



Journal of Scientech Research and Development

Volume 5, Issue 2, December 2023

P-ISSN 2715-6974

E-ISSN 2715-5846

Open Access at: <https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

ESTIMASI STOK KARBON TERSIMPAN PADA HUTAN MANGROVE DI PALUH KURAU, DELI SERDANG

ESTIMATION OF STORED CARBON STOCK IN MANGROVE FORESTS IN PALUH KURAU, DELI SERDANG

Pardip Maulana¹, Wildan Aprizal Arifin², La Ode Alam Minsaris³

^{1,2,3}Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung

Email korespondensi: maulanapardip@upi.edu

INFO ARTIKEL

Kata Kunci:

Hutan Mangrove,
NDVI,
Penginderaan
Jauh,
Penyimpanan
Karbon.

ABSTRAK

Hutan mangrove merupakan ekosistem penting di lokasi pesisir yang menyediakan fungsi ekologi dan ekonomi yang penting. Hutan mangrove menyediakan fungsi penyerap karbon dengan menyerap CO₂ dari atmosfer melalui fotosintesis dan penyimpanan karbon pada sedimen. Karbon yang tersimpan dalam lumpur bakau akan bertahan selama ribuan tahun sebelum kembali ke atmosfer dan bertindak sebagai penyerap karbon jangka panjang. Oleh karena itu, penting untuk memahami distribusi karbon yang tersimpan di dalam ekosistem mangrove secara spasial dan temporal. Penelitian ini memaparkan upaya pemetaan stok karbon di hutan mangrove dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penggunaan Landsat 9 OLI resolusi spasial menengah digunakan untuk pemetaan stok karbon mangrove. Dengan menggunakan data Penginderaan Jauh, teknik pengolahan citra Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) digunakan untuk menentukan strategi optimal dalam menjelaskan varians stok karbon mangrove. Selain itu, penelitian ini mencoba mengukur laju penyerapan karbon mangrove dengan menggunakan analisis multitemporal. Terakhir, peta stok karbon disajikan dengan menunjukkan simpanan karbon sebesar 136.192,12ton dengan koefisien determinasi persamaan linear sebesar 0,839.

Copyright © 2023 JSR. All rights reserved.

ARTICLE INFO**Keywords:**

Mangrove Forest,
NDVI, Remote
Sensing, Carbon
Storage.

ABSTRACT

Mangrove forests are important ecosystems in coastal locations that provide important ecological and economic functions. Mangrove forests provide a carbon sink function by absorbing CO₂ from the atmosphere through photosynthesis and storing carbon in sediments. The carbon stored in mangrove mud will persist for thousands of years before returning to the atmosphere and acting as a long-term carbon sink. Therefore, it is important to understand the spatial and temporal distribution of carbon stored in mangrove ecosystems. This study describes efforts to map carbon stocks in mangrove forests using remote sensing technology. The use of Landsat 9 OLI of medium spatial resolution is used for mapping mangrove carbon stocks. Using Remote Sensing data, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) image processing technique was used to determine the optimal strategy to explain mangrove carbon stock variance. In addition, this study tried to measure the rate of mangrove carbon sequestration using multitemporal analysis. Finally, the carbon stock map is presented showing carbon storage of 136,192.12 tons with a linear equation coefficient of determination of 0.839.

Copyright © 2023 JSR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Karbon dioksida adalah salah satu gas rumah kaca terbesar yang ditemukan di atmosfer bumi. Dalam beberapa dekade terakhir, aktivitas manusia telah meningkatkan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi, meningkatnya efek rumah kaca di alam. Emisi gas rumah kaca harus diturunkan untuk mengatasi tantangan perubahan iklim global (Lehmann, 2007). Meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer tersebut juga diperkirakan akan meningkatkan konsentrasi CO₂ di permukaan laut akibat pertukaran gas yang terus menerus antara udara dan air laut (Kurihara dan Shirayama, 2004). Konsentrasi karbon dioksida yang tinggi di permukaan laut menyulitkan individu spesies air untuk bernapas. Oleh karena itu, sebagian besar perubahan iklim disebabkan oleh tenggelamnya karbon atmosfer ke daratan dan permukaan laut.

Hutan tropis dianggap sebagai penyimpan karbon terestrial yang besar, terutama mangrove yang ditemukan di daerah subtropis dan tropis, yang sangat produktif dan berbeda dari ekosistem lain yang termasuk dalam menyerap karbon (Alongi, 2012; Ahmed & Kamruzzaman, 2021). Meskipun sebarannya terbatas, mangrove dapat berperan penting dalam penyerapan karbon dengan mengakumulasi sejumlah besar bahan organik di substratnya, selain hasil akar bawah tanahnya yang tinggi (Komiya et al., 2000; Srikanth et al., 2016). Pada tahun 2020, ekosistem mangrove di dunia sebesar 14,7 juta ha dimana 3,3 juta ha (20%) diantaranya berada di Indonesia (Global Mangrove Watch, 2020).

Pada dekade ini, penghitungan stok karbon yang disimpan oleh hutan mangrove sangat diperlukan mengingat perubahan iklim yang cepat (Richards et al., 2020). Selain itu, pola spasial ekosistem mangrove bersifat dinamis karena pengaruh antropogenik dan alam (Sherman et al., 2003); penghitungan karbon yang disimpan oleh hutan mangrove harus dilengkapi dengan deteksi perubahan. Secara manual, data dikumpulkan melalui pengambilan sampel lapangan dan interpretasi visual dari foto

Data Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan citra Landsat 9 OLI pada bulan Oktober 2023. Data diunduh dari halaman Survei Geologi Amerika Serikat (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Landsat 9 memiliki resolusi spektral aerosol pantai, wilayah tampak, inframerah dekat, inframerah pendek, pankromatik, dan TIRS. Resolusi spasial pita 1 sampai 7 dan 9 adalah 30m, pita 8 adalah 15m, dan pita 10 dan 11 adalah 100m (Vermote et al, 2016).

ArcGIS 10.3 digunakan untuk mengolah citra Landsat. Data citra Landsat diproyeksikan ke sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM), Datum WGS 1984, Zone 47 North. Setelah diproyeksikan, gambar beresolusi 30 m diubah menjadi 15 m dengan menggabungkan pita PAN (pita ke-8) dengan pita MS (Multi-Spectral). Gambar yang menyatu menghasilkan data yang lebih presisi dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan, sehingga bermanfaat untuk aplikasi seperti klasifikasi objek tanah, pengenalan target, dan interpretasi visual buatan (Li dan Cheng, 2019). Teknik peleburan ini disebut juga dengan pansharpening (Aiazzi et al., 2009). Pansharpening dilakukan karena citra seri Landsat memiliki resolusi spasial terbatas (30 m) dibandingkan citra MS (Pardo-Pascual et al., 2012).

Kombinasi pita citra landsat digunakan untuk mendeteksi mangrove di wilayah penelitian. False Colour Composite (FCC) adalah nama yang diberikan untuk kombinasi pita. FCC yang digunakan pada citra landsat adalah komposit pita 4, 3, 2 (Salam et al, 2007); Kombinasi pita ini dapat membuat mangrove menonjol dibandingkan yang lain. Kawasan mangrove ditemukan dan diberi batas menggunakan interpretasi visual dan digitalisasi pada layar. Setelah identifikasi kawasan mangrove, tahap selanjutnya adalah menggunakan transformasi NDVI untuk mengkategorikan kepadatan mangrove ke dalam empat kelas.

Analisis Kepadatan Mangrove

Metode NDVI digunakan untuk menilai kerapatan hutan mangrove. Penentuan mangrove dilakukan melalui interpretasi visual dan delineasi objek-objek yang menunjukkan keberadaan mangrove. Mangrove dapat diidentifikasi dengan menggunakan kombinasi warna (Merah: Hijau: Biru) yang terdiri dari pita IR (Inframerah) yang terdapat pada lapisan merah (Merah), pita NIR (Near Inframerah) yang terdapat pada lapisan hijau, dan pita Merah disajikan pada lapisan biru (Conchedda et al, 2003). Mangrove tampak berwarna merah terang pada gambar satelit FCC jika berada dalam petak yang berkesinambungan. Lapisan data NDVI dijelaskan sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan:

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

NIR = Reflektans Spektral Infrared

Red = Reflektans Pita Merah

Analisis Estimasi Karbon Mangrove

Persamaan alometrik Biomassa Di Atas Tanah (AGB) dan Biomassa Bawah Tanah (BGB) yang dikembangkan oleh (Komiyama, Poungharn dan Kato, 2005) digunakan dalam penelitian ini.

$$\begin{aligned} \text{AGB} &= 0.251 * \rho * \text{DBH}^{2.46} \\ \text{BGB} &= 0.199 * \rho^{0.90} * \text{DBH}^{2.22} \end{aligned}$$

Keterangan:

AGB = Above-Ground Biomass

BGB = Below-Ground Biomass

DBH = Diameter at Breast Height

ρ = Kepadatan kayu spesies

Dari observasi lapangan, BGB juga dihitung, dan rasio BGB terhadap AGB digunakan untuk menghitung BGB untuk keseluruhan plot karena BGB juga sama pentingnya dalam kasus hutan mangrove. Total biomassa diambil sebagai penjumlahan dari AGB dan BGB.

Nilai NDVI yang diperoleh dari data satelit dan AGB dapat dihitung menggunakan persamaan linear berikut: (Myeong, Nowak & Duggin, 2006).

$$\text{AGB} = (a * \text{NDVI}) - b$$

Keterangan:

AGB = Above-Ground Biomass

a, b = Konstanta Persamaan Regresi Linear

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

Kandungan karbon dapat diperoleh dengan mengalikan total biomassa dengan faktor konversi sebesar 0,475 (47,5% biomassa, IPCC).

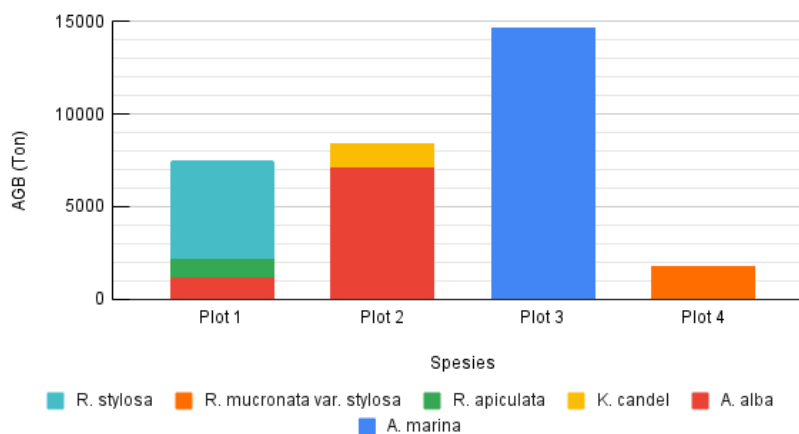
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Hutan Mangrove Paluh Kurau

Hutan mangrove Paluh Kurau berbatasan langsung dengan perairan selat malaka dan lahan pertanian. Hutan mangrove Paluh Kurau terletak di sepanjang garis pantai perairan Paluh Kurau. Sebagian besar hutan ini dimanfaatkan masyarakat untuk dijadikan tambak pola tanaman mangrove *silvofishery* dengan ukuran bervariasi dari 5 ha hingga 25 ha yang dipisahkan oleh paluh (sungai air asin) yang menghubungkan muara laut perairan timur sumatera utara. Aktivitas pertanian dan pertambakan memberikan pengaruh menurunnya tutupan mangrove yang secara tidak langsung mempengaruhi pertumbuhan mangrove. Di muara Paluh Kurau bagian utara, dicirikan oleh vegetasi mangrove dengan keanekaragaman yang tinggi, sedangkan bagian selatan dekat muara belawan, didominasi oleh vegetasi mangrove jenis *Nypa* Besarnya muara di lokasi mempengaruhi jumlah sedimen yang menjadi media pertumbuhan mangrove.

Hasil penelitian menunjukkan biomassa spesies mangrove di atas permukaan tanah yang ditemukan di lokasi penelitian menunjukkan perbedaan antara keempat plot pengamatan. Di plot 3, biomassa cadangan karbon diatas tanah (AGB) tertinggi 14662,1 ton, dan di plot 4, terendah 1765,3 ton/ha. Secara umum, spesies *A. marina*

memberikan kontribusi secara penuh di plot 3 (Gambar 2), secara morfologi pohon *Avicennia sp* yang hidup di hutan Paluh Kurau berusia lebih dari 20 tahun dan memiliki diameter terbesar 38 cm.



Gambar 2. Diagram Sebaran Biomassa di Atas Tanah Spesies Mangrove Sesuai Plot Penelitian

Kepadatan Mangrove di Paluh Kurau

Nilai aktual NDVI berkisar antara -1 sampai +1, peningkatan nilai positif menunjukkan peningkatan vegetasi hijau dan penurunan nilai negatif menunjukkan fitur permukaan non-vegetasi seperti air, medan tandus, es, salju, atau awan (Qi et al., 1994). Nilai NDVI diklasifikasikan menjadi tiga kategori: Non Vegetasi yang meliputi lahan tandus, badan jalan, area bangunan; Vegetasi rendah berupa semak dan padang rumput; dan Kepadatan tinggi yang berisi hutan beriklim sedang dan tropis berdasarkan nilai NDVI-nya (Hashim et al., 2019). Nama kelas mangrove dan kisaran NDVI-nya ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2. Rasio NIR dan panjang gelombang Merah, serta indeks turunan satelit lainnya juga dapat digunakan untuk memantau status vegetasi dan kondisi ekosistem mangrove secara efektif (Patil et al., 2015). Selisih antara serapan maksimum radiasi warna merah akibat klorofil dan pantulan maksimum radiasi pada NIR akibat struktur seluler daun digunakan untuk menghitung NDVI (Haboudane et al., 2004). Kombinasi pita merah dan inframerah (IR) serta indeks vegetasi membantu mengidentifikasi hutan mangrove, rawa, dan tanaman lain di zona lahan basah.

Tabel 1. Kelas Vegetasi dan Jenis Objek Berdasarkan Nilai NDVI

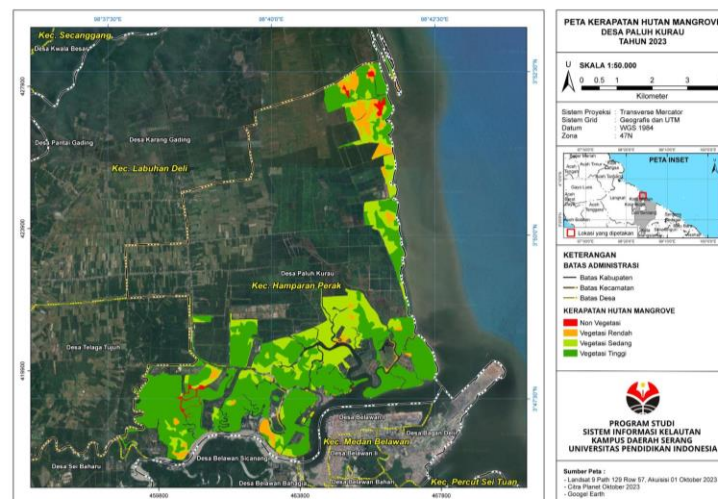
Kelas Vegetasi	Objek	Nilai NDVI
Non-Vegetasi	Lahan tandus, bangunan, badan jalan	$-1 < \text{NDVI} < 0.199$
Vegetasi Rendah	Padang rumput, semak	$0.2 < \text{NDVI} < 0.5$
Vegetasi Tinggi	Hutan iklim sedang dan tropis	$0.501 < \text{NDVI} < 1$

Tabel 2. Kelas Kerapatan dan Jumlah Mangrove Berdasarkan Nilai NDVI

Kelas Vegetasi	Kerapatan (ind/ha)	Nilai NDVI
Jarang	< 1000	-1 < NDVI < 0.33
Sedang	1000-1500	0.33 < NDVI < 0.42
Rapat	> 1500	0.42 < NDVI < 1

Sumber: Adi & Sari (2016)

Kepadatan mangrove diklasifikasikan menjadi 4 kelas untuk mempermudah analisis. Hasil penelitian menjelaskan hutan mangrove Paluh Kurau dengan non vegetasi memiliki luas 25,6 ha, vegetasi rendah memiliki luas 151,93 ha, vegetasi sedang memiliki 509,73 ha, vegetasi tinggi 1371,55 ha. Secara kualitatif, laporan ini menjelaskan ada banyak mangrove dengan vegetasi tinggi di dekat laut, meskipun ada juga beberapa area dengan vegetasi rendah antara kepadatan mangrove tinggi dan laut. Ada banyak vegetasi sedang mangrove berbatasan dengan area tambak. Vegetasi tinggi mangrove banyak berada di tepi paluh dan memiliki jumlah luas tertinggi dibandingkan dengan kelas lainnya. Mangrove dengan vegetasi rendah hanya ditemukan di beberapa titik antara vegetasi sedang.



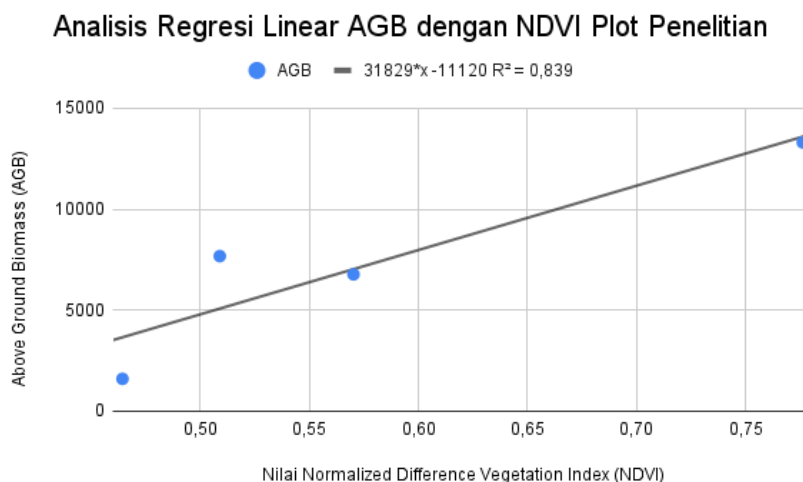
Gambar 3. Peta Sebaran Kerapatan Hutan Mangrove Desa Paluh Kurau Tahun 2023

Simpanan Karbon Mangrove Paluh Kurau

Nilai AGB berkisar antara 2,99 gm hingga 14.906,41 gm per piksel dan BGB berkisar antara 411,24 gm hingga 5.499,07 gm per piksel. Total biomassa berkisar antara 414,23 gm hingga 20.405,48 gm per piksel dan kandungan karbon per piksel berkisar antara 387,97 gm hingga 12.175,14 gm. Dari total tersebut, 88,69% disumbang oleh vegetasi kelas tinggi yang mencakup 66,62% dari total luas wilayah. Kelas menengah menyumbang 11,3% karbon dengan cakupan wilayah 24,75%. Jika dibandingkan dengan cakupan wilayah, tipe vegetasi kelas tinggi lebih efektif dalam berkontribusi dalam penyerapan karbon. Perkiraan total karbon sebesar 136.192,12 ton di area seluas 2058,81 hektar menunjukkan hutan mangrove ini dalam kondisi sehat.

Hasil Analisis Regresi Linear

Sampel kerapatan vegetasi menggunakan fotografi subjektif dianalisis menggunakan analisis regresi linier untuk menunjukkan korelasi dengan nilai NDVI data landsat 9. Berdasarkan analisis regresi, biomassa di atas tanah memiliki korelasi yang baik dengan nilai NDVI dengan $R=0,9159$ dan koefisien determinasi $R^2=0,839$. Hasil ini menunjukkan bahwa biomassa di atas tanah cukup baik untuk dimodelkan dengan nilai NDVI. Korelasi yang baik antara biomassa di atas tanah dan nilai NDVI menunjukkan rumus regresi cukup baik untuk pemodelan stok karbon mangrove.



Gambar 4. Diagram Persamaan Regresi Linear Biomassa Di Atas Tanah Dengan Indeks Vegetasi Sesuai Plot Penelitian

KESIMPULAN

Mangrove lebih berperan dalam stok karbon lebih tinggi dibandingkan hutan lainnya. NDVI menunjukkan hasil yang konsisten di berbagai bidang tingkat koreksi radiometrik dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya. Pendekatan penginderaan jauh multitemporal untuk memperkirakan laju penyerapan karbon menunjukkan hasil sebanyak 136.192,12 ton karbon tersimpan dalam hutan mangrove Paluh Kurau, Deli Serdang pada tahun 2023. Namun demikian, jika dilihat dari keakuratan pendugaan stok karbon pada citra Landsat 9 OLI, penelitian ini berasumsi bahwa kesalahan pendugaan sekuestrasi karbon mangrove seharusnya berada di sekitar nilai tersebut. Terakhir, peta yang berasal dari data penginderaan jauh dapat memperbaiki spasial stok karbon mangrove dan distribusi temporal. Penelitian di masa depan diperlukan mengevaluasi keakuratan estimasi penyerapan karbon dari analisis multitemporal dan melibatkan stok karbon sedimen dan pengukuran biomassa semak di kawasan mangrove untuk mendapatkan stok karbon ekosistem mangrove yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, W., & Sari, S. P. 2016. Detection of mangrove distribution in Pongok Island. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 253-257.

- Adil, A., & Kom, S. 2017. *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Andi.
- Aiazzi, B., Baronti, S., Lotti, F., & Selva, M. 2009. A comparison between global and context-adaptive pansharpening of multispectral images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 6(2), 302-306.
- Ahmed, S. and Kamruzzaman, M. 2021. Species-specific biomass and carbon flux in Sundarbans mangrove forest, Bangladesh: Response to stand and weather variables. *Biomass and Bioenergy*, 153, p. 106215.
- Alongi, D. M. 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon management*, 3(3), 313-322.
- Conchedda, G., Durieux, L., & Mayaux, P. 2008. An object-based method for mapping and change analysis in mangrove ecosystems. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63(5), 578-589.
- Curran, P. J. 1981. Multispectral remote sensing for estimating biomass and productivity. *Plants and the daylight spectrum*.
- Haboudane, D., Miller, J. R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P. J., & Strachan, I. B. 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote sensing of environment*, 90(3), 337-352.
- Hashim, H., Abd Latif, Z., & Adnan, N. A. 2019. Urban vegetation classification with NDVI threshold value method with very high resolution (VHR) Pleiades imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 237-240.
- Komiyama, A. et al. 2000. Top/root biomass ratio of a secondary mangrove (Ceriops tagal (Perr.) CB Rob.) forest. *Forest ecology and management*, 139(1-3), pp. 127-134.
- Komiyama, A., Pongparn, S. and Kato, S. 2005 Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of tropical ecology*, 21(4), pp. 471-477.
- Kementerian Kehutanan. 2014. Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.579/Menhut-II/2014 tanggal 24 Juni 2014 Tentang Kawasan Hutan Provinsi Sumatera Utara.
- Kurihara, H. and Shirayama, Y. 2004. Effects of increased atmospheric CO₂ on sea urchin early development. *Marine Ecology Progress Series*, 274, pp. 161-169.
- Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature*, 447(7141), pp. 143-144.
- Li, Z. and Cheng, C. 2019. A CNN-based pan-sharpening method for integrating panchromatic and multispectral images using landsat 8. *Remote Sensing*, 11(22), p. 2606.
- Myeong, S., Nowak, D. J. and Duggin, M. J. 2006. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 101(2), pp. 277-282.
- Navalgund, R. R., Jayaraman, V., & Roy, P. S. 2007. Remote sensing applications: An overview. *current science*, 1747-1766.

- Nurilmi, Mahmud Achmad dan Suhardi. 2017. Pendugaan Lengan Tanah Inceptisol Pada Tanaman Hortikultura Menggunakan Citra Landsat 8. *Jurnal AgriTechno*. Vol 10. No 2. p. 135-151.
- Pardo-Pascual, J. E. et al. 2012. Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. *Remote Sensing of Environment*, 123, pp. 1-11.
- Patil, V., Singh, A., Naik, N., & Unnikrishnan, S. 2015. Estimation of mangrove carbon stocks by applying remote sensing and GIS techniques. *Wetlands*, 35, 695-707.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., & Sorooshian, S. 1994. A modified soil adjusted vegetation index. *Remote sensing of environment*, 48(2), 119-126.
- Richards, D. R., Thompson, B. S., & Wijedasa, L. 2020. Quantifying net loss of global mangrove carbon stocks from 20 years of land cover change. *Nature communications*, 11(1), 4260.
- Salam, M. A., Ross, L. G., & Beveridge, C. M. C. 2007. The use of GIS and remote sensing techniques to classify the Sundarbans Mangrove vegetation. *J. Agrofor. Environ*, 1(1), 7-15.
- Sherman, R. E., Fahey, T. J., & Martinez, P. 2003. Spatial patterns of biomass and aboveground net primary productivity in a mangrove ecosystem in the Dominican Republic. *Ecosystems*, 384-398.
- Srikanth, S., Lum, S. K. Y., & Chen, Z. 2016. Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees*, 30, 451-465.
- Vermote, E., Justice, C., Claverie, M., & Franch, B. 2016. Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product. *Remote Sensing of Environment*, 185, 46-56.
- Watch, G. M. 2020. Global Mangrove Watch 1996 – 2016. *UNEP-WCMC Data Viewer*.