dapat dilakukan dengan mengklik tombol Tampilkan Statistik, maka info grafis berupa grafik akan muncul seperti gambar di bawah ini.

Pada grafik di atas, ditampilkan info grafik mengenai Luas dan Hasil produktivitas tanaman padi per Kecamatan pada tahun terkini. Dari tampilan ini pengguna dapat menganalisa bagaimana kondisi maupun sebaran produktivitas tanaman padi pada tahun yang dipilih.

5.5. Akses dan Ketahanan Pangan Rumah Tangga di Kabupaten Badung

Pada bagian ini akan dibahas mengenai akses dan ketahanan pangan rumah tangga di Kabupaten Badung. Dari hasil analisis data kuesioner diperoleh data pada Tabel 5.5 yang menunjukkan rata-rata konsumsi beras dan biaya pembelian beras per bulan berdasarkan tingkat pendapatan rumah tangga di Kabupaten Badung, Bali. Rata-rata konsumsi beras per bulan dihitung untuk berbagai kategori pendapatan rumah tangga, dari > 10 juta rupiah hingga kategori pendapatan antara 2-3 juta rupiah per bulan. Jumlah rata-rata anggota keluarga juga dicantumkan untuk setiap kategori

Tabel 5.7. Rata-rata konsumsi beras kebutuhan rumah tangga Kabupaten Badung, Bali dengan asumsi harga beras 15 ribu rupiah per kg.

Keperluan pangan/ Bulan	Rata-Rata jumlah beras untuk konsumsi (kg/bulan)	Rata-Rata kisaran biaya pembelian beras (Rp/bulan)	Rata-Rata jumlah anggota keluarga (orang)
> 10 Rupiah	20,00	279000	6
2-3 Juta rupiah	46,25	340000	5
3-5 Juta Rupiah	38,10	454231	5
5-10 Juta Rupiah	35,62	486250	5
Grand Total	34,99	389870	5,25

Sumber: Analisis data primer

Data menunjukkan bahwa rumah tangga dengan pendapatan lebih rendah cenderung mengonsumsi lebih banyak beras dibandingkan dengan rumah tangga berpendapatan tinggi: Rumah tangga dengan pendapatan 2-3 juta rupiah per bulan mengonsumsi beras tertinggi, yaitu 46,25 kg per bulan dengan rata-rata 5 anggota keluarga. Rumah tangga dengan pendapatan lebih tinggi, seperti kelompok pendapatan lebih dari 10 juta rupiah per bulan, mengonsumsi beras paling sedikit, yaitu 20,00 kg per bulan dengan rata-rata 6 anggota keluarga.

Biaya pembelian beras per bulan juga menunjukkan variasi berdasarkan tingkat pendapatan. Rumah tangga dengan pendapatan lebih rendah (2-3 juta rupiah) mengeluarkan biaya yang lebih kecil (Rp 340.000) untuk beras per bulan, sementara rumah tangga dengan pendapatan lebih tinggi (5-10 juta rupiah) mengeluarkan Rp 486.250 untuk pembelian beras per bulan. Menariknya, rumah tangga dengan pendapatan lebih besar tampaknya mengonsumsi lebih sedikit beras. Hal ini bisa disebabkan oleh diversifikasi makanan yang lebih luas di kalangan rumah tangga berpendapatan tinggi, di mana mereka tidak terlalu bergantung pada beras sebagai makanan pokok utama. Seperti yang disebutkan dalam penelitian oleh Amalia & Suryana (2021), “Pendapatan yang lebih tinggi di daerah pedesaan Bali berkorelasi dengan pola konsumsi pangan yang lebih bervariasi, di mana beras tidak lagi menjadi satu-satunya sumber karbohidrat utama, tetapi dilengkapi dengan makanan lain seperti roti, pasta, atau makanan impor lainnya”(Amalia and Suryana, 2021).

Rata-rata jumlah anggota keluarga relatif serupa di semua kategori pendapatan, yaitu sekitar 5 orang per rumah tangga. Namun, rumah tangga dengan pendapatan di atas 10 juta rupiah memiliki rata-rata anggota keluarga lebih besar, yaitu 6 orang, tetapi tetap menunjukkan konsumsi beras yang lebih rendah dibandingkan rumah tangga berpendapatan lebih kecil. Hal ini mendukung hipotesis bahwa rumah tangga berpendapatan lebih tinggi mungkin mengonsumsi lebih banyak variasi makanan sehingga beras tidak mendominasi kebutuhan pangan mereka. Sebagaimana dinyatakan oleh Wibowo *et al.* (2020), “Perubahan pola konsumsi pangan pada masyarakat berpendapatan menengah ke atas dapat dilihat dari pergeseran ke sumber pangan yang lebih bervariasi dan bergizi tinggi, dengan penurunan proporsi konsumsi beras”(Wibowo et al., 2020).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kajian ini berfokus pada pemetaan, pemantauan, dan analisis lahan pertanian padi di Kabupaten Badung, Bali, menggunakan teknologi penginderaan jauh berbasis satelit. Citra Satelit Sentinel-2 dan algoritma *Random Forest* (RF) digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan serta analisis dinamika luasan dan produktivitas padi dari 2019 hingga 2024. Adapun kesimpulan dalam kajian ini antara lain:

1. Hasil pemetaan menunjukkan tren luasan area lahan pertanian padi di Kabupaten Badung cenderung menurun tiap tahunnya dimana luasannya beturut-turut dari tahun 2019-2024 yaitu, 7019,38 Ha, 6341,87 Ha, 6432,10 Ha, 4980,3 Ha, 6230,5 Ha, dan 6074,74 Ha. Penurunan ini sebagian besar diakibatkan alih fungsi lahan baik permanen dan non-permanen. Kecamatan Mengwi, wilayah dengan lahan sawah terluas menunjukkan penurunan luas tanaman padi yang signifikan, meskipun ada fluktuasi akibat rotasi tanaman.
2. Produktivitas padi dianalisis menggunakan model prediksi berbasis NDVI. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung dominan pada kisaran 9-11 ton/ha. Namun, pada 2024 terjadi penurunan produktivitas dibandingkan 2023, terutama pada area yang menghasilkan lebih dari 10 ton/ha. Hasil pemodelan diuji dengan data ubinan menggunakan uji t-berpasangan dan diperoleh bahwa kedua data tidak berbeda signifikan secara statistik. Model pemetaan umur padi juga implementasikan dalam kajian ini dimana demonstrasi model menunjukkan pada September 2024, sebagian besar tanaman padi telah memasuki fase pematangan, dengan panen diperkirakan terjadi sekitar minggu keempat Bulan September hingga minggu pertama Bulan November. Dimana estimasi produksi padinya adalah 20.004,3 ton. Selain umurnya, kesehatan tanaman juga diukur dengan menggunakan *Rice*

Stress Index (RSI), yang menunjukkan potensi stres akibat kekurangan air pada Juli 2024, namun kondisi membaik pada September 2024.

3. Sistem Web-GIS telah dibangun untuk memuat hasil pemantauan luas lahan, produktivitas, umur, dan tingkat stres padi secara interaktif disertai dengan grafik. Web-GIS dapat dipublikasikan kepada khalayak umum dan pemangku kepentingan terkait.

6.2. Saran

Pemerintah Kabupaten Badung perlu memperkuat upaya-upaya perlindungan lahan pertanian dari alih fungsi lahan yang semakin meningkat, khususnya di wilayah dengan urbanisasi tinggi seperti Kecamatan Kuta Utara dan Mengwi. Selain itu, pemerintah juga perlu meningkatkan infrastruktur irigasi untuk mengatasi potensi stres tanaman padi akibat kekurangan air, terutama pada musim kemarau

Pemerintah juga diharapkan untuk memperkenalkan dan memfasilitasi penggunaan teknologi berbasis citra satelit dan sensor di kalangan petani, seperti sistem Web-GIS yang dikembangkan dalam kajian ini. Teknologi ini dapat membantu petani dalam merencanakan jadwal tanam, memonitor kesehatan tanaman, dan meningkatkan produktivitas. Selain itu, Web-GIS ini dapat digunakan sebagai basis data untuk semua pemangku kepentingan yang dapat dikembangkan menjadi lebih komprehensif dan presisi.

Untuk kajian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan penggunaan data citra satelit dan pengamatan lapangan yang lebih mendetail guna memperkuat akurasi model produktivitas dan umur tanaman padi. Validasi dengan data panen aktual dapat digunakan untuk menyempurnakan model sehingga menjadi lebih akurat. Selain itu, peningkatan akurasi klasifikasi citra dapat dicapai dengan menggunakan metode yang lebih kompleks seperti *deep learning* atau *object-based image analysis* (OBIA), yang akan mengatasi kesalahan klasifikasi, seperti deteksi mangrove di wilayah yang tidak relevan.

Kajian lebih lanjut juga perlu menguji pengaruh variabel cuaca dan faktor lainnya seperti curah hujan, kesuburan tanah, dan gangguan hama dan OPT terhadap produktivitas padi. Hal ini akan memberikan gambaran yang lebih holistik tentang dinamika pertanian di Kabupaten Badung. Selain itu, model prediksi yang lebih adaptif untuk memperhitungkan perubahan iklim dan pola cuaca tidak menentu dapat dikembangkan untuk membantu merencanakan strategi mitigasi yang lebih efektif dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber-Sumber Peraturan:

Republik Indonesia. (1958). Undang-Undang Nomor 69 Tahun 1958 tentang Pembentukan Daerah-daerah Tingkat II Dalam Wilayah Daerah-daerah Tingkat I Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1958 Nomor 122, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 1655.

Republik Indonesia. (2019). Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 148, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6374. Sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 245, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6573.

Republik Indonesia. (2017). Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2017 tentang Inovasi Daerah. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 206, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6123.

Republik Indonesia. (2018). Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2018 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Kegiatan Penginderaan Jauh. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 56 Tahun 2018, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6196.

Republik Indonesia. (2023). Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2023 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Pertanian.

Republik Indonesia. (2016). Peraturan Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2016 tentang Pedoman Penelitian dan Pengembangan di Kementerian Dalam Negeri dan Pemerintah Daerah.

- Republik Indonesia. (2018). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 07 / Permentan / LB.200 / 2/ 2018 tentang Pedoman Alih Teknologi Pertanian.
- Republik Indonesia. (2020). Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 22 Tahun 2020 tentang Tata Kerja Sama Daerah dengan Daerah Lain dan Kerja Sama Daerah dengan Pihak Ketiga.
- Republik Indonesia. (2020). Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 77 Tahun 2020 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Keuangan Daerah.
- Kabupaten Badung. (2018). Peraturan Daerah Kabupaten Badung Nomor 1 Tahun 2018 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani.
- Kabupaten Badung. (2016). Peraturan Daerah Kabupaten Badung Nomor 20 Tahun 2016 tentang Pembentukan dan Susunan Perangkat Daerah. Sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Daerah Kabupaten Badung Nomor 17 Tahun 2022.
- Kabupaten Badung. (2023). Peraturan Daerah Kabupaten Badung Nomor 8 Tahun 2023 tentang Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah Tahun Anggaran 2024. Lembar Daerah Nomor 8 Tahun 2023.
- Republik Indonesia. (2021). Keputusan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 1589/SK-HK.02.01/XII/2021 tentang Penetapan Peta Lahan Sawah yang Dilindungi pada Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Banten, Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Provinsi Jawa Timur, Provinsi Bali, dan Provinsi Nusa Tenggara Barat.
- Republik Indonesia. (2021). Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2021 tentang Pedoman Swakelol
- Kabupaten Badung. (2011). Peraturan Bupati Badung Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pelimpahan Wewenang Penandatanganan Keputusan Bupati kepada Kepala Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) di Lingkungan Pemerintah Kabupaten Badung**. Sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Bupati Badung Nomor 8 Tahun 2014.

Kabupaten Badung. (2014). Peraturan Bupati Badung Nomor 69 Tahun 2014 tentang Pedoman Pembentukan Keputusan Kepala Daerah

Kabupaten Badung. (2021). Peraturan Bupati Badung Nomor 33 Tahun 2021 tentang Kedudukan, Susunan Organisasi Tugas dan Fungsi serta Tata Kerja Perangkat Daerah. Sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Bupati Badung Nomor 2 Tahun 2023.

Sumber-Sumber Artikel dan Buku:

Abbas, S., Sulandari, S., Hartono, S., Trisyono, Y.A., 2020. Molecular Detections and Resistance Response of Six Rice Varieties to {Tungroviruses} from South Sulawesi. *J. Perlindungan Tanam. Indones.* 24, 89–97. <https://doi.org/10.22146/jpti.47355>

Albertini, C., Gioia, A., Iacobellis, V., Petropoulos, G.P., Manfreda, S., 2024. Assessing multi-source random forest classification and robustness of predictor variables in flooded areas mapping. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 35, 101239. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101239>

Alit, Wiranatha I Made, Nuarsa, I Wayan, S.I.K., 2021. Pendugaan Produksi Padi Menggunakan Citra Sentinel-2A di Kabupaten Tabanan. *Agroekoteknologi Trop.* Vol. 10, N, 15–25.

Alpaydin, E., 2021. *Introduction to Machine Learning*. MIT Press.

Amalia, I., Suryana, A., 2021. Diversifikasi Pangan dan Pola Konsumsi Rumah Tangga di Pedesaan Bali. *J. Ekon. Pembang.* 12, 45–53.

Anazawa, M., Saito, G., Sawada, H., 2000. Application and Validation of LWCI (Leaf Water Content Index) to Tropical Seasonal Forest Region 1–5.

Ariani, D., Prasetyo, Y., Sasmito, B., 2020. Estimasi Tingkat Produktivitas Padi Berdasarkan Algoritma NDVI, EVI Dan SAVI Menggunakan Citra Sentinel-2 Multitemporal (Studi Kasus: Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah). *J. Geod. Undip* 9, 207–216.

Arouna, A., Dzomeku, I.K., Shaibu, A.G., Nurudeen, A.R., 2023. Water Management for

- Sustainable Irrigation in Rice (*Oryza sativa* L.) Production: A Review. *Sustainability* 15, 6218. <https://doi.org/10.3390/su15176218>
- BPS, 2020. Bali Province in Figures, BPS-Statistics of Bali Province. BPS - Statistics of Bali Province, Denpasar.
- BPS Provinsi Bali, 2022. Provinsi Bali Dalam Angka 2022 Bali Province in Figures 2022, BPS Provinsi Bali. BPS Provinsi Bali, Denpasar.
- Cahyono, B.E., Rahagian, R., Nugroho, A.T., 2023. Analisis Produktivitas Padi berdasarkan Indeks Kekeringan (NDWI dan NDDI) Lahan Sawah menggunakan Data Citra Sentinel-2A di Kecamatan Ambulu. *Indones. J. Appl. Phys.* 13, 88. <https://doi.org/10.13057/ijap.v13i1.70682>
- Campbell, J.B., Wynne, R.H., 2011. *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press.
- Chafid, M., 2013. Metodologi Area Frame untuk Pengukuran Produktivitas Padi. *Inform. Pertan.* 22, 81–93.
- Chang, T.T., 1985. Biological and genetic aspects of yield in rice. *Proc. Indian Natl. Sci. Acad.* 51, 139–148.
- Djunaedy, A., Khoiri, S., Azari, D.F.H., Syamsiyah, Z., Pawana, G., Megasari, D., Giyanto, 2024. Development of *Bacillus thuringiensis*-Based Liquid and Paste Formulations for Controlling Invasive Pest Species *Spodoptera frugiperda* [J]. [E]. [Smith]. *J. Hama dan Penyakit Tumbuh. Trop.* 24, 158–165.
- Fajri, Z.A., Juhadi, J., Sanjoto, T.B., Sidiq, W.A.B.N., 2022. Model Estimasi Produktivitas Padi Menggunakan Ndvi Di Wilayah Kabupaten Demak Tahun 2021. *J. Geosaintek* 8, 279. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v8i3.14900>
- Fatchurrachman, Rudiyanto, Soh, N.C., Shah, R.M., Giap, S.G.E., Setiawan, B.I., Minasny, B., 2022. High-Resolution Mapping of Paddy Rice Extent and Growth Stages across Peninsular Malaysia Using a Fusion of Sentinel-1 and 2 Time Series Data in Google Earth Engine. *Remote Sens.* 14, 1–22. <https://doi.org/10.3390/rs14081875>
- Fernández-Urrutia, M., Arbelo, M., Gil, A., 2023. Identification of Paddy Croplands and

- Its Stages Using Remote Sensors: A Systematic Review. *Sensors* 23. <https://doi.org/10.3390/s23156932>
- Franch, B., San Bautista, A., Fita, D., Rubio, C., Tarrazó-Serrano, D., Sánchez, A., Skakun, S., Vermote, E., Becker-Reshef, I., Uris, A., 2021. Within-field rice yield estimation based on sentinel-2 satellite data. *Remote Sens.* 13. <https://doi.org/10.3390/rs13204095>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., 2016. *Deep Learning*. MIT Press.
- Han, J., Kamber, M., Pei, J., 2012. *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer.
- Hoshikawa, K., 1989. *The growing rice plant: An anatomical monograph*. Nobunkyo.
- Huete, A.R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. Environ.* 25, 295–309.
- Izquierdo-Verdiguier, E., Zurita-Milla, R., 2020. An evaluation of Guided Regularized Random Forest for classification and regression tasks in remote sensing. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 88. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102051>
- Jensen, J.R., 2015. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. Pearson.
- Juliano, B.O., 1985. *Rice Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists.
- Kayad, A., Sozzi, M., Gatto, S., Marinello, F., Pirotti, F., 2019. Monitoring within-field variability of corn yield using sentinel-2 and machine learning techniques. *Remote Sens.* 11. <https://doi.org/10.3390/rs11232873>
- Khush, G.S., 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.* 35, 25–34.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2015. *Remote sensing and image*

interpretation. John Wiley & Sons.

Listihani, L., Ariati, P.E.P., Yuniti, I.G.A.D., Selangga, D.G.W., 2022. The brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) attack and its genetic diversity on rice in Bali, Indonesia. *Biodiversitas* 23, 4696–4704. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230936>

Macleane, J.L., Dawe, D.C., Hardy, B., Hettel, G.P., 2002. *Rice Almanac: Source Book for the Most Important Economic Activity on Earth*. CABI Publishing.

Made Arya Bhaskara Putra, I Wayan Nuarsa, I.W.S.A., 2018. Estimasi Produksi Padi Dengan Analisis Citra Satelit. *Ecotrophic* 12, 94–103.

Nelson, A., Setiyono, T., Rala, A.B., Quicho, E.D., Raviz, J. V., Abonete, P.J., Maunahan, A.A., Garcia, C.A., Bhatti, H.Z.M., Villano, L.S., Thongbai, P., Holecz, F., Barbieri, M., Collivignarelli, F., Gatti, L., Quilang, E.J.P., Mabalay, M.R.O., Mabalot, P.E., Barroga, M.I., Bacong, A.P., Detoito, N.T., Berja, G.B., Varquez, F., Wahyunto, Kuntjoro, D., Murdiyati, S.R., Pazhanivelan, S., Kannan, P., Nirmala Mary, P.C., Subramanian, E., Rakwatin, P., Intrman, A., Setapayak, T., Lertna, S., Minh, V.Q., Tuan, V.Q., Duong, T.H., Quyen, N.H., Van Kham, D., Hin, S., Veasna, T., Yadav, M., Chin, C., Ninh, N.H., 2014. Towards an operational SAR-based rice monitoring system in Asia: Examples from 13 demonstration sites across Asia in the RIICE project. *Remote Sens.* 6, 10773–10812. <https://doi.org/10.3390/rs61110773>

Nirtanto, I.C., Prastyo, Y., Sasmito, B., 2022. Analisis Pemodelan Fase Tumbuh Padi Menggunakan Citra Synthetic Aperture Radar C-Band Sentinel-1. *J. Geod. Undip* 11, 61–70. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2022.34404>

Patria, D.G., Sukamto, Sumarji, 2021. *Rice Science and Technology (Ilmu dan Teknologi Beras)*. Literasi Nusantara, Batu.

Peta Administrasi Badung, n.d.

Prihatman, K., 2000. *TTG Budidaya Pertanian. Sistem Informasi Manajemen Pembangunan di Perdesaan, Proyek PEMD, BAPPENAS*.

Ramadhani, F., Pullanagari, R., Kereszturi, G., Procter, J., 2021. Mapping a cloud-free rice growth stages using the integration of proba-v and sentinel-1 and its temporal

- correlation with sub-district statistics. *Remote Sens.* 13. <https://doi.org/10.3390/rs13081498>
- Richards, J.A., Jia, X., 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, in: *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*. pp. 301–317.
- Sari, V.D., Sukojo, B.M., 2015. Analisa Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh Dan Model Peramalan Autoregressive Integrated Moving Average (Arima) Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro). *Geoid* 10, 194. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v10i2.828>
- Siregar, H., 1981. *Budidaya Tanaman Padi di Indonesia*. Sastra Hudaya, Jakarta (ID).
- Skakun, S., Kalecinski, N.I., Brown, M.G.L., Johnson, D.M., Vermote, E.F., Roger, J.C., Franch, B., 2021. Assessing within-field corn and soybean yield variability from worldview-3, planet, sentinel-2, and landsat 8 satellite imagery. *Remote Sens.* 13, 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs13050872>
- Skakun, S., Vermote, E., Franch, B., Roger, J.C., Kussul, N., Ju, J., Masek, J., 2019. Winter wheat yield assessment from Landsat 8 and Sentinel-2 data: Incorporating surface reflectance, through phenological fitting, into regression yield models. *Remote Sens.* 11. <https://doi.org/10.3390/rs11151768>
- Sukmono, A., Darmawan, A., Sukojo, B.M., Handayani, H.H., Widayasi, D., 2013. Model Estimasi Kerapatan Daun Tanaman Padi Dengan Citra Hyperspectral Berbasis Spectral in Situ Untuk Pemantauan Fase Tumbuh Padi. *Semin. Nas. Pendayagunaan Inf. Geospasial Untuk Optim. Oton. Drh.* 978–979.
- Sukmono, A., Laila Nugraha, A., Sugistu Firdaus, H., 2019. Integration of Leaf Water Content Index (LWCI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) for Stress Detection of Rice Plant Using Landsat 8 Satellite Imagery. *KnE Eng.* 2019, 398–408. <https://doi.org/10.18502/keg.v4i3.5891>
- Syahri, Somantri, R.U., 2024. Research Trend of Bacterial Leaf Blight on Rice in the

- Millennium Era: A Bibliometric and Scientometric Approach for Capture Future Insight. *J. Hama dan Penyakit Tumbuh. Trop.* 24, 139–153.
- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.* 8, 127–150.
- Vaughan, D.A., Morishima, H., Kadowaki, K., 2003. Diversity in the *Oryza* genus. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6, 139–146.
- Wahyunto, Widagdo, Heryanto, B., 2006. Pendugaan Produktivitas Tanaman Padi Sawah Melalui Analisis Citra Satelit. *Inform. Pertan.* 15, 853–869.
- Wibowo, S., Yuniarti, T., Haryanto, A., 2020. Analisis Konsumsi Pangan Pokok dan Diversifikasi Makanan di Wilayah Bali. *J. Ketahanan Pangan* 9, 12–21.
- Yastika, P.E., Shimizu, N., 2017. Discussions on Procedure of Long-term Land Subsidence Monitoring by Multi-temporal DInSAR. *IRSM Spec. Conf.* 161–164.
- Yastika, P.E., Shimizu, N., Abidin, H.Z., 2019. Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. *Adv. Sp. Res.* 63. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.11.008>
- Yastika, P.E., Shimizu, N., Pujianiki, N.N., Temaja, I.G.R.M., Antara, I.N.G., Osawa, T., 2020. Detection of silent subsidence over extensive area by SBAS DInSAR: A case study of Southern Bali, Indonesia. *E3S Web Conf.* 153. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015302003>
- Yastika, P.E., Vipriyanti, N.U., Doan, T.-U.T., 2023. Analisis Spatio-Temporal Perubahan Tutupan Vegetasi Mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Berbasis Citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI. *J. Apl. dan Inov. IPTEK* 4, 82–92.
- Yoshida, S., 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. International Rice Research Institute, Los Banos (PH), Philippines.
- Zafar, Z., Zubair, M., Zha, Y., Fahd, S., Ahmad Nadeem, A., 2024. Performance assessment of machine learning algorithms for mapping of land use/land cover using remote sensing data. *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.* 27, 216–226.

<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2024.03.003>

Zhao, Y., Potgieter, A.B., Zhang, M., Wu, B., Hammer, G.L., 2020. Predicting wheat yield at the field scale by combining high-resolution Sentinel-2 satellite imagery and crop modelling. *Remote Sens.* 12. <https://doi.org/10.3390/rs12061024>

Sumber-Sumber Online:

Badan Pusat Statistik. (n.d.). Peta tematik interaktif [Peta interaktif]. SIG BPS. <https://sig.bps.go.id/webgis/tematik-interaktif>

Esri. (n.d.). Peta interaktif ArcGIS [Peta interaktif]. ArcGIS. <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=d891f91c58404151bc7ed78535d2c99e>

Pemerintah Kabupaten Badung. (2023, Juni 7). Awali panen raya, Pemkab Badung gelar panen padi nusantara 1 juta hektar di Subak Aban. Pemerintah Kabupaten Badung. <https://badungkab.go.id/kab/berita/48630-awali-panen-raya-pemkab-badung-gelar-panen-padi-nusantara-1-juta-hektar-di-subak-aban#:~:text=Menurutnya%2C%20tahun%202022%20produksi%20gabah,masih%20ada%20surplus%2014.201%20ton.>

Peta Tematik Indo. (2013, Maret). Peta administrasi Kabupaten Badung [Peta]. WordPress. <https://petatematikindo.files.wordpress.com/2013/03/administrasi-badung-a11.jpg>

SIG Peta Kobi. (n.d.). Peta administrasi Indonesia [Peta interaktif]. SIG Peta Kobi. <https://sigpetakobi.com/peta>

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Petunjuk pengamatan kesehatan padi di lapangan

PANDUAN TEKNIS PENGAMATAN

1. Pengamatan dilakukan sebanyak 3 sampling di setiap petak tanaman padi.
2. Pada masing-masing petak ditulis umur tanaman berapa minggu setelah tanam (MST)
3. Pada masing-masing petak diukur Ph tanahnya
4. Pengamatan dimulai pada saat pengolahan tanah hingga tanaman padi Panen.
5. Pengamatan dilakukan setiap 2 minggu sekali (Poin C, D, dan E).
6. Pengamatan pada Poin (A, B, dan F) hanya dilakukan sekali saja.
7. Skrip Pengolahan Citra Satelit (*Cloud Computing*) *Google Earth Engine*

A. INFORMASI UMUM PADA PETAK TANAMAN PADI

Nama Petani :

Lokasi pengamatan :

Altitude :

Varietas Padi :

Waktu tanam :

Jarak tanam :

Cara Budidaya Tanaman :

Sanitasi Lahan :

Jenis pupuk :

Aplikasi pupuk :

Dosis pupuk :

Jenis Pestisida :

Aplikasi Pestisida :

Dosis Pestisida :

Irigasi :

Pengendalian OPT :

B. KONDISI CUACA SELAMA PENGAMATAN

Parameter pengamatan	Pengamatan bulan				
	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Hari Hujan					
Curah hujan (mm)					
Rata-rata suhu (⁰C)					
-Maksimum					
-Minimum					
Kelembaban					

C. PENGAMATAN LANGSUNG OPT DAN MUSUH ALAMI PADA TANAMAN PADI TAHUN 2024

Nama OPT	Pengamatan ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
Wereng batang coklat*)							
Wereng hijau*)							
Penggerek batang*)							
Hama Putih palsu*)							
Walang sangit*)							
Musuh alami (laba-laba, parasitoid, predator) *)							
Blast (busuk leher) **)							
Hawar daun bakteri **)							
Virus tungro **)							
Kerdil rumput **)							
Kerdil hampa **)							

Keterangan:

***) Dicatat jumlah individu (populasi) per rumpun**

**** Dicatat Insidensi Penyakit ((jumlah rumpun yang sakit/total rumpun di petak pengamatan) x 100%)**

Virus tungro= Tinggi tanaman normal dan ujung daun kuning

Kerdil rumput= tanaman kerdil dan ujung daun kuning

Kerdil hampa= tanaman kerdil dan daun tetap hijau

D. PENGAMATAN PENGAMATAN KEPARAHAN PENYAKIT TANAMAN PADI TAHUN 2024

Nama OPT	Pengamatan ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
Blast (busuk leher **)							
Hawar daun bakteri **)							
Virus tungro **)							
Kerdil rumput **)							
Kerdil hampa **)							

Keterangan:

**** Dicatat skor serangannya**

0 = tidak ada gejala serangan

1 = serangan dibawah 10% (ringan)

2 = serangan antara 10-25% (sedang)

3 = serangan antara 25-50% (berat)

4 = serangan antara 50-100% (puso)

E. PENGAMATAN AGRONOMI TANAMAN PADI TAHUN 2024

Varietas	Umur tanaman (MST)	Umur masak susu (MST)	Tinggi tanaman (cm)							Jumlah anakan Per rumpun						
			Pengamatan ke-							Pengamatan ke						
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7

F. PENGAMATAN SAAT PANEN TANAMAN PADI TAHUN 2024

No	Varietas	Umur berbunga (MST)	Umur masak susu (MST)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan Per rumpun	Malai			Panen		Kadar air gabah (%)	Gabah Keripang (GKP) (kg)	Gabah Gilang (GKG) (kg)
						Panjang malai (cm)	Gabah isi/malai (butir)	Gabah hampa/malai (butir)	Bobot gabah/1000 butir (gram)	Bobot gabah/100 m ² (kg)			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Lampiran 2: Protokol pengambilan ubinan tanaman padi sawah

Tujuan

Untuk mendapatkan sampel panen yang representatif dari tanaman padi sawah yang dapat digunakan untuk analisis hasil panen, kualitas gabah, dan parameter agronomi lainnya.

Alat dan Bahan

1. Alat:

- Meteran atau pita ukur
- Kayu pancang dan tali
- Sabit atau alat pemotong padi
- Terpal atau wadah besar untuk menampung hasil panen
- Timbangan digital
- Label dan spidol
- Buku catatan dan alat tulis

2. Bahan:

- Kantong sampel atau karung
- Sarung tangan (opsional)

Langkah-langkah Pengambilan Sampel Panen

1. Persiapan:

- Tentukan waktu panen yang optimal berdasarkan kematangan padi (biasanya ketika bulir padi sudah menguning sekitar 80-90%).
- Pastikan alat pemotong padi dalam kondisi tajam dan bersih.
- Siapkan kantong sampel atau karung yang bersih dan kering untuk menampung hasil panen.

2. Penentuan Lokasi Sampel:

- Ukur dan tandai luas demplot padi sawah menggunakan meteran atau pita ukur.
- Bagilah demplot menjadi beberapa petak kecil yang representatif. Misalnya, untuk demplot 1 hektar, bisa dibagi menjadi 10 petak masing-masing 1000 m².

- Pilih beberapa petak secara acak untuk pengambilan sampel. Anda bisa menggunakan metode acak sederhana atau menggunakan tabel angka acak.

3. Penandaan Plot Sampel:

- Tentukan ukuran plot sampel yang akan dipanen. Plot sampel biasanya berukuran 2,5 x 2,5 m.
- Tandai plot sampel dengan menggunakan kayu pancang dan tali untuk memisahkannya dari area lain.

4. Pengambilan Sampel:

- Potong semua tanaman padi dalam plot sampel menggunakan sabit atau alat pemotong padi. Pastikan untuk memotong tanaman sedekat mungkin dengan pangkal batang.
- Hitung jumlah populasi tanaman
- Kumpulkan semua tanaman padi dari plot sampel dan letakkan di atas terpal atau wadah besar.
- Pindahkan hasil panen dari plot sampel ke kantong sampel atau karung yang sudah disiapkan. Pastikan setiap kantong diberi label yang mencantumkan informasi seperti tanggal, lokasi, dan nomor plot.

5. Penimbangan dan Pencatatan:

- Timbang hasil panen basah dari setiap plot sampel menggunakan timbangan digital dan catat beratnya di buku catatan.
- Lakukan pengukuran kadar air gabah menggunakan alat ukur kadar air dan catat beratnya

6. Pengeringan (Opsional):

- Jika analisis memerlukan gabah kering, lakukan pengeringan dengan menjemur hasil panen di bawah sinar matahari atau menggunakan alat pengering hingga mencapai kadar air yang diinginkan.
- Timbang kembali hasil panen setelah dikeringkan dan catat berat keringnya.

7. Penyimpanan dan Transportasi:

- Simpan sampel di tempat yang kering dan terhindar dari hama.

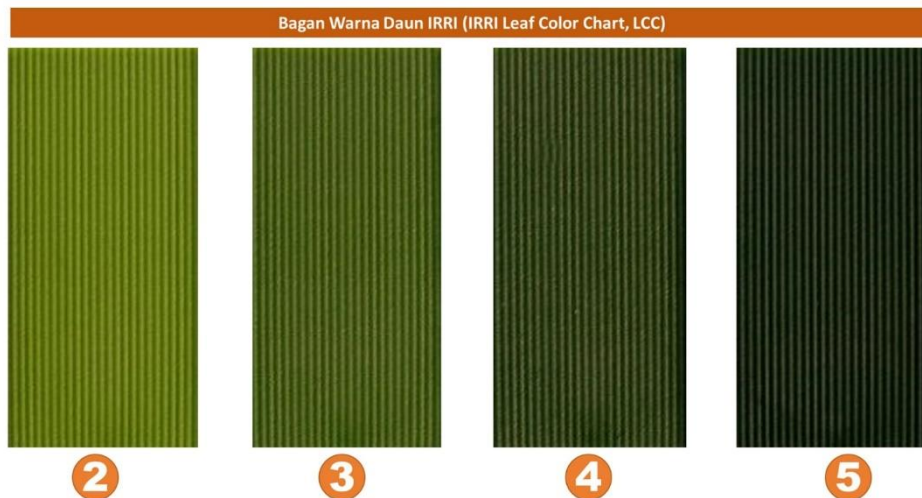
- Jika sampel harus dikirim ke laboratorium, pastikan kemasan sampel aman dan dilabeli dengan jelas.

8. Analisis Data:

- Analisis data hasil panen untuk mengevaluasi produktivitas dan kualitas padi.







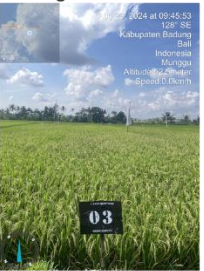


Lampiran 3: Cara menggunakan bagan warna Daun










1. Pilih secara acak sedikitnya 10 tanaman padi atau petak yang bebas penyakit di lahan yang populasi tanamannya seragam.
2. Pilih daun yang paling atas, termuda, dan tumbuh penuh dari setiap petak atau tanaman. Bagian ini paling mencerminkan status N tanaman. Tempatkan bagian tengah daun pada LCC dan bandingkan warnanya dengan panel warna. Jangan lepaskan atau hancurkan daunnya.
3. Ukur warna daun di bawah naungan tubuh Anda. Sinar matahari langsung mempengaruhi pembacaan warna daun. Jika memungkinkan, orang yang sama harus membaca LCC pada waktu yang sama, setiap waktu. Jika warna daun padi berada di antara dua warna, ambil nilai rata-rata dari kedua nilai tersebut sebagai bacaan. Misalnya, jika warnanya antara 3 dan 4, bacaannya harus 3,5.
4. Ambil bacaan dari 10 daun, dan tentukan rata-ratanya. Jika warnanya lebih atau kurang dari 3, pemupukan N diperlukan.


















Lampiran 4: Dokumentasi pegamatan pada titik-titik observasi.

Titik 01				
5 Juni 2024	10 Juni 2024  Jun 10, 2024 at 15:29:30 Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron	25 Juni 2024  Jun 25, 2024 at 08:33:09 Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron	10 Juli 2024  Jul 11, 2024 at 05:40:31 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	25 Juli 2024  Jul 25, 2024 at 08:27:31 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h
9 Agustus 2024  Aug 9, 2024 at 10:03:51 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	24 Agustus 2024  Aug 24, 2024 at 09:33:56 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	8 September 2024  Sep 8, 2024 at 08:34:27 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	23 September 2024  Sep 23, 2024 at 10:15:44 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	
Titik 02				
5 Juni 2024	10 Juni 2024  Jun 10, 2024 at 15:29:30 Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron	25 Juni 2024  Jun 25, 2024 at 08:33:09 Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron	10 Juli 2024  Jul 11, 2024 at 05:40:31 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	25 Juli 2024  Jul 25, 2024 at 08:27:31 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h
9 Agustus 2024  Aug 9, 2024 at 10:03:51 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	24 Agustus 2024  Aug 24, 2024 at 09:33:56 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	8 September 2024  Sep 8, 2024 at 08:34:27 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	23 September 2024  Sep 23, 2024 at 10:15:44 101° 5' Kabupaten Badung Bali Indonesia Kekoron Altitude: 101 meters Speed: 10.0 km/h	










Titik 03 Tanam 12 juni				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	23 September 2024	
				

Titik 04				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	23 September 2024	
				


Titik 05 Tanam 9 juni				
5 Juni 2024	10 Juni 2024 <small>Jun 10, 2024 at 09:21:19 Kabupaten Badung Bali Indonesia Munggu</small> 	25 Juni 2024 <small>Jun 25, 2024 at 08:48:48 Kabupaten Badung Bali Indonesia Munggu</small> 	10 Juli 2024 <small>Jul 10, 2024 at 08:59:12 02°25' N Kabupaten Badung Bali Indonesia Munggu 01m-de-15.000000 Speed: 8.2km/h</small> 	25 Juli 2024 <small>Jul 25, 2024 at 08:26:14 Kabupaten Badung Bali Indonesia Munggu</small> 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 <small>Aug 24, 2024 at 08:49:20 Kabupaten Badung Bali Indonesia Munggu</small> 	8 September 2024 <small>Sep 8, 2024 at 08:30:25 Kabupaten Badung Bali Indonesia Munggu</small> 	23 September 2024	







Titik 06				
5 Juni 2024 <small>Jun 5, 2024 at 12:31:41 Kabupaten Badung Bali Indonesia Cernag</small> 	10 Juni 2024 <small>Jun 10, 2024 at 11:11:49 Kabupaten Badung Bali Indonesia Cernag</small> 	25 Juni 2024 <small>Jun 25, 2024 at 08:38:21 Kabupaten Badung Bali Indonesia Cernag</small> 	10 Juli 2024 <small>Jul 10, 2024 at 08:37:51 Kabupaten Badung Bali Indonesia Cernag</small> 	25 Juli 2024 <small>Jul 25, 2024 at 08:07:48 Kabupaten Badung Bali Indonesia Cernag</small> 
9 Agustus 2024 <small>Aug 9, 2024 at 09:32:08</small> 	24 Agustus 2024 <small>Aug 24, 2024 at 08:33:36 Kabupaten Badung Bali Indonesia Cernag</small> 	8 September 2024 <small>Sep 8, 2024 at 09:08:38 Kabupaten Badung Bali Indonesia Cernag</small> 	23 September 2024	







Titik 07







<p>5 Juni 2024</p> 	<p>10 Juni 2024</p> 	<p>25 Juni 2024</p> 	<p>10 Juli 2024</p> 	<p>25 Juli 2024</p> 
<p>9 Agustus 2024</p> 	<p>24 Agustus 2024</p> 	<p>8 September 2024</p> 	<p>23 September 2024</p> 	<p></p>









Titik 08

<p>5 Juni 2024</p> 	<p>10 Juni 2024</p> 	<p>25 Juni 2024</p> 	<p>10 Juli 2024</p> 	<p>25 Juli 2024</p> 
<p>9 Agustus 2024</p> 	<p>24 Agustus 2024</p> 	<p>8 September 2024</p> 	<p>23 September 2024</p> 	<p></p>






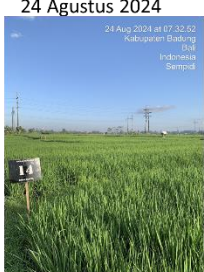


Titik 09				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	23 September 2024	








Titik 10				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	23 September 2024	








Titik 11				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	23 September 2024	










Titik 12				
5 Juni 2024	10 Juni 2024 	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	23 September 2024 	








Titik 13				
5 Juni 2024	10 Juni 2024 	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	23 September 2024 	









Titik 14				
5 Juni 2024	10 Juni 2024 	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	23 September 2024 	









Titik 15				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	23 September 2024	
				








Titik 16				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	23 September 2024	
				

Titik 17				
5 Juni 2024 	10 Juni 2024 	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	9 Oktober 2024 	

Titik 18				
5 Juni 2024 	10 Juni 2024	25 Juni 2024 	10 Juli 2024 	25 Juli 2024 
9 Agustus 2024 	24 Agustus 2024 	8 September 2024 	23 September 2024	

Titik 19				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	9 Oktober 2024	
				

Titik 20				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	9 Oktober 2024	
				

Titik 21				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	9 Oktober 2024	
				

Titik 22				
5 Juni 2024	10 Juni 2024	25 Juni 2024	10 Juli 2024	25 Juli 2024
				
9 Agustus 2024	24 Agustus 2024	8 September 2024	9 Oktober 2024	
				

Titik 23

5 Juni 2024



10 Juni 2024



25 Juni 2024



10 Juli 2024



25 Juli 2024



9 Agustus 2024



24 Agustus 2024



8 September 2024



9 Oktober 2024



Lampiran 5: Hasil perhitungan NDVI pada titik-titik pengamatan

Tanggal	Titik 1	umur padi(hari)	Titik 2	umur padi(hari)	Titik 3	umur padi(hari)	Titik 4	umur padi(hari)	Titik 5	umur padi(hari)
5 Juni 2024			0.392836		0.165087		0.31341		0.116764	
10 Juni 2024	0.263288				0.353545		0.281545		0.160494	1
15 Juni 2024	0.288969		0.253531		0.202107	3	0.289053		0.205809	6
20 Juni 2024						8		3	0.253188	11
25 Juni 2024	0.148615		0.160592			13		8		16
30 Juni 2024			0.13888			18		13		21
5 Juli 2024	0.121951		0.214736			23		18		26
10 Juli 2024				2		28		23		31
15 Juli 2024	0.122797			7		33		28	0.342516	36
20 Juli 2024	0.081799	0		12	0.595281	38		33	0.651026	41
25 Juli 2024	0.234599	5	0.363636	17	0.769493	43	0.702661	38	0.758621	46
30 Juli 2024		10		22		48		43		51
4 Agustus 2024	0.205736	15	0.336358	27	0.59887	53		48	0.603065	56
9 Agustus 2024		20		32		58		53		61
14 Agustus 2024	0.256854	25	0.576367	37		63		58		66
19 Agustus 2024	0.314897	30	0.61162	42		68		63		71
24 Agustus 2024		35		47	0.509854	73		68		76
29 Agustus 2024		40		52	0.636997	78	0.716759	73	0.645011	81
3 Septemberr 2024	0.457831	45		57		83		78		86
8 Septemberr 2024	0.552874	50	0.707906	62	0.582731	88	0.650686	83	0.616954	91

Tanggal	6	umur padi(hari)	7	umur padi(hari)	8	umur padi(hari)	9	umur padi(hari)	10	umur padi(hari)
5 Juni 2024					0.22397		0.241498		0.412949	
10 Juni 2024	0.129363	4	0.212059							

15 Juni 2024	0.158856	9	0.211034	0	0.210893		0.177662		0.459873	
20 Juni 2024	0.247487	14	0.255443	5	0.219182	2	0.17555	0	0.505409	
25 Juni 2024	0.321023	19	0.270024	10	0.144568	7	0.179501	5	0.398653	
30 Juni 2024		24		15		12		10		
5 Juli 2024		29	0.324535	20	0.268012	17	0.292201	15	0.541838	
10 Juli 2024		34		25		22		20		
15 Juli 2024		39		30	0.357895	27	0.433501	25		
20 Juli 2024	0.598216	44		35	0.354132	32		30	0.455101	
25 Juli 2024	0.782421	49	0.776138	40	0	37	0.67249	35	0	
30 Juli 2024		54		45		42		40		
4 Agustus 2024		59		50	0.72517	47	0.790842	45	0.230508	
9 Agustus 2024	0.545588	64		55		52		50		
14 Agustus 2024	0.708137	69	0.7163	60	0.678882	57	0.757853	55	0.220968	
19 Agustus 2024		74		65		62		60		
24 Agustus 2024		79		70		67	0.584063	65		
29 Agustus 2024	0.603858	84	0.646643	75		72		70	0.188653	
3 Septemberr 2024		89		80	0.578	77	0.354142	75		
8 Septemberr 2024	0.38246	94		85		82		80	0.188014	5

Tanggal	11	umur padi(hari)	12	umur padi(hari)	13	umur padi(hari)	14	umur padi(hari)	15	umur padi(hari)
5 Juni 2024	0.240191								0.417239	
10 Juni 2024							0.24693		0.291625	
15 Juni 2024	0.37987	3	0.307856		0.399387		0.280711		0.524454	
20 Juni 2024	0.477393	8								
25 Juni 2024	0.362406	13								
30 Juni 2024		18							0.330331	
5 Juli 2024	0.61685	23	0.250331		0.248252		0.216418		0.546138	

10 Juli 2024		28		5		5		5		
15 Juli 2024	0.548112	33	0.140146	10	0.096438	10	0.106286	10		
20 Juli 2024	0.631127	38		15		15		15		
25 Juli 2024	0.758724	43	0.434568	20	0.403884	20	0.23588	20	0.406309	
30 Juli 2024		48		25		25		25		
4 Agustus 2024	0.764144	53		30		30		30	0.435163	
9 Agustus 2024	0.419327	58		35		35		35		
14 Agustus 2024		63	0.711082	40	0.674978	40	0.604013	40	0.17712	
19 Agustus 2024		68	0.636289	45	0.673303	45	0.642564	45		
24 Agustus 2024		73		50		50		50		3
29 Agustus 2024		78		55		55		55	0.369896	8
3 Septemberr 2024		83		60		60		60	0.374197	13
8 Septemberr 2024	0.457062	88		65		65	0.585994	65		18

Tanggal	16	umur padi(hari)	17	umur padi(hari)	18	umur padi(hari)	19	umur padi(hari)	20	umur padi(hari)
5 Juni 2024	0.479496			103		90		7		7
10 Juni 2024	0.335066		0.520727	108	0.596561	95		12		12
15 Juni 2024	0.461358		0.537179	113	0.605734	100	0.376548	17	0.432735	17
20 Juni 2024					0.469676	105		22		22
25 Juni 2024	0.121287					110		27		27
30 Juni 2024	0.196322					115		32		32
5 Juli 2024	0.332872		0.335002				0.530055	37	0.61189	37
10 Juli 2024		3						42		42
15 Juli 2024		8	0.252941		0.315131		0.478301	47		47
20 Juli 2024		13					0.678871	52		52
25 Juli 2024	0.333333	18	0.360009		0.286658		0.741591	57	0.746253	57
30 Juli 2024		23						62		62

4 Agustus 2024		28	0.281811		0.258145			67		67
9 Agustus 2024		33						72		72
14 Agustus 2024		38	0.078614		0.022913			77		77
19 Agustus 2024	0.506577	43						82	0.594215	82
24 Agustus 2024	0.427358	48						87		87
29 Agustus 2024	0.665439	53						92	0.562819	92
3 Septemberr 2024	0.667925	58	0.169508		0.061535			97		97
8 Septemberr 2024		63			0.198556		0.494442	102	0.454438	102

Tanggal	21	umur padi(hari)	22	umur padi(hari)	23	umur padi(hari)
5 Juni 2024		7		106		106
10 Juni 2024		12	0.474252	111	0.538462	111
15 Juni 2024	0.289459	17	0.557145	116	0.566617	
20 Juni 2024		22	0.447801		0.44932	
25 Juni 2024		27				
30 Juni 2024		32				
5 Juli 2024	0.469581	37				
10 Juli 2024		42				
15 Juli 2024		47	0.560551		0.418256	
20 Juli 2024		52				
25 Juli 2024	0.757638	57	0.530909		0.434123	
30 Juli 2024		62	0.244454			
4 Agustus 2024		67				
9 Agustus 2024		72				
14 Agustus 2024		77	0.469906		0.321244	
19 Agustus 2024	0.689557	82			0.371151	
24 Agustus 2024		87		3		10

29 Agustus 2024	0.625662	92	0.458416	8	0.438159	15
3 Septemberr 2024		97		13		
8 Septemberr 2024	0.544586	102	0.403283	18		

Lampiran 6: Hasil dan Dokumentasi Pengubinan







Lampiran 7: Skrip Pengolahan Citra Satelit (Cloud Computing) Google Earth Engine

7.1. Skrip *Google Earth Engine* (GEE) untuk menghitung luas lahan tanaman padi

```
// Tentukan daerah analisis dengan geometri
// Tanggal periode pengamatan
var startDateT1 = '2024-01-01';
var endDateT1 = '2024-04-15';

var startDateT2 = '2024-03-15';
var endDateT2 = '2024-06-15';

var startDateT3 = '2024-04-15';
var endDateT3 = '2024-07-15';

var startDateT4 = '2024-05-15';
var endDateT4 = '2024-08-06';

var startDateT5 = '2024-06-15';
var endDateT5 = '2024-09-06';

function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60');

  // Bit 10 dan 11 masing-masing adalah awan dan cirrus.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;

  // Kedua bendera harus disetel ke nol, yang menunjukkan kondisi jelas.
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

  return image.updateMask(mask).divide(1);
}

////////////////////////////////////
var citraT1 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
  .filterDate(startDateT1, endDateT1)
  // Pre-filter to get less cloudy granules.
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',25))// set sesuai kebutuhan
  .filterBounds (daerah1)
  .map(maskS2clouds)
  .median()
  .clip(daerah1);
// skrip untuk menghitung jumlah citra yang memenuhi kriteria
var JumlahcitraT1 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
  .filterDate(startDateT1, endDateT1)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',25))
  .filterBounds (daerah1);

////////////////////////////////////
```

```

var citraT2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT2, endDateT2)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
    .filterBounds (daerah1)
    .map(maskS2clouds)
    .median()
    .clip(daerah1);
var JumlahcitraT2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT2, endDateT2)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
    .filterBounds (daerah1);

////////////////////////////////////
var citraT3 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT3, endDateT3)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
    .filterBounds (daerah1)
    .map(maskS2clouds)
    .median()
    .clip(daerah1);

var JumlahcitraT3 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT3, endDateT3)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
    .filterBounds (daerah1);
////////////////////////////////////
var citraT4 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT4, endDateT4)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
    .filterBounds (daerah1)
    .map(maskS2clouds)
    .median()
    .clip(daerah1);

var JumlahcitraT4 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT4, endDateT4)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
    .filterBounds (daerah1);
////////////////////////////////////
var citraT5 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT5, endDateT5)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
    .filterBounds (daerah1)
    .map(maskS2clouds)
    .median()
    .clip(daerah1);

var JumlahcitraT5 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDateT5, endDateT5)

```

```

        .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',20))
        .filterBounds (daerah1);

////////////////////////////////////

print (JumlahcitraT1, 'CitraT1');
print (JumlahcitraT2, 'CitraT2');
print (JumlahcitraT3, 'CitraT3');
print (JumlahcitraT4, 'CitraT4');
print (JumlahcitraT5, 'CitraT5');

//Menampilkan jumlah citra dalam koleksi ke konsol
var countT1 = JumlahcitraT1.size();
print('Jumlah CitraT1', countT1);

var countT2 = JumlahcitraT2.size();
print('Jumlah CitraT2', countT2);

var countT3 = JumlahcitraT3.size();
print('Jumlah CitraT3', countT3);

var countT4 = JumlahcitraT4.size();
print('Jumlah CitraT4', countT4);

var countT5 = JumlahcitraT5.size();
print('Jumlah CitraT5', countT5);

// Skrip untuk menampilkan citra pada peta

var RGBTrueT1 = citraT1.select(['B4', 'B3', 'B2']);
var RGBTrueT2 = citraT2.select(['B4', 'B3', 'B2']);
var RGBTrueT3 = citraT3.select(['B4', 'B3', 'B2']);
var RGBTrueT4 = citraT4.select(['B4', 'B3', 'B2']);
var RGBTrueT5 = citraT5.select(['B4', 'B3', 'B2']);

var RGBparam = { min: 0, max: 3000,};

Map.addLayer(RGBTrueT1, RGBparam, 'Sentinel RGB T1');
Map.addLayer(RGBTrueT2, RGBparam, 'Sentinel RGB T2');
Map.addLayer(RGBTrueT3, RGBparam, 'Sentinel RGB T3');
Map.addLayer(RGBTrueT4, RGBparam, 'Sentinel RGB T4');
Map.addLayer(RGBTrueT5, RGBparam, 'Sentinel RGB T5');

Map.centerObject(daerah1, 10);

// Skrip untuk Klasifikasi Citra

```

```

var
aoi=Air.merge(Sawah).merge(Kebun).merge(LahanTerbangun).merge(Hutan).merge(Mangrove).merge(LahanT
erbuka).merge(PadangRumput).merge(Hortikultura).merge(Unclassified);//Area training

// Pilih band yang akan digunakan untuk klasifikasi
var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7', 'B8', 'B11', 'B12'];

//Terapkan skrip untuk masing-masing kelompok citra

var trainingT1 = citraT1.select(bands).sampleRegions({
collection: aoi,
properties: ['Class'],
scale: 40
});

var RFclassifierT1 = ee.Classifier.smileRandomForest(500).train({
features : trainingT1,
classProperty : 'Class',
inputProperties: bands
});

var ClassifiedT1 = citraT1.classify(RFclassifierT1);

////////////////////////////////////

var trainingT2 = citraT2.select(bands).sampleRegions({
collection: aoi,
properties: ['Class'],
scale: 40
});

var RFclassifierT2 = ee.Classifier.smileRandomForest(500).train({
features : trainingT2,
classProperty : 'Class',
inputProperties: bands
});

var ClassifiedT2 = citraT2.classify(RFclassifierT2);

////////////////////////////////////

var trainingT3 = citraT3.select(bands).sampleRegions({
collection: aoi,
properties: ['Class'],
scale: 40
});

var RFclassifierT3 = ee.Classifier.smileRandomForest(500).train({
features : trainingT3,

```

```

classProperty : 'Class',
inputProperties: bands
});

var ClassifiedT3 = citraT3.classify(RFclassifierT3);
////////////////////////////////////

var trainingT4 = citraT4.select(bands).sampleRegions({
collection: aoi,
properties: ['Class'],
scale: 40
});

var RFclassifierT4 = ee.Classifier.smileRandomForest(500).train({
features : trainingT4,
classProperty : 'Class',
inputProperties: bands
});

var ClassifiedT4 = citraT4.classify(RFclassifierT4);
////////////////////////////////////

var trainingT5 = citraT5.select(bands).sampleRegions({
collection: aoi,
properties: ['Class'],
scale: 40
});

var RFclassifierT5 = ee.Classifier.smileRandomForest(500).train({
features : trainingT5,
classProperty : 'Class',
inputProperties: bands
});

var ClassifiedT5 = citraT5.classify(RFclassifierT5);

// Menampilkan hasil klasifikasi pada peta

var Tutupan = [
'3358FF', //air (0)
'35F5EA', //Sawah (1)
'40843B', //Kebun (2)
'F5AC35', //Lahan Terbangun (3)
'CFADCF', //Mangrove (4)
'DDF981', //Hortikultura (5)
'AFAD9C', //LahanTerbuka (6)
];
var BadungT1 = ClassifiedT1.clip(daerah1);
var BadungT2 = ClassifiedT2.clip(daerah1);
var BadungT3 = ClassifiedT3.clip(daerah1);

```

```

var BadungT4 = ClassifiedT4.clip(daerah1);
var BadungT5 = ClassifiedT5.clip(daerah1);

Map.addLayer(BadungT1, {palette: Tutupan, min: 0, max: 6}, 'Klasifikasi T1',false);
Map.addLayer(BadungT2, {palette: Tutupan, min: 0, max: 6}, 'Klasifikasi T2',false);
Map.addLayer(BadungT3, {palette: Tutupan, min: 0, max: 6}, 'Klasifikasi T3',false);
Map.addLayer(BadungT4, {palette: Tutupan, min: 0, max: 6}, 'Klasifikasi T4',false);
Map.addLayer(BadungT5, {palette: Tutupan, min: 0, max: 6}, 'Klasifikasi T5',false);

// Uji akurasi Klasifikasi
// Get a confusion matrix and overall accuracy for the training sample.

var uji_aoi = GCP;

var validasiT1 = ClassifiedT1.sampleRegions({
  collection: uji_aoi,
  properties: ['Class'],
  scale: 30,
});

var validasiT2 = ClassifiedT2.sampleRegions({
  collection: uji_aoi,
  properties: ['Class'],
  scale: 30,
});

var validasiT3 = ClassifiedT3.sampleRegions({
  collection: uji_aoi,
  properties: ['Class'],
  scale: 30,
});

var validasiT4 = ClassifiedT4.sampleRegions({
  collection: uji_aoi,
  properties: ['Class'],
  scale: 30,
});

var validasiT5 = ClassifiedT5.sampleRegions({
  collection: uji_aoi,
  properties: ['Class'],
  scale: 30,
});

//menampilkan hasil tes akurasi pada konsol

var akurasiT1 = validasiT1.errorMatrix('Class', 'classification');
//print('Confusion matrix T1', akurasiT1);
print('Overall accuracy T1: ', akurasiT1.accuracy());

```

```

var akurasiT2 = validasiT2.errorMatrix('Class', 'classification');
//print('Confusion matrix T2', akurasiT2);
print('Overall accuracy T2: ', akurasiT2.accuracy());

var akurasiT3 = validasiT3.errorMatrix('Class', 'classification');
//print('Confusion matrix T3', akurasiT3);
print('Overall accuracy T3: ', akurasiT3.accuracy());

var akurasiT4 = validasiT4.errorMatrix('Class', 'classification');
//print('Confusion matrix T4', akurasiT4);
print('Overall accuracy T4: ', akurasiT4.accuracy());

var akurasiT5 = validasiT5.errorMatrix('Class', 'classification');
//print('Confusion matrix T5', akurasiT5);
print('Overall accuracy T5: ', akurasiT5.accuracy());

// Menampilkan tingkat kepentingan variabel

var explainT1 = RFclassifierT1.explain();
print(explainT1, 'Explain T1');

var explainT2 = RFclassifierT2.explain();
print(explainT2, 'Explain T2');

var explainT3 = RFclassifierT3.explain();
print(explainT3, 'Explain T3');

var explainT4 = RFclassifierT4.explain();
print(explainT4, 'Explain T4');

var explainT5 = RFclassifierT5.explain();
print(explainT5, 'Explain T5');

//Skrip untuk majority filter

var R1 = ClassifiedT1;
var R2 = ClassifiedT2;
var R3 = ClassifiedT3;
var R4 = ClassifiedT4;
var R5 = ClassifiedT5;

// Gabungkan raster
var stack = ee.Image([R1, R2, R3, R4, R5]);

// Hitung modus (nilai yang paling umum) di seluruh band citra
var mode = stack.reduce(ee.Reducer.mode());

// Hitunglah frekuensi nilai modusnya

```

```

var freq = stack.eq(mode).reduce(ee.Reducer.sum());

// Buat masker di mana nilai modenya tidak dominan
var modeNotDominant = freq.lte(2);

// Periksa apakah salah satu raster memiliki nilai 2
var hasValue2 = stack.eq(2).reduce(ee.Reducer.anyNonZero());

// Periksa apakah modulusnya 4 atau 1
var models4 = mode.eq(4);
var models1 = mode.eq(1);

// Buat raster akhir R6
var R6 = ee.Image(2)
  .where(models4.or(models1).or(hasValue2.not()), mode)
  .where(modeNotDominant, R5);

var TuplahBadung = R6.clip(daerah);

Map.addLayer(TuplahBadung, {palette: Tutupan, min: 0, max: 6}, 'FinalResults',false);

var stylePolygon = {
  color: 'red', // Warna garis batas
  fillColor: '00000000', // Transparan (RGB format: 00 berarti transparan)
  width: 1 // Lebar garis batas
};

Map.addLayer(daerah.style(stylePolygon), {}, 'Badung');

////////////////////////////////////

/*
// Ekspor citra sebagai file raster ke Google Drive
Export.image.toDrive({
  image: citraT1,
  description: 'Sentinel_2A_2021',
  scale: 20,
  region: daerah,
  folder: '2019', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
  crs: 'EPSG:4326', // WGS84
  maxPixels: 1e13
});

Export.image.toDrive({
  image: ClassifiedT1,
  description: 'RF_Classified_T1',
  region: daerah,
  scale: 20,
  fileFormat: 'GeoTIFF',

```

```

    folder: '2019', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
    // crs: 'EPSG:4326', // WGS84
    crs: 'EPSG:32750', // UTM Zone 50S
    maxPixels: 1e13,
  });

  */
  Export.image.toDrive({
    image: R6,
    description: 'KlasifikasiFinal2024',
    region: daerah,
    scale: 20,
    fileFormat: 'GeoTIFF',
    folder: '2024', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
    // crs: 'EPSG:4326', // WGS84
    crs: 'EPSG:32750', // UTM Zone 50S
    maxPixels: 1e13,
  });

```

7.2. Skrip GEE untuk menghitung Produktivitas Padi

```

// Tanggal periode pengamatan
var startDate = '2024-05-01';
var endDate = '2024-10-15';

function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60');

  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;

  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

  return image.updateMask(mask).divide(1);
}

var citra2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
  .filterDate(startDate, endDate)
  // Pre-filter to get less cloudy granules.
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 30))
  .filterBounds(geometry)
  .map(maskS2clouds)
  .median()
  .clip(geometry);

var Jumlahcitra = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
  .filterDate(startDate, endDate)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 30))
  .filterBounds(geometry);

```

```

// Menghitung jumlah citra dalam koleksi
var count = Jumlahcitra.size();
var scenelDs = Jumlahcitra.aggregate_array('system:index');
print('Jumlah Citra', count);
print('Scene IDs', scenelDs);

//visualisasi citra komposit
var RGBTrue = citra2.select(['B4', 'B3', 'B2']);
var RGBparam = { min: 0, max: 3000};
Map.centerObject(citra2, 10);
Map.addLayer(RGBTrue, RGBparam, 'RGB True');

function addNDVI(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI');
  return image.addBands(ndvi);
}

var citra = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
  .filterDate(startDate, endDate)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
  .filterBounds(geometry)
  .map(maskS2clouds)
  .map(addNDVI)
  .select('NDVI')
  .max();

// Mengaplikasikan mean filter dengan window 3x3
var kernel = ee.Kernel.square({radius: 1}); // Kernel 3x3 (radius = 1 pixel)
var ndvi_smoothed = citra.reduceNeighborhood({
  reducer: ee.Reducer.median(), // Median filter
  kernel: kernel
}).rename('NDVI_Smoothed'); // Rename untuk hasil yang difilter

var ndvi_smooth_clip = (ndvi_smoothed.clip (padi))

//Rumus/model produktivitas dapat berubah menyesuaikan dengan hasil penelitian
var prod = ((ndvi_smoothed.subtract(0.1)).multiply(24.622)).subtract(7.8083).rename('produktivitas');

var prodSawah = (prod.clip (padi))
var prodparam = {min: 3, max: 14, palette:['red','blue', 'white', 'green']};
var NDVIparam = {min: -1, max: 1, palette:['red','blue', 'white', 'green']};

Map.addLayer(prodSawah, prodparam, 'produktivitas');
Map.addLayer(ndvi_smooth_clip, NDVIparam, 'ndvi',false);

var stylePolygon = {
  color: 'red', // Warna garis batas

```

```
fillColor: '00000000', // Transparan (RGB format: 00 berarti transparan)
width: 1 // Lebar garis batas
};
```

```
Map.addLayer(table.style(stylePolygon), {}, 'Badung');
```

```
var styleTitik = {
  color: 'yellow', // Warna titik
  pointSize: 5 // Ukuran titik
};
```

```
Map.addLayer(obsPoints.style(styleTitik), {}, 'Titik Observasi', false);
```

```
Export.image.toDrive({
  image: ndvi_smooth_clip,
  description: 'NDVI_max_median2024',
  scale: 20,
  region: table,
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  folder: '2024', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
// crs: 'EPSG:4326', // WGS84
  crs: 'EPSG:32750', // UTM 50 S
  maxPixels: 1e13,
});
```

```
Export.image.toDrive({
  image: prodSawah,
  description: 'ProduktivitasPadi2024_med',
  scale: 20,
  region: table,
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  folder: '2024', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
// crs: 'EPSG:4326', // WGS84
  crs: 'EPSG:32750', // UTM 50 S
  maxPixels: 1e13,
});
```

7.3. Skrip GEE untuk pemantauan kesehatan padi, umur dan estimasi produksi gabah

```
///pastikan tanggal di input dengan berurut sesuai tanggal
```

```
var startDate2 = '2024-09-22';
var endDate2 = '2024-09-24';
```

```
var startDate1 = '2024-09-12';
var endDate1 = '2024-09-14';
```

```

var citra1 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDate1, endDate1)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 100))
    // .map(maskS2clouds)
    .median()
    .clip(boundary);

var citra2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDate2, endDate2)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 100))
    .median()
    .clip(boundary)

var RGBparam = { min: 0, max: 3000,};
var RGBTrue1 = citra1.select(['B4', 'B3', 'B2']);
var RGBTrue2 = citra2.select(['B4', 'B3', 'B2']);

Map.centerObject(titikLokasi, 10);
Map.addLayer(RGBTrue1, RGBparam, 'Citra 1',false);
Map.addLayer(RGBTrue2, RGBparam, 'Citra 2',false);

//*****
function maskAwan1(image) {
    var qa1 = citra1.select('SCL'); // Memuat band Scene Classification Layer (SCL)

    // Klasifikasi nilai SCL: 4 = vegetation, 5 = not vegetated, 6 = water, 7 = unclassified, 8-9 = cloud shadows, 10-11
    = clouds
    var mask = qa1.neq(8).and(qa1.neq(9)).and(qa1.neq(10)).and(qa1.neq(11)); //.neq artinya "not equal"
    return image.updateMask(mask); // Terapkan mask dan kembalikan image
}
function maskAwan2(image) {
    var qa2 = citra2.select('SCL'); // Memuat band Scene Classification Layer (SCL)

    // Klasifikasi nilai SCL: 4 = vegetation, 5 = not vegetated, 6 = water, 7 = unclassified, 8-9 = cloud shadows, 10-11
    = clouds
    var mask = qa2.neq(8).and(qa2.neq(9)).and(qa2.neq(10)).and(qa2.neq(11)); //.neq artinya "not equal"
    return image.updateMask(mask); // Terapkan mask dan kembalikan image
}

var citraBersih1 = maskAwan1(citra1).clip (table);
var citraBersih2 = maskAwan2(citra2).clip (table);

// Tentukan parameter visualisasi
var rgbVis = {
    min: 0.0,
    max: 3000,
    bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
};

```

```
Map.addLayer(citraBersih1, rgbVis, 'CitraBersih1',false);
Map.addLayer(citraBersih2, rgbVis, 'CitraBersih2',false);
```

```
//*****Untuk perhitungan Indeks*****
```

```
var nir1 = citraBersih1.select('B8');
var red1 = citraBersih1.select('B3');
var blue1 = citraBersih1.select('B2');
var swir1 = citraBersih1.select('B11');
```

```
var nir2 = citraBersih2.select('B8');
var red2 = citraBersih2.select('B3');
var blue2 = citraBersih2.select('B2');
var swir2 = citraBersih2.select('B11');
```

```
var ndvisingle1 = nir1.subtract(red1).divide(nir1.add(red1)).rename('NDVI-1').clip(LSD);
var LWCIsingle1 = nir1.subtract(swir1).divide(nir1.add(swir1)).rename('LWCI-1');
```

```
var EVIsingle_raw1 =
(nir1.subtract(red1)).divide(nir1.add(red1.multiply(6)).subtract(blue1.multiply(7.5)).add(1)).multiply(2.5).rename('EVI-1');
```

```
//koreksiEVI
```

```
//filter median 3x3
```

```
var EVIsingle1_median = EVIsingle_raw1.reduceNeighborhood({
  reducer: ee.Reducer.median(),
  kernel: ee.Kernel.square(3)
});
```

```
var EVIsingle1_min = EVIsingle1_median.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.min(),
  geometry: padi, // Area of interest
  scale: 20,
  bestEffort: true
}).get('EVI-1_median');
```

```
var EVIsingle1_max = EVIsingle1_median.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.max(),
  geometry: padi,
  scale: 20,
  bestEffort: true
}).get('EVI-1_median');
```

```
// Buat raster normalisasi EVI di rentang -1 sampai +1
```

```
var EVIsingle1 = EVIsingle1_median
.subtract(ee.Number(EVIsingle1_min)) // Kurangi dengan nilai minimum
.divide(ee.Number(EVIsingle1_max).subtract(ee.Number(EVIsingle1_min))) // Bagi dengan rentang (max-min)
.multiply(2) // Ubah rentang menjadi 2
.subtract(1) // Ubah rentang dari [0, 2] menjadi [-1, 1]
.rename('EVI-1_normalized');
```

```

//Menghitung indeks RSI, NDVI, LWCI dan EVI

var RSISingle1 = (EVISingle1.add(LWCISingle1)).divide(-2).add(1).rename('RSI-1').clip(padi);

var ndvisingle2 = nir2.subtract(red2).divide(nir2.add(red2)).rename('NDVI-2').clip(padi);
var LWCIsingle2 = nir2.subtract(swir2).divide(nir2.add(swir2)).rename('LWCI-2');
var
                                EVISingle_raw2
(nir2.subtract(red2)).divide(nir2.add(red2.multiply(6))).subtract(blue1.multiply(7.5)).add(1)).multiply(2.5).rename('EVI-2');

var EVISingle2_median = EVISingle_raw2.reduceNeighborhood({
  reducer: ee.Reducer.median(),
  kernel: ee.Kernel.square(3)
});

var EVISingle2_min = EVISingle2_median.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.min(),
  geometry: padi, // Area of interest
  scale: 20,
  bestEffort: true
}).get('EVI-2_median');

var EVISingle2_max = EVISingle2_median.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.max(),
  geometry: padi,
  scale: 20,
  bestEffort: true
}).get('EVI-2_median');

// Buat raster normalisasi EVI di rentang -1 sampai +1
var EVISingle2 = EVISingle2_median
  .subtract(ee.Number(EVISingle1_min)) // Kurangi dengan nilai minimum
  .divide(ee.Number(EVISingle1_max).subtract(ee.Number(EVISingle1_min))) // Bagi dengan rentang (max-min)
  .multiply(2) // Ubah rentang menjadi 2
  .subtract(1) // Ubah rentang dari [0, 2] menjadi [-1, 1]
  .rename('EVI-2_normalized');

////////////////////////////////*****

var RSISingle2 = (EVISingle2.add(LWCISingle2)).divide(-2).add(1).rename('RSI-2').clip(padi);

////////////////////////////////

var NDVIparam = {min: -1, max: 1, palette:['blue', 'white', 'green']};
var LWCIparam = {min: -1, max: 1, palette:['blue', 'white', 'green']};
var EVIparam = {min: -1, max: 1, palette:['green', 'yellow', 'red']};

```

```

var RSIParam = {min: 0, max: 2, palette:['green', 'yellow', 'red']};

Map.addLayer(ndvisingle1.clip(padi), NDVIparam, 'NDVI-1');
Map.addLayer(LWCIsingle1.clip(padi), LWCIparam, 'LWCI-1', false);
Map.addLayer(EVIsingle1.clip (padi), EVIparam, 'EVI-1', false);
Map.addLayer(RSIsingle1, RSIParam, 'RSI-1');

Map.addLayer(ndvisingle2.clip(padi), NDVIparam, 'NDVI-2');
Map.addLayer(LWCIsingle2.clip(padi), LWCIparam, 'LWCI-2', false);
Map.addLayer(EVIsingle2.clip (padi), EVIparam, 'EVI-2', false);
Map.addLayer(RSIsingle2, RSIParam, 'RSI-2');

//***** Operasi klasifikasi umur padi

var deltaNDVI= ndvisingle2.subtract(ndvisingle1).clip (padi);
var deltaparam = {
  min: -1, // Nilai minimum (untuk merah) padi menuju fase pematangan
  max: 1, // Nilai maksimum (untuk hijau) fase vegetatif, 0=tidak ada perubahan
  palette: ['red', 'white', 'green'] // Warna: negatif (merah), nol (putih), positif (hijau)
};

Map.addLayer(deltaNDVI, deltaparam, 'Delta NDVI', false);

// Logika untuk membuat raster UmurPadi
var UmurPadi = ndvisingle2
// Kondisi 1: Jika nilai ndvisingle2 negatif dan kurang dari 0.096, maka UmurPadi = fase air 0
.where(ndvisingle2.lt(0.096).and(ndvisingle2.lt(0)), 0)

// Kondisi 2: Jika nilai ndvisingle2 antara 0.096 - 0.244 dan deltaNDVI positif, maka UmurPadi = 1-2 MST
.where(ndvisingle2.gte(0.096).and(ndvisingle2.lt(0.244)).and(deltaNDVI.gt(0)), 1)

// Kondisi 3: Jika nilai ndvisingle2 antara 0.244 - 0.356 dan deltaNDVI positif, maka UmurPadi = 2-4 MST
.where(ndvisingle2.gte(0.244).and(ndvisingle2.lt(0.356)).and(deltaNDVI.gt(0)), 2)

// Kondisi 4: Jika nilai ndvisingle2 antara 0.356 - 0.577 dan deltaNDVI positif, maka UmurPadi = 4-6 MST
.where(ndvisingle2.gte(0.356).and(ndvisingle2.lt(0.577)).and(deltaNDVI.gt(0)), 3)

// Kondisi 5: Jika nilai ndvisingle2 antara 0.577 - 0.649 dan deltaNDVI positif, maka UmurPadi = 6-8 MST
.where(ndvisingle2.gte(0.577).and(ndvisingle2.lt(0.649)).and(deltaNDVI.gt(0)), 4)

// Kondisi 6: Jika nilai ndvisingle2 antara 0.649 - 1 dan deltaNDVI positif, maka UmurPadi = 8-10 MST
.where(ndvisingle2.gte(0.649).and(ndvisingle2.lte(1)).and(deltaNDVI.gt(0)), 5)

// Kondisi 7: Jika nilai ndvisingle2 antara 0.354 - 0.6 dan deltaNDVI negatif, maka UmurPadi = 10-16 MST
.where(ndvisingle2.gte(0.354).and(ndvisingle2.lt(0.6)).and(deltaNDVI.lt(0)), 6)
.where(ndvisingle2.gte(0.01).and(ndvisingle2.lt(0.354)).and(deltaNDVI.lt(0)), 7); //bera

var paletteumur = ['1fe7e7', '98e71f', '79b61c', '83d13d', '64a42a', '35640b', 'dbdb2c','b27f22'];

```

```

Map.addLayer(UmurPadi, {min: 0, max: 7, palette: paletteumur}, 'Umur Padi');

// Fungsi untuk membuat legenda
function makeLegend(palette, names, title) {
  var legend = ui.Panel({
    style: {
      position: 'bottom-left',
      padding: '8px 15px'
    }
  });

  // Judul legenda
  var legendTitle = ui.Label({
    value: title,
    style: {
      fontWeight: 'bold',
      fontSize: '16px',
      margin: '0 0 4px 0',
      padding: '0'
    }
  });

  legend.add(legendTitle);

  // Fungsi untuk membuat item legenda (warna + label)
  function makeRow(color, name) {
    var colorBox = ui.Label({
      style: {
        backgroundColor: color,
        padding: '8px',
        margin: '0 0 4px 0'
      }
    });

    var description = ui.Label({
      value: name,
      style: {
        margin: '0 0 4px 6px'
      }
    });

    return ui.Panel({
      widgets: [colorBox, description],
      layout: ui.Panel.Layout.Flow('horizontal')
    });
  }

  // Tambahkan setiap warna dan label ke legenda
  for (var i = 0; i < palette.length; i++) {
    legend.add(makeRow('#' + palette[i], names[i])); // '#' untuk mendefinisikan kode warna hex
  }
}

```

```

}

return legend;
}

// Palet warna dan nama kelas untuk legenda
var paletteumur = ['1fe7e7', '98e71f', '79b61c', '83d13d', '64a42a', '35640b', 'dbdb2c', 'b27f22'];
var names = ['Fase air', '1-2MST', '2-4MST', '4-6MST', '6-8MST', '8-10MST', '10-16MST', 'Bera'];

// Judul legenda
var title = 'Umur Padi (MST)';

// Panggil fungsi untuk membuat legenda
var legend = makeLegend(paletteumur, names, title);

// Tambahkan legenda ke peta
Map.add(legend);

// Buat fungsi untuk membuat mask (umur ndvi puncak)
function mask610MST(UmurPadi) {
  return UmurPadi.eq(4).or(UmurPadi.eq(5));
}

// Terapkan fungsi mask ke umur padi
var PeakMST = UmurPadi.mask(mask610MST(UmurPadi));
Map.addLayer(PeakMST, {min: 0, max: 1, palette: ['darkgreen'] }, 'PeakMST', false);

function maskpeakMST(PeakMST) {
  return PeakMST.neq(0);
}

var maskPeak = maskpeakMST(PeakMST);
var RSI_Peak = RSISingle2.updateMask(maskPeak);

// Tampilkan citra hasil
Map.addLayer(RSI_Peak, RSIParam, 'RSI saat 6-10 MST');

////////////////////////////////////
var stylePolygon = {
  color: 'red', // Warna garis batas
  fillColor: '00000000', // Transparan (RGBA format: 00 berarti transparan)
  width: 1 // Lebar garis batas
};

Map.addLayer(table.style(stylePolygon), {}, 'Badung');

var styleTitik = {
  color: 'yellow', // Warna titik

```

```

    pointSize: 5 // Ukuran titik
  };

  Map.addLayer(obsPoints.style(styleTitik), {}, 'Titik Observasi', false);

  /*******PRODUKTIVITAS*****/
  // Tanggal periode pengamatan
  var startDate = '2024-05-01';
  var endDate = '2024-10-15';

  function maskS2clouds(image) {
    var qa = image.select('QA60');

    // Bits 10 and 11 are clouds and cirrus, respectively.
    var cloudBitMask = 1 << 10;
    var cirrusBitMask = 1 << 11;

    // Both flags should be set to zero, indicating clear conditions.
    var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
      .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

    return image.updateMask(mask).divide(1);
  }

  var citra2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDate, endDate)
    // Pre-filter to get less cloudy granules.
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
    .filterBounds (boundary)
    .map(maskS2clouds)
    .median()
    .clip(boundary);

  var Jumlahcitra = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterDate(startDate, endDate)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
    .filterBounds (boundary);

  //print (Jumlahcitra);
  // Menghitung jumlah citra dalam koleksi
  var count = Jumlahcitra.size();
  var scenelDs = Jumlahcitra.aggregate_array('system:index');
  print('Jumlah Citra', count);
  print('Scene IDs', scenelDs);

  //visualisasi citra komposit
  var RGBTrue = citra2.select(['B4', 'B3', 'B2']);
  var RGBparam = { min: 0, max: 3000};

```

```

Map.addLayer(GBTrue, RGBparam, 'Sentinel 2');

function addNDVI(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI');
  return image.addBands(ndvi);
}

var citra_ndvi = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
  .filterDate(startDate, endDate)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
  .filterBounds (boundary)
  .map(maskS2clouds)
  .map(addNDVI)
  .select('NDVI')
  .max(); //fungsi mengambil nilai tertinggi

// Mengaplikasikan mean filter dengan window 3x3
var kernel = ee.Kernel.square({radius: 1}); // Kernel 3x3 / (2xradius+1) (radius = 1 pixel)
var ndvi_smoothed = citra_ndvi.reduceNeighborhood({
  reducer: ee.Reducer.median(), // Median filter
  kernel: kernel
}).rename('NDVI_Smoothed'); // Rename untuk hasil yang difilter

var ndvi_smooth_clip = (ndvi_smoothed.clip (padi))

//Rumus produktivitas dapat berubah menyesuaikan dengan hasil penelitian
var prod = ((ndvi_smooth_clip.subtract(0.1)).multiply(24.622)).subtract(7.8083).rename('produktivitas');

//var prodSawah = (prod.clip (LSD))
var prodparam = {min: 3, max: 14, palette:['red','blue', 'white', 'green']};
var NDVIparam = {min: -1, max: 1, palette:['red','blue', 'white', 'green']};

Map.addLayer(prod, prodparam, 'produktivitas',false);
//Map.addLayer(ndvi_smooth_clip, NDVIparam, 'ndvi utk hitung produktivitas',false);

//***** Estimasi Produksi Gabah*****

// Membuat mask untuk memilih piksel dengan nilai umur padi = 6 pada raster 'UmurPadi'
var maskUmurPadi = UmurPadi.eq(6);

// Mendapatkan luas piksel (dalam meter persegi)
var scale = 20; // Sesuaikan dengan resolusi spasial raster
var areaPerPixel = ee.Image.pixelArea(); // Mendapatkan luas piksel dalam meter persegi

// Membuat raster "produksi" = produktivitas dikalikan luas piksel dan dibagi 10.000 (untuk konversi ke hektar)
var Produksi = prod.updateMask(maskUmurPadi).multiply(areaPerPixel).divide(10000).rename('Produksi');

Map.addLayer(Produksi, {min: 0, max: 0.5, palette: ['red', 'yellow', 'green', 'blue',]}, 'estimasi panen');

```

```

// Menghitung total estimasi produksi padi dengan menjumlahkan semua piksel pada "Produksi"
var produksiTotal = Produksi.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: Produksi.geometry(),
  scale: 20, // Sesuaikan dengan resolusi spasial raster
  maxPixels: 1e13
});

// Menampilkan hasil estimasi produksi total di konsol
print('Estimasi Produksi Gabah H+4Minggu (ton):', produksiTotal.get('Produksi')); // Ganti 'band_name' dengan
nama band di raster "produksi"

// *****Ekspor citra sebagai file raster ke Google Drive*****

Export.image.toDrive({
  image: UmurPadi,
  description: 'UmurPadi23Sept 2024',
  scale: 20,
  region: table,
  folder: 'time-series', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
// crs: 'EPSG:4326', // WGS84
  crs: 'EPSG:32750', // UTM Zone 50S
  maxPixels: 1e13
});

Export.image.toDrive({
  image: RSI_Peak,
  description: 'RSI_Peak23Sept2024',
  scale: 20,
  region: table,
  folder: 'time-series', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
// crs: 'EPSG:4326', // WGS84
  crs: 'EPSG:32750', // UTM Zone 50S
  maxPixels: 1e13
});

Export.image.toDrive({
  image: deltaNDVI,
  description: 'deltaNDVI23Sept2024',
  scale: 20,
  region: table,
  folder: 'time-series', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda
// crs: 'EPSG:4326', // WGS84
  crs: 'EPSG:32750', // UTM Zone 50S
  maxPixels: 1e13
});

Export.image.toDrive({
  image: EVIsingle2,
  description: 'EVI23Sept2024',

```

```
scale: 20,  
region: table,  
folder: 'time-series', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda  
// crs: 'EPSG:4326', // WGS84  
crs: 'EPSG:32750', // UTM Zone 50S  
maxPixels: 1e13  
});
```

```
Export.image.toDrive({  
  image: LWCIsingle2,  
  description: 'LWCI23Sept2024',  
  scale: 20,  
  region: table,  
  folder: 'time-series', // Ganti dengan nama folder di Google Drive Anda  
  // crs: 'EPSG:4326', // WGS84  
  crs: 'EPSG:32750', // UTM Zone 50S  
  maxPixels: 1e13  
});
```

Lampiran 8: Skrip (Coding) Web-GIS Sipadu

Coding WEB-GIS SIPADU (file-file lengkap .php disertakan terpisah)

Header Indek

```
<style>

    body, html {

height: 95%;

margin: 10;

position: relative; /* Set position relative for the body and html */

        font-family: "Trebuchet MS", sans-serif;

    }

    .scrollable-div {

position: absolute;

top: 0%;

left: 50%;

transform: translateX(-50%); /* Align horizontally */

width: 80%;

height: 100%;

max-height: 100vh; /* 100% of viewport height */

overflow-y: auto; /* Enable vertical scrolling */

background-color: rgba(255, 255, 255, 0.8);

padding: 10px; /* Optional: add padding for spacing */

    }

    /*-----*/

    .table-wrapper {
```

```
width: 100%;

overflow-x: auto;

}

table {

width: 100%;

border-collapse: collapse;

}

th, td {

padding: 8px;

text-align: left; /* Align text to the left */

}

th {

background-color: #f2f2f2;

}

/* Responsive styles */

@media screen and (max-width: 600px) {

th, td {

padding: 5px; /* Adjust padding for smaller screens */

}

}

/* ----- */

.flipster {
```

```
height: 200px; /* Set the desired height */  
  
}  
  
.flipster ul {  
  
}  
  
.flipster li {  
  
max-height: 190px; /* Set a max-height for the slides */  
  
}  
  
.flipster img {  
  
max-height: 190px; /* Ensure images fit within the slide height */  
  
}
```

</style>

<style>

```
#legend-container {  
  
width: 100%;  
  
display: flex;  
  
justify-content: left;  
  
margin-top: 0px;  
  
}
```

```
.tableLegend {  
    border-collapse: collapse;  
    width: auto;  
}  
  
.tableLegend tr {  
    table-layout: fixed;  
    width: 100%;  
}  
  
.tableLegend td {  
    padding: 5px; /* Smaller padding for a smaller font size */  
    text-align: left;  
    vertical-align: middle; /* Vertically align the content */  
    font-size: 12px; /* Smaller font size */  
    border: 1px solid black;  
}  
  
.color-box {  
    width: 30px;  
    height: 10px;  
    display: inline-block;  
    margin-right: 5px; /* Space between color box and text */  
}  
  
.custom-tooltip {  
    background-color: white;  
    border: 1px solid #ccc;
```

```
padding: 10px;

border-radius: 4px;

box-shadow: 0 2px 6px rgba(0,0,0,0.2);

position: absolute;

pointer-events: none;

z-index: 1000;

display: none; /* Initially hidden */

font-size: 12px;

color: #333;

}

</style>
```

```
<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css"/>

<script src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js"></script>

<script src="https://unpkg.com/leaflet-ajax/dist/leaflet.ajax.min.js"></script>

<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"></script>

<script src="js/jquery-ui/jquery-ui.min.js"></script>
```

```
<link rel="stylesheet" href="js/jquery-ui/jquery-ui.min.css"/>

<link rel="stylesheet" href="js/jquery-ui/jquery-ui.structure.min.css"/>

<link rel="stylesheet" href="js/jquery-ui/jquery-ui.theme.min.css"/>
```

////////////////////////////////////

```
<style>

    body, html {

        height: 100%;

        margin: 0;

        position: relative; /* Set position relative for the body and html */

            font-family: "Trebuchet MS", sans-serif;

    }

    .map {

        width: 100vp; height: 100%;

        z-index: 1;

    }

    .PanelContainer{

        position: absolute;

        height:550px;

        width:300px;

        top: 10px;

        right: 10px;

        z-index: 2;

        background: white;

        padding: 10px;

        box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 0, 0, 0.5);

    }

    .scrollable-container {
```

```

width: 150px;

height: 100px;

overflow-y: auto;

border: 1px solid #ccc;

padding: 10px;

line-height: 2; /* Adjust the value as needed */
}

.content {

    height: 600px; /* This is just to ensure we have content to scroll */
}

#hidePanelBtn {

    position: absolute;

    left: -40px; /* Adjust distance from the left edge */

    top: 50%;

    transform: translateY(-50%);
}

table{

    border-collapse: separate; /* Ensure border-spacing works */

    border-spacing: 5px; /* Set spacing between cells */
}

.tablePopup{

    border-spacing:0;
}

```

```
.tablePopup tr,td{
    padding: 5px;
}
</style>
```

```
<style>
#legend-container {
    width: 100%;
    display: flex;
    justify-content: left;
    margin-top: 10px;
}
.tableLegend {
    border-collapse: collapse;
    width: auto;
}
.tableLegend tr {
    table-layout: fixed;
    width: 100%;
}
.tableLegend td {
    padding: 5px; /* Smaller padding for a smaller font size */
    text-align: left;
```

```
vertical-align: middle; /* Vertically align the content */

font-size: 12px; /* Smaller font size */

border: 1px solid black;

}

.color-box {

width: 30px;

height: 10px;

display: inline-block;

margin-right: 5px; /* Space between color box and text */

}

.custom-tooltip {

background-color: white;

border: 1px solid #ccc;

padding: 10px;

border-radius: 4px;

box-shadow: 0 2px 6px rgba(0,0,0,0.2);

position: absolute;

pointer-events: none;

z-index: 1000;

display: none; /* Initially hidden */

font-size: 12px;

color: #333;

}
```

```
.ui-progressbar {
    position: relative;
}

.progress-label {
    position: absolute;
    left: 50%;
    top: 4px;
    font-weight: bold;
    text-shadow: 1px 1px 0 #fff;
}

</style>

<link rel="stylesheet" href="../leaflet/leaflet.css" />
<script src="../leaflet/leaflet.js"></script>
<script src="../leaflet/plugin/leaflet.ajax.min.js"></script>

<script src="../js/jquery.min.js"></script>
<script src="../js/jquery-ui/jquery-ui.min.js"></script>
<script src="../js/GeoJSonUtility.js"></script>

<script src="js/jquery-ui/jquery-ui.min.js"></script>
<script src="js/GeoJSonUtility.js"></script>

<link rel="stylesheet" href="js/jquery-ui/jquery-ui.min.css"/>
```

```
<link rel="stylesheet" href="js/jquery-ui/jquery-ui.structure.min.css"/>
```

```
<link rel="stylesheet" href="js/jquery-ui/jquery-ui.theme.min.css"/>
```

```
<script>
```

```
    function getColorBatasKecamatan(d) {  
  
    return d == "Abiansemal" ? '#800026' :  
  
        d == "Kuta" ? '#BD0026' :  
  
        d == "Kuta Utara" ? '#E31A1C' :  
  
        d == "Mengwi" ? '#FC4E2A' :  
  
        d == "Petang" ? '#FD8D3C' :  
  
        d == "Kuta Selatan" ? '#FEB24C' :  
  
        d == "6" ? '#FED976' :  
  
            '#FFEDA0';  
  
    }
```

```
    function getColorLLP(d) {  
  
    return d == "Abiansemal" ? '#800026' :  
  
        d == "Kuta" ? '#BD0026' :  
  
        d == "Kuta Utara" ? '#E31A1C' :  
  
        d == "Mengwi" ? '#FC4E2A' :  
  
        d == "Petang" ? '#FD8D3C' :  
  
        d == "Kuta Selatan" ? '#FEB24C' :  
  
        d == "6" ? '#FED976' :  
  
            '#FFEDA0';
```

```
}
```

```
function getColorProduktifitas(d) {  
    return d === 0 ? '#FFFFFF' : // White for 0  
  
        d === 1 ? '#004d00' : // Deep Green  
  
        d === 2 ? '#00cc00' : // Bright Green  
  
        d === 3 ? '#ffff00' : // Yellow  
  
        d === 4 ? '#ff6600' : // Bright Orange  
  
        d === 5 ? '#cc0000' : // Deep Red  
  
        d === 6 ? '#3399ff' : // Bright Blue  
  
        d === 7 ? '#ffcc00' : // Gold  
  
        d === 8 ? '#ff33cc' : // Hot Pink  
  
        d === 9 ? '#6633ff' : // Purple  
  
        d === 10 ? '#00ffff' : // Cyan  
  
        d === 11 ? '#ff3300' : // Bright Red  
  
        d === 12 ? '#669900' : // Olive Green  
  
        d === 13 ? '#ff9966' : // Salmon  
  
        d === 14 ? '#cc99ff' : // Lavender  
  
        d === 15 ? '#993300' : // Chocolate Brown  
  
        d === 16 ? '#ffcc99' : // Peach  
  
        d === 17 ? '#66ccff' : // Sky Blue  
  
        d === 18 ? '#ccffcc' : // Light Green  
  
        d === 19 ? '#666666' : // Gray  
  
        d === 20 ? '#000000' : // Black (or another color of your choice)
```

```

        getRandomColor(); // Random color for values greater than 20
    }

function getColorStress(d) {
    return d === 1 ? '#00cc00' : // Bright Green
           d === 2 ? '#ffff00' : // Yellow
           d === 3 ? '#3399ff' : // Bright Blue
           '#FFEDA0'; // Default color if d is out of range
}

function getColorUmur(d) {
    return d === 1 ? '#00cc00' : // Bright Green
           d === 2 ? '#ffff00' : // Yellow
           d === 3 ? '#ff6600' : // Bright Orange
           d === 4 ? '#cc0000' : // Deep Red
           d === 5 ? '#3399ff' : // Bright Blue
           '#FFEDA0'; // Default color if d is out of range
}

// Function to generate a random hex color
function getRandomColor() {
    return `#${Math.floor(Math.random() * 16777215).toString(16)}`;
}

```

```

function styleBatasKecamatan(feature) {
    if(feature.properties.WADMKC){
        NewColor = getColorBatasKecamatan(feature.properties.WADMKC);
    }else{
        NewColor = '#FFFFFF';
    }
}
return {
    fillColor: NewColor,
    weight: 3,
    opacity: 1,
    color: NewColor,
    dashArray: '3',
    fillOpacity: 0,
    border:5
};
}

```

```

function styleLLP(feature) {
    if(feature.properties.NAMOBJ){
        NewColor = getColorLLP(feature.properties.NAMOBJ);
    }else{
        NewColor = '#FFFFFF';
    }
}
return {

```

```

fillColor: NewColor,

weight: 2,

opacity: 1,

color: NewColor,

// dashArray: '3',

fillOpacity: NOpacity,

                border:0

};

}

```

```

function stylePTP(feature) {

    if(feature.properties.gridcode){

        NewColor = getColorProduktifitas(parseInt(feature.properties.gridcode));

    }else{

        NewColor ='#FFFFFF';

    }

return {

    fillColor: NewColor,

    weight: 2,

    opacity: 1,

    color: NewColor,

    fillOpacity: NOpacity,

                border:0

};

```

```
}
```

```
function styleTSP(feature) {  
    if(feature.properties.warna_id){  
        NewColor = getColorStress(parseInt(feature.properties.warna_id));  
    }else{  
        NewColor ='#FFFFFF';  
    }  
}
```

```
return {  
    fillColor: NewColor,  
    weight: 2,  
    opacity: 1,  
    color: NewColor,  
    fillOpacity: NOpacity,  
    border:0  
};
```

```
}
```

```
function styleUTP(feature) {  
    if(feature.properties.warna_id){  
        NewColor = getColorUmur(parseInt(feature.properties.warna_id));  
    }else{  
        NewColor ='#FFFFFF';  
    }  
}
```

```
return {  
    fillColor: NewColor,  
    weight: 2,  
    opacity: 1,  
    color: NewColor,  
    fillOpacity: NOpacity,  
    border:0  
};  
}
```

```
// Highlight the selected layer
```

```
function highlightLayer(layer) {  
    layer.setStyle({  
        color: 'red',  
        weight: 3  
    });  
}
```

```
// Reset the style of the layer
```

```
function resetLayerStyle(layer) {  
    layer.setStyle({  
        color: layer.options.fillColor,  
        weight: 1  
    });  
}
```

```
}
```

```
var NOpacity = 0.5;
```

```
var geojsonLayer = {};
```

```
</Script>
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
<!DOCTYPE html>
```

```
<html lang="en">
```

```
<head>
```

```
<meta charset="UTF-8">
```

```
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
```

```
<title>Peta Luas Lahan Tanaman Padi</title>
```

```
<?php include 'HeaderMap.php' ?>
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
<div id="map" class="map"></div>
```

```
<div id="DialogGraph" style="background-color:white;" title="">
```

```
<div id="legend-container"></div>
```

```
<canvas id="myChart"></canvas>
```

```
</div>
```

```

<div id="panel1" class="PanelContainer">

    <button id="hidePanelBtn" class="Cbutton">>></button>

    <div id="panel-content1">

        <table width=100%>

            <tr>

                <td><button id="b-Home" class="Cbutton" style="width: 100%;

                    display: flex;

                    justify-content: left;

                    align-items: left;

                    background-color: #459e00;

                    color: white;

                    border: none;"><span class="ui-icon ui-icon-home" style="margin-right:

8px;"></span>Home</button></td>

            </tr>

            <tr>

                <td>

                    <input type="checkbox" id="checkbox2" class="Ccheckbox">

                    <label for="checkbox2">Peta Batas Kecamatan</label><br>

                </td>

            </tr>

        </table>

```

```

<tr>
  <td>
    <table>
      <tr>
        <td>
          Tahun
        </td>
      </tr>
      <tr>
        <td>
          <div class="scrollable-container">
            <div id="checkboxotahun-
container" class="content">
              <div class="checkbox-
group">
                <input
type="checkbox" id="cb1" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">
                <label
for="cb1">2024</label>
                <input
type="checkbox" id="cb2" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">
                <label
for="cb2">2020</label>
                <input
type="checkbox" id="cb3" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">

```

```
for="cb3">2021</label>
<input
type="checkbox" id="cb4" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">
for="cb4">2022</label>
</div>
</div>
</div>
</td>
</tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<div id="LuasWilayah"></div>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<button id="show-statistic" class="Cbutton" disabled>Tampilkan
Statistik</button>
</td>
</tr>
```

```
<tr>
  <td>
    Transparansi Peta :
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>
    <div id="opacity-slider"></div>
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>
    <div id="progressbar"><div class="progress-label">...</div></div>
  </td>
</tr>
</table>
</div>
</div>
```

```
</body>
```

```
<script src="js/chart.js"></script>
```

```

<script>
$(document).ready(function() {
    var progressbar = $( "#progressbar" ),
        progressLabel = $( ".progress-label" );

    progressbar.progressbar({
        value: false,
        change: function() {
            progressLabel.text( progressbar.progressbar( "value" ) + "%" );
        },
        complete: function() {
            progressLabel.text( "" );
        }
    });

```

////////-----

```
var JSonList;
```

```

$( "#opacity-slider" ).slider({
    value: 50,
    min: 0,
    max: 100});

```

```
$( ".Cbutton" ).button();

$("#b-Home").button().click(function(){

window.location.href = '/'; // Replace '/' with your home URL if it's different

});
```

```
$.ajax({

    url: 'API.php',

    method: 'POST',

    dataType: 'json',

    data: {

        action: 'GetLLPYears'

    },

    success: function(response) {

        // Handle the response from PHP script

        // $('#result').html('Result: ' + response);

        JSonList = response;

        $('#checkboxtahun-container').empty();

        $.each(JSonList, function(index, item) {

            // Create checkbox element

            var checkbox = $('<input>').attr({

                type: 'checkbox',

                id: 'tahun_' + index,

                value: item.tahun,

                name:"checkbox-group",
```

```

        class:"Ccheckbox1"

    });

    // Create label for the checkbox

    var label = $('<label>').attr('for', 'tahun_' + index).text(item.tahun);

    // Append checkbox and label to container

    $('#checkboxtahun-
container').append(checkbox).append(label).append('<br>');

checkbox.checkboxradio();

checkbox.change(function() {

    $('#DialogGraph').dialog('close');

    var checkedCount = $(".Ccheckbox1:checked").length;

    if (checkedCount >= 2) {

        $(".Ccheckbox1").not(':checked').checkboxradio("disable");

    } else {

        $(".Ccheckbox1").checkboxradio("enable");

    }

    if(checkedCount==0){

        $("#show-statistic").button("disable");

        $("#LuasWilayah").html("");

```

```

    }else{
        $("#show-statistic").button("enable");
    }

    if($(this).prop('checked') == true){

        GeoJsonName = getJsonFileName($(this).val());

        loadGeoJSONData( $(this).val().toString(),GeoJsonName);

    }else{

        if (typeof geojsonLayer[ $(this).val().toString() ] !==
'undefined') {

            map.removeLayer(geojsonLayer[$(this).val().toString()]);

            geojsonLayer[$(this).val().toString()] = null;

        }

        if(checkedCount == 1)

            CheckForTick();

    }

});

});

```

```

    },
    error: function(xhr, status, error) {
        // Handle errors
        console.error(xhr);
    }
});

// Initialize jQuery UI checkboxes with class 'checkbox'
$(".Ccheckbox").checkboxradio();

$("#checkbox2").change(function() {
    if ($(this).is(':checked')) {
        loadBatasWilayah();
    } else {
        map.removeLayer(geojsonLayer[-1]);
    }
});

var panelVisible = true;

$("#hidePanelBtn").click(function(){
    if (panelVisible) {
        $("#panel1").animate({width: '0'}, 'fast', function() {
            $("#panel-content1").hide();
        }); // Hide the panel to the right
    }
});

```

```

$(this).text("<<");

} else {

$("#panel1").animate({width: '300px'}, 'fast', function() {

    $("#panel-content1").show();

    });

$(this).text(">>");

}

panelVisible = !panelVisible;

});

// Handle slider change event

$('#opacity-slider').on('slide', function(event, ui) {

    NOpacity = ui.value / 100;

    for (var key in geojsonLayer) {

        if(key!=-1 && geojsonLayer[key] != null){

            geojsonLayer[key].setStyle({ fillOpacity: NOpacity });

        }

    }

});

function getJSoNFileName(tahun){

    result = "";

    $.each(JSoNList, function(index, item) {

```

```

        if(item.tahun == tahun)

            result= item.file;

    });

    return result;
}

```

```

function CheckForTick(){

    var checkedCount = $(".Ccheckbox1:checked").length;

    var Selected = {};

    var counter = 0;

    $('#checkboxotahun-container input[type="checkbox"]').each(function() {

        // Check if the checkbox is checked

        if ($(this).prop('checked')) {

            Selected[counter] = $(this).val();

            counter++;

        }

    });

    if(counter == 1){

        $("#LuasWilayah").html("Luas wilayah " + Selected[0] + " = " +

LuasWilayah[Selected[0]] + " Ha");

    }else if(counter == 2){

```

```
        $('#LuasWilayah').html("Selisih luas wilayah <br>Tahun " + Selected[0] + "-" +  
Selected[1] + "<br>=" + Math.abs(LuasWilayah[Selected[0]] - LuasWilayah[Selected[1]]).toFixed(5)+ " Ha");
```

```
    }
```

```
}
```

```
//create modal
```

```
$('#DialogGraph').dialog({
```

```
    autoOpen : false,
```

```
    modal: false,
```

```
    width: "400",
```

```
    height:"320",
```

```
    title:"Grafik Statistik Luas Lahan Tanaman Padi"
```

```
});
```

```
/////load graph
```

```
$("#show-statistic").button().click(function(){
```

```
    $('#DialogGraph').dialog('open');
```

```
    $('#placeholderGraph').html("getting data");
```

```
    var Selected = {};
```

```
    var counter = 0;
```

```
    $('#checkboxtahun-container input[type="checkbox"]').each(function() {
```

```

// Check if the checkbox is checked
if ($(this).prop('checked')) {
    Selected[counter] = $(this).val();
    counter++;
}
});

if(counter>0){
    $.ajax({
        url: 'API.php',
        method: 'POST',
        dataType: 'json',
        data: {
            action: 'getLLPStatistic1',
            SelectedYear1:Selected[0],
            SelectedYear2:Selected[1]
        },
        success: function(response) {
            var ctx = document.getElementById('myChart').getContext('2d');
            var existingChart = Chart.getChart(ctx); // Get existing chart instance

            if (existingChart) {
                existingChart.destroy(); // Destroy the existing chart if it

```

exists

```
}
```

```
const customLegendPlugin = {
```

```
  id: 'customLegend-container',
```

```
  afterDraw(chart) {
```

```
    const legendContainer =
```

```
document.getElementById('legend-container');
```

```
    legendContainer.innerHTML = ""; // Clear existing
```

```
legend
```

```
    const { data } = chart;
```

```
    const table = document.createElement('table');
```

```
    table.className = "tableLegend";
```

```
    var tr = document.createElement('tr'); // Single row
```

```
for horizontal alignment
```

```
    var td = document.createElement('td');
```

```
    td.style.border = 'none';
```

```
    var bold = document.createElement('strong');
```

```
    var text = document.createTextNode("");
```

```
    bold.appendChild(text);
```

```
    td.appendChild(bold);
```

```
    tr.appendChild(td);
```

```
    data.datasets.forEach((dataset, index) => {
```

```
=> acc + value, 0);
```

```
document.createElement('div');
```

```
dataset.backgroundColor;
```

```
document.createTextNode(`${dataset.label} | `Dataset ${index + 1}`);
```

```
var total = dataset.data.reduce((acc, value)
```

```
var td = document.createElement('td');
```

```
var colorBox =
```

```
colorBox.className = 'color-box';
```

```
colorBox.style.backgroundColor =
```

```
var text =
```

```
td.appendChild(colorBox);
```

```
td.appendChild(text);
```

```
tr.appendChild(td);
```

```
});
```

```
table.appendChild(tr);
```

```
tr = document.createElement('tr');
```

```
td = document.createElement('td');
```

```
bold = document.createElement('strong');
```

```
text = document.createTextNode('Total');
```

```

        bold.appendChild(text);
        td.appendChild(bold);
        tr.appendChild(td);

        data.datasets.forEach((dataset, index) => {
            var total = dataset.data.reduce((acc, value)
=> acc + value, 0);

            var td = document.createElement('td');

            var text =
document.createTextNode(`${total} Ha`);

            td.appendChild(text);
            tr.appendChild(td);
        });

        table.appendChild(tr);

        legendContainer.appendChild(table);
    }
};

new Chart(ctx, {
    type: 'bar',

```

```

data: response,
options: {
    plugins: {
        htmlLegend: {
            // ID of the container to put the
            legend in
            containerID: 'legend-container',
        },
        legend: {
            display: false,
        },
        tooltip: {
            callbacks: {
                // Customize the tooltip
                label
                label:
                function(tooltipItem) {
                    // Access dataset
                    and value
                    const
                    datasetLabel = tooltipItem.dataset.label;
                    const value =
                    tooltipItem.raw;
                    const
                    formattedValue = (value * 1.1).toFixed(2); // Example: increase value by 10%

```

```

    `${formattedValue} Ha`;

    return
  }
}
},
scales: {
  y: {
    beginAtZero: true
  }
},
plugins: [customLegendPlugin]
});
},
error: function(xhr, status, error) {
  // Handle errors
  console.error(xhr);
}
});
}
});

```

```

//-----

// Initialize the map

var LuasWilayah = {};

const map = L.map('map',{tap: false})

    .setView([-8.40804445453569, 115.18750446704034], 10);

const tiles = L.tileLayer('https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
    maxZoom: 19,
    opacity:NOopacity,
    attribution: '&copy; <a href="http://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>'
}).addTo(map);

// Add Esri's satellite imagery layer to the map

L.tileLayer('https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}', {
    attribution: 'Tiles © Esri &mdash; Source: Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX, GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS User Community'
}).addTo(map);

function loadBatasWilayah(){
    fetch('datas/batas_kecamatan_badung.json')
        .then(response => response.json())

```

```

.then(geojsonData => {
    geojsonLayer[-1] = L.geoJSON(geojsonData, {
        style: styleBatasKecamatan,
        onEachFeature: function (feature, layer) {
            if (feature.properties) {
                var popupContent =
                    '<div style="background-color: white;" class="ui-corner-
all">' +
                    '    <table class="tablePopup">' +
                    '        <tr>' +
                    '            <td><strong>Kecamatan    ' +
(feature.properties.WADMKC || 'N/A') + '</strong></td>' +
                    '        </tr>' +
                    '    </table>' +
                    '</div>';

                layer.bindPopup(popupContent);
            }
        }
    }).addTo(map);

    keepOnTop();

```

```
    })  
    .catch(error => console.error('Error loading GeoJSON data:', error));  
}
```

```
function keepOnTop(){  
    for (var key in geojsonLayer) {  
        if(key!=-1 && geojsonLayer[key] != null){  
            var layer = geojsonLayer[key];  
            map.removeLayer(layer);  
            layer.addTo(map);  
        }  
    }  
}
```

// Function to load GeoJSON data

```
function loadGeoJSONData(idx, filename) {  
  
    $.ajax({  
        url: 'API.php',  
        method: 'POST',  
        dataType: 'json',  
        data: {  
            action: 'getGeoJsonFile',
```

```

        filename: filename
    },
    xhr: function(){
        const xhr = new window.XMLHttpRequest();

        // Use onprogress to track loading progress

        xhr.onprogress = function(e) {
            let totalBytes = e.lengthComputable ? e.total :
parseFloat(xhr.getResponseHeader('Content-Range').split('/')[1], 10);

            if (totalBytes) {
                const percentComplete = (e.loaded / totalBytes) * 100;
                console.log(`Download Progress: ${percentComplete}%`);
                progressbar.progressbar("value",
Math.round(percentComplete));
            } else {
                console.log('Not computable and no Content-Range
available');
            }
        };

        return xhr; // Return the XMLHttpRequest object
    },
    success: function(response) {
        LuasWilayah[idx] = 0;
    }
}

```

```

geojsonLayer[idx] = L.geoJSON(response, {
    style: styleLLP,
    onEachFeature: function (feature, layer) {
        if (feature.properties) {
            var popupContent =
                '<div style="background-color: white;" class="ui-
corner-all">' +
                '<table class="tablePopup">' +
                '<tr>' +
                '<td colspan="2"
style="background-color: #b6fcb8;"><strong>Data Luas Lahan</strong></td>' +
                '</tr>' +
                '<tr>' +
                '<td style="background-
color: #d8e8d8;"><strong>Kecamatan</strong></td>' +
                '<td>: ' +
(feature.properties.NAMOBJ || 'N/A') + '</td>' +
                '</tr>' +
                '<tr>' +
                '<td style="background-
color: #d8e8d8;"><strong>Luas</strong></td>' +
                '<td>: ' +
(feature.properties.Luas_Ha || 'N/A') + ' Ha</td>' +
                '</tr>' +
                '</table>' +

```

```

        '</div>';

        layer.bindPopup(popupContent);

        LuasWilayah[idx] = LuasWilayah[idx] +
parseFloat(feature.properties.Luas_Ha);
    }
}
}).addTo(map);

    CheckForTick();
},
error: function(xhr, status, error) {
    // Handle errors
    console.error(xhr);
}
});
}

});

```

```
</script>

</html>

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

<!DOCTYPE html>

<html lang="en">

<head>

<meta charset="UTF-8">

<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">

<title>Peta Produktifitas Tanaman Padi</title>

<?php include 'HeaderMap.php' ?>

<style>

    #DialogGraph .ui-dialog-title {

        font-size: 36px; /* Default font size */

    }

</style>

</head>

<body>

    <div id="map" class="map"></div>

    <div id="DialogGraph" style="background-color:white;" title="">

        <div id="legend-container"></div>

        <canvas id="myChart"></canvas>

    </div>

</body>

</html>
```

```

<div id="panel1" class="PanelContainer">

    <button id="hidePanelBtn" class="Cbutton">>></button>

    <div id="panel-content1">

        <table width=100%>

            <tr>

                <td><button id="b-Home" class="Cbutton" style="width: 100%;

                    display: flex;

                    justify-content: left;

                    align-items: left;

                    background-color: #459e00;

                    color: white;

                    border: none;"><span class="ui-icon ui-icon-home" style="margin-right:

8px;"></span>Home</button></td>

            </tr>

            <tr>

                <td>

                    <input type="checkbox" id="checkbox2" class="Ccheckbox">

                    <label for="checkbox2">Peta Batas Kecamatan</label><br>

                </td>

            </tr>

        </table>

```

```

<tr>
  <td>
    <table>
      <tr>
        <td>
          Tahun
        </td>
      </tr>
      <tr>
        <td>
          <div class="scrollable-container">
            <div id="checkboxtahun-
container" class="content">
              <div class="checkbox-
group">
                <input
type="checkbox" id="cb1" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">
                <label
for="cb1">2024</label>
                <input
type="checkbox" id="cb2" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">
                <label
for="cb2">2020</label>
                <input
type="checkbox" id="cb3" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">

```

```

for="cb3">2021</label>
<input
type="checkbox" id="cb4" name="checkbox-group" class="Ccheckbox1">
for="cb4">2022</label>
</div>
</div>
</div>
</td>
</tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<div id="LuasWilayah"></div>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<button id="show-statistic" class="Cbutton" disabled>Tampilkan
Statistik</button>
</td>
</tr>

```

```
<tr>
  <td>
    Transparansi Peta :
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>
    <div id="opacity-slider"></div>
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>
    <div id="progressbar"><div class="progress-label">...</div></div>
  </td>
</tr>
</table>
</div>
</div>
```

```
</body>
```

```
<script src="js/chart.js"></script>
```

```

<script>

$(document).ready(function() {

    var progressbar = $( "#progressbar" ),

        progressLabel = $( ".progress-label" );

    progressbar.progressbar({

        value: false,

        change: function() {

            progressLabel.text( progressbar.progressbar( "value" ) + "%" );

        },

        complete: function() {

            progressLabel.text( "" );

        }

    });

```

////////-----

```
var JSonList;
```

```

$( "#opacity-slider" ).slider({

    value: 50,

    min: 0,

    max: 100});

```

```
$( ".Cbutton" ).button();

$("#b-Home").button().click(function(){

window.location.href = '/'; // Replace '/' with your home URL if it's different

});
```

```
$.ajax({

    url: 'API.php',

    method: 'POST',

    dataType: 'json',

    data: {

        action: 'GetPTYears'

    },

    success: function(response) {

        // Handle the response from PHP script

        // $('#result').html('Result: ' + response);

        JSonList = response;

        $('#checkboxtahun-container').empty();

        $.each(JSonList, function(index, item) {

            // Create checkbox element

            var checkbox = $('<input>').attr({

                type: 'checkbox',

                id: 'tahun_' + index,

                value: item.tahun,

                name:"checkbox-group",
```

```

        class:"Ccheckbox1"

    });

    // Create label for the checkbox

    var label = $('<label>').attr('for', 'tahun_' + index).text(item.tahun);

    // Append checkbox and label to container

    $('#checkboxtahun-
container').append(checkbox).append(label).append('<br>');

checkbox.checkboxradio();

checkbox.change(function() {

    $('#DialogGraph').dialog('close');

    var checkedCount = $(".Ccheckbox1:checked").length;

    if(checkedCount==0){

        $("#show-statistic").button("disable");

        $("#LuasWilayah").html("");

    }else{

        $("#show-statistic").button("enable");

    }

}

if($(this).prop('checked') == true){

```

```

        GeoJsonName = getJsonFileName($(this).val());

        loadGeoJSONData( $(this).val().toString(),GeoJsonName);

    }else{

        if (typeof geojsonLayer[ $(this).val().toString() ] !==
'undefined') {

            map.removeLayer(geojsonLayer[$(this).val().toString()]);

                geojsonLayer[$(this).val().toString()] = null;

            }

        }

    });

});

},

error: function(xhr, status, error) {

    // Handle errors

    console.error(xhr);

}

});

// Initialize jQuery UI checkboxes with class 'checkbox'

$(".Ccheckbox").checkboxradio();

```

```

    $("#checkbox2").change(function() {
        if ($(this).is(':checked')) {
            loadBatasWilayah();
        } else {
            map.removeLayer(geojsonLayer[-1]);
        }
    });

    var panelVisible = true;

    $("#hidePanelBtn").click(function(){
if (panelVisible) {
    $("#panel1").animate({width: '0'}, 'fast', function() {
        $("#panel-content1").hide();
    }); // Hide the panel to the right

    $(this).text("<<");
} else {
    $("#panel1").animate({width: '300px'}, 'fast', function() {
        $("#panel-content1").show();
    });

    $(this).text(">>");
}

    panelVisible = !panelVisible;
});

```

```

// Handle slider change event

$('#opacity-slider').on('slide', function(event, ui) {

    NOpacity = ui.value / 100;

    for (var key in geojsonLayer) {

        if(key!=-1 && geojsonLayer[key] != null){

            geojsonLayer[key].setStyle({ fillOpacity: NOpacity });

        }

    }

});

```

```

function getJsonFileName(tahun){

    result = "";

    $.each(JsonList, function(index, item) {

        if(item.tahun == tahun)

            result= item.file;

    });

    return result;

}

```

```

function CheckForTick(){

    var checkedCount = $(".Ccheckbox1:checked").length;

```

```

var Selected = {};

var counter = 0;

$('#checkboxtahun-container input[type="checkbox"]').each(function() {

    // Check if the checkbox is checked

    if ($(this).prop('checked')) {

        Selected[counter] = $(this).val();

        counter++;

    }

});

if(counter == 1){

    $('#LuasWilayah').html("Luas wilayah " + Selected[0] + " = " +
LuasWilayah[Selected[0]].toFixed(2) + " Ha");

}

}

//create modal

$('#DialogGraph').dialog({

    autoOpen : false,

    modal: false,

    width: "400",

    height:"320",

    title:"Grafik Statistik Produktifitas Tanaman Padi"

});

```

```

/////load graph

$("#show-statistic").button().click(function(){

    $('#DialogGraph').dialog('open');

    $('#placeholderGraph').html("getting data");

    var Selected = {};

    var counter = 0;

    $('#checkboxtahun-container input[type="checkbox"]').each(function() {

        // Check if the checkbox is checked

        if ($(this).prop('checked')) {

            Selected[counter] = $(this).val();

            counter++;

        }

    });

    $('#DialogGraph').dialog("option", "title", "Grafik Statistik Produktifitas Tanaman Padi " +
Selected[0] );

    $('#DialogGraph').siblings(".ui-dialog-titlebar").find(".ui-dialog-title").css("font-size", "14px");

    if(counter>0){

        // var jsondata = getPTPStatistic(Selected[0]);

        $.ajax({

```

```

url: 'API.php',
method: 'POST',
dataType: 'json',
data: {
    action: 'getPTPStatistic',
    SelectedYear1: Selected[0]
},
success: function(response) {

    var ctx = document.getElementById('myChart').getContext('2d');
    var existingChart = Chart.getChart(ctx); // Get existing chart instance

    if (existingChart) {
        existingChart.destroy(); // Destroy the existing chart if it
exists
    }

    const customLegendPlugin = {
        id: 'customLegend-container',
        afterDraw(chart) {
            const legendContainer =
document.getElementById('legend-container');
            legendContainer.innerHTML = ""; // Clear existing
legend

```

```
table.className = "tableLegend";

for horizontal alignment
```

```
=> acc + value, 0);
```

```
document.createElement('div');
```

```
dataset.backgroundColor;
```

```
const { data } = chart;

const table = document.createElement('table');

var tr = document.createElement('tr'); // Single row

var td = document.createElement('td');

td.style.border = 'none';

var bold = document.createElement('strong');

var text = document.createTextNode("");

bold.appendChild(text);

td.appendChild(bold);

tr.appendChild(td);

data.datasets.forEach((dataset, index) => {

    var total = dataset.data.reduce((acc, value)

var td = document.createElement('td');

var colorBox =

colorBox.className = 'color-box';

colorBox.style.backgroundColor =
```

```

                                var                text                =
document.createTextNode(`${dataset.label} | `Dataset ${index + 1}`);

                                td.appendChild(colorBox);

                                td.appendChild(text);

                                tr.appendChild(td);

                                });

                                table.appendChild(tr);

                                tr = document.createElement('tr');
                                td = document.createElement('td');
                                bold = document.createElement('strong');

                                text = document.createTextNode('Total');
                                bold.appendChild(text);
                                td.appendChild(bold);
                                tr.appendChild(td);

                                data.datasets.forEach((dataset, index) => {

                                    var total = dataset.data.reduce((acc, value)

=> acc + value, 0);

                                    var td = document.createElement('td');

                                    if(dataset.label == "Hasil"){

```

```

        var text =
document.createTextNode(`${total.toFixed(2)} Ton`);

    }else{
        var text =
document.createTextNode(`${total.toFixed(2)} Ha`);

    }

    td.appendChild(text);
    tr.appendChild(td);

});

table.appendChild(tr);

legendContainer.appendChild(table);
}
};

```

```

const myChart = new Chart(ctx, {
    type: 'line',
    data: response,
    options: {
        plugins: {
            htmlLegend: {
                // ID of the container to put the
legend in

```

```

        containerID: 'legend-container',
    },
    legend: {
        display: false,
    },
    tooltip: {
        callbacks: {

            // Customize the tooltip
            label:

            // Access the
            dataset and combine values
            const index =

            tooltipItem.dataIndex; // Get the index of the data point

            const

            const

            // Combine
            values from Dataset 1 and Dataset 2

            const

            combinedValue = (dataset1Value + dataset2Value).toFixed(2);

```

```

// Create a
custom label

return

`${dataset2Value} Ton/${dataset1Value} Ha`;

}

}

},

scales: {
  y: {
    beginAtZero: true
  }
}

},

plugins: [customLegendPlugin]

});

},

error: function(xhr, status, error) {
  // Handle errors
  console.error(xhr);
}

});

}

```

```

});

//-----

// Initialize the map

var LuasWilayah = {};

const map = L.map('map',{tap: false})

    .setView([-8.40804445453569, 115.18750446704034], 10);

const tiles = L.tileLayer('https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {

    maxZoom: 19,

    opacity:NOopacity,

    attribution: '&copy; <a href="http://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>'

}).addTo(map);

// Add Esri's satellite imagery layer to the map

L.tileLayer('https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}', {

    attribution: 'Tiles © Esri &mdash; Source: Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX, GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS User Community'

}).addTo(map);

```

```

function loadBatasWilayah(){

    fetch('datas/batas_kecamatan_badung.json')

    .then(response => response.json())

    .then(geojsonData => {

        geojsonLayer[-1] = L.geoJSON(geojsonData, {

            style: styleBatasKecamatan,

            onEachFeature: function (feature, layer) {

                if (feature.properties) {

                    var popupContent =

                        '<div style="background-color: white;" class="ui-corner-
all">' +

                            '<table class="tablePopup">' +

                                '<tr>' +

                                    '<td><strong>Kecamatan ' +

(feature.properties.WADMKC || 'N/A') + '</strong></td>' +

                                '</tr>' +

                            '</table>' +

                        '</div>';

                    layer.bindPopup(popupContent);

                }

            }

        }

    )
}

```

```

        }).addTo(map);

        keepOnTop();
    })

    .catch(error => console.error('Error loading GeoJSON data:', error));
}

```

```

function keepOnTop(){
    for (var key in geojsonLayer) {
        if(key!=-1 && geojsonLayer[key] != null){
            var layer = geojsonLayer[key];
            map.removeLayer(layer);

            layer.addTo(map);
        }
    }
}

```

```

function getHasilFromGridCode($gridCode) {
    $hasil = 0;

    switch ($gridCode) {
        case 0:
            $hasil = 3.999;

```

```
        break;
case 4:
    $hasil = 4.999;
    break;
case 5:
    $hasil = 5.999;
    break;
case 6:
    $hasil = 6.999;
    break;
case 7:
    $hasil = 7.999;
    break;
case 8:
    $hasil = 8.999;
    break;
case 9:
    $hasil = 9.999;
    break;
case 10:
    $hasil = 10.999;
    break;
case 11:
    $hasil = 11.999;
```

```
        break;

    case 12:

        $hasil = 12.999;

        break;

    case 13:

        $hasil = 13.999;

        break;

    case 14:

        $hasil = 14.999;

        break;

    // Add more cases as needed

    default:

        $hasil = 0; // Default case

    }

    return $hasil;

}
```

```
// Function to load GeoJSON data

function loadGeoJSONData(idx, filename) {

    $.ajax({

        url: 'API.php',

        method: 'POST',

        dataType: 'json',
```

```

data: {
    action: 'getGeoJsonFile',
    filename: filename
},
xhr: function(){
    const xhr = new window.XMLHttpRequest();

    // Use onprogress to track loading progress
    xhr.onprogress = function(e) {
        let totalBytes = e.lengthComputable ? e.total :
parseInt(xhr.getResponseHeader('Content-Range').split('/')[1], 10);

        if (totalBytes) {
            const percentComplete = (e.loaded / totalBytes) * 100;
            console.log(`Download Progress: ${percentComplete}%`);
            progressbar.progressbar("value",
Math.round(percentComplete));
        } else {
            console.log('Not computable and no Content-Range
available');
        }
    };

    return xhr; // Return the XMLHttpRequest object
},

```

```

success: function(response) {

    LuasWilayah[idx] = 0;

    // console.log(response);

    geojsonLayer[idx] = L.geoJSON(response, {

        style: stylePTP,

        onEachFeature: function (feature, layer) {

            if (feature.properties) {

                var hasil =

getHasilFromGridCode(feature.properties.gridcode);

                var popupContent =

corner-all">' +

                ' <table class="tablePopup">' +

                ' <tr>' +

                ' <td colspan="2" style="background-color:

#b6fcb8;"><strong>Data Produktifitas</strong></td>' +

                ' </tr>' +

                ' <tr>' +

                ' <td style="background-color:

#d8e8d8;"><strong>Luas</strong></td>' +

                ' <td>' + (feature.properties.Luas_ha || 'N/A')

                + ' Ha</td>' +

                ' </tr>' +

                ' </tr>' +

```

```

#d8e8d8;"><strong>Hasil</strong></td>' +
'           <td style="background-color:
'           <td>: ' + (hasil || 'N/A') + ' ton/Ha</td>' +
'     </tr>' +
' </table>' +
'</div>';

layer.bindPopup(popupContent);

LuasWilayah[idx] +=
parseFloat(feature.properties.Luas_ha);
    }
    }
    }).addTo(map);

    CheckForTick();
  },
  error: function(xhr, status, error) {
    // Handle errors
    console.error(xhr);
  }
});
}

```

```
});
```

```
</script>
```

```
</html>
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
<?php
```

```
// Define the path to the counter file
```

```
$counterFile = 'datas/counter.txt';
```

```
// Function to get the current month in YYYY-MM format
```

```
function getCurrentMonth() {
```

```
    return date('Y-m');
```

```
}
```

```
// Function to get the last month in YYYY-MM format
```

```
function getLastMonth() {
```

```
    return date('Y-m', strtotime('first day of last month'));
```

```
}
```

```
// Check if the file exists, if not create it with initial data
```

```
if (!file_exists($counterFile)) {
```

```
    $initialData = [
```

```

    'current_month' => getCurrentMonth(),
    'current_count' => 0,
    'last_month' => getLastMonth(),
    'last_count' => 0,
    'total_count' => 0
];
file_put_contents($counterFile, json_encode($initialData));
}

```

```
// Open the file in read/write mode
```

```
$file = fopen($counterFile, 'r+');
```

```
if ($file) {
```

```
    // Lock the file for writing
```

```
    if (flock($file, LOCK_EX) {
```

```
        // Read the current data
```

```
        $data = fread($file, filesize($counterFile));
```

```
        $data = json_decode($data, true);
```

```
        $currentMonth = getCurrentMonth();
```

```
        $lastMonth = getLastMonth();
```

```
        // Check if the month has changed
```

```
        if ($data['current_month'] !== $currentMonth) {
```

```

// Move current month data to last month

$data['last_month'] = $data['current_month'];

$data['last_count'] = $data['current_count'];

// Reset current month data

$data['current_month'] = $currentMonth;

$data['current_count'] = 0;

}

/* Uncomment the commented lines if you want unique visit from every user */

if (!isset($_SESSION['hasVisited'])) {

    $_SESSION['hasVisited'] = true;

    // Increment the current month count and total count

    $data['current_count'] += 1;

    $data['total_count'] += 1;

    // Truncate the file to 0 and rewind the file pointer

    ftruncate($file, 0);

    rewind($file);

    // Write the updated data to the file

    fwrite($file, json_encode($data));

```

```

        // Unlock the file

        flock($file, LOCK_UN);
    }

    // Display the counts

    // echo "This page has been visited " . $data['current_count'] . " times this month (" .
    $data['current_month'] . ").<br>";

    // echo "Last month (" . $data['last_month'] . ") it was visited " . $data['last_count'] . " times.<br>";

    // echo "In total, this page has been visited " . $data['total_count'] . " times.";

    echo"<table><tr>

        <td>Pengunjung Hari ini

        " . $data['current_count'] . "

        </td>

        <td>

        Pengunjung Bulan Lalu " . $data['last_count'] . "

        </td>

        <td>

        Total Pengunjung " . $data['total_count'] . "

        </td>

    </tr></table>";

} else {

    echo "Could not lock the file!";

}

```

```
// Close the file

fclose($file);

} else {

    echo "Could not open the file!";

}

?>

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

<?php

header('Content-Type: application/json');

// Set the maximum upload file size to 50MB

ini_set('upload_max_filesize', '50M');

// Set the maximum size of POST data that PHP will accept

ini_set('post_max_size', '50M');

// Set the maximum amount of memory a script may consume

ini_set('memory_limit', '1024M');

// Set the maximum execution time of each script, in seconds

ini_set('max_execution_time', '300'); // 5 minutes

echo 'upload_max_filesize: ' . ini_get('upload_max_filesize') . '<br>';
```

```
echo 'post_max_size: ' . ini_get('post_max_size') . '<br>';  
echo 'memory_limit: ' . ini_get('memory_limit') . '<br>';  
echo 'max_execution_time: ' . ini_get('max_execution_time') . '<br>';
```

```
function readLargeJsonFile($filename) {  
    if (!file_exists($filename)) {  
        return json_encode(["error" => "File not found."]);  
    }  
  
    $handle = fopen($filename, 'r');  
  
    if ($handle) {  
        $data = "";  
  
        while (!feof($handle)) {  
            $buffer = fread($handle, 8192); // Read in 8 KB chunks  
            $data .= $buffer; // Accumulate data  
        }  
  
        fclose($handle);  
  
        // Return the raw JSON data  
        return $data; // Return raw JSON data  
    } else {  
        return json_encode(["error" => "Error opening the file."]);  
    }  
}
```

```
}

// Example usage

// $filename = 'datas/2023_PTP.json'; // Change this to your file path

// $response = readLargeJsonFile($filename);

// echo json_encode($response);

// Prepare your response data

$data = ['key' => 'vaasdadasdlue'];

$response = json_encode($data);

// Set headers

header('Content-Type: application/json');

header('Content-Length: ' . strlen($response));

header('X-Custom-Header: This is a custom header'); // Example of adding a custom header

// Output the JSON response

echo $response;

// List all headers

header('Access-Control-Allow-Origin: *'); // Example of CORS header

header('Access-Control-Allow-Headers: Content-Type');
```

```
// Print all headers
foreach (headers_list() as $header) {
    echo $header . "\n";
}

?>
```

GLOSARIUM

- Artificial Intelligence*** : Kecerdasan buatan, teknologi yang memungkinkan mesin untuk belajar dari pengalaman dan melakukan tugas-tugas yang memerlukan kecerdasan manusia.
- Badan Informasi Geospasial** : Lembaga pemerintah di Indonesia yang bertugas mengelola informasi geospasial.
- Badan Pusat Statistik** : Lembaga pemerintah di Indonesia yang bertanggung jawab atas pengumpulan data statistik nasional.
- Dalam Jaringan (Daring)** : Terhubung melalui internet atau jaringan online.
- Earth Observation*** : Pengamatan bumi, biasanya melalui satelit atau alat-alat penginderaan jauh lainnya.
- European Space Agency*** : Badan antariksa Eropa yang mengkoordinasikan program luar angkasa negara-negara Eropa.
- Enhanced Vegetation Index*** : Indeks vegetasi yang ditingkatkan untuk mengukur kepadatan dan kesehatan tanaman.
- Far Infrared*** : Inframerah jauh, bagian dari spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih panjang dari cahaya tampak dan inframerah dekat.
- Google Earth Engine*** : Platform komputasi untuk analisis data geospasial pada skala global yang dikembangkan oleh Google.
- GNDVI** : Indeks vegetasi yang dihitung berdasarkan rasio antara cahaya hijau dan dekat inframerah yang *dipantulkan oleh vegetasi*.
- Land Satellite*** : Satelit pengamatan bumi Amerika yang digunakan untuk mengumpulkan data tentang permukaan bumi.
- Leaf Water Content Index*** : Indeks yang digunakan untuk mengukur kandungan air dalam daun tanaman.
- Machine Learning*** : Ilmu pengembangan algoritma dan model secara statistik yang digunakan sistem komputer untuk menjalankan tugas tanpa instruksi eksplisit, mengandalkan pola serta inferensi sebagai gantinya.
- Normalized Different Vegetation Index*** : Indeks vegetasi yang digunakan untuk mengukur kesehatan dan kepadatan tanaman.

NDVI	: Indeks yang dihitung berdasarkan perbedaan antara cahaya dekat inframerah yang dipantulkan oleh vegetasi dan cahaya merah yang diserap oleh vegetasi.
<i>Near Infrared</i>	: Inframerah dekat, bagian dari spektrum elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang sedikit lebih panjang dari cahaya tampak.
NOAA	: Badan di Amerika Serikat yang bertanggung jawab atas penelitian dan pengamatan kelautan dan atmosfer.
<i>Operational Land Imager</i>	: Alat penginderaan jauh yang dipasang pada satelit Landsat 8 untuk mengumpulkan data gambar permukaan bumi. OLI dirancang untuk menghasilkan citra dengan resolusi tinggi di berbagai spektrum.
Penginderaan Jauh	: Teknik untuk memperoleh informasi tentang objek atau area di permukaan bumi dari kejauhan, biasanya menggunakan sensor yang dipasang pada satelit atau pesawat terbang.
Petugas Penyuluh Lapangan	: Petugas yang memberikan penyuluhan dan bimbingan teknis kepada petani di lapangan.
<i>Random Forest</i>	: Metode <i>machine learning</i> yang menggunakan sejumlah pohon keputusan untuk meningkatkan akurasi prediksi.
<i>Rice Stress Index</i>	: Indeks yang digunakan untuk mengukur stres pada tanaman padi.
<i>Soil Adjusted Vegetation Index</i>	: Indeks vegetasi yang disesuaikan dengan pengaruh tanah untuk meningkatkan akurasi pengukuran kepadatan dan kesehatan tanaman.
Sistem Informasi Geografis	: Sistem yang dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menampilkan data geospasial.
Sistem Informasi Tanaman Padi Badung	: Sistem informasi yang dirancang untuk mengelola data dan informasi tentang tanaman padi di Badung.
<i>Support Vector Machine</i>	: Algoritma <i>machine learning</i> yang digunakan untuk klasifikasi dan regresi.
<i>Shortwave Infrared</i>	: Inframerah gelombang pendek, bagian dari spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang antara inframerah dekat dan inframerah menengah.
<i>Thermal Infrared Sensor</i>	: Sensor yang digunakan untuk mengukur radiasi inframerah termal yang dipancarkan oleh permukaan bumi.

Unmanned Aerial Vehicle

: Pesawat udara tanpa awak, sering digunakan dalam penginderaan jauh dan pengamatan.

Vegetation Index

: Indeks yang digunakan untuk mengukur kondisi dan kesehatan vegetasi.

