

Uncertainty Study Of Land-Based Carbon Emission Activity Data In Ibu Kota Nusantara Using Medium Resolution Satellite Imagery

Khilma Sufiana^{1*}, Yohanes Budi Sulistioadi¹, Rosmini¹, Ali Suhardiman¹, Kiswanto¹, Yuniarto Setiawan¹

¹Pascasarjana Ilmu Lingkungan, Universitas Mulawarman

* corresponding email: khilmasufiana83@gmail.com

Submitted: 2025-05-20; Accepted: 2025-06-30; Published: 2025-06-30

ABSTRACT

Ibu Kota Nusantara will be a significant smart sustainable forest city regarding climate change. Calculation of land-based carbon emission reduction performance in the IKN based on land cover maps through visual interpretation of medium-resolution satellite imagery sensing experiences uncertainty that follows a gradual process. In estimating emissions in this IKN, it is related to the uncertainty of land-based carbon emission activity data. This study aims to obtain the value of uncertainty in activity data from the dynamics of land cover changes in the IKN. The methodology used in this study is the interpretation of medium-resolution satellite imagery, and land cover changes using 5 (five) classes of change, namely deforestation, forest degradation, forest gain, stable forest, and stable non-forest, sampling design using stratified random sampling with the proportional allocation method. The results of the sample interpretation are then calculated for accuracy (user's accuracy, producer's accuracy, and overall accuracy) and uncertainty with a confusion matrix/error matrix. This study shows that changes in deforestation land cover produce high uncertainty values (> 15%), this is because most of the samples for changes in deforestation land cover are in stable non-forest land cover changes, in actual the reference data from image data with high-resolution imagery does not match. While changes in stable forest and stable non-forest land cover throughout the year produce low uncertainty values ($\leq 15\%$), most of the samples for stable forest and stable non-forest land cover change conditions match in the diagonal column which shows that there is a match between the data class of land cover change classification results and reference data from high-resolution image data.

Keywords: Nusantara Capital City, Carbon, Uncertainty Analysis, Land Cover, Land Cover Change

PENDAHULUAN

Skema Program Pengurangan Emisi Wilayah Kalimantan Timur merupakan proyek *prestige* tingkat global untuk menanggulangi deforestasi dan perubahan iklim. Program ER bertujuan untuk mengurangi deforestasi dan degradasi hutan seluas 12,7 juta hektar di wilayah Provinsi Kalimantan Timur. Program ER (*Emisi Reduction*) merupakan bagian dari upaya paling penting yang dilakukan oleh pemerintah tingkat nasional dan provinsi untuk menurunkan *deforestation* dan *forest degradation*, dan untuk memastikan Indonesia dan Kalimantan Timur berada

dalam jalur yang tepat dalam Pembangunan hijau. Hutan Kalimantan Timur menghadapi tekanan serius dari perluasan perkebunan sawit, hutan tanaman, dan pertambangan. Pemerintah Indonesia telah melaksanakan analisis perubahan tutupan lahan (*Land Cover Change*) di Kalimantan Timur dalam rentang waktu 2006 hingga 2016 untuk membangun tingkat acuan pengurangan emisi, hasil analisa menemukan bahwa > 1 juta hektar hutan berubah menjadi non hutan dalam rentang waktu tersebut (RI, 2020). Pada umumnya degradasi dan reforestasi hutan terjadi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal sendiri meliputi kondisi alami dari

suatu kawasan seperti kualitas tanah, satwa yang ada di sekitar Kawasan tersebut yang membuat permudaan alami pada suatu kawasan sehingga terjadinya degradasi atau reforestasi. Sedangkan faktor eksternal lebih mengacu pada aktifitas yang terjadi di kawasan tersebut baik itu penggunaan untuk jalan, perkebunan, pemukiman, atau dilakukan reboisasi untuk periode berikutnya (Aponno H, 2023).

Program Emisi Reduction menangani deforestasi, dengan menekankan pada skema tata kelola melalui perubahan dan perbaikan kebijakan, dengan melibatkan perusahaan perkebunan sawit dan perusahaan yang bergerak di bidang kehutanan, seperti Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH), dan juga melibatkan masyarakat lokal. Program ER akan mendukung kombinasi kondisi pendukung dan mempromosikan praktek – praktek pengelolaan berkelanjutan yang akan secara langsung menyelesaikan penyebab utama terjadinya emisi. Salah satunya Pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara yang berlokasi di Kalimantan Timur yang akan menjadi peluang Indonesia mencapai target *Net Zero Emission* (NZE) yang pastinya akan terjadi perubahan pemanfaatan lahan di masa mendatang dalam mendukung pengembangan dan pembangunan ibu kota negara baru (Ola RP, 2023).

IKN ini yang paling mendasar akan menjadi *smart sustainable forest city* yang paling signifikan tentang perubahan iklim. IKN nantinya akan sangat ketat terkait dengan kegiatan-kegiatan yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan maupun polusi udara. Perbaikan tata Kelola akan menyebabkan pengurangan emisi dari seluruh penyebab langsungnya. Perhitungan kinerja pengurangan emisi karbon berbasis lahan di Ibu Kota Negara berdasarkan peta tutupan lahan melalui interpretasi visual dari penginderaan citra satelit pada skala area minimum untuk delineasi poligon adalah 0,25 cm² pada skala 1 : 50.000 yang mewakili 6,25 ha (Pemerintah RI, 2020). Landsat 8 OLI efisien untuk melakukan penelitian perubahan tutupan lahan dan

menawarkan data terkini dan akurat tentang tutupan lahan saat ini. Perhitungan pengurangan emisi melalui interpretasi visual dari penginderaan citra satelit mengalami ketidakpastian yang mengikuti proses bertahap.

Menurut (Firmansyah A, 2022) nilai ketidakpastian cenderung rendah pada kelas yang tidak mengalami perubahan penutupan lahan. Pada kelas *Stable Forest* nilai ketidakpastian relatif lebih tinggi yaitu 33%. Nilai ketidakpastian yang juga tinggi adalah *Forest Gain (Reforestation)* sebesar 59% dan *Forest Degradation* sebesar 36%. Besarnya nilai ketidakpastian disebabkan karena salah satu data penutupan lahan yang menyusun kelas perubahan tersebut adalah semak belukar yang memiliki variasi tinggi pada citra. Perhitungan pengurangan emisi berbasis lahan di Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara untuk meminimalisir ketidakpastian dan memungkinkan hemat biaya melalui interpretasi visual dari penginderaan citra satelit resolusi sedang. Program pengurangan emisi untuk memperkirakan serapan karbon atau emisi tahunan dalam periode rujukan. Dalam pendugaan emisi di IKN ini berkaitan dengan ketidakpastian data aktivitas emisi karbon berbasis lahan. Penelitian ini mempunyai tujuan tentang nilai ketidakpastian data aktivitas dari dinamika perubahan penutupan lahan di Ibu Kota Nusantara menggunakan Citra Satelit Resolusi Seding.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah penafsiran citra satelite resolusi sedang Landsat 8 OLI dengan resolusi spasial menengah berkisar 4 – 30 meter (Suwargana, 2013), penutupan lahan dari Kementerian Kehutanan tahun 2014, 2017, 2020, dan 2023. Landsat 8 OLI yang digunakan diperoleh dari situs resmi United States Geographical Survey Agency (USGS) yang merupakan penyedia data akses via <https://earthexplorer.usgs.gov> (Darmawan A, 2024). Data penutupan lahan KLHK sudah dicermati dengan melakukan

pengecekan dan membandingkan konsistensinya dengan data lain yang ada, misalnya data hutan non hutan dari LAPAN dan data sejenis yang sudah dipublikasikan di jurnal internasional, seperti (Margono BA P. P., 2014) dan (Hansen MC, 2013). Dengan pertimbangan bahwa di tahun 2014 tersebut lokasi di Ibu Kota Nusantara belum terdapat intervensi atau gangguan dari luar. Sedangkan untuk periode pengukuran kinerja adalah PL tahun 2017, 2020, dan 2023 dengan pertimbangan bahwa tahun 2015 terdapat kebakaran hutan dan lahan di lokasi IKN yang sebelumnya sebagian areal IKN merupakan areal konsesi Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan – Hutan Tanaman PT Itci Hutani Manunggal sesuai Keputusan Menteri Kehutanan Nomor SK.184/Kpts-II/1996 tanggal 23 April 1996, sehingga pada tahun 2017 lokasi IKN sudah pada kondisi setelah kejadian kebakaran hutan dan lahan. Kemudian PL tahun 2020 terdapat kondisi pada lokasi IKN belum dimulainya proyek bukaan lahan untuk pembangunan IKN, serta PL tahun 2023 terdapat pada kondisi areal IKN sedang dilakukan *progress* Pembangunan.

Menurut (Tossiani A, 2020) klasifikasi perubahan penutupan lahan menggunakan 5 (lima) kelas perubahan lahan, yaitu *deforestation*, *forest degradation*, *forest gain (reforestation)*, *stable forest*, dan *stable non forest* dari 3 tahun kinerja pengurangan emisi di Ibu Kota Nusantara, yaitu LCC (Land Cover Change) tahun 2014 – 2017, LCC tahun 2017 – 2020, dan LCC tahun 2020 - 2023, desain *sampling* probabilitas menggunakan *stratified random sampling* dengan jumlah sampel setiap kelas ditentukan oleh estimasi *user's accuracy*-nya. Setiap titik sampel diinterpretasi secara visual menggunakan data referensi (antara lain : citra landsat, citra resolusi sedang lainnya, citra resolusi tinggi dan/atau sangat tinggi, *google earth*, data *ground check* lapangan, dan data spasial lain). Menurut (Margono BA U. A., 2016) interpretasi dilakukan pada sampel poligon dengan bentuk lingkaran dengan

luas 6,25 ha atau setara dengan 0,25 cm x 0,25 cm pada skala 1:50.000 yang dibangun berdasarkan titik sampel (point) hasil *stratified random sampling* (Firmansyah D, 2022) dan (Saefullah, 2021). Interpretasi ini menggunakan ketentuan “benar” atau “salah” pada tiap sampel. Penentuan jumlah sampel dan sebarannya dilakukan dengan metode *proportional allocation* (Setiyawan A, 2019).

Selanjutnya hasil interpretasi sampel kemudian dihitung akurasi (*user's accuracy*, *producer's accuracy*, dan *overall accuracy*) dan ketidakpastiannya (*uncertainty*) dengan *confusion matrix/error matrix*. Target *user's accuracy* (U_i) untuk *deforestation* dan *forest degradation* adalah 0,7, *forest gain (reforestation)* 0,6, *stable forest* 0,9, dan *stable non-forest* 0,95 (Olofsson P F. G., 2014) ; (Olofsson P F. G., 2013). Untuk kelas *deforestation* dan *degradation* ini dikategorikan sebagai *disturbance*, yaitu kerusakan bentang alam hutan akibat intervensi manusia. Di samping itu, banyak sistem pemantauan hutan yang tidak melakukan penghitungan *forest degradation*, karena *uncertainty* yang dihasilkan masih sangat tinggi (Hosonuma N, 2012) ; (Pan Y, 2011). Nilai *user's accuracy* yang digunakan untuk semua kelas perubahan penutupan lahan ini ditetapkan berdasarkan banyak penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dengan sampel dari berbagai negara. Sedangkan untuk Faktor emisi yang digunakan adalah dari *National 2nd FREL/FRL document di Pulau Kalimantan yang terdiri dari Above Ground Biomass (AGB) dan Below Ground Biomass (BGB)* (Budiharto, 2022).

Penentuan ukuran sampel dihitung berdasarkan persamaan (Cochran, 1977) sebagaimana persamaan (1).

$$n = \frac{(\sum W_i S_i)^2}{[S(\delta)]^2 + \frac{1}{N} \sum W_i S_i} \approx \left(\frac{\sum W_i S_i^2}{S(\delta)} \right)^2 \quad (1)$$

dengan :

n : jumlah unit atau jumlah seluruh piksel (luas area);

- S(ó) : *standard error* dari perkiraan *overall accuracy* yang akan dihasilkan;
- W_i : proporsi area dari kelas i;
- S_i : standar deviasi dari kelas i.

Berdasarkan proporsi estimasi area setiap kelas perubahan penutupan lahan, dapat dihitung estimasi *standard error* dan *margin error* CI (95%) luas masing-masing kelas perubahan lahannya. Kedua angka ini akan digunakan untuk menghitung ketidakpastian dari setiap kelas perubahan penutupan lahan.

Standar error estimasi proporsi luas kelas perubahan penutupan lahan S(p.k), perlu dihitung terlebih dahulu untuk menentukan CI masing-masing kelas, dengan persamaan (2).

$$S(\hat{p}_k) = \sqrt{\sum_i W_i^2 \frac{p_k(1-p_k)}{n_i-1}} = \sqrt{\sum_i \frac{W_i^2 \hat{p}_{ik} - \hat{p}_{ik}^2}{n_i-1}} \quad (2)$$

Hasil perhitungan ini dikalikan dengan 1,96 (nilai percentile dari standar distribusi normal untuk CI 95%) untuk mendapatkan angka *margin error* CI untuk setiap kelas perubahan penutupan lahan menggunakan persamaan (3).

$$\text{Margin Error} = 1,96 \times S(\hat{A}_k) \quad (3)$$

Untuk estimasi luas masing-masing kelas perubahan penutupan lahan yang di – *adjust* (luas terkoreksi/corrected area) dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$\hat{A}_j = A_{\text{tot}} \times P_{.j} \quad (4)$$

Dimana, P_{.j} adalah proporsi estimasi luas setiap kelas perubahan penutupan lahan yang diperoleh dari persamaan sebelumnya. Nilai ketidakpastian setiap kelas perubahan penutupan lahan dihitung dengan persamaan (5).

$$\text{Ketidakpastian} = \left(\frac{\text{Margin error}}{\text{Luas adjusted area}} \right) * 100\% \quad (6)$$

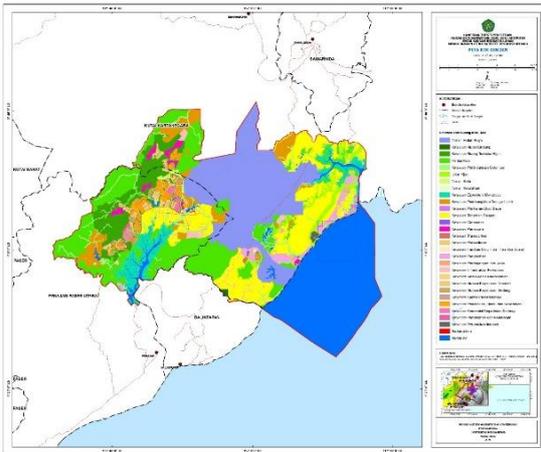
HASIL DAN PEMBAHASAN

Ibu Kota Nusantara (IKN), atau Nusantara, adalah kota yang sedang proses pembangunan di Kalimantan Timur untuk menggantikan Jakarta sebagai ibu kota Indonesia. Pembangunan IKN terus dilanjutkan dengan anggaran yang telah dialokasikan untuk periode 2025-2029, dan telah dilakukan pembukaan lahan, pembuatan jalan akses, serta pembangunan zona inti pemerintahan.

IKN secara administrasi berada di wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara dan Penajam Paser Utara yang sebelumnya sebagian areal IKN merupakan areal konsesi Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan – Hutan Tanaman PT Itci Hutani Manunggal sesuai Keputusan Menteri Kehutanan Nomor SK.184/Kpts-II/1996 tanggal 23 April 1996, sehingga untuk saat ini telah menjadi Kawasan tersendiri dibawah naungan Badan Otorita Ibu Kota Nusantara dan telah dilepaskan dari perijinan yang terdapat diatasnya.

Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara ditargetkan menjadi kota dengan nilai nol emisi karbon pada tahun 2045. Otorita Ibu Kota Nusantara akan memasukkan target tersebut dalam komitmen pengurangan emisi local atau *local determined commitment* (LDC). Untuk mencapai target tersebut, IKN telah memiliki fasilitas pembibitan pohon (Persemaian Mentawir) dengan kapasitas produksi bibit pohon mencapai 15 juta pohon per tahun. Serta mekanisme program pemenuhan kewajiban rehabilitas Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dilakukan oleh pemohon Persetujuan Penggunaan Kawasan Hutan, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengurangan emisi berbasis lahan di Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara.

Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2022 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional Ibu Kota Nusantara Tahun 2022 – 2042 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional IKN

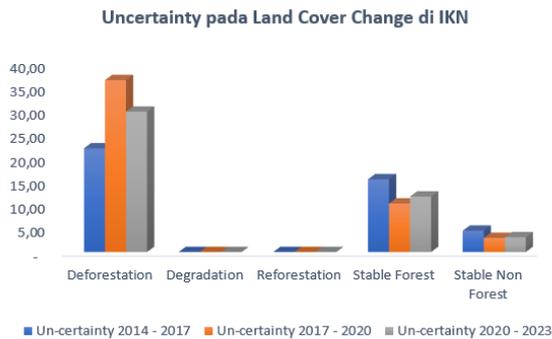
Perubahan penutupan lahan dibagi menjadi 5 kelas, yaitu *deforestation* (deforestasi), *forest degradation* (degradasi hutan), *reforestation* (pertumbuhan hutan), *stable forest* (tutupan hutan yang tetap/tidak berubah), dan *stable non forest* (tutupan non - hutan yang tetap/tidak berubah). Desain Sampling adalah rencana atau strategi untuk penentuan unit spasial yang mewakili populasi penghitungan akurasi dan ketidakpastian. Desain *sampling* probabilitas menggunakan *stratified random sampling* yang membagi kelas perubahan penutupan lahan menjadi 5 (lima) kelas.

Sebaran Jumlah Sampel pada LCC (*Land Cover Change*) tahun 2014 - 2017, LCC 2017 - 2020, dan LCC 2020 - 2023 dihitung berdasarkan persamaan Cochran (1977) di dapatkan untuk sampel pada strata *deforestation*, *forest degradation*, dan *reforestation* memiliki nilai 0 disebabkan pada luasan setiap strata yang sangat kecil, sehingga dilakukan modifikasi berdasarkan (Roscoe, 1975) yaitu pada kelas perubahan lahan berupa *deforestation*, *forest degradation*, dan *reforestation* yang mempunyai luasan kecil tetap diambil sampel paling sedikit 30 sampel.

Seluruh hasil uji akurasi dihitung dan dianalisa dengan *confusion matrix* (matriks error), yang merupakan sebuah

matriks untuk memvisualisasikan kinerja suatu algoritma klasifikasi. Kolom diagonal menunjukkan jumlah sampel yang sesuai antara data hasil klasifikasi perubahan penutupan lahan dan data referensi. Perhitungan pada Tabel 4.11 sampai dengan tabel 4.13 menggunakan sampel dengan metode *Proportional Allocation* tanpa penambahan sampel pada masing – masing kelas perubahan penutupan lahan, khususnya pada kelas perubahan penutupan lahan *deforestation*, *degradation*, dan *reforestation* dengan pertimbangan bahwa luasan ketiga perubahan penutupan lahan tersebut sangat kecil, sehingga jika tetap ditambah sampel akan tetap berada di lokasi awal tersebut, bahkan untuk perubahan penutupan lahan *degradation* tidak terdapat di Lokasi Ibu Kota Nusantara.

Sebagian besar sampel untuk perubahan penutupan lahan *deforestation* berada pada perubahan penutupan lahan *stable non forest*, hal ini disebabkan data referensi dari data citra dengan citra resolusi tinggi pada tahun sebelumnya sudah berada pada kondisi penutupan lahan non hutan sehingga perubahan penutupan lahan menjadi *stable non forest*. Untuk perubahan penutupan lahan *reforestation* berada pada perubahan penutupan lahan *stable forest*, hal ini disebabkan data referensi dari data citra dengan citra resolusi tinggi pada tahun sebelumnya sudah berada pada kondisi penutupan lahan kategori hutan sehingga perubahan penutupan lahan menjadi *stable forest*. Sedangkan untuk kondisi perubahan penutupan lahan *stable forest* dan *stable non forest* sebagian besar sampel berada sesuai di kolom diagonal yang menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian antara kelas data hasil klasifikasi perubahan penutupan lahan dan data referensi dari data citra resolusi tinggi. Nilai ketidakpastian (*uncertainty*) Perubahan Penutupan Lahan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Ketidakpastian pada tiap Kelas Perubahan Penutupan Lahan

Perubahan penutupan lahan *deforestation* di seluruh tahun menghasilkan nilai ketidakpastian tinggi (> 15%), hal ini dikarenakan sebagian besar sampel untuk perubahan penutupan lahan *deforestation* berada pada perubahan penutupan lahan *stable non forest*, hal ini disebabkan data referensi dari data citra dengan citra resolusi tinggi pada tahun sebelumnya sudah berada pada kondisi penutupan lahan non hutan sehingga perubahan penutupan lahan menjadi *stable non forest*. Hal ini dapat disebabkan dari data citra yang digunakan merupakan citra Satelit resolusi sedang dengan faktor tutupan awan, bayangan, dan fluktuasi musiman yang dapat menghambat kategorisasi yang mengakibatkan kesalahan klasifikasi penutupan lahan dan penurunan akurasi serta peningkatan ketidakpastian (*uncertainty*).

Sedangkan pada perubahan penutupan lahan *stable forest* dan *stable non forest* di seluruh tahun menghasilkan nilai ketidakpastian rendah ($\leq 15\%$), hal ini dikarenakan sebagian besar sampel untuk kondisi perubahan penutupan lahan *stable forest* dan *stable non forest* sesuai di kolom diagonal yang menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian antara kelas data hasil klasifikasi perubahan penutupan lahan dan data referensi dari data citra resolusi tinggi.

KESIMPULAN

Perubahan penutupan lahan *deforestation* di seluruh tahun menghasilkan nilai ketidakpastian tinggi (> 15%), hal ini dikarenakan sebagian besar sampel untuk perubahan penutupan lahan *deforestation* berada pada perubahan penutupan lahan *stable non forest*, hal ini disebabkan data referensi dari data citra dengan citra resolusi tinggi tidak sesuai. Sedangkan pada perubahan penutupan lahan *stable forest* dan *stable non forest* di seluruh tahun menghasilkan nilai ketidakpastian rendah ($\leq 15\%$), hal ini dikarenakan sebagian besar sampel untuk kondisi perubahan penutupan lahan *stable forest* dan *stable non forest* sesuai di kolom diagonal yang menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian antara kelas data hasil klasifikasi perubahan penutupan lahan dan data referensi dari data citra resolusi tinggi. Peningkatan akurasi yang selaras dengan kecilnya nilai ketidakpastian dapat dilakukan dengan menggunakan data referensi tambahan citra resolusi tinggi dan/atau sangat tinggi, *google earth*, data *ground check* lapangan saat proses pengolahan data berupa penafsiran citra satelite untuk memperoleh data penutupan lahan. Diharapkan terdapat penelitian lanjutan tentang analisa perubahan penutupan lahan di Ibu Kota Nusantara tiap tahun agar didapatkan data *land cover change* yang lebih detail dengan sumber data yang digunakan hasil penafsiran langsung oleh peneliti tersebut agar data lebih stabil dan konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Aponno H, S. R. (2023). Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat Multi – Waktu Dengan Teknik Informasi Geografis di Kawasan Hutan IUPJJK-HA Kabupaten Buru Propinsi Maluku. *Syntax Idea*, 577 - 592.
- Budiharto, K. H. (2022). *National Forest Reference Level for Deforestation, Forest Degradation and*

- Enhancement of Forest Carbon Stock*. Jakarta: Republic Indonesia.
- Cochran, W. (1977). *Sampling Techniques (third edition)*. New York: John Wiley & Sons.
- Darmawan A, S. T. (2024). Mapping Urban Transformation : The Random Forest Algorithm to Monitor Land Use and Land Cover Change in Bandar Lampung City. *Jurnal Sylva Lestari*, 980 - 997.
- Firmansyah A, S. E. (2022). Analisis Ketidakpastian Perubahan Penutupan Lahan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Universitas Gadjah Mada. *Skripsi*.
- Firmansyah D, D. (2022). Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian : Literature Review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*, 85 - 114.
- Hansen MC, P. P. (2013). Observing the Forest and The Trees : The First High Resolution Global Maps of Forest Cover Change. *Science*.
- Hosonuma N, H. M. (2012). An Assessment of Deforestation and Forest Degradation Drivers in Developing Countries. *Environmental Research Letters*, 1299.
- Margono BA, P. P. (2014). Primary Forest Cover Loss in Indonesia Over 2000 - 2012. *Nature Climate Change*, 730 - 735.
- Margono BA, U. A. (2016). Indonesia's Forest Resouces Monitoring. *Indonesian Journal of Geography*, 7 - 20.
- Ola RP, K. D. (2023). Simpanan Karbon Tegakan Mangrove di Desa Tengin Baru Ibu Kota Nusantara. *Ulin - Jurnal Hutan Tropis*, 246 - 254.
- Olofsson P, F. G. (2013). Making Better Use of Accuracy Data in Land Change Studies : Estimating Accuracy and Area and Quantifying Uncertainty Using Stratified Estimation. *Remote Sensing of Environment*, 122 - 131.
- Olofsson P, F. G. (2014). Good Practices for Estimating Area and Assessing Accuracy of Land Change. *Remote Sensing of Environment*, 42 - 57.
- Pan Y, B. R. (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forest. *Research Articles*, 988 - 993.
- RI, P. (2020). *Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) Carbon Fund Dokumen Program Pengurangan Emisi (ER-PD)*. Bogor: IPB Press.
- Roscoe, J. (1975). *Fundamental Research Statistics for the Behavioral Sciences*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Saefullah, A. (2021). *Statistik Untuk Penelitian*. Banten: Pusat Penerbitan STIE Ganesha.
- Setiyawan A, S. M. (2019). *Modul Design dan Build / Perancangan*. Jakarta: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Pusat Statistik.
- Suwargana, N. (2013). Resolusi Spasial, Temporal dan Spektral pada Citra Satelit Landsat, SPOT dan IKONOS. *Jurnal Ilmiah Widya*, 167 - 174.
- Tossiani A, M. A. (2020). *Standar Operasional Prosedur (SOP) : Penghitungan Akurasi dan Uncertainty Perubahan Penutupan Lahan*. Bogor: IPB Press.