

Identifikasi Penggunaan Algoritma EBBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*) Dengan Kombinasi Klasifikasi *Threshold* dan *Supervised* Pada Pemetaan Spasial Kawasan Terbangun dan Lahan Kosong Di Pulau Batam 2023

(*Identification of the Use of EBBI (Enhanced Built-Up and Bareness Index) Algorithm with a Combination of Threshold and Supervised Classification on Spatial Mapping of Built-Up Areas and Vacant Land in Batam Island 2023*)

Ega Silvia^{1*}, Oktavianto Gustin¹

¹Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Negeri Batam, Indonesia
Jl. Ahmad Yani, Tlk.Tering, Kec. Batam Kota, Kepulauan Riau 29461

Dikirim:

Direvisi:

Diterima:

* Email Korespondensi:

ega.silvia@student.polibatam.ac.id,
oktavianto@polibatam.ac.id



Abstrak: Kota Batam yang masuk tahun 2024 telah menyebabkan banyak sisi perkembangan dan kemajuan seperti pembangunan berbagai infrastruktur, beragam kawasan industri, hingga pengembangan sistem perizinan yang terintegrasi mengakibatkan perubahan tutupan lahan yang merupakan aspek yang cukup penting. Oleh sebab itu diperlukan pemetaan Kawasan terbangun dan lahan kosong menggunakan metode penginderaan jauh. Oleh karenanya pada penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan kawasan terbangun dan lahan kosong di Pulau Batam dengan menggunakan dua metode yaitu *Enhanced Built-Up and Bareness Index* dan klasifikasi terbimbing dengan metode *Maximum Likelihood*. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2023. Setelah melakukan analisis akurasi terhadap kedua metode tersebut, diperoleh hasil bahwa klasifikasi menggunakan metode EBBI memiliki tingkat *overall accuracy* sebesar 75% dan *Kappa accuracy* sebesar 32,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa EBBI kurang optimal dalam memberikan klasifikasi yang akurat secara konsisten. Sebaliknya, metode klasifikasi terbimbing menghasilkan *overall accuracy* sebesar 93,18% dan *Kappa accuracy* sebesar 86,72%, yang menandakan bahwa metode ini lebih tepat dalam mengklasifikasikan tutupan lahan di Pulau Batam. Hasil pemetaan dari kombinasi kedua metode ini menunjukkan bahwa pada tahun 2023, luas kawasan terbangun di Pulau Batam mencapai 17.134 Ha (43%), sementara lahan kosong tercatat seluas 2.479 Ha (6%). Peta sebaran yang dihasilkan juga menunjukkan bahwa kawasan terbangun tersebar di seluruh pulau, dengan konsentrasi tinggi di wilayah barat dan timur laut. Sementara itu, lahan kosong cenderung berdekatan dengan kawasan terbangun dan memberikan potensi pengembangan lebih lanjut.

Kata kunci: Penginderaan Jauh, Algoritma EBBI, Klasifikasi, Pulau Batam

Abstract: Batam City entering the year 2024 has caused many sides of development and progress such as the construction of various infrastructures, various industrial areas, to the development of an integrated licensing system resulting in changes in land cover which is a fairly important aspect. Therefore, it is necessary to map built-up areas and vacant land using remote sensing methods. Therefore, this research aims to classify built-up areas and vacant land in Batam Island using two methods, namely *Enhanced Built-Up and Bareness Index* and guided classification using *Maximum Likelihood* method. The data used in this research is Landsat 8 OLI/TIRS satellite image in 2023. After analyzing the accuracy of the two methods, it was found that classification using the EBBI method had an overall accuracy of 75% and *Kappa accuracy* of 32.4%. This result shows that EBBI is less than optimal in providing consistently accurate classification. In contrast, the guided classification method produced an overall accuracy of 93.18% and *Kappa accuracy* of 86.72%, indicating that this method is more appropriate in classifying land cover in Batam Island. The mapping results from the combination of these two methods show that in 2023, the built-up area in Batam Island reached 17,134 hectares (43%), while vacant land was recorded at 2,479 hectares (6%). The resulting distribution map also shows that built-up areas are spread across the island, with high concentrations in the western and northeastern areas. Meanwhile, vacant land tends to be adjacent to built-up areas and provides potential for further development.

Keywords: Remote Sensing, EBBI Algorithm, Classification, Batam Island

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota-kota besar mempunyai daya tarik lebih besar yang mampu mendorong penduduk pindah dari desa menuju ke kota. Batam merupakan salah satu kota besar di Kepulauan Riau yang memastikan perkembangan dan

kemajuan yang terlihat dari berbagai aspek. Menjelang atau memasuki tahun 2024 nanti, Muhammad Rudi menginginkan Batam sebagai destinasi wisata. Terlebih bagi wisatawan mancanegara, di mana kunjungan wisatawan mancanegara ke Batam mencapai 1,2 juta orang. Mulai dari pembangunan berbagai

macam infrastruktur, pengembangan berbagai macam gedung industri ke kawasan industri hingga mempersiapkan peluncuran perizinan terpadu (BP Batam, 2024).

Area terbangun merupakan wilayah studi dengan karakter spasial dan spektral tertentu. Area terbangun termasuk semua bangunan, seperti rumah, apartemen, rumah sakit, pabrik, infrastruktur pemerintah, dan jalan, bukan bermakna area parkir apapun, baik itu parkir aspal atau coretan, atau gedung semi-sementara, serupa gazebo. (As-syakur, 2012).

Lahan kosong adalah area di dalam wilayah penelitian yang tidak menutupi oleh tutupan tanah, mulai dari sawah hingga vegetasi, air, bangunan, atau jalan. Dikarenakan, pertanian yang meliputi sawah, lapangan, dan jalan dipandang tidak mempunyai elevasi dan tidak ada gedung di atasnya. Demi menguatkan pemahaman lahan kosong dalam penelitian ini, makna yang terulang itu merupakan area yang tidak dikatup lahan apapun, termasuk sawah, air, bangunan, dan jalan. Ini adalah daerah tertentu yang kita jadikan bangunan. (Ditho Tanjung Prakoso, 2018).

Perubahan tutupan lahan dapat memberikan dampak positif, yaitu peningkatan perkembangan ekonomi di kawasan tersebut ketika tutupan lahan berubah menjadi area terbangun. Salah satu dampak negatifnya adalah berkurangnya ketersediaan lahan seiring waktu. Jika perkara tersebut tidak ditangani secara benar, bisa menimbulkan kekurangan lahan untuk perumahan akibat pembaharuan pada tutupan lahan yang akan membentuk area terbangun (Bandi Sasmito, 2019).

Oleh karenanya, perencanaan diperlukan dalam manajemen pembaharuan tutupan lahan yang akan membentuk area terbangun. *Remote sensing* adalah sarana yang digunakan untuk membantu menganalisis kualitas kedamaian perumahan yang ada di wilayah perkotaan ini. Teknologi ini mampu mengumpulkan keterangan dengan detail, karena menyediakan resolusi tinggi. keterangan ini meliputi tutupan vegetasi, densitas gedung, jarak perumahan dari jalan utama, serta kedekatan dengan kawasan perdagangan, yang merupakan faktor penentu kedamaian perumahan (Gustin, 2017).

Metode yang bisa di implementasikan untuk membedakan antara lahan terbangun dan tidak terbangun adalah *Enhanced Built-Up and Bareland Index* (EBBI). EBBI merupakan metode yang dapat menggambarkan lahan terbangun dan tidak terbangun dari objek yang sedang diteliti (As-syakur, dkk, 2012).

Pendekatan yang digunakan untuk memperoleh indeks lahan kosong adalah klasifikasi terbimbing, yang digunakan untuk mengidentifikasi lahan melalui penginderaan jauh dengan membuat kelas tutupan penggunaan lahan pada citra satelit berdasarkan input dari operator. Dalam proses

klasifikasi ini, terlebih dahulu dibuat sampel area berdasarkan nilai digital citra untuk menentukan kelas penggunaan lahan tertentu (Kushardono dan Al Mukmin dkk., dalam Wicaksono, 2021).

Data penginderaan jauh pada penelitian ini yaitu Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2023, diharapkan dapat menjadi solusi efektif untuk menggambarkan kawasan terbangun dan lahan kosong di Pulau Batam. Proses pengolahan data citra meliputi koreksi radiometrik, koreksi atmosferik, penghapusan awan (*cloud masking*), dan pemotongan citra. Selanjutnya, data citra diolah dengan menggabungkan *band* citra satelit menggunakan metode EBBI dan klasifikasi terbimbing (*supervised*), serta dilakukan validasi lapangan di Pulau Batam dengan teknik *probability sampling* menggunakan metode *simple random sampling* untuk penentuan titik sampel.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah penerapan algoritma EBBI dapat digunakan untuk mengklasifikasi lahan terbangun dan non terbangun di pulau Batam?
2. Bagaimana analisis uji akurasi dari tutupan lahan hasil dari metode EBBI dan metode *Supervised* pada pulau Batam?
3. Bagaimana hasil pemetaan kawasan terbangun dan lahan kosong di pulau Batam menggunakan metode EBBI dengan kombinasi klasifikasi menggunakan klasifikasi terbimbing metode *maximum likelihood* di pulau Batam tahun 2023?

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Data dalam penelitian ini yaitu:

- a. Data Sekunder, data *shapefile* batas administrasi Kota Batam Tahun 2023 dari Badan Pusat Statistik Kota Batam. Data citra Landsat 8 dengan arsip *Path 125/Row 059 Collection 2 Level 1* yang meliputi wilayah Pulau Batam, Kepulauan Riau dengan akuisisi tanggal 27 September 2023 yang bersumber dari *website* <https://earthexplorer.usgs.gov/> untuk keperluan dalam mendukung klasifikasi lahan.
- b. Data Primer, data titik sampel (*point*) dengan format *kml/kmz* yang merupakan hasil dari validasi lapangan, untuk sebagai uji akurasi kesesuaian.

2.2 Alat dan Software

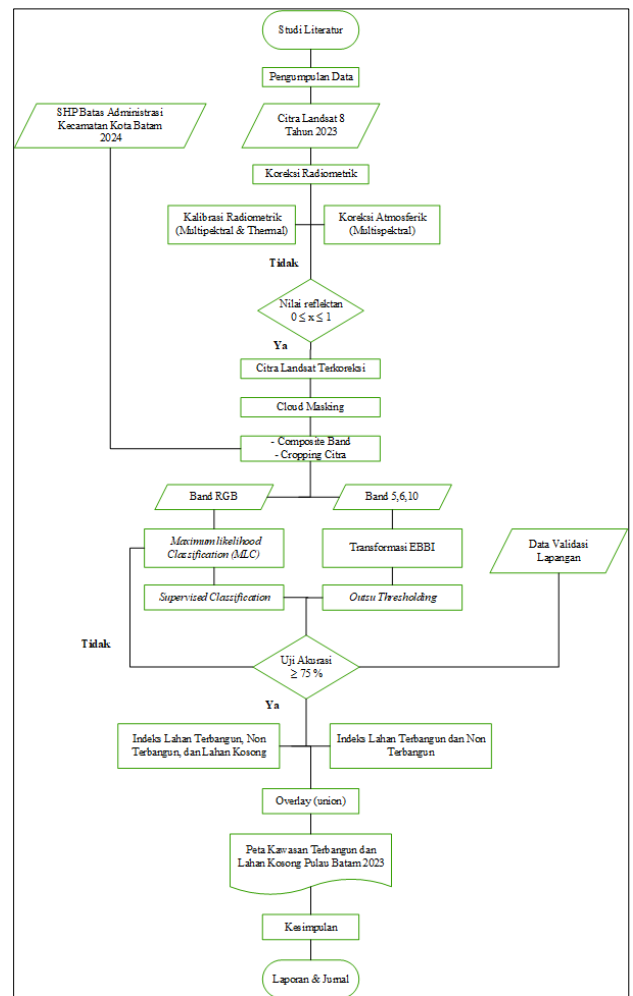
- a. Perangkat keras (*Hardware*):
Laptop HP *EliteBook 820 G3*, Memory RAM (8192 mb), *Processor Intel Core I i5-6200U CPU@2.30GHz* (4 CPUs).
- b. Perangkat lunak (*Software*):
- *Microsoft Office Excel (Microsoft Office LTSC Profesional Plus 2021)*, untuk mengolah data tabular

- *Microsoft Word (Microsoft Office LTSC ProfesSional Plus 2021)*, untuk proses penyusunan analisis dan laporan
- *Software ArcGIS (Versi 10.8)*, Untuk memproses data spasial, analisis, dan penetapan bobot (scoring)
- *Software Envi (Versi 5.3 (64 bit))* untuk mengolah data citra satelit
- *Microsoft Visio Professional 2021*, untuk pembuatan diagram alir penelitian.
- *Sotware GPS Essentials*, untuk pengambilan titik sampel koordinat pada saat validasi lapangan.

2.3 Metode Penelitian

Pendekatan penelitian ini yaitu metode deskriptif dengan metode kuantitatif. Metode deskriptif dimulai dengan pengumpulan data, yang kemudian dianalisis dan diinterpretasikan. Dalam pelaksanaannya, berbagai teknik digunakan, seperti survei, studi kasus, studi komparatif, studi waktu, analisis perilaku, dan dokumentasi. Penelitian kuantitatif melibatkan angka, pengukuran, dan perhitungan. Penelitian ini dilakukan fase berikut yaitu, studi literatur, pengumpulan data, pra-pengolahan data (*pre-processing* citra), pengolahan data, klasifikasi, kegiatan lapangan, serta analisis dan pengujian akurasi (Fadila, 2018).

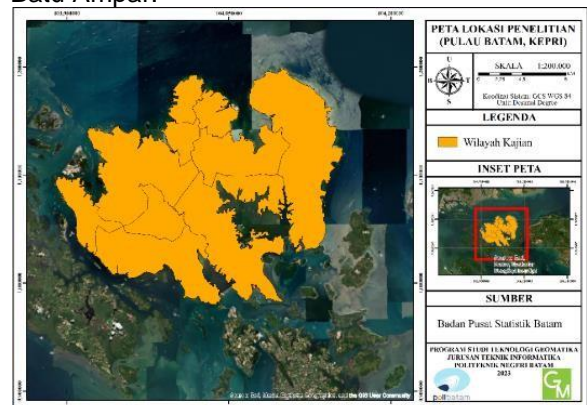
Berikut tahap penelitian berupa diagram alir:



Gambar 1. Diagram Alir
(Sumber: Pengolahan, 2024)

2.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan daerah Pulau Batam dengan letak astronomis berada pada di koordinat antara 0°25'29" – 1°15'00" LU dan 103°34'35" – 104°26'04" BT (Gambar 2.) merupakan peta kajian wilayah Pulau Batam dengan 9 kecamatan yaitu: Kecamatan Sekupang, Sei Beduk, Sagulung, Batu Aji, Batam Kota, Bengkong, Nongsa, Lubuk Baja, Batu Ampar.



Gambar 2. Pulau Batam di provinsi Kepulauan Riau, Indonesia
(Sumber: Pengolahan, 2024)

2.5 Tahap *Pra-processing*

Pada pemrosesan awal data satelit dilakukan beberapa tahapan yaitu:

a. Koreksi Radiometrik

a) Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi Radiometrik adalah proses pengolahan citra satelit dengan tujuan untuk mengubah data citra yang disimpan dalam bentuk *Digital Number* (DN) menjadi *radiance* (LTOA) atau *reflectance* (pTOA), serta dapat diubah menjadi *brightness temperature* (*u/Thermal Infrared*) (Jaelani, 2013).

Formula mengonversi DN menjadi *radiance* (L) adalah sebagai berikut:

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \quad (1)$$

dimana:

$L\lambda$ = TOA *spectral radiance* (Watts/($m^2 * srad * \mu m$))

ML = *Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata* (*RADIANCE_MULT_BAND_x*, where *x* is the *band number*)

AL = *Band-specific additive rescaling factor from the metadata* (*RADIANCE_ADD_BAND_x*, where *x* is the *band number*)

Q_{cal} = *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN)

b) Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik adalah proses untuk mengubah reflektan yang diterima oleh sensor (p_{toa}) menjadi reflektan permukaan (p_{boa}), atau mengubah radian yang diterima sensor (L_{toa}) menjadi radian permukaan (L_{boa}). Proses koreksi atmosferik ini dilakukan dengan menggunakan modul FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes*) yang dikembangkan oleh Anderson et al. (2002), melalui perangkat lunak pengolah data penginderaan jauh ENVI. Tujuan dari koreksi atmosferik adalah untuk penghilangan pengaruh atmosfer seperti debu dan uap air.

b. *Cloud Masking*

Merupakan proses untuk mendeteksi awan dan bayangannya, yang kemudian akan dilakukan masking pada tahap berikutnya. Prosedur BQA lebih efektif untuk proses *penghilangan awan* pada citra Landsat 8, karena selain nilai pikselnya dapat terdeteksi di aplikasi ArcGIS, metode BQA juga mempunyai taraf kesalahan lebih rendah, karena dalam proses *cloud removal* tidak memilih batas nilai piksel yang akan dipakai. Meskipun hasil dari metode LSWI lebih baik dan lebih jelas, namun untuk meminimalkan kesalahan, metode BQA lebih mudah digunakan dalam proses *cloud removal* pada citra Landsat 8 ini. (Aulia S.H, 2022).

c. *Composite Band*

Merupakan teknik dalam pengolahan citra satelit yang menggabungkan beberapa *band* spektral dari citra untuk membentuk gambar komposit. Dalam konteks analisis tutupan lahan, *composite band* digunakan untuk memperjelas perbedaan antara berbagai jenis tutupan lahan (seperti vegetasi, lahan kosong, dan area terbangun) dengan memanfaatkan perbedaan reflektansi di berbagai panjang gelombang spektrum elektromagnetik. Dengan membuat komposit dari band tertentu, peneliti dapat memvisualisasikan dan menginterpretasi kondisi tutupan lahan dengan lebih akurat, seperti mengidentifikasi area hijau, badan air, atau struktur bangunan (Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., & Chipman, J.W., 2008)

d. *Cropping Citra (Pemotongan Citra)*

Proses mekanisme wilayah spesifik pada citra (*area of interest*) dikenal istilah *cropping*, yang hasilnya dapat mempermudah analisis citra. Hasil *cropping* ini dipakai untuk keperluan data spasial dan data spektral. Titik koordinat, jumlah piksel, dan pembesaran area tertentu pada citra merupakan ketentuan yang dipakai dalam proses pemotongan citra (Yuhandri, 2019).

2.6 Tahap *Processing*

a. *Pengolahan EBBI*

Data citra yang telah dikoreksi *band* yang terlihat 5, 6, dan 10 akan diolah untuk lahan terbangun dan non terbangun dengan pengolahan EBBI menggunakan *software ArcGIS* dengan bantuan fitur *raster calculate*. Dalam algoritma EBBI, digunakan *band 5*, *band 6*, dan *band 10* untuk pengolahan kawasan terbangun.

$$EBBI = \frac{\text{Band 6} - \text{Band 5}}{10 * \sqrt{\text{Band 6} + \text{Band 10}}} \quad (2)$$

Klasifikasi pada penelitian ini mengimplementasikan metode *threshold* dalam penentuan lahan terbangun dan non-terbangun. Proses klasifikasi kawasan terbangun ini menggunakan *threshold* dengan *range* nilai di atas 0 (Sekertekin et al., 2018).

b. *Supervised Classification*

Menggunakan teknik klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) untuk mendapatkan hasil tutupan lahan. Pembuatan sampel area juga didasarkan pada pengetahuan peneliti tentang wilayah kajian, sehingga hasil klasifikasi lebih akurat sesuai dengan kondisi lapangan. Langkah pertama adalah membuat *training area*(ROI) untuk setiap kategori tutupan lahan. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan ROI (*Region of Interest*), yang berfungsi sebagai representasi dari setiap tipe tutupan lahan, sehingga komputer dapat mengenalinya

berdasarkan nilai piksel. Proses ini digunakan untuk menghasilkan Peta Tutupan Lahan dengan indeks lahan kosong. Algoritma klasifikasi citra yang digunakan adalah maximum likelihood (LAPAN, 2015).

Metode *Maximum Likelihood* dipilih untuk membantu meningkatkan akurasi dalam membedakan area terbangun dan non-terbangun, terutama pada area yang memiliki spektrum reflektansi yang mirip. Metode ini digunakan sebagai pelengkap untuk mengatasi keterbatasan yang ditemukan dalam penggunaan EBI secara mandiri (R. Putra, 2020).

c. Validasi Data dan Pengujian Akurasi

Validasi lapangan dengan melakukan pengambilan titik sampel dari data citra yang telah diproses untuk tahun 2023 berdasarkan ROI. Titik validasi disesuaikan dengan ROI yang telah ditetapkan. Memakai perangkat lunak ArcGIS, *sample point* ditetapkan dibuat nya *SHP* dalam bentuk titik. Penelitian ini memakai teknik *probability sampling* dengan metode *simple random sampling* untuk penentuan sampel. Banyaknya sampel dihitung menggunakan formula Slovin, sebagaimana dijelaskan dalam buku Nazir (2003), (Ditho Tanjung Prakoso, 2018)

yaitu:

$$n = N/(1+Ne^2) \quad (3)$$

Keterangan:

n = *sample*

N = *sum of roi*

e = *margin of error* (15%)

Validasi lapangan dilakukan dengan mengamati koordinat titik SHP melalui *Google Maps* untuk menuju lokasi penyebaran titik yang akan diambil, kemudian mengumpulkan data koordinat menggunakan *Software GPS Essentials* dan mendokumentasikan foto, langkah berikutnya adalah memasukkan data ke dalam format *kml/kmz* untuk memudahkan pengolahan data di *software ArcGIS*.

Penelitian ini melakukan tahap uji akurasi dengan beberapa metode yakni, akurasi internal dan eksternal. Akurasi internal diperoleh menggunakan perangkat lunak ArcGIS dan metode *confusion matrix*, sedangkan akurasi eksternal diperoleh melalui validasi lapangan (*ground truth*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pre-processing Citra

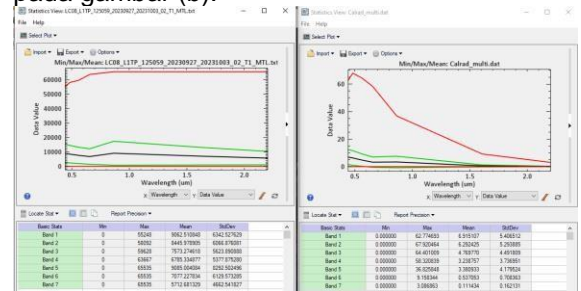
Ada beberapa tahap yakni koreksi radiometrik, *cloud masking*, komposit *band*, dan pemotongan citra (*cropping*).

a. Koreksi Radiometrik

- Kalibrasi radiometrik

Tahap ini bertujuan untuk mengubah nilai piksel yang awalnya dalam bentuk DN, contohnya *band 5* dengan rentang nilai 0-

65535 seperti yang terlihat pada gambar (a), menjadi nilai TOA dengan rentang nilai di bawah nilai DN citra, seperti yang terlihat pada gambar (b).



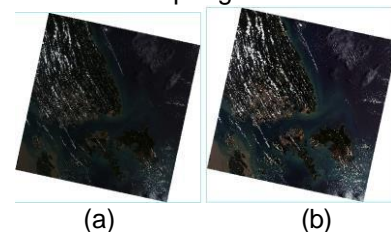
Gambar 3. Citra Sebelum(a) dan Sesudah(b) di Kalibrasi Radiometrik (Sumber: Pengolahan, 2024)

- Koreksi atmosferik

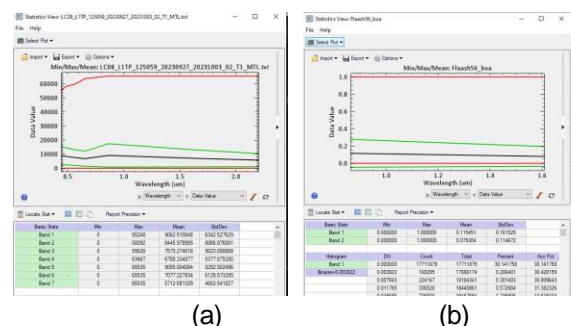
Koreksi atmosferik dalam penelitian ini menggunakan metode FLAASH, dilakukan menggunakan *toolbox* FLAASH di aplikasi ENVI. Hasil koreksi atmosferik dengan metode FLAASH dari citra *Landsat 8* menunjukkan perbedaan nilai pantulan untuk setiap hasil koreksi citra. Pada jendela *Band Math*, pada bagian '*enter an expression*', masukkan formula algoritma berikut:

$$(b1 \leq 0) * 0 + (b1 \geq 10000) * 1 + (b1 > 0 \text{ and } b1 < 10000) * \text{float}(b1) / 10000 \quad (4)$$

Pilih '*add to list*' > pilih '*OK*'. Berikut adalah hasil dari koreksi radiometrik menggunakan kalibrasi radiometrik dan hasil pengolahan FLAASH:



Gambar 4. Citra Tidak Terkoreksi Atmosferik (a) dan Citra Terkoreksi Atmosferik (b) (Sumber: Pengolahan, 2024)

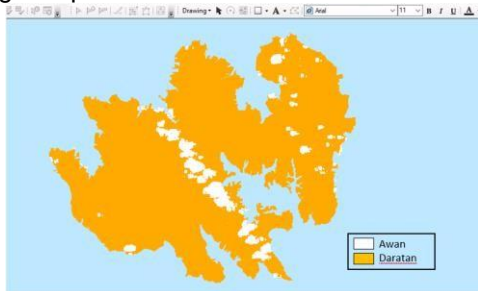


Gambar 5. Histogram Sebelum Koreksi Radiometrik (a) dan Histogram Setelah Koreksi Radiometrik (b) (Sumber: Pengolahan, 2024)

b. Cloud Masking

Proses *cloud masking* dalam penelitian ini menerapkan metode *Band Quality Assessment*

(BQA). Pemotongan citra dilakukan berdasarkan data *shapefile* batas administrasi Kota Batam yang didapatkan dari BPS Kota Batam.



Gambar 6. Hasil *Band QA* (Awan < 10%)
(Sumber: Pengolahan, 2024)

c. Composite Band

Untuk penentuan objek pada klasifikasi terbimbing citra *Landsat 8* yang memakai *band 4, 3, 2*, dilakukan *composite band* untuk menggabungkan *band-band* tersebut membentuk citra *RGB* yang akan diterapkan pada *area training* di proses klasifikasi terbimbing.

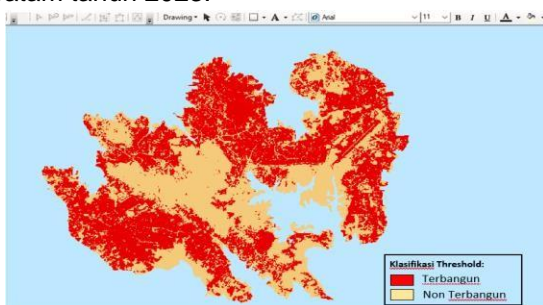


Gambar 7. Hasil *Composite Band RGB*
(Sumber: Pengolahan, 2024)

3.2 Hasil Pengolahan Data

a. Hasil Pengolahan Tutupan Lahan EBBI

Hasil klasifikasi *threshold* lahan terbangun dan non terbangun pengolahan EBBI di dapatkan nilai ambang batas 0,187892 pada pulau Batam yang akan menunjukkan sebaran dan luas nya. Gambar 8 dibawah ini menunjukkan hasil dari klasifikasi tutupan pulau batam tahun 2023.



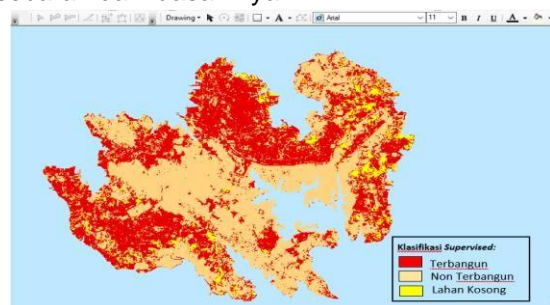
Gambar 8. Hasil Klasifikasi *Threshold* Dengan Metode EBBI
(Sumber: Pengolahan, 2024)

Pada (Gambar 8), hasil pengolahan lahan terbangun dan non-terbangun melalui EBBI

menghasilkan 44.1385 piksel, dengan setiap piksel menafsirkan resolusi spasial *Landsat-8* sebesar 30m. Keseluruhan luas lahan terbangun di sebagian besar wilayah lokasi penelitian yang ditandai dengan warna merah adalah 21.313,153 Ha. Sedangkan lahan non-terbangun yang ditandai dengan warna coklat mencakup sebagian wilayah lokasi penelitian dengan luas 18.399,576 Ha.

b. Hasil Pengolahan Tutupan Lahan Klasifikasi Terbimbing

Berikut hasil klasifikasi terbimbing tutupan lahan pulau batam tahun 2023. Berdasarkan hasil klasifikasi lahan terbangun, non-terbangun, dan lahan kosong di Pulau Batam, dapat terlihat sebaran dan luasannya.



Gambar 9. Hasil klasifikasi terbimbing menggunakan metode *maximum likelihood*
(Sumber: Pengolahan, 2024)

Pada (Gambar 9), hasil pengolahan lahan terbangun, non-terbangun, dan lahan kosong menggunakan klasifikasi terbimbing menghasilkan 44.1411 piksel, dengan setiap piksel merepresentasikan resolusi spasial *Landsat-8* sebesar 30 meter. Dari hasil ini, dapat diketahui bahwa wilayah lahan terbangun terletak pada mayoritas area lokasi penelitian yang ditandai dengan warna merah dengan luas 17.134,307 Ha. Wilayah non-terbangun terletak pada mayoritas area lokasi penelitian yang ditandai dengan warna coklat muda dengan luas 20.099,671 Ha. Sedangkan wilayah lahan kosong berada pada sebagian area lokasi penelitian yang ditandai dengan warna kuning dengan luas 2.479,551 Ha.

3.3 Hasil Analisis Uji Akurasi

Pada pengujian akurasi, sampel dibuat sejumlah 44 titik yang tersebar di 9 kecamatan menggunakan metode *random sampling* dan mempertimbangkan aksesibilitas ke titik sampel. Persebaran titik sampel divisualisasikan pada (Gambar 10).



Gambar 10. Hasil Plotting Point Sample Secara Random Pada Arcgis 10.5
(Sumber: Pengolahan, 2024)

a. Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan EBBI

Pada tahap validasi dikerjakan, pertama mengambil titik koordinat kemudian mengamati tutupan lahan. Menurut hasil pemeriksaan lapangan, lahan terbangun dari 29 titik sampel, semua titik sesuai dengan hasil pengolahan data. Sedangkan untuk lahan non-terbangun, dari 15 titik sampel, 4 titik sesuai dan 11 titik tidak sesuai dengan hasil pengolahan data menggunakan algoritma. Berikut gambar dibawah ini merupakan hasil uji akurasi dari metode EBBI.

UJI AKURASI EBBI				
Tabel Confusion Matrix				
Survei Lapangan / Data acuan (penggunaan Commission error)				
Hasil interpretasi pembuat (Omission)	Kelas	Terbangun	Non Terbangun	Jumlah
		Terbangun	29	
Non Terbangun	Terbangun	0	4	4
	Non Terbangun	15	0	15
	Jumlah	29	15	44

Perhitungan akurasi pengguna (User's Accuracy)		Perhitungan akurasi Keseluruhan (Overall Accuracy)	
Terbangun	0,725	OA =	$\frac{33}{44} \times 100\%$
Non Terbangun	100	=	75 %

Perhitungan akurasi pembuat (Procedure's Accuracy)		Perhitungan Kappa akurasi (Kappa Accuracy)	
Terbangun	0,93	Perkalian Silang	1220
Non Terbangun	28,86686869	KAK (Kappa Accuracy) =	$\frac{232}{718} \times 100\%$
		=	32,4023464 %

Commission Error (%)		Omission Error (%)	
Terbangun	0	Terbangun	27,5
Non Terbangun	73,33333333	Non Terbangun	0

Gambar 11. Gambar Tabel Uji Akurasi EBBI
(Sumber: Pengolahan, 2024)

Hasil pengujian ketelitian memakai metode *confusion matrix* memperlihatkan *Overall Accuracy* yang didapat sebesar 75%, yang memenuhi ketentuan dasar klasifikasi tutupan lahan menurut LAPAN, yaitu rata-rata lebih dari 75%. Secara keseluruhan, menurut panduan akurasi dari LAPAN, nilai *overall accuracy* 75% sudah termasuk cukup baik, tetapi tidak sempurna. Nilai ini dapat diterima untuk beberapa jenis pemetaan tematik atau aplikasi yang tidak memerlukan presisi sangat tinggi. Sementara itu, nilai kappa menggambarkan tingkat kesesuaian antara hasil pengolahan dengan kondisi nyata di lapangan, didapatkan nilai koefisien akurasi kappa sebesar 32,4% umumnya nilai Kappa di atas 0,6 (60%) diharapkan dalam aplikasi penginderaan jauh atau klasifikasi citra untuk memberikan hasil yang lebih andal. Dengan nilai koefisien kappa *accuracy* sebesar 32,4%, yang menunjukkan konsistensi akurasi hasil klasifikasi. Berdasarkan panduan akurasi LAPAN, nilai Kappa sebesar

32,4% dianggap tidak baik. Ini menunjukkan performa model yang masih rendah dalam mengklasifikasikan objek secara akurat.

Pada (gambar 11), tabel hasil uji akurasi menunjukkan adanya beberapa kesalahan klasifikasi pada kelas lahan terbangun dan lahan non terbangun. Sebagai contoh, pada kelas lahan non terbangun, terdapat 4 titik yang benar dan 11 titik yang salah, di mana ke-11 titik salah tersebut terklasifikasi sebagai lahan terbangun. Kesalahan klasifikasi ini terjadi karena sebagian besar kawasan lahan kosong di Pulau Batam terdiri dari jenis tanah laterit, tanah podsolik merah kuning, dan tanah ultisol, yang memiliki warna terang seperti warna merah bata, oren kekuningan, hal tersebut membuat hasil warna EBBI pada *grayscale* lebih terang sehingga piksel yang terklasifikasi sebagai lahan terbangun, Hal ini menimbulkan nilai *error omission* pada kelas lahan terbangun mencapai 27,5%, sedangkan pada kelas lahan non terbangun sebesar 0%. Sementara itu, *error commission* pada kelas lahan terbangun adalah 0%, dan pada kelas lahan non terbangun mencapai 73,3%.

b. Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan Klasifikasi Terbimbing

Pada proses validasi ini dilakukan pengutipan koordinat dan observasi tutupan lahan. Menurut hasil pemeriksaan lapangan, lahan terbangun dari 28 titik sampel, ditemukan 25 titik yang sesuai dan 3 titik yang tidak sesuai dengan hasil pengolahan data. Untuk lahan non terbangun, dari 2 titik sampel, seluruhnya sesuai dengan hasil pengolahan data. Sedangkan pada lahan kosong, dari 14 titik sampel, semua titik sesuai dengan hasil pengolahan data. Pada (gambar 12) tabel hasil uji akurasi, ada beberapa kesalahan klasifikasi pada kategori lahan kosong dan lahan terbangun. Sebagai contoh, pada kategori lahan terbangun (berdasarkan *ground truth*), diperoleh 3 titik yang salah, di mana ketiga titik tersebut dikategorikan sebagai lahan kosong (berdasarkan hasil citra). Kesalahan klasifikasi ini terjadi disebabkan oleh beberapa kawasan lahan kosong yang sebelumnya ada kini telah berkembang menjadi kawasan terbangun sebagai pemukiman. Berikut gambar dibawah ini hasil uji akurasi dari metode *maximum likelihood*.

UJI AKURASI MLC					
Tabel Confusion Matrix					
Survei Lapangan (pengguna / Commission)					
Hasil interpretasi pembuat	Kelas	Lahan Kosong (Bareness Index)	Terbangun (Bungalow)	Terbangun (Bulkt Ho Asasi)	Jumlah
Lahan Kosong		14	0	17	
Non Terbangun		0	2	2	
Lahan		0	28	28	
Jumlah		14	2	28	44
Perhitungan akurasi pengguna (User's Accuracy)			Perhitungan akurasi Keseluruhan (Overall Accuracy)		
Lahan Kosong	0.823528412		OA =	41	% 100%
Non Terbangun		100		44	
Lahan		100			93.181818 %
Perhitungan akurasi pembuat (Producer's Accuracy)			Perhitungan Kappa akurasi (Kappa Accuracy)		
Lahan Kosong	100		Perhitungan Silang Sampel =	342	
Non Terbangun	100		KAIKappa Accuracy)=	862	% 100%
Lahan	89.28571429			86	86.7203193 %
Commission Error (C2)			Omission Error (O2)		
Lahan Kosong	0		Lahan Kosong	17.64705882	
Non Terbangun	0		Non Terbangun	0	
Lahan	300		Lahan	0	

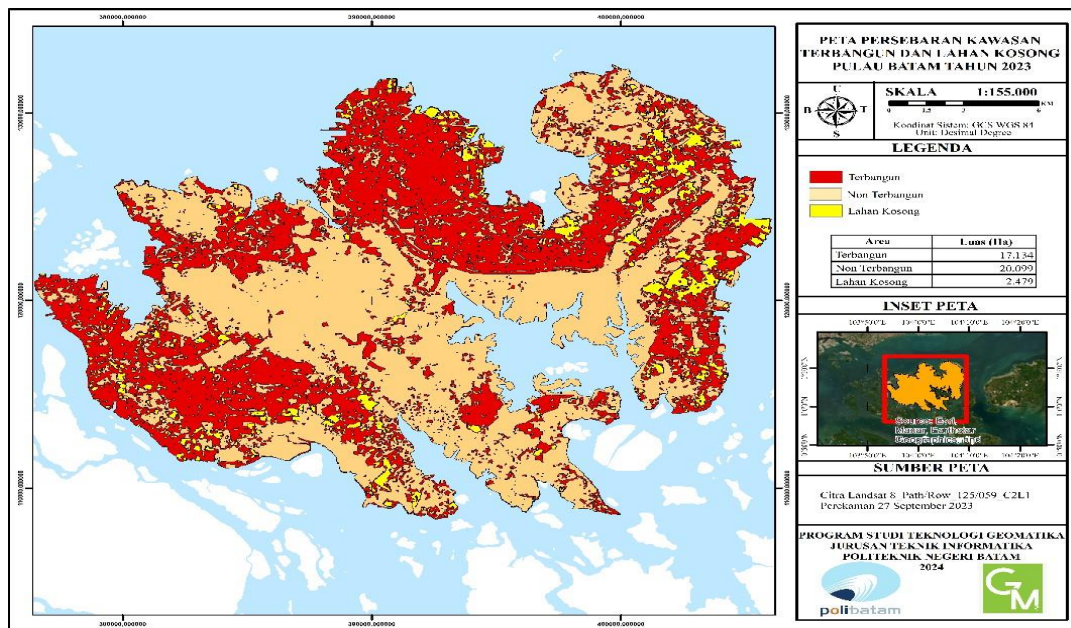
Gambar 12. Gambar Tabel Uji Akurasi Klasifikasi Terbimbing (Sumber: Pengolahan, 2024)

Hasil dari titik sampel akan dilakukan perhitungan menggunakan algoritma *Overall Accuracy*, yang menghasilkan nilai sebesar 93,18% dan *Kappa Accuracy* sebesar 86,72%. Dalam panduan LAPAN dan juga standar internasional seperti dari USGS (*United States Geological Survey*), nilai *overall accuracy* di atas 85% umumnya dianggap sangat baik, nilai *overall accuracy* sebesar 93.18% yang diperoleh adalah akurasi yang sangat tinggi, sehingga

metode yang digunakan memberikan hasil yang sangat akurat. Sementara itu, nilai kappa menggambarkan tingkat kesesuaian antara hasil pengolahan dengan kondisi nyata di lapangan, yang menghasilkan akurasi Kappa sebesar 86,72% (atau 0,867) menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat tinggi antara hasil klasifikasi dan data referensi setelah memperhitungkan kemungkinan kesepakatan yang terjadi secara kebetulan.

Dengan tingkat akurasi keseluruhan sebesar 93,18% dan akurasi Kappa sebesar 86,72%, hasil ini dapat dikategorikan sebagai sangat baik berdasarkan pedoman akurasi dari LAPAN. Model atau metode yang digunakan menunjukkan performa klasifikasi yang akurat dan konsisten, sehingga hasilnya dapat digunakan dengan tingkat kepercayaan yang tinggi untuk berbagai aplikasi pemetaan dan penginderaan jauh.

3.4 Hasil Peta Kawasan Terbangun dan Lahan Kosong Pulau Batam 2023



Gambar 13. Peta Sebaran Area Kawasan Terbangun dan Lahan Kosong Pulau Batam 2023. (Sumber: Pengolahan, 2024)

Dari Gambar 13. Adapun hasil tampilan sebaran area terbangun dan lahan kosong, juga tampak tabel yang menunjukkan banyaknya area terbangun dan lahan kosong dalam bentuk angka. Diperoleh luas area terbangun dan lahan kosong di Pulau Batam tahun 2023 yang merupakan hasil gabungan antara klasifikasi terbimbing dan metode EBB1, yang terbagi berdasarkan jenis tutupan lahan seperti yang tertera pada (Tabel 1).

Table 1. Luas Area Tutupan Lahan Pulau Batam.

No.	Area	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Terbangun	17.134	43%
2	Non Terbangun	20.099	51%
3	Lahan Kosong	2.479	6%
Total		39.712	100%

Hasil *overlay* pengolahan antara indeks area terbangun dan lahan kosong pada peta menunjukkan hasil bahwa sebanyak 17.134 Ha

kawasan terbangun dengan persentase 43%, Kawasan non terbangun sebesar 20.099 Ha kawasan terbangun dengan persentase 51%, dan lahan kosong sebesar 2.479 Ha dengan persentase 6%.

4. KESIMPULAN

1. Nilai *overall accuracy* sebesar 75% menunjukkan bahwa model klasifikasi EBBI mampu memprediksi dengan benar 75% dari total data uji. Ini bisa dikategorikan sebagai cukup baik dalam beberapa konteks aplikasi, terutama jika skala peta lebih besar atau klasifikasi tidak terlalu detail. Nilai Kappa sebesar 32,4% (0,324) menunjukkan *fair agreement* atau kesepakatan yang rendah antara hasil klasifikasi menggunakan EBBI dan data referensi yang sebenarnya. Meskipun *overall accuracy* sebesar 75% tampak cukup baik, nilai Kappa sebesar 32,4% menunjukkan bahwa metode EBBI kurang optimal dalam memberikan klasifikasi yang benar secara konsisten. Ada banyak objek yang diklasifikasikan dengan benar secara kebetulan dan kesepakatan antara prediksi dan referensi aktual tidak terlalu kuat.

Secara keseluruhan, penggunaan metode EBBI di wilayah Pulau Batam dengan hasil ini menunjukkan bahwa model tersebut tidak bekerja dengan baik atau tidak optimal untuk wilayah ini. Dikarenakan karakteristik wilayah (Pulau Batam) sebagian besar merupakan jenis tanah laterit, tanah podsolik merah kuning, dan tanah ultisol, yang memiliki warna terang mungkin kurang sesuai untuk metode EBBI.

2. *Supervised Classification* secara jelas unggul dalam hal akurasi, baik pada *Overall Accuracy* (93,18%) maupun *Kappa Accuracy* (86,72%). Hal ini menunjukkan bahwa metode ini lebih baik dalam mengklasifikasikan tutupan lahan di Pulau Batam, dengan akurasi yang lebih tinggi dan hasil yang lebih konsisten.

EBBI, meskipun dapat memberikan informasi dasar tentang tutupan lahan (seperti pemukiman atau tanah kosong), tidak seakurat metode *Supervised*. Nilai Kappa yang sangat rendah menunjukkan bahwa metode ini memiliki banyak kesalahan dalam klasifikasi yang sulit untuk diandalkan dalam studi detail.

Jadi, berdasarkan hasil akurasi ini, *Supervised Classification* adalah metode yang lebih tepat digunakan untuk analisis tutupan lahan di Pulau Batam.

3. Dari hasil *overlay* antara indeks terbangun dan non terbangun menggunakan metode EBBI dan indeks terbangun, non terbangun, lahan kosong menggunakan metode *supervised*, menghasilkan *peta sebaran*

Kawasan terbangun dan lahan kosong di pulau batam 2023 menunjukkan hasil area sebesar 17.134 Ha kawasan terbangun dengan persentase 43% yang menunjukkan kawasan-kawasan yang telah mengalami pembangunan, kawasan ini tersebar luas di seluruh Pulau Batam, dengan konsentrasi pembangunan yang signifikan di bagian barat dan timur laut pulau. Area lahan kosong sebesar 2.479 Ha dengan persentase 6%, lahan ini kemungkinan merupakan area yang secara khusus teridentifikasi sebagai wilayah yang terbuka dan kosong tanpa bangunan.

Sebagian besar Pulau Batam sudah mengalami pembangunan (diwakili oleh warna merah), terutama di wilayah-wilayah pesisir dan bagian utara pulau. Area non-terbangun (warna kuning) masih cukup luas, merupakan area vegetasi seperti hutan sekunder, mangrove, perkebunan, semak belukar, padang rumput, hutan Bakau, kebun kecil, hutan lindung, Kawasan konservasi (Batam memiliki beberapa kawasan konservasi yang dirancang untuk melindungi flora dan fauna lokal, serta menjaga kelestarian ekosistem alam. Meskipun Batam merupakan salah satu pusat industri dan urbanisasi, area vegetasi yang tersisa tetap penting untuk keseimbangan ekosistem dan kelestarian lingkungan). Lahan kosong (coklat muda) tersebar dan biasanya berdekatan dengan kawasan terbangun, yang mungkin menunjukkan potensi untuk pengembangan lebih lanjut di area-area ini.

Metode kombinasi ini menghasilkan pemetaan yang detail dan dapat diandalkan untuk analisis tata guna lahan di Pulau Batam, dengan fokus pada identifikasi kawasan terbangun dan lahan kosong secara lebih spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- BP Batam. (2024). Kepala BP Batam : 2024 Jadikan Batam Sebagai Kota Pariwisata. Diakses pada 03 Januari, 2024, dari <https://bpbatam.go.id/kepala-bp-batam-2024-jadikan-batam-sebagai-kota-pariwisata/>
- As-syakur, A. R., Adnyana, I. W., Arthana, I. W., & Nuarsa, I. W. (2012, Agustus 20). Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) untuk Memetakan Lahan Terbangun dan Lahan Terbuka di Kawasan Perkotaan. *remote sensing, IV*(2957-2970), 1-14. doi:10.3390/rs4102957.
- Wicaksono, C. S. A., Sukmono, A., & Hadi, F. (2021). Analysis Of The Effect Of Changes In Vegetation Composition And Build Up Area To Surface Temperature (Study Case: Tegal City). *Jurnal Geodesi Undip, 10*(3), 11-20.

- Prakoso, D. T., Sasmito, B., & Hani'ah. (2018, Oktober). Pemanfaatan Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) Untuk Pemetaan Kawasan Terbangun Dan Lahan Kosong Di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, VII(4), 1-9. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/22437/20573>.
- Sasmito, & Bandi. (2019, Juni). Model Spasial monitoring Perkembangan Kawasan Terbangun Dengan EBBI di Kota Semarang. *Elipsoida (Jurnal Geodesi dan Geomatika)*, II(01), 21-26. Retrieved from file:///C:/Users/user/Downloads/5016-15165-1-SM.pdf
- Lubis, M. Z., Gustin, O., Anurogo, W., Kausarian, H., Anggraini, K., & Hanafi, A. (2017). Penerapan Teknologi Penginderaan Jauh di Bidang Pesisir dan Lautan. *Oseana*, 42(3), 56-64
- Jaelani, L. M., Matsushita, B., Yang, W., & Fukushima, T. (2013). Evaluation of four MERIS atmospheric correction algorithms in Lake Kasumigaura, Japan. *International Journal of Remote Sensing*, 34(24), 8967-8985
- Sekertekin, A., Abdikan, S., & Marangoz, A. M. (2018). *The acquisition of impervious surface area from LANDSAT 8 satellite sensor data using urban indices: a comparative analysis. Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-13.
- Novitasari, N., Sukmono, A., & Bashit, N. (2019). Analisa Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Akurasi Estimasi Kandungan TSS (*Total Suspended Solid*) Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Muara Banjir Kanal Timur Semarang Dan Muara DAS Blorong Kabupaten Kendal). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 335-343.
- Fadila. (2018). Perbandingan Klasifikasi *Statistic Based Dan Similitary Based* Pada Pemetaan Tutupan Lahan (Studi Kasus Kecamatan Peukan Bada). Tugas Akhir. Universitas Syiah Kuala Darussalam.
- Putra, R., Nurdiansyah, A., & Suryadi, M. (2020). Evaluasi Penggunaan EBBI untuk Pemetaan Area Terbangun di Kota Jakarta. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 8(3), 150-162.
- Yuhandri, Y. (2019). Perbandingan Metode Cropping Pada Sebuah Citra Untuk Pengambilan Motif Tertentu Pada Kain Songket Sumatera Barat. *Jurnal Komtek Info (KomputerTeknologi Informasi)*, 6(2), 96-105.
- Aulia, S. H. (2022). *Cloud Removal* Pada Citra Landsat 8 Menggunakan Metode *Land Surface Water Indeks (LSWI)* Dan Band

QA (*Quality Assessment*) Di Kabupaten Tebo Provinsi Jambi.
 Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and Chipman, J.W. (2008) *Remote Sensing and Image Interpretation. 6th Edition*, John Wiley & Sons, Hoboken.