

ANALISIS MANGROVE DARI CITRA SATELIT SEBAGAI PERTAHANAN PANTAI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *CLOUD COMPUTING*

MANGROVE ANALYSIS FROM SATELLITE IMAGERY AS BEACH DEFENSE USING A CLOUD COMPUTING APPROACH

**Irawan Prasetyo¹, Widodo S. Pranowo², Christian L. Tobing¹, Agung
Kurniawan³ dan Tunggul Puliwarna¹**

¹ Sekolah Staff dan Komando TNI Angkatan Laut, Cipulir, Jakarta Selatan

² Pusat Riset Kelautan, Badan Riset & Sumber Daya Manusia, Kementerian Kelautan
& Perikanan Republik Indonesia, Gedung II BRSDM KP Lantai 4, Jl. Pasir Putih II,
Ancol Timur, Jakarta.

³ Sistem Informasi Geografis, Departemen Teknologi Kebumihan, Sekolah Vokasi,
Universitas Gadjah Mada, Indonesia
E-mail: irawanorca82@gmail.com

ABSTRAK

Pulau Batam merupakan salah satu Pulau di Indonesia yang berbatasan langsung dengan negara Tetangga, sehingga perlu adanya antisipatif pertahanan untuk menghambat infiltrasi atau penyerangan dari ancaman yang bersifat agresif. *obstacle* buatan dapat menjadi pilihan untuk menghambat infiltrasi atau penyerangan namun dengan biaya yang cukup tinggi, disisi lain pembangunan *obstacle* sepanjang garis Pantai dapat menimbulkan kesan provokatif terhadap negara tetangga dan juga akan mengganggu pemandangan wilayah Pesisir Pulau Batam, sehingga perlu dikembangkan *obstacle* sebagai pertahanan Pantai alami yakni ekosistem mangrove. Untuk memperoleh luasan mangrove secara cepat dan akurat digunakanlah perangkat *Google Earth Engine* dalam penelitian ini dan menggunakan model *Random Forest* untuk melakukan ekstraksi informasi mangrove secara sistematis. Berdasarkan hasil ekstraksi diperoleh informasi luasan tutupan mangrove yaitu 2323,7 ha dengan overall accuracy pada model yang dihasilkan adalah 95,8%. Verifikasi di lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi nyata di lapangan dan dihasilkan informasi bahwa jenis mangrove yang dominan adalah *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonetaria Alba*. Ekosistem vegetasi mangrove yang ada di sekitar Pulau Batam dengan didukung substrat dasar Perairan yang mayoritas lumpur, mampu menghambat laju kendaraan pendarat bertipe amfibi dalam sebuah operasi infiltrasi, akan tetapi melihat fakta antara luas tutupan mangrove dan Pulau Batam secara keseluruhan yaitu 2323,7 ha : 39867,6 ha belum proporsional dan membuka celah pertahanan yang perlu ditanggulangi.

Kata kunci: Pertahanan Pantai Alami, Mangrove, *Google Earth Engine*, dan *Random Forest*

ABSTRACT

*Batam Island is one of the islands in Indonesia which borders directly with neighboring countries, so it is necessary to anticipate defense to prevent infiltration or attacks from aggressive threats. Artificial obstacle can be an option to inhibit infiltration or attack but at a high enough cost, on the other hand, the construction of an obstacle along the coastline can create a provocative impression on neighboring countries and will also disturb the view of the coastal area of Batam Island, so it is necessary to develop an obstacle as a natural coastal defense, namely mangrove ecosystem. To obtain mangrove area quickly and accurately, Google Earth Engine was used in this study and the Random Forest model was used to systematically extract mangrove information. Based on the extraction results, information on the mangrove cover area is 2323.7 ha with the overall accuracy in the resulting model is 95.8%. Field verification was carried out to determine the real conditions in the field and resulted in information that the dominant mangrove species were *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Apiculata*, and *Sonetaria Alba*. The mangrove vegetation ecosystem around Batam Island, supported by a water base substrate which is mostly mud, is able to block the speed of an amphibian type landing vehicle in an infiltration operation, but seeing the facts between the area of mangrove cover and Batam Island as a whole is 2323.7 ha: 39867 , 6 ha is not proportional and opens a defense gap that needs to be addressed..*

Keywords: Natural Coast Defense, Mangroves, Google Earth Engine, and Random Forest

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara yang berbentuk kepulauan (*archipelagic state*), yang memiliki perbandingan luas 2/3 untuk wilayah daratan dan lautan (Kurniawan, 2019) yang terdiri dari 17.504 Pulau dengan 10.000 di antaranya adalah Pulau - Pulau kecil. Garis Pantai nya, yang terpanjang kedua di dunia, membentang sepanjang 95.181 km dan merupakan rumah bagi lebih dari 140 juta orang (dari total populasi nasional lebih dari 250 juta orang) (Poernomo & Kuswardani, 2019). Letak geografis Indonesia yang strategis ini tentu saja memiliki ancaman yang

datang dari dalam maupun dari luar. Indonesia merupakan alur pelayaran dunia, hal itu menjadikan Indonesia harus selalu waspada dari segala ancaman demi mempertahankan wilayah dan menjaga keutuhan wilayah yuridiksi nasional. Hal tersebut tertuang dalam tugas TNI AL melaksanakan tugas TNI matra laut dibidang pertahanan, menegakkan hukum dan menjaga keamanan di wilayah laut yurisdiksi nasional (UU no. 34 tahun 2004).

TNI AL dalam menjaga wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia memiliki tugas mengamankan dan

mempertahankan kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia dari berbagai ancaman dan gangguan, baik dari dalam negeri maupun luar negeri. Salah satu tugas pokok adalah mengamankan Pulau-Pulau yang berbatasan dengan negara lain dari ancaman negara-negara tetangga, baik dari ancaman penyelundupan manusia, penyelundupan narkoba, *illegal fishing*, *illegal logging*, dan melaksanakan pemberdayaan wilayah pertahanan laut terutama wilayah yang berbatasan langsung dengan negara lain. Setidaknya Indonesia berbatasan dengan 10 negara tetangga di laut yang keseluruhannya memiliki potensi ancaman pada tingkat dan jenis ancaman yang berbeda-beda pada setiap wilayah perbatasan (Santoso et al., 2019).

Pulau Batam merupakan salah satu Pulau di Indonesia yang berbatasan langsung dengan negara Singapura. Sebagai salah satu Pulau diantara 329 Pulau dalam gugusan Kepulauan Riau yang terletak di Selat Malaka Pulau Batam memiliki wilayah seluas 415 km² (41.500 Ha), yang kaya akan sumberdaya alam, salah satu kekayaan alamnya adalah hutan mangrove yang hidup di daerah tropis dengan suhu rata-rata berkisar antara 24 hingga 35 derajat Celcius (77 sampai 95 derajat Fahrenheit). Berdasarkan fakta geografis tersebut maka perlu adanya antisipatif pertahanan untuk menghambat infiltrasi atau penyerangan dari ancaman yang bersifat agresif. Untuk menghambat infiltrasi atau penyerangan tersebut dapat dibuat

obstacle buatan, namun pembangunan *obstacle* buatan secara massif membutuhkan biaya yang cukup tinggi atau mahal untuk membangun *obstacle* sepanjang garis Pantai Batam yang berbatasan atau menghadap Singapura, selain itu dikhawatirkan dapat menimbulkan kesan provokatif terhadap negara tetangga dan juga akan mengganggu pemandangan wilayah Pesisir Batam sehingga perlu dikembangkan *obstacle* yang alami yakni ekosistem mangrove.

Mangrove merupakan salah satu ekosistem paling produktif, yang berperan penting dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Pada kondisi tertentu mangrove juga berperan melindungi Pantai dari berbagai fenomena, membantu membersihkan anak sungai dan saluran, dan bertindak sebagai penyangga dari intrusi laut dan erosi tanah (Gilani et al., 2021). Hutan mangrove merupakan hutan yang berada di lingkungan Perairan payau dan sangat dipengaruhi oleh keberadaan pasang surut air laut yang berfungsi sebagai pencegah intrusi air laut, mencegah erosi, abrasi Pantai, sebagai penyaring alami, sebagai tempat hidup, sumber makanan bagi beberapa jenis satwa, berperan dalam pembentukan Pulau, menstabilkan daerah Pesisir dan bisa di gunakan sebagai tempat rekreasi. Banyaknya pembangunan di wilayah Pesisir Pulau Batam mengakibatkan terjadinya abrasi dan merusaknya ekosistem mangrove yang ada di wilayah Pesisir. Informasi mengenai sebaran mangrove di wilayah Pulau Batam umumnya belum lengkap

dan belum tersajikan dengan baik. Maka dari itu, dibutuhkan penelitian yang dapat mengintegrasikan data spasial untuk menghasilkan informasi mengenai sebaran dan kerapatan mangrove di Pulau Batam. Dalam praktiknya metode penginderaan jauh dipilih untuk melakukan pemetaan secara cepat dan tepat terhadap luasan dan kerapatan mangrove. Penginderaan jauh kemampuan untuk mengamati vegetasi secara efektif pada berbagai skala spasial dan temporal, sehingga banyak digunakan hingga saat ini untuk memantau dan memahami perubahan luas hutan mangrove (Hu et al., 2018), akan tetapi efektivitas waktu dan kecepatan dari kemampuan mendeteksi luasan mangrove memiliki konsekuensi pada tingkat akurasi (D'Iorio et al., 2007), yang dimana hal ini memerlukan validasi melalui kegiatan lapangan.

Pengolahan data penginderaan jauh secara konvensional biasanya membutuhkan kapasitas *hardware* yang mumpuni berupa kemampuan komputer untuk mengoperasikan perangkat lunak dan ruang penyimpanan yang besar untuk menyimpan data, serta kecepatan pengolahan sangat dipengaruhi oleh kemampuan komputer. Penggunaan metode pemrosesan data penginderaan jauh berbasis awan (*cloud computing*). Kemampuan yang diberikan oleh *cloud computing* menawarkan harapan dalam menyelesaikan tantangan tersebut dengan menyediakan *cloud* sebagai *platform* layanan untuk melakukan pra-proses, analisis, dan visualisasi data besar (*big data*). Google dalam hal ini menyediakan *platform* berbasis awan

(*cloud*) baru yang disebut *Google Earth Engine* untuk pemrosesan yang efisien dan cepat dari kumpulan *big data* geospasial dengan sistematis untuk menganalisis data geospasial berskala kecil hingga sedang dalam kondisi tertentu (Singh et al., 2021).

Penggunaan *Google earth engine* dengan tepat mampu memperoleh luasan lokasi tanaman mangrove. Mangrove yang ada dapat digunakan sebagai pertahanan Pantai alami apabila memiliki kriteria yang sesuai untuk digunakan sebagai pertahanan Pantai alami sekitar kawasan Pulau Batam. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk mengetahui eksistensi mangrove di Pulau Batam menurut luas dan kerapatannya, dengan harapan bahwa penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang berkaitan dengan penggunaan mangrove sebagai pertahanan Pantai alami. Pulau Batam menjadi proyek percontohan penelitian untuk konsep sebagai pertahanan Pantai alami dengan pertimbangan lokasinya yang berada di perbatasan dan di kawasan Perairan yang sangat penting yaitu Selat Singapura. Dengan harapan kedepan bahwa konsep pertahanan Pantai dalam penelitian ini dapat diterapkan pada wilayah dengan bentuk yang serupa, yaitu Pulau-Pulau yang ada di Indonesia.

1.1 Teori Pertahanan Pantai Alami

Sistem pertahanan negara adalah sistem pertahanan yang bersifat semesta yang melibatkan seluruh warga

negara, wilayah, dan sumber daya nasional lainnya, serta dipersiapkan secara dini oleh pemerintah dan diselenggarakan secara total, terpadu, terarah, dan berlanjut untuk menegakkan kedaulatan negara, keutuhan wilayah, dan keselamatan segenap bangsa dari segala ancaman. Sumber daya alam adalah potensi yang terkandung dalam bumi, air, dan dirgantara yang dalam wujud asalnya dapat didayagunakan untuk kepentingan pertahanan negara (UU no 3 tahun 2002).

Pertahanan Pantai (*Coastal Defence*) adalah segala upaya yang dilakukan untuk mencegah musuh memproyeksikan kekuatannya dari laut ke darat melalui Pantai yang dipertahankan dengan mensinergikan seluruh kekuatan dan kemampuan yang dimiliki pada waktu dan tempat yang tepat. Gelar kekuatan pertahanan Pantai sangat ditentukan oleh faktor hidrografi, kondisi medan, sumber daya yang dimiliki, perkiraan keadaan waktu dan tempat penggelaraan yang tepat serta kecerdasan dan kecerdikan musuh. Dalam hal ini konsep pertahanan Pantai alami yaitu dengan memanfaatkan kondisi medan dan sumber daya alam yang dimiliki yaitu antara terumbu karang dan mangrove di mana terumbu karang dan mangrove dijadikan sebagai obstacle alami yang dapat menghambat pergerakan musuh dari laut ke darat sehingga musuh sulit atau tidak dapat masuk ke daerah sasaran yang dituju akibat adanya *obstacle* alamiah.

1.2 *Cloud Computing* menggunakan *Google Earth Engine*

Google Earth Engine menjadi upaya intensif pada pengolahan data dan komputasi menjadi lebih mudah daripada sebelumnya (Cissell et al., 2021). *Google Earth Engine* merupakan platform berbasis awan yang mempermudah akses pada sumber daya komputasi berkinerja tinggi serta memproses kumpulan data geospasial yang sangat besar, tanpa harus mengalami kesulitan pada perangkat teknologi informasi, yang dimana *Earth Engine* terdiri dari katalog data siap analisis *multi-petabyte* yang ditempatkan dalam layanan komputasi paralel intrinsik yang memiliki peforma tinggi. GEE diakses dan dikendalikan melalui *application programming interface* (API) yang dapat diakses melalui internet dan *interactive development environment* (IDE) berbasis web sehingga memungkinkan pembuatan prototipe dan visualisasi hasil yang cepat (Gorelick et al., 2017). GEE dapat diakses melalui <https://earthengine.google.com>, untuk menggunakan keseluruhan fasilitas yang ada di dalamnya.

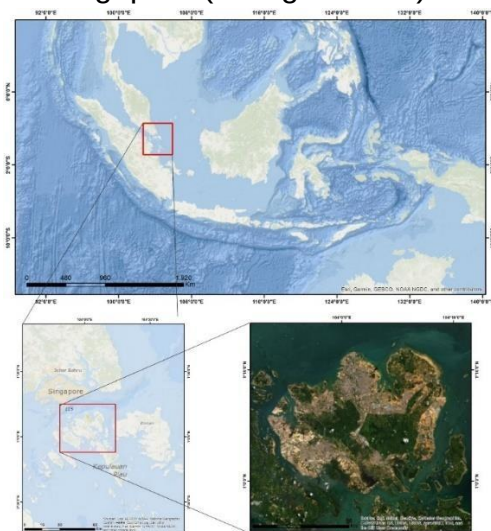
BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini menggunakan metode gabungan (*mixed metode research*) diharapkan dapat memberikan gambaran secara umum dan kompleks dapat melihat perbandingan antar kasus sehingga peneliti mampu menganalisis hasil gabungan dari penelitian kuantitatif dan

kualitatif sehingga akan semakin jelas dan saling melengkapi. Menurut Yusuf Muri (2014) metode penelitian gabungan (mixed metode research) adalah gabungan antara metode penelitian kualitatif pada satu fase dan menggunakan metode dan Teknik penelitian kuantitatif pada fase yang lain atau sebaliknya, sedangkan mixed model research adalah menggunakan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dalam satu proses penelitian (Muri, 2014).

2.1 Lokasi Kajian

Penelitian ini mengambil lokasi Pulau Batam sebagai proyek percontohan. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan fakta geografis bahwa Pulau Batam merupakan Pulau yang berbatasan laut secara langsung dengan Singapura di kawasan Perairan Selat Singapura (lihat gambar 1).



Gambar 1. Pulau Batam sebagai lokasi kajian yang berbatasan laut dengan Singapura

2.2 Instrumen dan Teknik Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya tersedia di dalam sistem awan (*cloud system*) yang dimiliki oleh *google*. Citra yang dipakai adalah citra satelit landsat 8 (lihat gambar 2). Citra Satelit Landsat 8 diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013. Satelit pemantauan bumi ini memiliki dua sensor yaitu Sensor Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS). Kedua sensor ini menyediakan resolusi spasial 30 meter (visible, NIR, SWIR), 100 meter (thermal), dan 15 meter (pankromatik). Landsat 8 memiliki orbit Sun-Synchronous orbit pada ketinggian 705 km. Landsat 8 memiliki resolusi temporal selama 16 hari. Resolusi temporal Landsat 8 tidak berbeda dengan Landsat versi sebelumnya. Dalam satu harinya satelit ini akan mengumpulkan 400 citra atau 150 kali lebih banyak dari Landsat 7. Landsat 8 telah mengambil data sebanyak 725 citra per hari waktu orbit yang dibutuhkan untuk mengelilingi bumi yaitu tiap 98,9 menit, dan akan sampai pada wilayah ekuator pada jam 10:00 pagi selama kurang lebih 15 menit, serta dapat melakukan liputan pada area yang sama setiap 16 hari sekali.

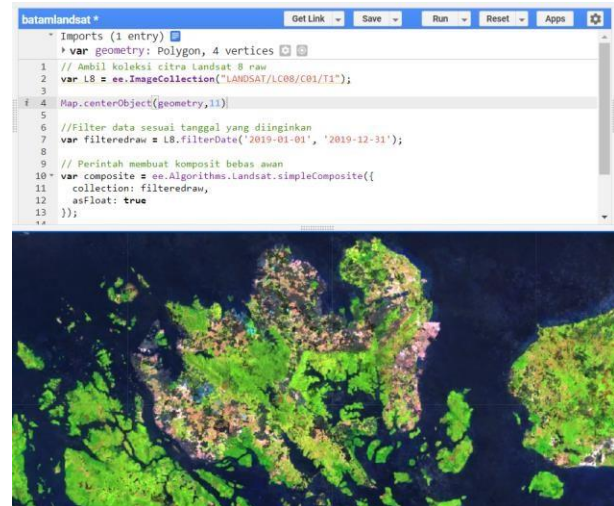
Satelit ini memiliki kemampuan untuk merekam citra dengan resolusi spasial yang bervariasi, dari 15 m-100 m, serta dilengkapi oleh 11 kanal. Resolusi spasial tersebut diantaranya 30 m (cahaya tampak, inframerah dekat, SWIR); 100 m (gelombang termal); dan

15 m (gelombang pankromatik). Satelit ini juga memiliki area scan atau bidang pengamatan seluas 170 km x 183 km. Tabel dibawah ini menjelaskan tentang Kanal atau band, panjang gelombang dan resolusi spasial citra landsat8:

Tabel 1. Rincian Band Landsat-8 .

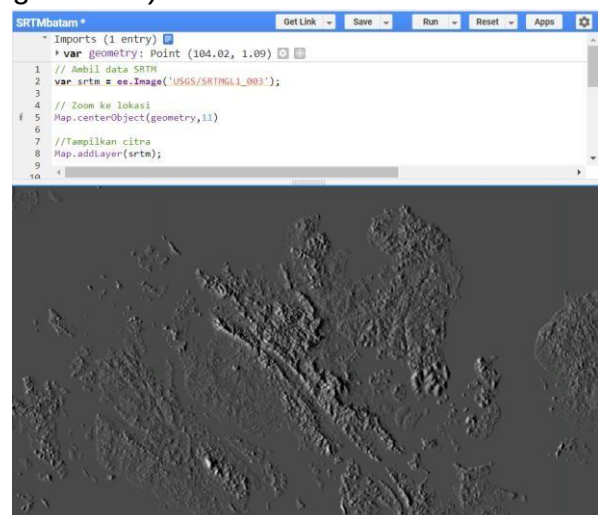
Kanal	Panjang Gelombang
1.Coastal/Aerosol	(0.435 - 0.451 μm)
2.Biru	(0.452 - 0.512 μm)
3 Hijau	(0.533 - 0.590 μm)
4 Merah	(0.63 - 0.673 μm)
5 Near Infrared	(0.851 - 0.879 μm)
6 SWIR 1	(1.566 - 1.651 μm)
7 SWIR 2	(2.107 - 0.879 μm)
8 Pangkromatik	(0.515 - 0.896 μm)
9 Band Cirrus	(1,363 - 1384 μm)
10 TIRS-1	(10,60 - 11,19 μm)
11. TIRS-2	(11,50 - 12,51 μm)

Sumber:https://inderaja-application_data/default/pages/about_Landsat-8.html



Gambar 2. Citra satelit landsat 8 yang diperoleh melalui basisdata *google earth engine*.

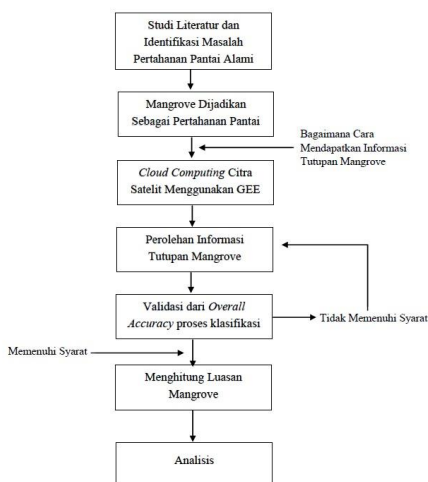
Selain data citra satelit landsat 8, dalam penelitian ini digunakan pula data tambahan berupa data ketinggian yang diperoleh melalui SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), yang berguna untuk melakukan pemotongan wilayah kajian berdasarkan ketinggian lingkungan mangrove berkembang (lihat gambar 3).



Gambar 3. SRTM yang merupakan data ketinggian diperoleh dari basisdata *google earth engine*.

Hasil yang diperoleh melalui proses ekstraksi mangrove diperkuat dengan teknik wawancara. Teknik wawancara dilakukan melalui Teknik pembuatan angket wawancara, kemudian wawancara ditujukan kepada pejabat Resimen Kavaleri Marinir (Komandan, Wadan, Pasops dan Staff) bagaimana tentang sebaran dan luasan mangrove dapat di jadikan sebagai pertahanan patai alami. Teknik wawancara yang dilakukan adalah wawancara terstruktur.

Proses perolehan informasi sebaran dan luasan mangrove, kemudian perolehan informasi wawancara disajikan dalam gambar 3.



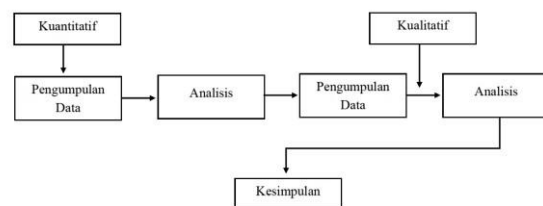
Gambar 3. Alur proses perolehan Informasi.

Dari hasil analisa yang didapatkan dari pengolahan citra landsat 8 pada diagram alir diatas maka dapat uji hasil dapat dilaksanakan sebagai berikut:

1. *Uji validitas* dilakukan pada hasil pengolahan citra satelit landsat 8 dengan menggunakan *google earth engine* maka didapatkan data sebaran luasan mangrove berupa peta tematik kemudian

dari hasil peta tersebut akan dilakukan analisa mana yang cocok untuk dijadikan sebagai pertahanan Pantai alami dengan membuat angket pertanyaan yang akan ditujukan untuk wawancara para pakar/ekspert.

2. *Uji reliabilitas*, dilakukan pada data Kuantitatif yang telah terkumpul dianalisis dengan statistik dan data kualitatif dianalisis dengan data kuantitatif kemudian digabungkan dan dibandingkan, sehingga dapat di temukan data kualitatif yang mana memperkuat dan memperluas data kuantitatif, untuk menguji reliabilitas hipotesis atau penelitian kualitatif diperluas dan diperdalam dengan strategi model eksplanatoris sekuensial sehingga semakin jelas kesimpulan dan saran, seperti yang digambarkan pada bagan dibawah ini:

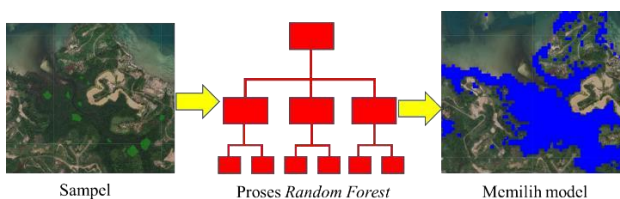


Gambar 4. Model eksplanatoris sekuensial (Muri, 2014).

Cloud computing bekerja menggunakan internet untuk melakukan pengolahan data. Server untuk menyimpan secara virtual basisdata yang besar dari berbagai citra satelit maupun data lainnya, sehingga proses pengolahan dapat dilakukan langsung di dalam

Google Earth Engine (GEE). Klasifikasi yang dijalankan di dalam kode editor menggunakan algoritma *Random Forest*. Model akan dibentuk dengan prinsip bahwa *Random Forest* merupakan sebuah konfigurasi *machine learning* yang efisien dan mampu menggunakan statistik untuk mengidentifikasi pola dalam kumpulan *big data* (Jhonnerie et al., 2015; Barenblitt & Fatoyinbo, 2020).

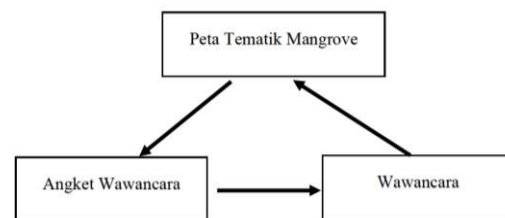
Algoritma bekerja dengan membangun *decision tree* untuk setiap sampel dan menggunakan metode “voting” untuk menentukan hasil terbaik. Berbasis pada prediktor yang digunakan (band dari citra Landsat 8), *trees* akan secara runtut memilih setiap piksel untuk mendeteksi mangrove vs. non-mangrove (lihat gambar 5). Nilai yang dianggap paling rasional kemudian ditetapkan ke setiap piksel. Pengambilan sampel berperan penting terhadap “voting” yang akan dihasilkan, sehingga pemilihannya perlu cermat sebelum model dijalankan.



Gambar 5. *Decision Trees* dalam perjalanan pembentukan model.

2.3 Teknik Analisis Data

Dalam teknik analisis data peneliti menggunakan metode Triangulasi yang merupakan pendekatan multi metode saat melakukan penelitian. Teknik tersebut dengan cara mengumpulkan dan menganalisis data. Dasarnya adalah apabila didekati dari berbagai sudut pandang, fenomena yang diteliti dapat dipahami dengan baik dan memperoleh kebenaran tingkat tinggi. Triangulasi yang dilakukan adalah menggabungkan angket pertanyaan yang akan ditujukan kepada narasumber. kemudian dilakukan pengecekan melalui wawancara terhadap ekspert. Didukung oleh data dari peta tematik analisa mangrove, Kemudian akan diambil kesimpulan dengan metode kualitatif, seperti gambar dibawah ini.



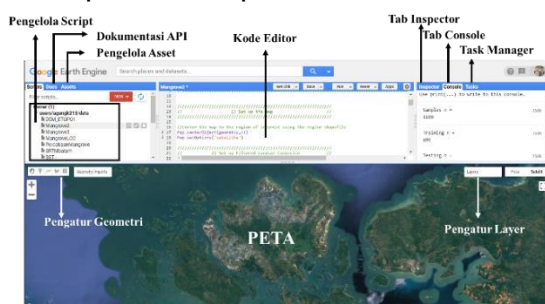
Gambar 6. Analisis Triangulasi.

2.4 Gambaran Umum *Google Earth Engine*

Earth Engine menggunakan model data yang umum dan sederhana berdasarkan grid 2D pada band raster dalam wadah "Citra" yang ringan. Piksel dalam satu pita harus homogen dalam jenis data, resolusi, dan proyeksi, akan tetapi gambar- masing band dapat berisi sejumlah band, dan masing – masing band di dalam citra tidak perlu memiliki tipe data atau proyeksi yang seragam.

Setiap citra juga dapat memiliki nilai metadata terkait yang berisi informasi seperti lokasi, waktu akuisisi, dan kondisi saat gambar dikumpulkan atau diproses (Gorelick et al., 2017).

Sebagian besar proses kerja menggunakan *google earth engine* dilakukan pada panel *Code Editor* (lihat gambar 7). *Code editor* merupakan sebuah lingkungan interaktif untuk menggunakan berbagai fitur yang tersedia di *Earth Engine*. Panel utama digunakan untuk melakukan editing kode program JavaScript. Pada bagian atas panel kode editor terdapat fitur untuk menyimpan, membagikan tautan, dan menjalankan kode program. Peta di panel bawah berisi lapisan yang dipanggil oleh kode program dengan latar peta dasar. Di bagian atas terdapat kotak pencarian untuk berbagai data yang tersedia secara *cloud*. Panel kiri berisi manajemen kode program termasuk kode yang disimpan, referensi API yang dapat ditelusuri, dan pengelola aset untuk memasukkan data pribadi ke dalam pekerjaan di GEE. Panel kanan memiliki *Inspector* untuk melihat informasi dan query peta, konsol yang berisi informasi luaran, dan pengelola untuk proses ekspor.



Gambar 7. Tampilan antarmuka *Google Earth Engine*.

2.5 Verifikasi Lapangan

Proses untuk melakukan validasi terhadap kebenaran informasi hasil ekstraksi tutupan mangrove yang ada di Pulau Batam dilakukan dengan kegiatan *field check* langsung menuju lokasi pengambilan sampel untuk validasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

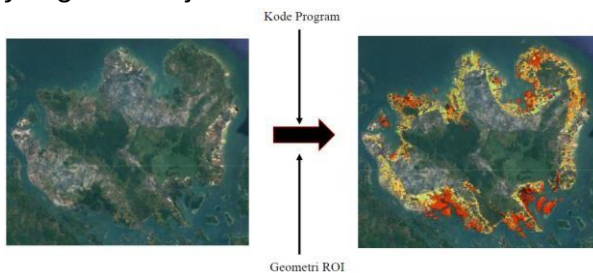
3.1 Pembangunan algoritma ekstraksi mangrove dari citra satelit

Pulau Batam sebagai lokasi kajian dijadikan dasar untuk menentukan geometri dari area kajian yang dituju (*region of interest*) (lihat gambar 8). Berdasarkan fakta bahwa lokasi mangrove sebagian besar berada di kawasan Pesisir, maka geometri dapat disesuaikan. Citra yang digunakan adalah Landsat 8 dengan konfigurasi awan paling kecil yang diambil dari keseluruhan tahun 2020, untuk menghindari terjadinya kesalahan klasifikasi akibat adanya awan. Ekosistem mangrove sebagian besar hidup di kawasan Pesisir yang meghadap dan berdekatan dengan Pantai /laut, untuk itu dalam penelitian ini citra menggunakan bantuan data ketinggian SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), dalam kasus ini secara *trial and error* dipilih ketinggian dibawah 30 meter (lihat gambar 9).



Gambar 8. Geometri sebagai input untuk lokasi penelitian.

Indeks spektral yang digunakan merupakan kombinasi dari NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*), SR (*Simple Ratio*), dan GCVI (*Green Chlorophyll Vegetation Index*), dan dimaksudkan untuk meningkatkan akurasi dari model yang akan dijalankan .



Gambar 9. Pemotongan citra satelit didasarkan kepada ketinggian (30 meter) dan geometri ditampilkan dalam tampilan komposit *false color*.

Model diaplikasikan dengan membuat area sampel (*Training area*) terlebih dahulu untuk membedakan objek mangrove dan non-mangrove. Berdasarkan data *training area* tersebut, model *Random Forest* dijalankan. Algoritma *Random Forest* yang digunakan diaplikasikan dengan total sampel yang dapat digunakan sebanyak 1100 piksel yang tersebar di seluruh Pulau Batam, kemudian 866 piksel

diantaranya yang digunakan untuk menjalankan model. Penggunaan sampel yang digunakan lebih sedikit karena disesuaikan dengan kode program dengan perintah untuk menjalankan model di kawasan yang ketinggiannya berada di bawah 30 meter. Dalam menjalankan algoritma ini, 230 piksel digunakan sebagai masukan untuk melakukan *testing* terhadap akurasi model. *Overall accuracy* yang dihasilkan melalui model *Random Forest* yang dijalankan adalah 95,8 %. Nilai akurasi yang hampir serupa juga dapat ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh (Cissell et al., 2021), dan (Yancho et al., 2020) (lihat tabel 2).

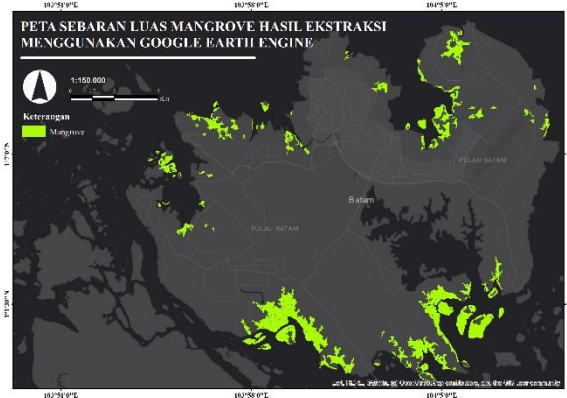
Tabel 2. Nilai *overall accuracy* yang diperoleh dari beberapa penelitian serupa .

Penulis	Overall Accuracy
1. Hasil penelitian ini	95,8%
2. Cissell et al., (2021)	97.0 dan 98.5%
3. Yancho et al., (2020)	96%

3.2 Analisis luasan mangrove dan verifikasi *in-situ*

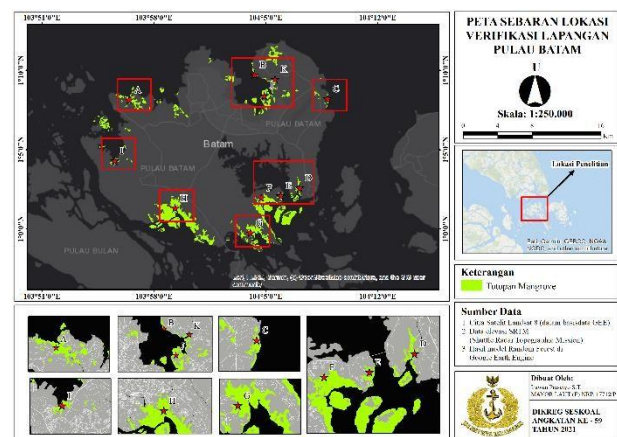
Sebaran luasan hutan mangrove yang dapat diekstraksi melalui proses *cloud computing* di Pulau Batam dengan menggunakan basis citra Landsat 8 adalah seluas 2323,7 ha, dan akan sangat kontras apabila dibandingkan dengan luas Pulau Batam yang memiliki luas $\pm 39867,6$ ha, atau secara rasio memiliki perbandingan luas sekitar 1 : 17. Secara keseluruhan sebaran luasan

mangrove ditampilkan pada gambar 10. Berdasarkan analisa visual, hutan mangrove yang dapat di ekstraksi melalui perangkat *google earth engine* secara dominan berada di wilayah Utara dan Selatan Pulau Batam.



Gambar 10. Sebaran tutupan mangrove yang dapat diekstraksi melalui *Google Earth Engine* menggunakan model *Random Forest*.

Proses verifikasi dilakukan untuk melihat fakta kondisi tutupan mangrove yang ada di lapangan, serta memberikan gambaran mengenai jenis tumbuhan mangrove yang berada di lokasi tersebut termasuk di dalamnya substrat dasar Perairan yang sangat dipertimbangkan sebagai pertahanan Pantai alami bersama dengan benteng mangrove. Verifikasi lapangan dilakukan pada sebelas titik yang tersebar mengelilingi Pulau Batam (lihat gambar 11). Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan diperoleh informasi yang dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 11. Sebaran lokasi untuk melakukan verifikasi di lapangan.

Tabel 3. Informasi yang diperoleh berdasarkan hasil verifikasi lapangan.

Lokasi	Jenis Mangrove	Substrat Dasar Perairan
A,B,I	Rhizophora Mucronata Rhizophora Apiculata Sonetaria Alba	Lumpur Berpasir
C	Rhizophora Mucronata Rhizophora Apiculata Sonetaria Alba	Pasir Berkarang
D,F	Rhizophora Mucronata Rhizophora Apiculata	Lumpur
E	Rhizophora Apiculata	Lumpur
G	Rhizophora Mucronata Rhizophora Apiculata Bruguiera Gymnorrhiza	Lumpur
H	Rhizophora Apiculata Bruguiera Gymnorrhiza Chilocarpus Granatum Ceriops Decandra Bruguiera Cylindrica	Lumpur
J	Rhizophora Mucronata Rhizophora Apiculata Sonetaria Alba	Lumpur Berbatu
K	Rhizophora Mucronata Rhizophora Apiculata Sonetaria Alba	Lumpur

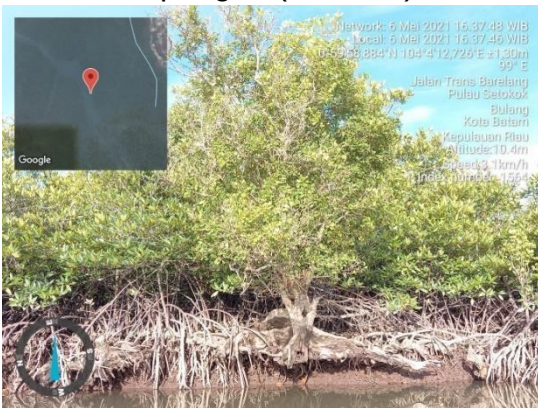
Berdasarkan hasil observasi lapangan diperoleh fakta bahwa tutupan mangrove dengan jenis *Rhizophora Apiculata* menjadi jenis mangrove yang paling banyak dijumpai (8 dari 11 lokasi pengambilan sampel). Kawasan Utara Pulau Batam yang berbatasan langsung dengan Selat Singapura secara umum didominasi oleh *Rhizophora Mucronata*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonetaria Alba* (lihat gambar 12). Substrat dasar Perairan yang dominan adalah lumpur, dengan variasi batu dan pasir di beberapa lokasi. Lumpur yang masif memiliki sifat alami yang lengket dan berat, secara teknis dapat menghambat laju dari kendaraan berat Infanteri maupun Kavaleri dalam sebuah operasi amfibi.



Gambar 12a. *Rhizophora Mucronata* dengan substrat dasar Perairan yang berjenis lumpur di lokasi verifikasi lapangan (Lokasi I).



Gambar 12b. *Rhizophora Apiculata* dengan substrat dasar Perairan yang berjenis lumpur berbatu di lokasi verifikasi lapangan (Lokasi J).



Gambar 12c. *Sonetaria Alba* dengan substrat dasar Perairan yang berjenis lumpur di lokasi verifikasi lapangan (Lokasi K).

3.3 Analisis pertahanan Pantai berdasarkan luasan mangrove yang eksisting

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari para pakar pertahanan Pantai, sistem pertahanan Pantai yang ideal untuk wilayah Indonesia adalah bersifat tertutup yang melindungi seluruh garis Pantai Negara Kesatuan Republik Indonesia. Pertahanan Pantai pada umumnya bertumpu pada unsur – unsur kekuatan militer dan unsur cadangan dalam hal ini setiap warga negara

Indonesia, akan tetapi disisi lain objek alami yang dapat membantu sebagai komponen pertahanan adalah tutupan hutan mangrove yang berfungsi sebagai penghalang (*obstacle*).

Tutupan vegetasi mangrove yang ada di sekitar Pantai (dalam kasus ini adalah Pulau Batam), dengan didukung substrat dasar Perairan yang mayoritas lumpur, mampu menghambat laju kendaraan pendarat bertipe amfibi dalam sebuah operasi infiltrasi. Mangrove dalam kondisi umum biasanya memiliki visual yang rapat dan rimbun, sehingga membatasi manuver dari kendaraan tempur. Rintangan mangrove tersebut akan mengakibatkan penumpukan kendaraan tempur di Pantai pendaratan dan kemungkinan tidak dapat melaksanakan operasi darat lanjutan apabila dibutuhkan ataupun tidak dapat menduduki sasaran pasukan pendarat atau sasaran komando tugas amfibi dengan waktu yang telah ditentukan.

Mangrove secara teknis dapat digunakan sebagai pengambat laju pasukan pendarat dalam melakukan infiltrasi, akan tetapi rasio antara luas tutupan mangrove dan Pulau Batam secara keseluruhan yaitu 2323,7 ha : 39867,6 ha belum proporsional dan membuka celah pertahanan yang perlu ditanggulangi. Penambahan ekosistem mangrove secara terstruktur perlu dilakukan untuk dijadikan sebagai benteng alami dalam menahan laju infiltrasi pasukan pendarat baik itu pendaratan pasukan maupun kendaraan tempur (kavaleri).

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada studi kasus Pulau Batam luasan mangrove yang dapat diperoleh pada tahun 2020 melalui ekstraksi data penginderaan jauh menggunakan perangkat *google earth engine* berbasis pada algoritma *Random Forest* adalah seluas 2323,7 ha dengan *overall accuracy* pada model yang dihasilkan adalah 95,8%. Rasio antara luas tutupan mangrove dan Pulau Batam secara keseluruhan yaitu 2323,7 ha : 39867,6 ha belum proporsional dan membuka celah pertahanan yang perlu ditanggulangi. Laju kendaraan pendarat bertipe amfibi dalam sebuah operasi infiltrasi dapat dihambat oleh Tutupan vegetasi mangrove yang ada di sekitar Pantai (dalam kasus ini adalah Pulau Batam), dengan didukung substrat dasar Perairan yang mayoritas lumpur, sehingga mangrove memiliki peran penting sebagai pertahanan Pantai . Penambahan ekosistem mangrove secara terstruktur perlu dilakukan untuk dijadikan sebagai benteng alami dalam menahan laju infiltrasi pasukan pendarat baik itu pendaratan pasukan maupun kendaraan tempur (kavaleri).

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan naskah ini setiap penulis memiliki kontribusi yang sama besar dalam proses penulisan, disisi lain penulis mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang terlibat secara umum, dan secara khusus, yaitu kepada Komandan Resimen Kavaleri Pasmari I beserta Jajarannya, Komandan Resimen Artileri Pasmari I beserta

Jajarannya,, dan Perwira Siswa DIKREG SESKOAL.

DAFTAR PUSTAKA

- Barenblitt, A., & Fatoyinbo, L. (2020). *Part 2: Mangrove Extent Mapping and Time Series*. NASA ARSET Training Documentation
- Cissell, J. R., Canty, S. W. J., Steinberg, M. K., & Simpson, L. T. (2021). applied sciences Mapping National Mangrove Cover for Belize Using Google Earth Engine and Sentinel-2 Imagery. *Journal of Applied Science*, 11(4258), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app11094258>
- D'lorio, M., Jupiter, S. D., Cochran, S. A., & Potts, D. C. (2007). Optimizing remote sensing and GIS tools for mapping and managing the distribution of an invasive mangrove (*Rhizophora mangle*) on South Molokai, Hawaii. *Marine Geodesy*, 30(1–2), 125–144. <https://doi.org/10.1080/01490410701296663>
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249(November 2020), 107128. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107128>

- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hu, L., Li, W., & Xu, B. (2018). The role of remote sensing on studying mangrove forest extent change. *International Journal of Remote Sensing*, 39(19), 6440–6462.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1455239>
- Jhonnerie, R., Siregar, V. P., Nababan, B., Prasetyo, L. B., & Wouthuyzen, S. (2015). Random Forest Classification for Mangrove Land Cover Mapping Using Landsat 5 TM and Alos Palsar Imageries. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 215–221.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.028>
- Kurniawan, A. (2019). Technical and Cartography Study of Delimitation Management Limits Area of the Sea Central Sulawesi Province and North Maluku. *Jurnal of Marine Science SPERMONDE*, 5(1), 1–4.
<https://doi.org/10.20956/jiks.v5i1.7035>
- Muri, Y. (2014). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan Penelitian Gabungan*. Jakarta: Kencana.
- Poernomo, A., & Kuswardani, A. (2019). Ocean policy perspectives: The case of Indonesia. In *Climate Change and Ocean Governance: Politics and Policy for Threatened Seas* (Issue August, pp. 102–117).
<https://doi.org/10.1017/9781108502238.007>
- Undang - undang Nomor 34 tahun 2004. tentang Tentara Nasional Indonesia, Pasal 9. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Undang - undang Nomor 3 tahun 2002. tentang Pertahanan Negara. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Santoso, A. I., Hartono, & Sunarto. (2019). Model Ruang Wilayah Pendaratan Amfibi Pulau Batam Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(2), 71–85.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v14i2.7646>
- Singh, M., Singh, B. B., Singh, R., Upendra, B., Kaur, R., Gill, S. S., & Biswas, M. S. (2021). Quantifying COVID-19 enforced global changes in atmospheric pollutants using cloud computing based remote sensing. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22(March), 100489.
<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100489>
- Yancho, J. M. M., Jones, T. G., Gandhi, S. R., Ferster, C., Lin, A., & Glass, L. (2020). The google earth engine mangrove mapping methodology (Geemmm). *Remote Sensing*, 12(22), 1–35.
<https://doi.org/10.3390/rs12223758>