



APLIKASI TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMANTAUAN REVEGETASI LAHAN REKLAMASI TAMBANG

Studi Kasus Lahan Reklamasi *Quary Siltstone* PT Aroma Cipta Anugrahtama, Kecamatan Lhoknga, Kabupaten Aceh Besar

Mulka^{1*}, Alisastromijoyo², Nurul Aflah¹

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia, Kode Pos: 23111.

² Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Aceh, Indonesia

*Corresponding Email: mulka@unsyiah.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.22373/ljee.v3i2.2243>

Abstract

Following the regulation of the Indonesian Government, every Mining company has an obligation to do reclamation for mining areas that had been exploited. One of the reclamation stages is re-vegetation to plant the exploited mine area with cover crops. Cover crop monitoring commonly is taken by direct assessment of plants growth. However, this approach is ineffective and also expensive which is proportional to the large reclamation area. The objective of this research is to apply remote sensing methods to monitor cover crop growth at Siltstone Quarry of PT Aroma Cipta Anugrahtama, in Lhoknga subdistrict, Aceh Besar. The monitoring was conducted using Sentinel-2 satellite imagery data by computing the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The analysis was done in a time series from the year 2019 to 2022 using the Google Earth Engine (GEE) cloud platform. The result shows that the NDVI value is varied from 0 to 0,8 which is classified into no vegetation to high vegetation area. Based on spatial distribution of NDVI values, can be observed that the northern area has higher uniform NDVI value compared to the southern area which is more mixed. This indicates the southern part has been exploited earlier. Overall the re-vegetation successful rate for reclamation zone before 2019, 2019, 2020, 2021 and 2022 are 96%, 99,5%, 70,6%, 36,6% and 6,2%.

Keywords : Reclamation, Remote Sensing, NDVI

1. Pendahuluan

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengembalikan atau memfungsikan lahan yang selesai ditambang sesuai dengan peruntukannya atau peruntukan lainnya. Kegiatan reklamasi pada sebuah kawasan pertambangan

dilakukan secara terencana dan sistematis sehingga dapat dinilai keberhasilannya sesuai dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 tahun 2018. Salah satu kriteria tingkat keberhasilan reklamasi adalah kegiatan revegetasi yang meliputi penanaman tanaman penutup pada kawasan yang telah ditambang. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan kegiatan revegetasi umumnya dilakukan pemantauan secara langsung di lapangan dengan menilai luas tanaman yang tumbuh dari keseluruhan luasan yang telah dilakukan penanaman. Pemantauan tingkat keberhasilan secara langsung tersebut tentunya memiliki beberapa keterbatasan seperti waktu pemantauan yang lama untuk area yang luas, jumlah tenaga yang diperlukan lebih banyak dan biaya diperlukan berbanding lurus dengan luas area dan jumlah tenaga yang diperkerjakan.

Teknologi Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) dapat memberikan alternatif untuk memantau perkembangan tanaman yang tumbuh di kawasan reklamasi. Salah satu kelebihan penggunaan teknologi penginderaan jauh adalah memungkinkan untuk memantau lahan yang luas dalam waktu yang lama sehingga tingkat pertumbuhan tanaman dapat dipantau secara berkala. Perkembangan teknologi penginderaan jauh juga semakin berkembang dari waktu ke waktu baik dari segi jumlah maupun jenis sensor perekaman yang digunakan. Saat ini terdapat berbagai satelit penginderaan jauh yang mengorbit bumi dengan berbagai tingkat resolusi baik komersil ataupun non-komersil.

Salah satu citra satelit non-komersil dengan tingkat resolusi menengah yang populer digunakan saat ini adalah citra Sentinel-2. Sentinel-2 adalah satelit yang diluncurkan oleh *European Space Agency (ESA)* bekerjasama dengan *The European Commission* pada tahun 2015. Citra satelit Sentinel-2 memiliki 13 saluran spektrum dengan rincian: empat saluran yaitu 2,3, 4 dan 10 memiliki resolusi 10 meter dengan penggunaan utama untuk klasifikasi tutupan lahan. Enam saluran memiliki resolusi 20 meter yaitu 5, 6, 7, 8A, 11 dan 12. Serta selebihnya saluran 1, 9 dan 10 memiliki resolusi spasial 60 meter untuk koreksi atmosferik (Drusch., dkk 2012). Selain resolusi spasial yang bervariasi, satelit Sentinel-2 memiliki resolusi temporal lima hari. Resolusi temporal ini lebih cepat dibandingkan Landsat 8 dengan resolusi temporal 16 hari dan

8 hari untuk Landsat 9. Dengan resolusi spasial dan temporal yang cukup memadai di kelas citra satelit resolusi menengah, tentunya penggunaan citra Sentinel-2 untuk pengamatan tutupan lahan khususnya kawasan reklamasi pertambangan cukup menjanjikan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait dengan penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk reklamasi. Arifin., dkk (2020) melakukan klasifikasi lahan eksploitasi dan reklamasi tambang batu bara dengan tingkat akurasi 78% berdasarkan nilai NDVI dan NBR. Nursaputra., dkk (2021) melakukan penilaian keberhasilan reklamasi dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh di PT Vale Indonesia dengan mengklasifikasikan lahan ke dalam beberapa kelas dari tidak bervegetasi sampai vegetasi sangat tinggi berdasarkan nilai indeks *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Penelitian ini melakukan pemantauan pertumbuhan tananam menurut kelas vegetasi di area reklamasi *Quary Siltstone* PT ACA dari tahun 2019-2022 berdasarkan indeks NDVI menggunakan *platform Google Earth Engine*.

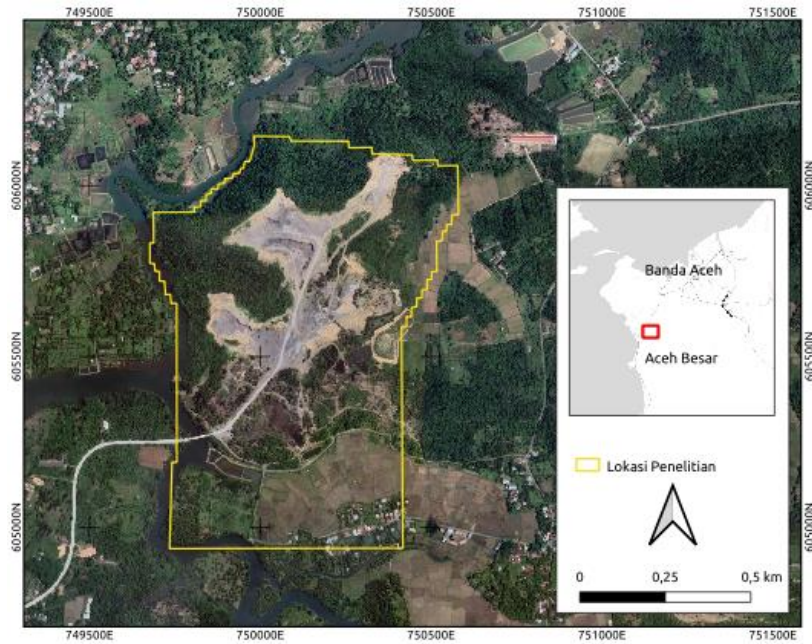
2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *Quary Siltstone* PT Aroma Cipta Anugrahtama (PT ACA) yang terletak di Kecamatan Lhoknga Aceh Besar. Luas Izin Usaha Pertambangan (IUP) *quary siltstone* berdasarkan Surat Keputusan Bupati Aceh Besar No. 325 tahun 2012 adalah 94 hektar. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Sentinel-2 tahun 2019 sampai tahun 2022 dengan tutupan awan kurang dari 10%. Dari 13 saluran yang ada, saluran yang digunakan hanya saluran 2, 3, 4 dan 8. Saluran 2, 3 dan 4 digunakan untuk komposit citra *True Color*. Sedangkan saluran 8 digunakan untuk menghitung NDVI.

NDVI adalah indeks yang digunakan untuk menilai tingkat pertumbuhan vegetasi. Nilai NDVI dihitung dengan persamaan 1 (Rouse dkk., 1974). Dalam perhitungan nilai NDVI hanya digunakan dua saluran yaitu Infra merah dekat (N) dan merah (R). Saluran infra merah dekat memiliki pantulan yang tinggi untuk objek daun, sebaliknya pantuan objek daun pada saluran merah cukup rendah. Sehingga nilai NDVI dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat pertumbuhan dan kesehatan tananaman.

$$NDVI = \frac{N - R}{N + R}$$



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Nilai NDVI berkisar antara -1 sampai dengan 1. Nilai -1 menunjukkan tidak terdapat sama sekali vegetasi sebaliknya nilai 1 menunjukkan vegetasi yang rapat atau lebat. Pembagian kerapatan vegetasi bersarkan nilai NDVI dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan kelas NDVI maka dapat dilakukan penilaian pertumbuhan tanaman dari waktu ke waktu.

Tabel 1. Rentang nilai indeks NDVI

Kode	Index NDVI	Kelas
1	-0.1-1	Tidak bervegetasi
2	0.1-0.3	Vegetasi rendah
3	0.3-0.5	Vegetasi agak rendah
4	0.5-0.6	Vegetasi sedang
5	0.6-0.7	Vegetasi cukup tinggi
6	0.7-0.9	Vegetasi tinggi
7	0.9-1	Vegetasi sangat tinggi

Sumber: Vision of Technology, 2009 dalam Nursaputra., dkk 2021

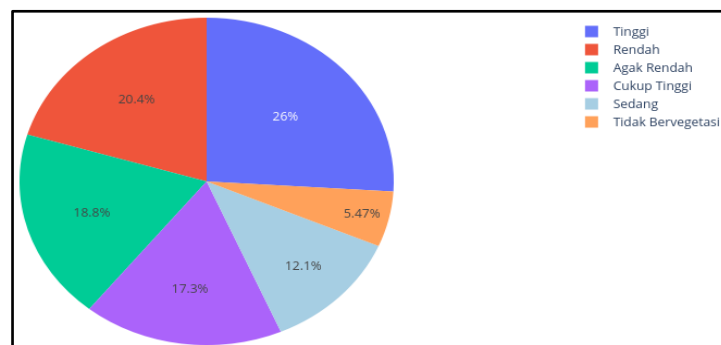
Pengaksesan dan pengolahan data pada penelitian ini menggunakan platform *Google Earth Engine* (GEE). GEE merupakan layanan komputasi berbasis awan (*cloud*) yang dikembangkan dan dikelola oleh Google. Saat ini penggunaan GEE untuk

menyelesaikan masalah berbasis penginderaan jauh cukup populer karena GEE telah menyediakan berbagai macam algoritma dan *tools* yang dapat digunakan oleh pengguna untuk membantu pengolahan data (Phan dkk., 2020).

Proses pengolahan data yang dilakukan secara garis besar adalah: (1). Mengakses koleksi citra dari tahun 2019 sampai tahun 2022 dari katalog data GEE. (2). Kemudian citra yang telah terkoleksi tersebut dipilih dengan kriteria tutupan awan tidak melebihi 10%. (3). Data satelit kemudian dipotong sesuai dengan lokasi penelitian menggunakan *tool clip* yang ada dalam GEE. (4). Menghitung nilai NDVI untuk setiap citra satelit. (5). Melakukan penggambaran grafik nilai NDVI secara berkelanjutan sesuai dengan tanggal citra yang digunakan sehingga dapat dilakukan analisa tingkat pertumbuhan vegetasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan nilai NDVI citra satelit Sentinel-2 di *Quary Siltstone* PT ACA memiliki nilai bervariasi dari 0 sampai 0,8. Sesuai dengan nilai rentang indeks NDVI pada tabel 1, maka nilai tersebut menunjukkan daerah di *quary* tersebut secara umum terdiri dari lahan tidak bervegetasi sampai dengan lahan yang bervegetasi tinggi. Dalam grafik pada gambar 2 dapat dilihat bahwa dari keseluruhan wilayah IUP, persentase luas daerah yang tidak bervegetasi sebesar 5,47% atau 5,03 hektar, sedangkan daerah bervegetasi cukup tinggi dan tinggi masing-masing memiliki luas 15,9 dan 23,9 hektar dengan persentase 17,3% dan 26%. Sementara sisanya dengan lahan dengan vegetasi sedang memiliki persentase 12,1% dengan luas 11,09 hektar. Pada gambar 2 dapat dilihat nilai NDVI secara keseluruhan di *Quary Siltstone* PT ACA.



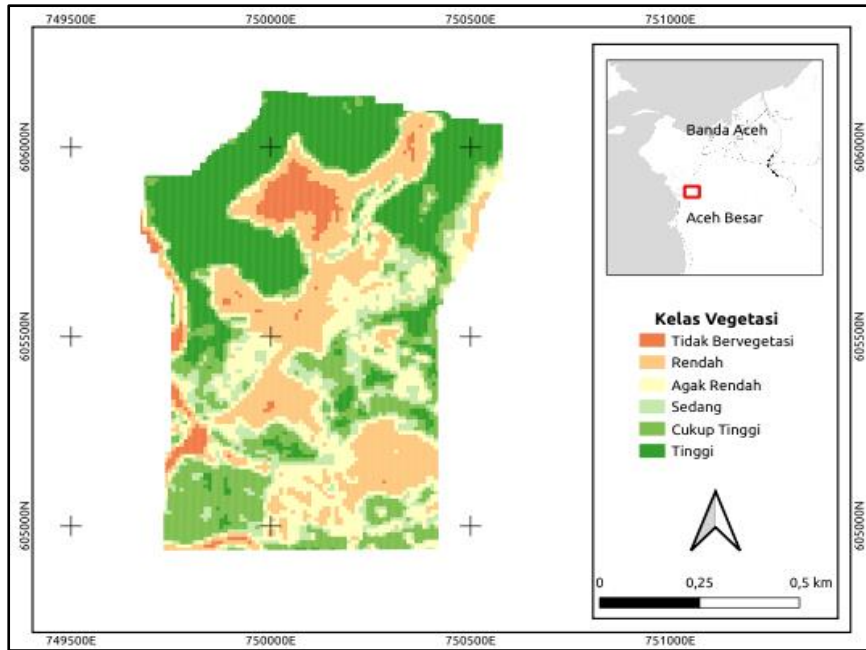
Gambar 2: Persentase kelas vegetasi di wilayah IUP PT ACA

Gambar 3 menunjukkan sebaran kelas vegetasi secara spasial. Dari sebaran tersebut dapat dilihat bahwa vegetasi di kawasan utara IUP sebagian besar masuk ke dalam kelas tinggi. Kawasan ini secara umum mengelilingi daerah yang memiliki vegetasi rendah dan tidak bervegetasi. Dengan demikian dapat disimpulkan kawasan vegetasi tinggi tersebut belum dilakukan penambangan. Untuk kawasan selatan, kelas vegetasi cukup bervariasi dari kelas rendah sampai cukup tinggi, diselingi dengan sangat sedikit kelas vegetasi tinggi. Dari cukup bervariasinya kelas vegetasi tersebut, maka dapat dikatakan bahwa kawasan selatan IUP telah ditambang cukup lama dan beberapa bagian telah dilakukan reklamasi.

Dalam laporan rencana reklamasi PT ACA tahun 2019-2023 telah ditetapkan kawasan-kawasan yang akan dilakukan reklamasi dalam jangka waktu tersebut dan juga sebelum tahun 2019. Pada tabel 2 dapat dilihat beberapa parameter statistik untuk setiap kawasan atau zona reklamasi.

Tabel 2. Parameter statistik zona reklamasi

Zona Reklamasi	Rata-rata	Median	Standar Deviasi	Min.	Max.	Minority	Majority
< 2019	0.530	0.543	0.120	0.162	0.739	0.166	0.427
2019	0.487	0.487	0.086	0.293	0.690	0.312	0.397
2020	0.336	0.330	0.083	0.136	0.561	0.136	0.307
2021	0.288	0.271	0.076	0.181	0.514	0.181	0.187
2022	0.159	0.132	0.075	0.090	0.535	0.139	0.090



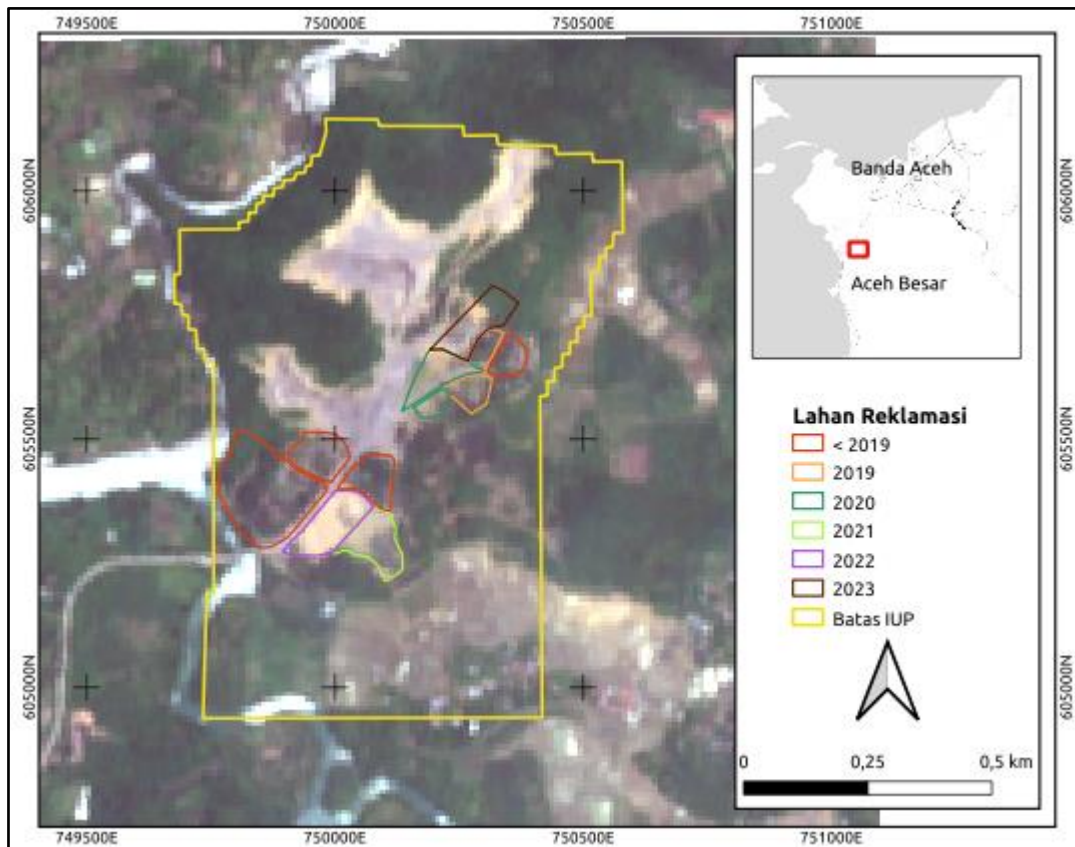
Gambar 3: Kelas vegetasi di IUP quarry siltstone PT ACA

Hasil pengolahan data di September 2022 menunjukkan bahwa lahan yang telah direklamasi sebelum tahun 2019 memiliki nilai rata-rata NDVI 0,530. Sesuai dengan klasifikasi nilai NDVI pada tabel 2, maka lahan yang telah direklamasi tersebut memiliki vegetasi sedang. Selanjutnya apabila dilihat dari nilai maksimum, lahan tersebut memiliki nilai *majority* sebesar 0,427 dengan NDVI maksimum 0,739, sehingga dapat disimpulkan vegetasi atau tanaman yang telah ditanam pada lokasi tersebut ada yang telah mengalami pertumbuhan yang baik.

Untuk reklamasi tahun 2019 dan 2020 rata-rata nilai NDVI adalah 0,487 dan 0,336 yang dikelaskan ke dalam vegetasi agak rendah. Namun nilai rata-rata NDVI tahun 2020 lebih tinggi daripada tahun 2019 yang dapat diartikan pertumbuhan tanaman tahun 2019 lebih baik dibandingkan tahun 2020. Hal tersebut juga didukung oleh parameter statistik lainnya seperti nilai *majority* dan maksimum yang lebih tinggi dibandingkan tahun 2020.

Selanjutnya pertumbuhan tanaman pada lahan reklamasi tahun 2021 dan 2022 tergolong rendah. Namun pertumbuhan tahun 2021 lebih tinggi daripada tahun 2022 dengan nilai NDVI 0,288, sedangkan nilai rata-rata NDVI tahun 2021 hanya mencapai 0,159. Jika melihat pada nilai *majority*, maka nilai *majority* tahun 2022 sangat rendah dengan nilai 0,090 yang dikelaskan ke dalam kelompok tidak bervegetasi. Dengan

demikian dapat disimpulkan bahwa kegiatan revegetasi pada lahan reklamasi tahun 2022 baru dilaksanakan pada tahapan penataan lahan. Hal tersebut didukung oleh penampakan citra satelit Sentinel-2 pada bulan September 2022 seperti pada gambar 4. Pada citra satelit tersebut dapat dilihat bahwa lahan reklamasi tahun 2022 masih berupa lahan kosong yang belum ditanami tanaman.



Gambar 4: Kelas vegetasi di IUP *Quary Siltstone* PT ACA

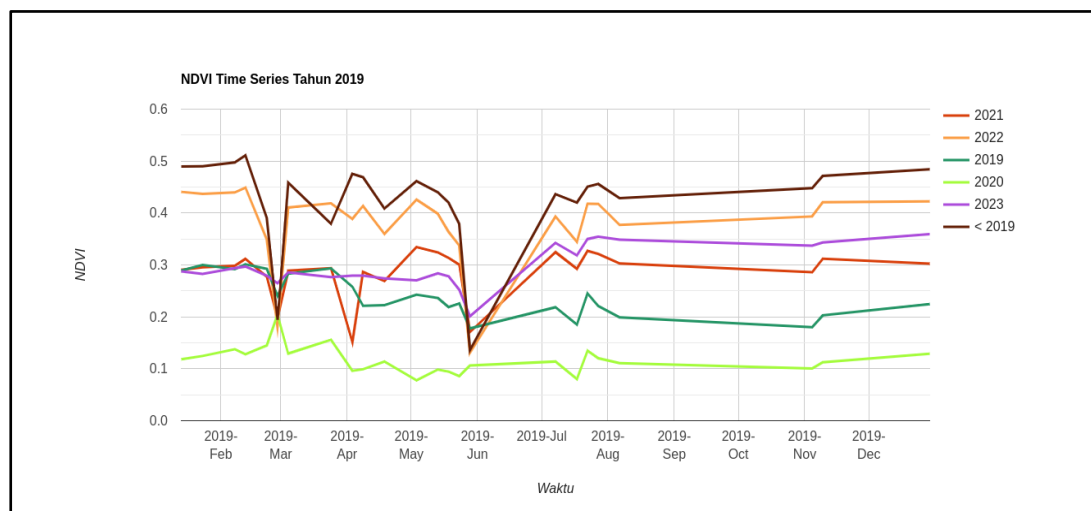
Tabel 3 menunjukkan luas kawasan reklamasi di setiap zona dari sebelum tahun 2019 sampai tahun 2022 yang dibagi ke dalam kelas vegetasi. Dapat dilihat dari tabel tersebut kelas vegetasi tinggi hanya terdapat di lahan reklamasi sebelum tahun 2019 dengan luas 0,45 hektar atau 4,86 persen dari total luas lahan reklamasi. Kelas vegetasi cukup tinggi juga mendominasi pada lahan yang sama dengan luas 1,12 hektar dan luas kelas vegetasi sedang dan agak rendah masing-masing 1,53 dan 1,83 hektar. Jika keberhasilan penanaman *cover crop* dihitung dari kelas vegetasi agak rendah sampai tinggi, maka per September 2022 tingkat keberhasilan revegetasi lahan sebelum tahun 2019 mencapai 96%. Untuk lahan reklamasi 2019, 2020 dan 2021 masing-masing

mencapai 99,5%, 70,6% dan 36,6%. Sedangkan untuk tahun 2022 tingkat keberhasilannya baru mencapai 6,7%.

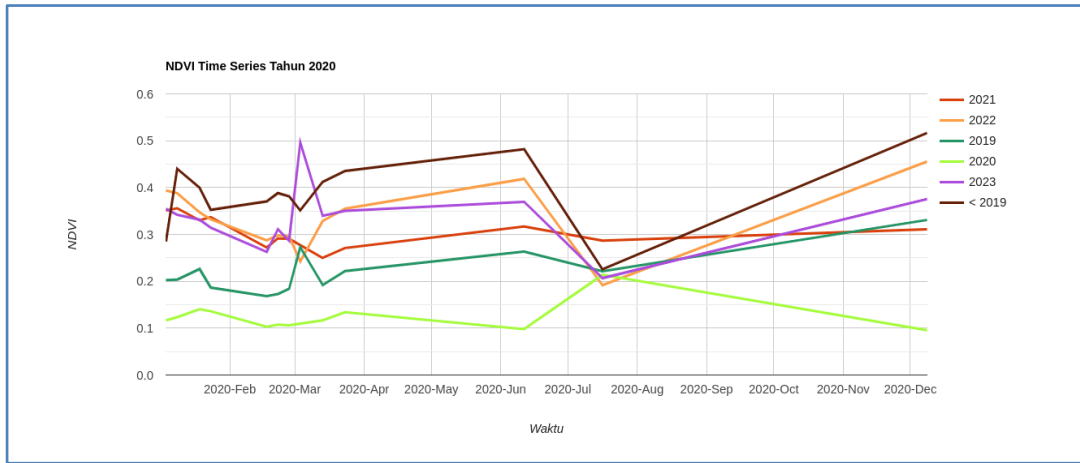
Tabel 3. Luas lahan reklamasi berdasarkan kelas vegetasi

Tahun	Tidak Bervegetasi	Rendah	Agak Rendah	Sedang	Cukup Tinggi	Tinggi	Total (Ha)	%
< 2019	0.00	0.19	1.83	1.53	1.12	0.45	5.13	55.69
2019	0.00	0.00	0.45	0.26	0.09	0.00	0.80	8.69
2020	0.00	0.30	0.70	0.02	0.00	0.00	1.02	11.13
2021	0.00	0.65	0.36	0.01	0.00	0.00	1.02	11.12
2022	0.06	1.09	0.08	0.00	0.00	0.00	1.23	13.38
Total(Ha)	0.06	2.24	3.42	1.83	1.22	0.45	9.21	
%	0.64	24.32	37.12	19.85	13.20	4.86		100.00

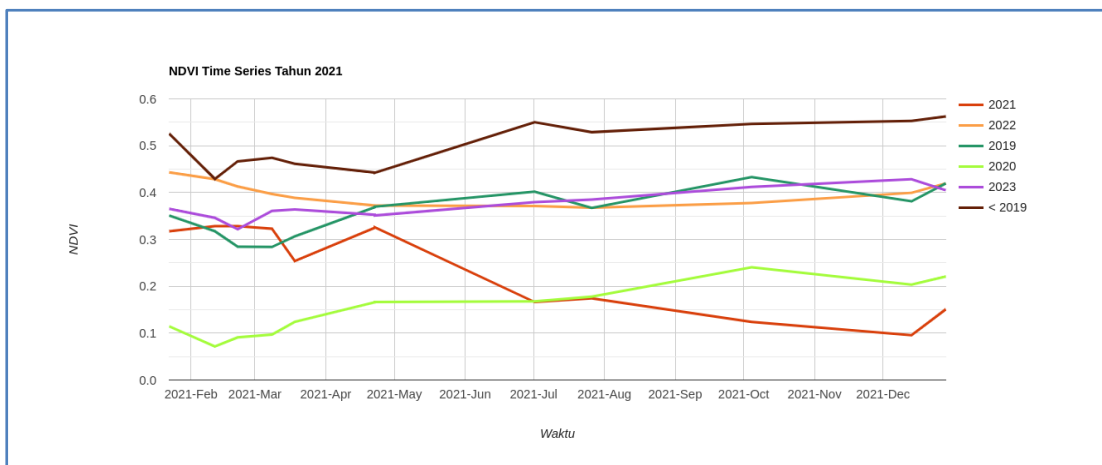
Pembahasan selanjutnya akan dilihat kondisi perubahan nilai vegetasi per tahun berdasarkan nilai rata-rata NDVI di setiap lahan reklamasi. Gambar 5a adalah perubahan nilai rata-rata vegetasi pada tahun 2019. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata NDVI sebelum bulan Agustus tahun tersebut cukup fluktuatif dimana pada bulan Maret dan Juni terjadi penurunan secara signifikan kecuali untuk lahan rencana reklamasi tahun 2020 yang memiliki nilai NDVI sangat rendah sebagai indikasi daerah tersebut dalam kondisi sedang ditambang.



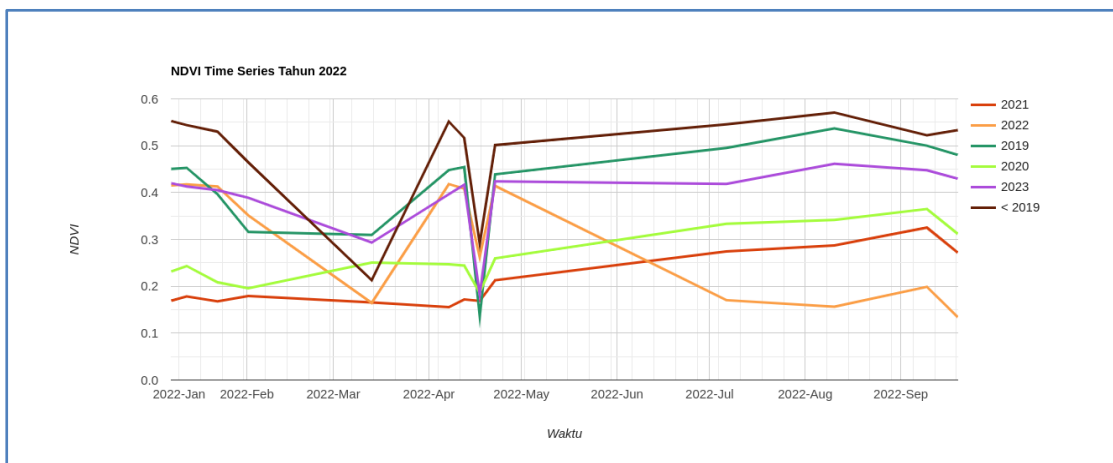
(a). 2019



(b). 2020



(c). 2021



(d). 2022

Gambar5: Time series nilai NDVI tahun 2019-2022

Pada tahun 2020 terjadi pertumbuhan sedikit pada hampir semua lahan reklamasi kecuali lahan reklamasi tahun 2020, masih dalam kondisi sangat rendah

dibandingkan yang lain. Setelah itu pertumbuhan dalam keadaan relatif stabil dengan perubahan tidak terlalu signifikan dari bulan ke bulan, sampai turun kembali pada pertengahan Juli dan Agustus.

Pada tahun 2021 terjadi dua kondisi yang saling bertolak belakang yaitu: Lahan reklamasi tahun 2020 sudah mengalami kenaikan nilai vegetasi yang mengindikasikan lahan tersebut telah dimulai dilakukan proses reklamasi. Sebaliknya lahan reklamasi tahun 2021 mengalami penurunan. Penurunan tersebut kemungkinan diakibatkan oleh kegiatan penataan lahan. Hal ini disimpulkan dari perubahan nilai NDVI yang mengalami kenaikan pada grafik tahun 2022 khususnya mulai bulan April 2022. Untuk reklamasi sebelum tahun 2019, 2019, 2020, dan 2021 kondisinya relatif tidak ada perubahan yang menandakan tidak ada intervensi pada lahan tersebut.

Selanjutnya pada grafik tahun 2022, dapat dilihat lahan reklamasi tahun 2022 mulai mengalami intervensi khususnya pada bulan Juli, dimana terlihat terjadi perubahan nilai NDVI kemudian stabil tidak terjadi perubahan yang berarti. Sebaliknya untuk lahan reklamasi yang lain terjadi peningkatan nilai NDVI secara perlahan-lahan. Secara umum dapat dilihat nilai NDVI lahan reklamasi sebelum tahun 2019 merupakan yang tertinggi, diikuti tahun 2019, 2020 dan 2021.

4. Kesimpulan dan Saran

Penggunaan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra Sentinel-2 cukup membantu kegiatan pemantauan revegetasi lahan bekas tambang. Dari studi kasus yang dilakukan di *Quary Siltstone* PT Aroma Cipta Anugrahtama di Kecamatan Lhoknga, Aceh Besar, pada lahan reklamasi sebelum tahun 2019, 2019, 2020, 2021 dan 2022 memberikan hasil keberhasilan revegetasi masing-masing 96%, 99,5%, 70,6%, 36,6% dan 6,7%. Selain itu dengan menggunakan aplikasi *Google Earth Engine* dapat dilakukan pengolahan data yang banyak dari koleksi data yang tersedia, sehingga pemantauan perubahan vegetasi dapat dipantau dari waktu ke waktu. Dengan hasil tersebut tentunya hal yang sama dapat dilakukan di tempat lain, sehingga dapat didapatkan data kemajuan reklamasi khususnya tingkat keberhasilan revegetasi dengan cepat.

Untuk penyempurnaan penelitian ini maka disarankan untuk melakukan validasi lapangan atau menggunakan foto udara dengan resolusi tinggi dari lahan reklamasi yang diteliti sehingga dapat dibandingkan akurasi yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Rezcky, R. (2020). Analisis Indeks Kekeringan Menggunakan Metode Theory of Run dan Thornthwaite Mather di Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur.
- Drusch, M., Bello, U. D. dan Carlier, S. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment* 120 25–36.
- Aulia, A. T. (2022). *Identifikasi Mineral Pasir Besi Menggunakan Metode Remote Sensing Citra Sentinel-2 di Kecamatan Seulimeum, Kabupaten Aceh Besar*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Syiah Kuala.
- Madasa, Akhona, Orimoloye, Israel R., and Ololade, Olusola O. (2021). "Application of Geospatial Indices for Mapping Land Cover/Use Change Detection in a Mining Area." *Journal of African Earth Sciences* 175 .
- Munajat, Nursaputra, Siti Halimah Larekeng, Nasri, and Andi Siady Hamzah. 2021. "Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dalam Penilaian Keberhasilan Reklamasi Di Lahan Pasca Tambang PT Vale Indonesia." *Journal of Natural Resources and Environmental Management* 11: 39–48.
- Phan, Thanh., Kuch, V dan Lehnert, L. (2020). Land Cover Classification Using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition. *Remote Sensing* 12, no. 2411.
- PT Aroma Cipta Anugrahtama. (2019). Rencana Reklamasi 2019-2023 IUP Operasi Produksi Siltstone. PT Aroma Cipta Anugrahtama.
- Rouse, J. W., Jr., Haas, R. H., Schell, J. A., dan Deering, D. W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. NASA. *Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symposium* Vol. 1, Sect. A (n.d.).
- Arifin, S., Manalu, J., Kartika, T., Yulianto, F dan Julzarika, A. (2020). Metode Pemantauan Eksploitasi dan Reklamasi Tambang Batubara Menggunakan Data Sentinel-2. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* 17 123–33.