

KAJIAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI GOOGLE EARTH ENGINE UNTUK BIDANG PENGINDERAAN JAUH

Bayu Sukoco¹, Armijon², Romi Fadly³

ARTICLES INFORMATION

Article status:

Received: June, 13th 2022

Accepted: August, 18th 2022

Published online: Sept, 2nd 2022

Keywords:

CART, Cloud Computing, Google Earth Engine, NBC, RFC, SVM.

Kata kunci:

CART, Cloud Computing, Google Earth Engine, NBC, RFC, SVM.

Correspondent affiliation:

1. Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung,

Correspondent email:

1. bayu.sukoco98@gmail.com

ABSTRACT

The rapid development of technology in the field of remote sensing has led to changes in the need for massive, easy and fast data processing. Future technology trends are expected to lead to a cloud computing- based system where big data and IOT (Internet of things) are integrated with each other to solve problems in the remote sensing world. One of the new technologies available for remote sensing is Google Earth Engine (GEE). This study aims to examine the use of GEE, especially the facilities provided for remote sensing. This research was conducted in Natar sub-district with a case study focus on land cover interpretation. The data used is Sentinel-2 Image for 2021-2022. The method used for classification is machine learning exploration on GEE, namely CART, SVM, RFC and NBC. The results showed that (1) GEE was able to process remote sensing image data quite well. It is proven by the classification activities can process using 4 machine learning methods only by modifying the formula as needed. Furthermore, the accuracy of the resulting image with an area of one district is at a scale of 1:100,000 with horizontal accuracy/CE90 being in classes 2 and 3, while the horizontal accuracy/CE90 in class 1 is at a scale of 1:250,000.(2) The data processing facilities provided by GEE are able to complete remote sensing analysis to the maximum even though there are still facilities that are not yet available, such as map layout facilities with the highest machine learning classification method that is able to interpret land cover properly is random forest with 93% accuracy

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang penginderaan jauh menyebabkan perubahan kebutuhan akan pengolahan data yang masif, mudah dan cepat. Trend teknologi kedepan diperkirakan akan mengarah ke sebuah sistem berbasis cloud computing dimana big data dan IOT (Internet of things) saling terintegrasi untuk menyelesaikan permasalahan didunia penginderaan jauh. Salah satu teknologi baru yang tersedia untuk bidang penginderaan jauh adalah Google Earth Engine (GEE). Penelitian ini dilaksanakan di kecamatan Natar dengan fokus studi kasus untuk interpretasi tutupan lahan. Data yang digunakan berupa Citra Sentinel-2 tahun 2021-2022. Metode yang digunakan untuk klasifikasi yaitu dengan eksplorasi machine learning pada GEE. Adapun metode machine learning yang digunakan pada penelitian ini yaitu CART, SVM, RFC dan NBC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) GEE mampu melakukan proses pengolahan data citra penginderaan jauh dengan cukup baik. Terbukti dengan kegiatan klasifikasi dapat memproses menggunakan 4 metode machine learning hanya dengan memodifikasi formula sesuai kebutuhan. Selanjutnya untuk ketelitian citra yang dihasilkan dengan area satu kabupaten berada pada skala 1:100.000 dengan ketelitian horizontal/CE90 berada pada kelas 2 dan 3, sedangkan ketelitian horizontal/CE90 pada kelas 1 berada pada skala 1:250.000. (2) Fasilitas pengolahan data yang disediakan GEE mampu menyelesaikan analisis penginderaan jauh dengan maksimal meskipun masih terdapat fasilitas yang belum tersedia seperti fasilitas layout peta dengan metode klasifikasi machine learning tertinggi yang mampu menginterpretasi tutupan lahan dengan baik adalah random forest dengan akurasi 93%.

Copyright © 2021 *Ipgeography-UNILA*
This open access article is distributed under a
Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 International license

PENDAHULUAN

Dewasa ini, arah perkembangan teknologi di bidang penginderaan jauh semakin mengarah ke pengolahan berbasis cloud computing. Salah satu teknologi terobosan baru dibidang penginderaan jauh yang memanfaatkan big data berbasis cloud computing adalah Google Earth Engine. Google Earth Engine mampu memproses kumpulan data geospasial dalam skala yang sangat besar dengan data citra yang multi-temporal

dan terbaru untuk analisis geospasial dan pengambilan keputusan. Memanfaatkan teknologi cloud computing artinya semua kegiatan yang terjadi di google earth engine memanfaatkan internet sebagai pusat manajemen data, aplikasi dan penyimpanan, Sehingga memungkinkan dalam menyelesaikan suatu masalah yang besar dalam waktu yang cepat. Teknologi yang semakin berkembang pesat mendorong perubahan ke arah teknologi machine learning. Google earth engine adalah salah satu platform yang sudah menerapkan prinsip machine learning bagi bidang keilmuan penginderaan jauh.

Perkembangan teknologi di era revolusi industri 4.0 seperti saat ini menyebabkan perubahan akan kebutuhan data geospasial yang masif guna mendapat informasi secara cepat, murah dan mudah. Perkembangan ini mengakibatkan teknologi konvensional kurang efektif untuk saat ini. Hal tersebut dikarenakan pengguna harus memiliki komputer dengan penyimpanan dan spesifikasi tinggi untuk mendukung pekerjaan karena kebutuhan akan citra satelit dan software pengolah yang cukup besar, belum lagi cakupan wilayah dan time series data terbatas, selain itu proses pengolahan yang cukup lama akan menghabiskan banyak waktu. Google earth engine menyediakan berbagai fasilitas yang dibutuhkan untuk saat ini sehingga dapat melakukan monitoring dan analisis fenomena alam secara multitemporal. Meskipun banyak fasilitas yang telah tersedia namun GEE masih mempunyai beberapa keterbatasan salah satunya fasilitas untuk melakukan layouting informasi, selain itu kajian lebih mendalam mengenai pemanfaatan GEE untuk penginderaan jauh masih jarang ditemukan.

Nampaknya tingkat kemudahan dan kecanggihan teknologi berbasis cloud computing khususnya GEE telah didesain untuk memenuhi semua kebutuhan pengolahan data penginderaan jauh. Sehingga fasilitas yang tersedia dirasa lebih baik dari konsep analog dan data yang dihasilkan diperkirakan telah sesuai dengan data lapangan, namun perlu pembuktian. Kajian ini penting untuk nantinya dijadikan referensi bagi bidang keilmuan penginderaan jauh khususnya dalam upaya percepatan penyediaan informasi geospasial berbasis cloud computing menggunakan teknologi GEE. Berdasarkan uraian diatas, penulis bermaksud melakukan penelitian mengenai bagaimana pemanfaatan teknologi google earth engine jika diterapkan untuk bidang penginderaan jauh khususnya untuk klasifikasi tutupan lahan.

METODE

Metode Penelitian

Pada penelitian kali ini pemrosesan data menggunakan beberapa metode machine learning yang ada pada GEE. Hasil akhir penelitian ini nantinya berupa pembahasan mengenai kemampuan fasilitas yang tersedia dengan konsep cloud computing pada GEE. Setelah dilakukan pemotongan area, penajaman citra, dan mosaik, selanjutnya dilakukan pengujian ketelitian skala setelah itu dilakukan interpretasi citra. Interpretasi citra merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengelompokkan suatu obyek pada citra dengan cara mengidentifikasi corak warna kenampakan obyek tersebut pada citra (Mukhoriyah dan Arifin , 2017). Interpretasi citra dan kombinasi band akan memberikan karakteristik pada tata guna lahan. Pada Google Earth Engine dilakukan pengklasifikasian penggunaan lahan dengan menggunakan metode klasifikasi machine learning yang disediakan untuk mengkarakterisasi setiap jenis tata guna lahan. Klasifikasi penggunaan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pemetaan penggunaan lahan (Lestari dan Arsyad, 2018). Kemudian pada tahap klasifikasi ini proses digitasi juga dapat memperjelas obyek-obyek di lokasi penelitian seperti pemukiman, perkebunan, sungai, dan batas-batas daerah penelitian (Ramadhani, 2019).

Pengumpulan Data

Pada penelitian kali ini peneliti hanya menggunakan data sekunder sebagai bahan penelitian, data sekunder merupakan data yang digunakan dalam penelitian dan diperoleh melalui pengamatan tidak langsung ke lapangan. Penggunaan platform Earth Engine pada penelitian kali ini sangat memudahkan dalam pengumpulan data karena data citra berbagai jenis dengan waktu perekaman yang di inginkan sudah tersedia secara lengkap. Pada penelitian kali ini citra yang dibutuhkan adalah Sentinel-2, sehingga data pendukung yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data administrasi Kecamatan Natar dan peta RBI Kabupaten Lampung Selatan, setelah data terkumpul nantinya bisa dilanjutkan ke tahap pengolahan data.

Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data, data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan proses pengolahan.

Proses pengolahan untuk menginterpretasi tutupan lahan terdapat beberapa langkah seperti di bawah ini.

- 1) Pengunduhan Data, pada tahap pertama yang dilakukan adalah tahap pengunduhan data, pada tahap ini kita sudah dimudahkan dengan tersedianya banyak jenis citra yang dapat kita manfaatkan seperti Landsat, sentinel, modis, DEM, SRTM dan citra geofisika seperti gravitasi dalam satu platform. Pada penelitian kali ini citra yang digunakan adalah citra sentinel-2 level 2A.
- 2) Filter Awan, Proses filter awan ini dilakukan untuk meminimalisir tutupan awan citra sentinel-2 pada GEE. Pada umumnya sebelum masuk ditahap filter awan kita harus melakukan koreksi radiometrik dan koreksi geometrik terlebih dahulu. Namun pada GEE Citra satelit sentinel-2 level 2A yang digunakan sudah terkoreksi geometrik dan koreksi radiometrik BOA (Bottom Of Atmosphere) reflektan sehingga dalam penelitian ini tidak diperlukan koreksi kembali. Citra satelit yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan sebaiknya memiliki tutupan awan kurang dari 20%. Beberapa metode untuk meminimalisir tutupan awan pada citra Sentinel-2 dapat dilakukan di GEE.
- 3) Uji Ketelitian Skala, Uji ketelitian dilakukan mengacu kepada peraturan kepala badan informasi geospasial nomor 6 tahun 2018 tentang pedoman teknis ketelitian peta. Dari hasil uji tersebut nantinya akan diketahui nilai ketelitian peta dari hasil pengolahan data dengan memanfaatkan google earth engine dan spesifikasi tingkat kualitas data peta yang terbagi akan kualitas kelas dalam skala peta tertentu. Pada kajian kali ini peneliti menggunakan 18 titik control (GCP) dan (ICP) yang diletakkan menyebar pada peta dasar dan citra sentinel- 2.
- 4) Training Sampel, Tahap training sampel pada area penelitian sangat penting dilakukan untuk mendukung proses selanjutnya yaitu klasifikasi supervised. Klasifikasi supervised melibatkan interaksi analisis secara intensif, dimana dilakukan identifikasi objek pada citra atau training sampel. Pengambilan setiap sampel perlu dilakukan dengan mempertimbangkan pola spektral pada setiap panjang gelombang tertentu, sehingga diperoleh daerah acuan yang baik untuk mewakili suatu objek tertentu (Danoedoro, 1996).
- 5) Klasifikasi Supervised, Untuk mengetahui seperti apa pemanfaatan Fasilitas yang tersedia dalam GEE penulis tidak menggunakan semua metode yang tersedia karna jumlahnya yang terlalu banyak, melainkan penulis hanya memanfaatkan 4 metode machine learning untuk mendukung penelitian kali ini. Metode yang penulis gunakan adalah metode klasifikasi SVM (Super Vector Machine), CART (Classification and Regression Tree), NBC (Naïve Bayes Classification) dan RFC (Random Forest Classification). Pada dasarnya klasifikasi berbasis machine learning akan berfungsi apabila data variabel pendukung yang kita bangun telah benar dan sesuai standar yang ditetapkan sehingga metode tersebut dapat menerjemahkan perintah yang kita berikan.
- 6) Uji Akurasi, Uji akurasi merupakan suatu cara untuk mengevaluasi ketelitian dan kesalahan dari suatu metode. Uji akurasi ini dilakukan untuk mengetahui ketelitian hasil klasifikasi citra. Proses ini dilakukan dengan menggunakan confusion matrix untuk menghitung nilai keakuratan antara hasil interpretasi citra dengan keadaan yang ada dilapangan. Evaluasi jumlah poin yang diperlukan untuk memvalidasi hasil suatu citra di dasarkan pada beberapa kriteria, termasuk jumlah kelas atau (strata sampling), dan proporsinya

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Hasil Pengunduhan

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, pengunduhan data citra dapat dilakukan langsung di GEE dengan lebih mudah. Hal ini karena pengelola platform GEE telah bekerja sama dengan beberapa pengelola citra satelit. Citra mentah yang didapatkan pada umumnya masih memiliki tingkat tutupan awan yang tinggi, hal tersebut dikarenakan berbagai faktor mulai dari kondisi iklim di Indonesia yang tropis sehingga lebih banyak mendatangkan hujan dan menyebabkan tutupan awan yang tinggi sampai sensor pasif

citra yang dimiliki tidak mampu menembus tutupan awan yang tinggi. Sehingga diperlukan rentang waktu perekaman citra yang panjang agar mendapatkan citra yang baik. Pengunduhan citra kali ini tidak perlu repot memasukan kode path/row. Pengunduhan hanya dengan meletakkan sebuah AOI pada area kajian yang kita inginkan maka sistem akan otomatis mendeteksi dimana lokasi tersebut dan berada pada lokasi path/row, sehingga sangat membantu menyederhanakan proses panjang pengunduhan citra satelit.

2) Hasil Filter Data

Indonesia merupakan Negara yang memiliki iklim tropis dimana hanya terdapat dua musim sepanjang tahun yaitu musim hujan dan kemarau. Iklim tropis menyebabkan penyinaran matahari dan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun, sehingga berakibat terhadap tutupan awan hampir di seluruh wilayah Indonesia. Oleh karena itu untuk mendapatkan citra satelit yang bersih di suatu lokasi penelitian cukup sulit sehingga harus menseleksi dengan rentang waktu perekaman yang panjang untuk mendapatkan hasil perekaman terbaik. Dengan melakukan Pengolahan data menggunakan google earth engine kita bisa mengatur presentase awan yang kita inginkan dengan memberikan perintah terhadap sebuah sistem, dimana dengan mengatur presentase semakin kecil maka semakin jarang dan sedikit keberadaan awan di suatu scene yang kita inginkan.

3) Hasil Uji Ketelitian

Ketelitian peta berdasarkan peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG), setiap peta yang dihasilkan memiliki nilai ketelitian kelas peta. rumus mengacu kepada standar US NMA (United States National Map Accuracy Standards) sebagai berikut :

$$CE\ 90 = 1,5175 \times RMSEr \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 1. Tabel Uji CE 90

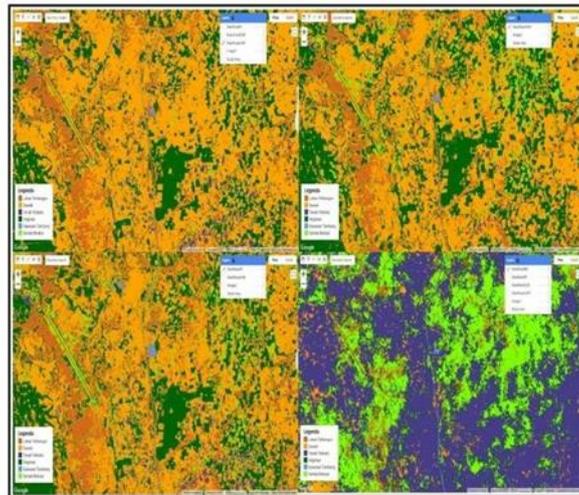
Ketelitian	Hasil Uji CE 90	Ketelitian Peta Skala 1:100.000			Ketelitian Peta Skala 1:250.000		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	55,46330145	30	60	90	75	150	250

Sumber: Penulis (2022)

Hasil uji CE90 menggunakan jumlah variabel sebanyak 18 titik kontrol berada pada ketelitian horizontal 55,46 meter. Hasil tersebut tentunya sangat dipengaruhi oleh seberapa luas area kajian dan seberapa banyak jumlah variabel titik kontrol yang disebar, pada kasus kali ini luas area kajian yang dihitung ketelitian petanya mencakup satu Kabupaten dengan luas 2.246 km² dengan variabel titik kontrol yang disebar secara acak di beberapa lokasi dengan ketinggian yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil uji CE90 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data yang dihasilkan menggunakan GEE dapat masuk di ketelitian kelas 1 namun untuk kegiatan pemetaan skala 1:250.000. Sedangkan untuk kegiatan pemetaan pada ketelitian skala 1:100.000 juga dapat dilakukan namun dia berada pada ketelitian kelas 2 dan 3. Sehingga Dari hasil ketelitian kelas skala yang didapatkan sesuai ketentuan peraturan kepala BIG No. 6 tahun 2018, maka dapat diartikan bahwa google earth engine memiliki kualitas data citra yang kurang begitu baik untuk kegiatan yang membutuhkan akurasi spasial tinggi. Idealnya ketelitian citra sekurang-kurangnya mampu berada di skala 1:100.000 pada ketelitian kelas 1 mengingat data citra satelit yang digunakan adalah citra sentinel-2 yang memiliki beberapa band resolusi spasial sebesar 10 meter dan data pembanding adalah Peta RBI skala 1:50.000. Akurasi yang kurang maksimal pada GEE ini dapat disebabkan oleh tidak dilakukannya koreksi geometrik untuk memposisikan data citra sesuai datum lokal area penelitian, tidak dilakukannya koreksi geometrik secara lokal karena berdasarkan informasi dan jurnal yang penulis baca data citra pada GEE telah terkoreksi geometrik meskipun secara global.

4) Hasil Klasifikasi

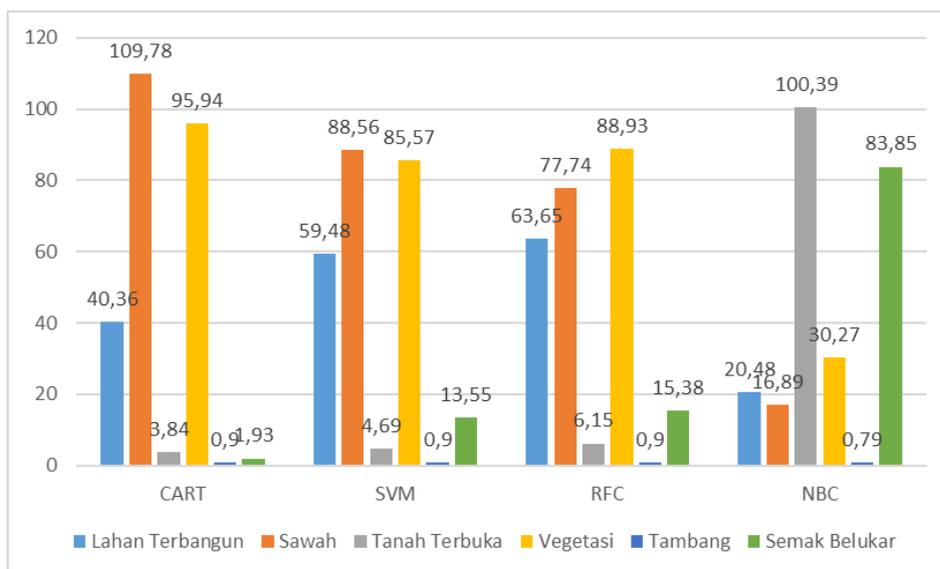
Proses klasifikasi adalah proses untuk memvisualisasikan beberapa sampel yang telah dibuat menjadi sebuah informasi dalam bentuk peta. Sampel yang dibangun dengan proses algoritma selanjutnya akan diterjemahkan oleh sistem dengan bantuan fasilitas machine learning yang disediakan di GEE. Fasilitas klasifikasi supervised yang digunakan kali ini adalah dengan 4 metode yaitu CART, SVM, RFC, dan NBC.



Gambar 1. Hasil Klasifikasi
(Sumber: Penulis)

Dari keempat gambar diatas dapat dilihat pembagian kelas tutupan lahan berdasarkan warna yang ditampilkan. Warna yang ditampilkan adalah warna coklat untuk kelas tutupan lahan lahan terbangun, kemudian warna orange untuk kelas tutupan lahan sawah, warna biru tua untuk tanah terbuka, selanjutnya warna hijau tua untuk vegetasi, warna biru muda untuk kawasan tambak dan terakhir warna hijau muda untuk kawasan semak belukar. Secara teknis dengan produk peta seperti yang dilihat diatas dapat disimpulkan bahwa fasilitas yang dimiliki GEE mampu memenuhi kebutuhan kegiatan analisis untuk keilmuan penginderaan jauh.

Konsep pengolahan dengan algoritma pemrograman dapat menggantikan konsep pengolahan dengan analog dimana terkadang sering dibingungkan dengan banyaknya pilihan tools dalam menyelesaikan satu pekerjaan. Namun dengan konsep algoritma pemrograman seperti ini mampu mengcover berbagai pekerjaan dalam satu kegiatan dengan cepat dan mudah. Penggunaan empat metode seperti saat ini jika dilakukan dengan cara analog akan memakan waktu yang sangat lama dan perlu dilakukan beberapa kali kegiatan pengerjaannya. Sedangkan dengan GEE dapat memanfaatkan beberapa metode dalam satu kegiatan tanpa repot mengklik tools yang banyak asalkan algoritma, data dan sampel yang kita buat dapat diterjemahkan oleh sistem machine learning. Selain dapat memvisualisasikan tutupan lahan di Kecamatan Natar, GEE juga mampu menghitung luas area tutupan lahan.



Gambar 2. Perbandingan Luas Klasifikasi
(Sumber: Penulis)

Berdasarkan diagram batang diatas dapat dilihat bersama bahwa hasil klasifikasi menggunakan metode CART, SVM dan RFC memiliki selisih nilai yang tidak jauh berbeda satu sama lain. Namun metode NBC memiliki hasil yang sangat jauh berbeda dari ketiga metode lainnya. Metode CART memperoleh luas area tutupan lahan dominan pada sawah sebesar 109,78 km², kemudian metode SVM juga dominan pada area sawah 88,56 km², selanjutnya dengan metode RFC menghasilkan luasan dominan pada vegetasi sebesar 88,93km². Sedangkan dengan metode NBC cukup jauh berbeda karena hanya mampu lebih banyak menerjemahkan area tanah terbuka sebesar 100,39 km².

5) Hasil Uji Keakuratan Training Sampel

Uji ketelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kepercayaan hasil klasifikasi yang telah dilakukan berdasarkan data training sampel yang disebar secara acak. Proses ini secara keseluruhan dilakukan dengan menggunakan tabel confusion matrix yang terdapat pada google earth engine. Konsep pengujian keakuratan data ini dengan melakukan pencocokan pixel-pixel yang telah terklasifikasi kedalam 6 karakter yang berbeda-beda terhadap sampel pada citra basemap resolusi tinggi yang telah diatur kedalam 6 karakter seperti sebelumnya namun pada lokasi yang berbeda. Proses pengujian data di GEE cukup unik dan menarik karena user cukup menyediakan data sampel untuk pengujian pada citra hasil klasifikasi dan citra basemap kemudian kita atur jumlah pixel yang akan disebar maka sistem secara otomatis akan menerjemahkan perintah kita.

Tabel 2. Akurasi Training Sampel

No	Kelas	Akurasi Kelas (%)
1	CART	85,03
2	SVM	85,58
3	RFC	91,85
5	NBC	16,87

(Sumber: Penulis)

Berdasarkan data yang diperoleh dapat diartikan bahwa metode machine learning terbaik adalah metode klasifikasi Random Forest dengan akurasi mencapai 91,85 %. Kemudian disusul oleh metode Support Vector Machine sebesar 85,58% lalu metode Classification and Regression Tree sebesar 85,03%. Sedangkan metode Naïve Bayes adalah metode yang paling kecil tingkat akurasinya kali ini hanya mencapai 16,87%. Dari data diatas dapat disimpulkan tidak semua metode berbasis machine learning dapat memenuhi standar toleransi penginderaan jauh. Meskipun demikian dari empat metode yang digunakan tiga diantaranya sangat baik untuk menyelesaikan kegiatan analisis tutupan lahan penginderaan jauh sehingga fasilitas GEE dapat disimpulkan mampu memenuhi kebutuhan dalam keilmuan penginderaan jauh.

6) Hasil Uji Akurasi Klasifikasi

Uji akurasi ini dilakukan untuk melihat kebenaran hasil dari pengolahan data dengan metode machine learning yang disediakan google earth engine dengan data yang ada dilapangan. Pengujian ini merupakan pengujian terakhir dalam penelitian kali ini, pengujian ini diperlukan untuk lebih memastikan tingkat keakuratan data klasifikasi tutupan lahan yang telah dihasilkan.

Uji akurasi dilakukan dengan melakukan pencocokan data berdasarkan penyebaran sampel tutupan lahan secara acak, sampel yang digunakan sebanyak 30 sampel kelas tutupan lahan kemudian dilakukan tracking berdasarkan koordinat dipeta terhadap koordinat lapangan. Data hasil penyesuain antara hasil klasifikasi dengan kondisi yang ada dilapangan kemudian dihitung dengan menggunakan tabel confusion matrix untuk mendapatkan prosentase keakuratan hasil penelitian. Hasil dari uji validasi lapangan dapat dilihat seperti tabel dibawah:

Tabel 3. Akurasi Klasifikasi

No	Kelas	Akurasi Kelas (%)
1	CART	86
2	SVM	83
3	RFC	93
5	NBC	26

(Sumber: Penulis)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa metode klasifikasi machine learning yang terdapat pada GEE memiliki kemampuan interpretasi yang baik kecuali metode Naïve Bayes. Berdasarkan hasil pengujian lapangan dan hasil perhitungan dengan tabel confusion matrix didapatkan akurasi kesesuaian klasifikasi sebesar 93% untuk metode Random Forest, 83% untuk metode support vektor machine, kemudian 86% untuk metode Classification and Regression Tree dan 26,66% untuk metode Naïve Bayes Classification.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa GEE mampu melakukan proses pengolahan data citra penginderaan jauh dengan cukup baik. Terbukti dengan proses yang semakin sederhana memanfaatkan algoritma pemrograman yang mampu menggabungkan beberapa proses pengolahan seperti pengunduhan, pembersihan awan, kombinasi band dan pemotongan area dalam satu script. Selain itu untuk kegiatan klasifikasi dapat memproses menggunakan 4 metode machine learning hanya dengan memodifikasi formula sesuai kebutuhan tanpa merubah variable konstruksi. Selanjutnya untuk ketelitian citra yang dihasilkan dengan area satu kabupaten berada pada skala 1:100.000 dengan ketelitian horizontal/CE90 berada pada kelas 2.

Fasilitas pengolahan data yang disediakan GEE mampu menyelesaikan analisis penginderaan jauh dengan maksimal meskipun masih ada fasilitas yang belum tersedia seperti fasilitas layout peta. Sedangkan Fasilitas untuk melakukan klasifikasi dengan metode berbasis machine learning secara umum mampu menginterpretasi tutupan lahan dengan baik meskipun ada satu metode yang hasilnya kurang maksimal. Akurasi tertinggi pada penelitian kali ini adalah metode Random Forest dengan akurasi klasifikasi 91,85% dan akurasi validasi 93%.

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya seperti, Teknologi GEE pada dasarnya jauh lebih sederhana karna hanya disediakan lembar kerja untuk menuliskan perintah coding, sehingga pelajari lebih dalam mengenai bahasa pemrograman JavaScript dan Python. GEE sangat baik dalam melakukan kegiatan monitoring dan interpretasi kenampakan alam namun kurang direkomendasikan untuk kegiatan pemetaan yang membutuhkan akurasi tinggi. Adapun terdapat satu metode klasifikasi machine learning yang kurang maksimal pada penelitian ini, sehingga untuk mengetahui kebenarannya dapat dilakukan kajian lebih mendalam pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ini saya tujukan kepada semua yang berperan aktif dalam terselesaikannya penelitian saya ini baik kepada sahabat saya yang banyak membantu dalam proses pengujian data maupun kepada para dosen yang telah membimbing dan menguji hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggeriana, H., Kom, S., dan Kom, M. 2011. Cloud Computing. Jurnal Teknik Informatika, 1. Arison dang, V. 2015. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis
- Algoritma Multiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat). Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro: Semarang.
- Basuki, A. 2007. Pengantar Pengolahan Citra. PENS-ITS Surabaya.
- Danoedoro, P. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta : ANDI Offset. Edisuryana, M., Isnanto, R. R., dan Somantri, M. 2013. Aplikasi Steganografi Pada Citra Berformat
- Bitmap Dengan Menggunakan Metode End Of File. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 2(3), 734-742.
- Fariz, T. R., Daeni, F., dan Sultan, H. 2021. Pemetaan Perubahan Penutup Lahan Di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning Pada Google Earth Engine. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 8(2), 85-92.

- Fariz, T. R., Permana, P. I., Daeni, F., dan Putra, A. C. P. 2021. Pemetaan ekosistem mangrove di Kabupaten Kubu Raya menggunakan machine learning pada Google Earth Engine. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(2).
- Hendrawan, H., Gaol, J. L., dan Susilo, S. B. 2018. Studi kerapatan dan perubahan tutupan mangrove menggunakan citra satelit di Pulau Sebatik Kalimantan Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 99-109.
- Humaidah, N., Sudarsono, B., dan Prasetyo, Y. 2015. Analisis Perbandingan Kepadatan Pemukiman Menggunakan Klasifikasi Supervised Dan Segmentasi (Studi Kasus: Kota Bandung). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 73-80.
- Julianto, F. D., Putri, D. P. D., dan Safi'i, H. H. 2020. Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 menggunakan Google Earth Engine. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 2(2), 13- 18.
- Johansen, K., Phinn, S., and Taylor, M. 2015. Mapping woody vegetation clearing in Queensland, Australia from Landsat imagery using the Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1, 36-49.