

Pemanfaatan Citra Landsat Untuk Estimasi Indeks Spektral Vegetasi di Wilayah Kuta, Kuta Utara, dan Kota Denpasar

Fernando, I Wayan Diara^{*)}, R. Suyarto

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana Jln PB.
Sudirman Denpasar Bali 80232, Indonesia

^{*)}Email: diara@unud.ac.id

Abstract

The declining amount of carbon stock occurs due to the reduction of aboveground biomass, the increase in population, and the development of urban development. This study aims to analyze changes in the spatial distribution of vegetation index, carbon stock distribution, and biomass carbon stock every 5 years from 2002 to 2022 in Kuta, North Kuta, and Denpasar areas. The method used in this research is Image processing with Partial least square (PLS) model and random forest (RF). The data used in the study include Landsat images with recording in 2002, 2007, 2012, 2017 and 2022. The results of this study show that Kuta and Denpasar areas have different values and patterns of spectral index changes every 5 years for the vegetation index used. The area of change in the spatial distribution of carbon stocks increased every 5 years from vegetated to non-vegetated areas. The biomass carbon stock decreased over 20 years from very low, low, medium and high categories to non-vegetated. This condition occurs due to the development of built-up land in the tourism area of Kuta, North Kuta, and residential areas in Denpasar City.

Keywords: *Landsat Image, Carbon, Vegetation, Image Processing*

1. Pendahuluan

Perubahan penggunaan lahan sering dikaitkan dengan perubahan iklim, perkembangan pembangunan perkotaan di berbagai sektor yang berdampak terhadap pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan jumlah kendaraan bermotor, dan peningkatan kegiatan perekonomian (Nuarsa *et al.*, 2018). Hal ini menyebabkan perubahan stok karbon ekosistem terjadi akibat dari hilangnya biomassa di atas permukaan tanah dan pengurangan bahan organik secara bertahap (Alberto dan Dasanto, 2010).

Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan bagian dari tutupan lahan vegetasi di kawasan perkotaan yang memiliki peran sangat penting dalam pembangunan, karena kawasan hijau memenuhi tugas ekologi, estetika, sosial budaya dan ekonomi (Purnomohadi 2006). Karbon (C) merupakan salah satu gas rumah kaca, yang memiliki

kemampuan menyerap dan memantulkan radiasi gelombang panjang sehingga suhu atmosfer bumi naik seperti di dalam rumah kaca. Teknologi penginderaan jauh yang sedang dikembangkan dapat digunakan sebagai metode untuk menentukan biomassa tanaman untuk digunakan dalam penilaian stok karbon, karena lebih baik daripada survei lapangan dalam hal cakupan area yang luas dan biaya yang lebih rendah (Pareta dan Pareta, 2011).

Transformasi indeks vegetasi merupakan salah satu dari teknik analisis citra yang biasa digunakan dalam analisis vegetasi secara umum. Indeks vegetasi merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam analisis keadaan vegetasi di suatu kawasan (Kawamuna, Suprayogi, dan Wijaya 2017). Biomassa merupakan banyaknya materi organik yang tersimpan dalam pohon. Biomassa dapat diukur dengan mengetahui berat atau volume bagian-bagian pohon. Kandungan biomassa pohon merupakan penjumlahan dari kandungan biomassa tiap organ akar yang merupakan gambaran total material organik hasil dari fotosintesis. Melalui proses fotosintesis, CO₂ di udara diserap oleh tanaman dengan bantuan sinar matahari kemudian diubah menjadi karbohidrat, selanjutnya di distribusikan keseluruh bagian tanaman (Kaliky dan Ohorella, 2011). Melihat dari rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini, maka tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perubahan distribusi spasial indeks vegetasi setiap 5 tahun dari tahun 2002 sampai 2022.

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022 - Februari 2023, sedangkan tempat penelitian dilaksanakan di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung terkhususnya kecamatan Kuta dan Kuta Utara dengan luas wilayah total 18.350 ha.

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut: (1) Laptop atau perangkat keras (*Hardware*), (2) Software QGIS 3.22 dengan plugins SCP (*Semi-Automatic Classification*) yang digunakan untuk pengolahan citra, transformasi indeks vegetasi, dan (3) *Microsoft Office* 2019 untuk penulisan dan analisis data tabular. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta batas administrasi skala 1:25.000 dari BIG (Badan Informasi Geospasial) tahun 2020 dan bahan utama penelitian dari produk citra satelit landsat adalah sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Produk Citra Satelit Landsat

| No | Produk | Band (Panjang gelombang) | Akuisisi data | Path dan row |
|----|--|--|------------------|--------------|
| 1 | Landsat 7 ETM+ | | 21 Mei 2002 | |
| 2 | <i>(Enhanced Thematic Mapper Plus)</i> | Band 3 (0.63 - 0.69) dan Band 4 (0.77 – 0.90 μm) | 12 Februari 2007 | |
| 3 | | | 26 Februari 2012 | 116 dan 66 |
| 4 | <i>Landsat 8 Operational Land Imager (OLI)</i> | Band 4 (0.64 - 0.67) dan Band 5 (0.85 – 0.88 μm) | 20 April 2017 | |
| 5 | | | 16 Agustus 2022 | |

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis spektral dengan teknik *image processing*. Peneliti menggunakan data satelit observasi bumi yaitu Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)* dan Landsat 8 *Operational Land Imager (OLI)* tahun 2017 dan 2022 dengan menggunakan band NIR dan band tampak (RGB) yang digunakan dalam penelitian Otgonbayar *et al.* (2019).

2.3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian diambil dari citra yang diunduh dari USGS *Earth Explorer* (2023), yaitu citra landsat 7 dan landsat 8 perekaman tahun 2002, 2007, 2012, 2017 dan 2022 yang memiliki resolusi spasial 30mx30m. Band yang digunakan adalah band NIR dan band tampak (RGB). Citra dari hasil pemotongan selanjutnya dilakukan koreksi radiometrik, geometrik, dan koreksi atmosfer yang diimplementasikan dengan sistem informasi geografis kuantum (QGIS) 3.22 dengan *plugins Semi-Automatic Classification (SCP)*.

2.3.2 Data Penginderaan Jauh

Secara total, 5 scene citra satelit dianalisis dan diproses. Data diunduh dari (USGS *Earth Explorer* 2023). Data tersedia pada resolusi spasial 30 m, dan mencakup enam pita spektral dalam gelombang inframerah tampak, dekat, dan pendek. Sebelum analisis, citra dikoreksi secara radiometrik dan atmosfer. Koreksi radiometrik dan koreksi atmosfer diimplementasikan dengan sistem informasi geografis kuantum (QGIS) 3.22 dengan *plugins Semi-Automatic Classification (SCP)*.

2.3.3 Metode Pengelolaan Citra Digital

Berdasarkan penelitian Otgonbayar *et al.* (2019), Model *Partial least square (PLS)* dan *Random Forest (RF)* dijalankan secara paralel pada reflektansi spektral (ρ) dan indeks vegetasi spektral (VI). Indeks vegetasi dan rumusnya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rumus Indeks Vegetasi

| No | Vegetation Index | Abbrev. | Formula | Reference |
|----|---|---------------------|--|-------------------------------|
| 1 | Green Chlorophyll index | CL _{green} | $\frac{NIR}{R} - 1$ | (Gitelson <i>et al.</i> 2005) |
| 2 | Simple Ratio | SR | $\frac{NIR}{R}$ | (Jordan 1969) |
| 3 | Enhanced vegetation index | EVI | $2,5 \frac{NIR - R}{1 + NIR + 6R - 7,5B}$ | (Liu dan Huete, 1995) |
| 4 | Modified soil adjusted vegetation index | MSAVI | $\frac{NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)}}{2}$ | (Qi <i>et al.</i> 1994) |
| 5 | Normalized difference vegetation index | NDVI | $\frac{NIR - R}{NIR + R}$ | (Rouse <i>et al.</i> 1974) |
| 6 | Wide dynamic range vegetatio index | WDRVI | $\frac{\alpha NIR - R}{\alpha NIR + R}$ | (Gitelson 2004) |

Keterangan: panjang gelombang G-green, panjang gelombang B-blue, panjang gelombang R-red, NIR- Near-Infrared, SWIR- panjang gelombang pendek inframerah, α nilai 0,3, a, b, c dan d adalah koefisien di mana a = 1,7149, b = -0,0157, c = 0,01281, d = -0,0113.

3. Hasil dan Pembahasan

a. *Green Chlorophyll Index (CLgreen)*

Tabel 3. Data statistik Nilai Spektral *Green Chlorophyll Index (CLgreen)*

| No | Produk | Tahun | Minimum | Rata-rata | Maksimum | Standard Deviation |
|----|-------------------------------------|-------|---------|-----------|----------|--------------------|
| 1 | Landsat 7 <i>Enhanced</i> | 2002 | -0,62 | 1,56 | 7,10 | 1,15 |
| 2 | <i>Thematic Mapper Plus (ETM +)</i> | 2007 | -0,62 | 1,56 | 7,10 | 1,15 |
| 3 | Landsat 8 <i>Operational</i> | 2012 | -0,82 | 1,97 | 12,74 | 1,64 |
| 4 | <i>Land Imager (OLI)</i> | 2017 | -0,69 | 1,98 | 11,39 | 1,72 |
| 5 | | 2022 | -0,73 | 1,79 | 13,59 | 1,83 |

Sumber: Pengolahan data

Sebaran indeks vegetasi transformasi *CLgreen* (pada Tabel 3) menunjukkan nilai reflektansi *CLgreen* mempunyai pola yang bervariasi setiap lima tahun sekali. Nilai rerata *CLgreen* tahun 2002 dan 2007 relatif sama yaitu 1,56, selanjutnya secara berurutan diikuti oleh tahun 2012 dan 2017 dengan nilai yaitu 1,97 dan 1,98 dan pada tahun 2022 dengan nilai, yaitu 1,79. Nilai minimum terendah terdapat pada tahun 2002 dan 2007 dengan nilai yang relatif sama, yaitu -0,62 dan tertinggi terdapat pada tahun 2012 (-0,82). Berdasarkan nilai maksimumnya *CLgreen* terkecil terdapat pada tahun 2002 dan 2007 dengan nilai yang relatif sama, yaitu 7,10 dan tertinggi pada tahun 2022 (13,59). Distribusi spasial *CLgreen* menunjukkan pola yang bervariasi selama 5 tahun seperti ditunjukkan pada (Gambar 1). Distribusi spasial vegetasi di wilayah tengah kota Denpasar tahun 2002 sampai tahun 2022 mengalami penurunan setiap 5 tahunnya, hal tersebut ditunjukkan adanya zona berwarna hijau hingga menjadi zona merah pada tahun 2022 hal ini dikarenakan daerah pemukiman yang mengalami perkembangan relatif pesat dari tahun 2002 sampai 2022.

b. *Enhanced Vegetation Index (EVI)*

Tabel 4. Data Statistik Nilai Spektral *Enhanced Vegetation Index (EVI)*

| No | Produk | Tahun | Minimum | Rata-rata | Maksimum | Standard Deviation |
|----|--|-------|---------|-----------|----------|--------------------|
| 1 | Landsat 7 <i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)</i> | 2002 | -0,40 | 0,38 | 1,17 | 0,19 |
| 2 | | 2007 | -0,31 | 0,41 | 3,06 | 0,20 |
| 3 | | 2012 | -0,17 | 0,34 | 0,89 | 0,16 |
| 4 | Landsat 8 <i>Operational</i> | 2017 | -0,18 | 0,31 | 2,02 | 0,16 |
| 5 | <i>Land Imager (OLI)</i> | 2022 | -0,24 | 0,28 | 1,03 | 1,03 |

Sumber: Pengolahan data

Sebaran indeks vegetasi transformasi EVI (pada Tabel 4) menunjukkan nilai reflektansi EVI mempunyai pola yang bervariasi setiap lima tahun sekali. Nilai rerata EVI pada tahun 2002, 2007, 2012, 2017, dan 2022 sebesar 0,38; 0,41; 0,34; 0,31; dan 0,28. Nilai minimum terendah terdapat pada tahun 2017 (-0,18) dan tertinggi terdapat pada tahun 2002 (-0,40). Berdasarkan nilai maksimumnya EVI terkecil terdapat pada tahun 2022 (1,03) dan tertinggi pada tahun 2007 (3,06). Distribusi spasial EVI menunjukkan pola yang bervariasi selama 5 tahun seperti ditunjukkan pada (Gambar 2). Distribusi spasial vegetasi pada tahun 2002 sampai tahun 2022 mengalami penurunan setiap 5 tahunnya, hal tersebut ditunjukkan adanya zona berwarna hijau hingga menjadi zona kuning hingga zona merah.

c. *Modified soil adjusted vegetation index* (MSAVI)

Tabel 5. Data Statistik Nilai Spektral *Modified soil adjusted vegetation index* (MSAVI)

| No | Produk | Tahun | Minimum | Rata-rata | Maksimum | Standard Deviation |
|----|---|-------|---------|-----------|----------|--------------------|
| 1 | Landsat 7 <i>Enhanced</i> | 2002 | 0,38 | 0,71 | 1,19 | 0,11 |
| 2 | <i>Thematic Mapper Plus</i> (<i>ETM +</i>) | 2007 | -0,18 | 0,10 | 0,40 | 0,10 |
| 3 | | 2012 | -0,18 | 0,11 | 0,42 | 0,10 |
| 4 | Landsat 8 <i>Operational</i> | 2017 | -0,37 | 0,11 | 0,47 | 0,11 |
| 5 | <i>Land Imager</i> (OLI) | 2022 | -0,41 | 0,09 | 0,48 | 0,11 |

Sumber: Pengolahan data

Sebaran indeks vegetasi transformasi MSAVI (pada Tabel 5) menunjukkan nilai reflektansi MSAVI 2 mempunyai pola yang bervariasi setiap lima tahun sekali. Nilai rerata MSAVI 2 pada tahun 2002, 2007, dan 2022, yaitu 0,71; 0,10; dan 0,09 selanjutnya pada tahun 2012 dan 2017 memiliki nilai yang relatif sama, yaitu 0,11. Nilai minimum terendah terdapat pada tahun 2002 (0,38) dan tertinggi terdapat pada tahun 2022 (-0,41). Berdasarkan nilai maksimumnya MSAVI 2 terkecil terdapat pada tahun 2007 (0,40) dan tertinggi pada tahun 2002 (1,19). Distribusi spasial MSAVI menunjukkan pola yang bervariasi selama 5 tahun seperti ditunjukkan pada (Gambar 3). Distribusi spasial vegetasi pada tahun 2002 sampai tahun 2022 mengalami kenaikan setiap 5 tahunnya, hal tersebut ditunjukkan adanya zona berwarna merah hingga menjadi zona hijau pada tahun 2022.

d. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

Tabel 6. Data statistik nilai spektral *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

| No | Produk | Tahun | Minimum | Rata-rata | Maksimum | Standard Deviation |
|----|---|-------|---------|-----------|----------|--------------------|
| 1 | Landsat 7 <i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)</i> | 2002 | -0,51 | 0,38 | 0,88 | 0,18 |
| 2 | | 2007 | -0,45 | 0,38 | 0,78 | 0,18 |
| 3 | | 2012 | -0,69 | 0,43 | 0,86 | 0,19 |
| 4 | Landsat 8 <i>Operational Land Imager (OLI)</i> | 2017 | -0,52 | 0,42 | 0,85 | 0,19 |
| 5 | | 2022 | -0,58 | 0,39 | 0,87 | 0,19 |

Sumber: Pengolahan data

Sebaran indeks vegetasi transformasi NDVI (pada Tabel 6) menunjukkan nilai reflektansi NDVI mempunyai pola yang bervariasi setiap lima tahun sekali. Nilai rerata NDVI tahun 2002 dan 2007 relatif sama yaitu 0,38, selanjutnya secara berurutan diikuti oleh tahun 2022, 2017, dan 2012 dengan nilai yaitu 0,39 ; 0,42 ; dan 0,43. Nilai minimum terendah terdapat pada tahun 2007 (-0,45) dan tertinggi terdapat pada tahun 2012 (-0,69). Berdasarkan nilai maksimumnya NDVI terkecil terdapat pada tahun 2007 (0,78) dan tertinggi pada tahun 2002 (0,88). Distribusi spasial NDVI menunjukkan pola yang bervariasi selama 5 tahun seperti ditunjukkan pada (Gambar 4), distribusi spasial vegetasi di wilayah pesisir selatan tahun 2002 sampai tahun 2022 mengalami kenaikan setiap 5 tahunnya, hal tersebut ditunjukkan adanya zona berwarna merah hingga menjadi zona hijau pada tahun 2022.

e. *Simple Ratio (SR)*

Tabel 7. Data statistik nilai spektral Simple Ratio (SR)

| No | Produk | Tahun | Minimum | Rata-rata | Maksimum | Standard Deviation |
|----|--|-------|---------|-----------|----------|--------------------|
| 1 | Landsat 7 <i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)</i> | 2002 | 0,32 | 2,49 | 9,41 | 1,06 |
| 2 | | 2007 | 0,38 | 2,57 | 8,10 | 1,15 |
| 3 | | 2012 | 0,18 | 2,97 | 13,74 | 1,64 |
| 4 | Landsat 8 <i>Operational Land Imager (OLI)</i> | 2017 | 0,31 | 2,98 | 12,39 | 1,72 |
| 5 | | 2022 | 0,27 | 2,79 | 14,59 | 1,83 |

Sumber: Pengolahan data

Sebaran indeks vegetasi transformasi SR pada (Tabel 7) menunjukkan nilai reflektansi SR mempunyai pola yang bervariasi setiap lima tahun sekali. Nilai rerata SR secara berurutan tahun 2002, 2007, 2012, dan 2017 sebesar 2,49; 2,57; 2,97; dan 2,98 serta pada tahun 2022 (2,79). Nilai minimum terendah terdapat pada tahun 2012 (0,18) dan tertinggi terdapat pada tahun 2007 (0,38). Berdasarkan nilai maksimumnya SR terkecil terdapat pada tahun 2002 (9,41) dan tertinggi pada tahun 2022 (14,59). Pola spasial SR disajikan pada (Gambar 5). Distribusi spasial SR menunjukkan pola yang bervariasi selama 5 tahun seperti ditunjukkan pada (Gambar 5), distribusi spasial vegetasi pada tahun 2002 sampai tahun 2022 mengalami penurunan setiap 5 tahunnya, hal tersebut ditunjukkan adanya zona berwarna hijau hingga menjadi zona merah pada tahun 2022.

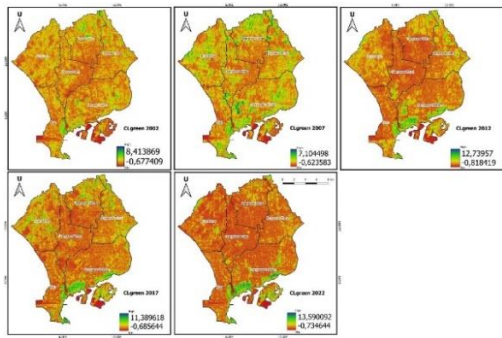
f. *Wide dynamic range vegetation index* (WDRVI)

Tabel 8. Data Statistik Nilai Spektral *Wide dynamic range vegetation index* (WDRVI)

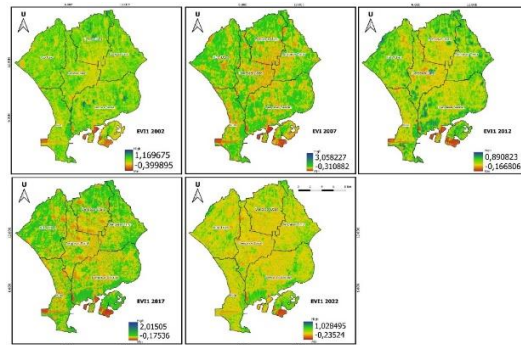
| No | Produk | Tahun | Minimum | Rata-rata | Maksimum | Standard Deviation |
|----|---|-------|---------|-----------|----------|--------------------|
| 1 | Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +) | 2002 | -0,29 | 0,58 | 0,88 | 0,14 |
| 2 | | 2007 | -0,22 | 0,58 | 0,87 | 0,14 |
| 3 | | 2012 | -0,53 | 0,61 | 0,92 | 0,15 |
| 4 | Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) | 2017 | -0,30 | 0,61 | 0,91 | 0,15 |
| 5 | | 2022 | -0,37 | 0,59 | 0,92 | 0,15 |

Sumber: Pengolahan data

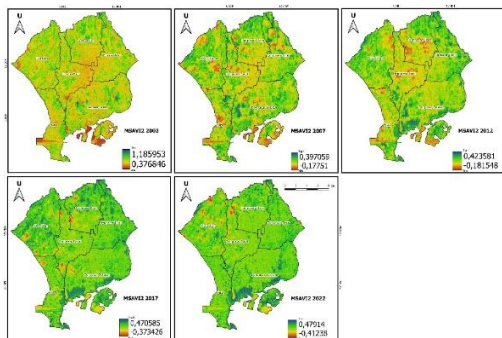
Sebaran indeks vegetasi transformasi WDRVI pada (Tabel 8) menunjukkan nilai reflektansi WDRVI mempunyai pola yang bervariasi setiap lima tahun sekali. Nilai rerata WDRVI pada tahun 2002; 2007 dan 2012; 2017 memiliki nilai yang relatif sama, yaitu 0,58 dan 0,61 serta pada tahun 2022 (0,59). Nilai minimum terendah terdapat pada tahun 2002 (-0,22) dan tertinggi terdapat pada tahun 2012 (-0,53). Berdasarkan nilai maksimumnya WDRVI terkecil terdapat pada tahun 2002 (0,88) dan tertinggi pada tahun 2022 (0,92). Distribusi spasial WDRVI menunjukkan pola yang bervariasi selama 5 tahun seperti ditunjukkan pada (Gambar 6) distribusi spasial vegetasi pada tahun 2002 sampai tahun 2022 mengalami penurunan setiap 5 tahunnya, hal tersebut ditunjukkan adanya zona berwarna biru hingga menjadi zona hijau pada tahun 2022.



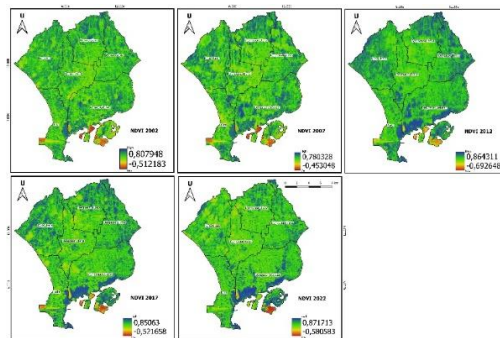
Gambar 1. Spasial Temporal *Green chlorophyll index* (CLgreen) Tahun 2002-2022



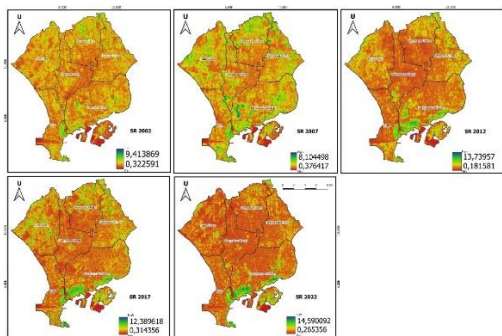
Gambar 2. Spasial Temporal *Enhanced Vegetation Index* (EVI) Tahun 2002-2022



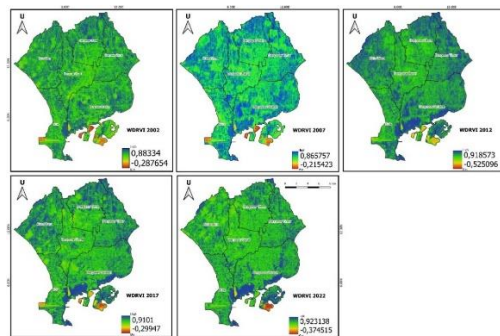
Gambar 3. Spasial Temporal *Modified soil adjusted vegetation index* (MSAVI) Tahun 2002-2022



Gambar 4. Spasial Temporal *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) Tahun 2002-2022



Gambar 5. Spasial Temporal *Simple Ratio* (SR) Tahun 2002-2022



Gambar 6. Spasial Temporal *Wide dynamic range vegetation index* (WDRVI) Tahun 2002-2022

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa wilayah Kuta, Kuta Utara, dan Denpasar memiliki nilai dan pola perubahan indeks spektral yang berbeda-beda setiap 5 tahunnya. Menggunakan citra multispektral dengan resolusi tinggi

untuk memetakan atau mengkuantifikasi cadangan karbon sehingga diperoleh resolusi spasial yang lebih jelas, sebagai dasar perencanaan tata ruang wilayah skala detail dan melakukan uji akurasi dan menggunakan perhitungan biomassa di lapangan secara mandiri. Saran kepada pemerintah, untuk memperhatikan yang didasarkan pada angka perubahan luasan cadangan karbon biomassa selama 20 tahun dimana luasan perubahan yang semakin mengarah kepada wilayah non-vegetasi.

Daftar Pustaka

- Alberto, Antonio, and Bambang Dwi Dasanto. (2010). "Model Perubahan Penggunaan Lahan Dan Pendugaan Cadangan Karbon Di Daerah Aliran Sungai Cisadane, Jawa Barat Landuse Change Model and Carbon Stock Estimation in Cisadane Watershed, West Java." *Agromet* 24 (2): 18–26.
- Gitelson, Anatoly A. (2004). "Wide Dynamic Range Vegetation Index for Remote Quantification of Biophysical Characteristics of Vegetation." *Journal of Plant Physiology* 161 (2): 165–73.
- Gitelson, Anatoly A, Andrés Viña, Verónica Ciganda, Donald C Rundquist, and Timothy J Arkebauer. (2005). "Remote Estimation of Canopy Chlorophyll Content in Crops." *Geophysical Research Letters* 32 (8).
- Jordan, Carl F. (1969). "Derivation of Leaf-area Index from Quality of Light on the Forest Floor." *Ecology* 50 (4): 663–66.
- Kaliky, Fitriyanti, and Syarif Ohorella. (2011). "Biomassa Dan Karbon Dibawah Permukaan Tanah Tegakan Sengon (*Paraserianthes Falcataria* L. Nielsen) Pada Lahan Agroforestry." *Jurnal Agrohut* 2 (2): 110–18.
- Kawamuna, Arizal, Andri Suprayogi, and Arwan Putra Wijaya. (2017). "Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI Pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus: Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi)." *Jurnal Geodesi Undip* 6 (1): 277–84.
- Liu, Hui Qing, and Alfredo Huete. (1995). "A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33 (2): 457–65.
- Nuarsa, I Wayan, I Gusti Alit Gunadi, and I Made Sukewijaya. (2018). "Integrasi Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Estimasi Serapan Dan Emisi CO₂ Di Kota Denpasar." *Ecotrophic* 12 (2): 240–50.
- Otgonbayar, Munkhdulam, Clement Atzberger, Jonathan Chambers, and Amarsaikhan Damdinsuren. (2019). "Mapping Pasture Biomass in Mongolia Using Partial Least Squares, Random Forest Regression and Landsat 8 Imagery." *International Journal of Remote Sensing* 40 (8): 3204–26.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1541110>.
- Pareta, Kuldeep, and Upasana Pareta. (2011). "Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India Using ASTER (DEM) Data and GIS." *International Journal of Geomatics and Geosciences* 2 (1): 248–69.
- Purnomohadi, Ning. (2006). "RTH Sebagai Unsur Utama Tata Ruang Kota." *Departemen Pekerjaan Umum-Ditjen Penataan Ruang. Jakarta*.
- Qi, Jiaguo, Abdelghani Chehbouni, Alfredo R Huete, Yann H Kerr, and Soroosh Sorooshian. (1994). "A Modified Soil Adjusted Vegetation Index." *Remote Sensing of Environment* 48 (2): 119–26.
- Rouse, John Wilson, Rüdiger H Haas, John A Schell, and Donald W Deering. (1974). "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS." *NASA Spec. Publ* 351 (1): 309.