
**DISTRIBUSI SPASIAL LAHAN EKSPLOITASI DAN REKLAMASI
TAMBANG BATUBARA MENGGUNAKAN DATA SENTINEL-2.****Muhamad Ikhwan Bagus¹ , Azhari Syarief²**

Program Studi Geografi FIS

Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang

Email: ikhwanmuhammad@student.unp.ac.id**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui penyebaran lahan eksploitasi dan reklamasi tambang batu bara di Kota Sawahlunto. (2) Mengetahui luasan lahan yang terkena dampak eksploitasi dan reklamasi tambang batu bara di Kota Sawahlunto. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode interpretasi citra digital, survei lapangan dan pemrograman web. Teknik analisis data yang digunakan adalah Normalized Burn Ratio menggunakan citra sentinel-2 level 2A dan Kernel Density untuk mengetahui distribusi spasial lahan yang mengalami eksploitasi dan reklamasi pasca penambangan batubara. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) lahan yang mengalami eksploitasi dan reklamasi terdistribusi tinggi di wilayah administrasi Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. (2) Luas lahan yang mengalami eksploitasi dan reklamasi pada lahan tambang di Kota Sawahlunto pada tahun 2020-2021 mengalami peningkatan, yang artinya pada rentang waktu tersebut aktivitas penambangan batubara mengalami peningkatan.

Kata kunci: dNBR, Eksploitasi, Reklamasi, Sentinel-2**Abstract**

This study aims to (1) determine the distribution of land for exploitation and reclamation of coal mines in Sawahlunto City. (2) Knowing the area of land affected by the exploitation and reclamation of coal mines in Sawahlunto City. This type of research is quantitative descriptive research with digital image interpretation methods, field surveys and web programming. The data analysis technique used is Normalized Burn Ratio using image sentinel-2 level 2A and Kernel Density to determine the spatial distribution of land that experiences exploitation and reclamation after coal mining. The results of this study indicate that (1) land that has experienced exploitation and reclamation is highly distributed in the administrative area of Talawi District, Sawahlunto City. (2) The area of land subject to exploitation and reclamation on mining areas in Sawahlunto City in 2020-2021 has increased, which means that in that time span coal mining activities have increased.

Keywords: dNBR, Exploitation, Reclamation, Sentinel-2

Pendahuluan

Kebutuhan akan bahan bakar fosil cenderung meningkat bersamaan dengan peningkatan aktivitas industri yang memerlukan energi dari olahan bahan bakar fosil tersebut. Bahan bakar fosil sebagian besar di miliki oleh mineral-mineral yang terdapat pada bahan tambang yang sudah mengendap selama jutaan tahun di dalam perut bumi. Bahan tambang yang biasanya dijadikan sebagai bahan bakar fosil adalah seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam. Menurut (Fitriyanti, 2018) menyatakan bahwa Bahan tambang yang saat ini masih menjadi primadona adalah batubara, yang digunakan sebagai salah satu sumber energi primer. Selanjutnya menurut (Arifin, 2021) memaparkan bahwa bahan tambang tersebut pada umumnya bersifat tidak terbarukan (Unrenewable) karena persediaannya terbatas di alam dan pengolahannya pun cenderung menghasilkan emisi gas dan limbah yang tidak ramah lingkungan. Dalam pengolahan batu bara sebagai bahan tambang, tidak terlepas dari aktivitas perubahan tutupan lahan, baik itu berupa degradasi dan eksploitasi lahan maupun upaya untuk mengolah, merawat serta reklamasi lahan itu kembali agar tidak menjadi lahan yang kritis dan lahan tersebut tetap bisa digunakan pasca proses penambangan batubara.

Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi

penghasil batubara dan memiliki cadangan batubara terbesar di Indonesia dengan total batubara yang berhasil di eksplorasi sebesar 1.629.242 metrik ton dan memiliki cadangan batubara sebesar 795 juta metrik ton (Kementerian ESDM, 2020). Melihat cadangan batubara yang di miliki provinsi Sumatera Barat cukup besar, maka banyak perusahaan yang melakukan penambangan batubara untuk keperluan pemasokan energi dan mengambil keuntungan dari penambangan tersebut. Pertambangan batubara di Provinsi Sumatera Barat dihasilkan di 4 daerah, yaitu Kota Sawahlunto, Kabupaten Sijunjung, Kabupaten Dharmasraya dan Kabupaten Pesisir Selatan (BPS, 2020). Diantara keempat daerah tersebut, kota Sawahlunto memiliki perjalanan panjang dalam penambangan batubara, dari zaman kolonialisme Belanda sampai pada masa sekarang, dan Sawahlunto juga sebagai daerah penghasil tambang batubara terbesar di Sumatera Barat pada tahun 2020 (BPS, 2020).

Total produksi batubara di Kota Sawahlunto per tahun 2020 mencapai 436.492,96 metrik ton (BPS, 2020). Namun, dengan banyaknya perusahaan yang melakukan penambangan batubara juga dikhawatirkan menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan dan rawan terjadi perubahan tutupan lahan pada lokasi penambangan, apakah itu berupa

eksploitasi lahan maupun reklamasi lahan, sehingga dibutuhkan aktivitas untuk melakukan pemantauan pada lahan tambang batubara di Kota Sawahlunto. Laju deforestasi hutan akibat proses penambangan di Kota Sawahlunto seluas 34,95 Ha pertahun dan luas perubahan tutupan lahan akibat deforestasi di Kota Sawahlunto pada rentang tahun 2009-2019 adalah seluas 607,5 Ha (Dewi & Wilis, 2019). Pemantauan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai seberapa besar lahan yang terkena dampak proses penambangan batubara di suatu wilayah.

Untuk melakukan pemantauan lahan eksploitasi dan reklamasi tambang batubara dengan jangkauan wilayah yang luas serta ketersediaan data dengan waktu yang berurutan, maka penerapan teknologi penginderaan jauh merupakan langkah yang tepat untuk melakukan pemantauan lahan tersebut. Teknologi penginderaan jauh untuk pemantauan lahan biasanya tersedia dalam bentuk foto udara dan citra satelit yang memiliki beberapa saluran spektral sehingga bisa memudahkan untuk menginterpretasi berbagai macam objek yang direkam oleh satelit yang melakukan pemantauan permukaan bumi. Citra satelit penginderaan jauh multi-spektral memiliki beberapa sensor yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan monitoring lingkungan oleh pengguna serta memiliki skala spasial dan waktu perekaman yang luas

(Martin, 2008; Matharaarachchi et al., 2016; Nguyen et al., 2015).

Penggunaan data penginderaan jauh multi-temporal dapat memberikan penilaian dampak lingkungan dari operasi penambangan. Data penginderaan jauh memungkinkan deteksi, penggambaran, dan monitoring sumber polusi serta daerah yang terkena dampak, termasuk lahan telantar, dan perubahan penggunaan lahan permukaan serta badan air (Charou et al., 2010). Pemanfaatan data penginderaan jauh dalam monitoring pencemaran lingkungan tambang, monitoring bencana geologis, dan monitoring kegiatan pertambangan untuk pemukiman manusia kemudian untuk perlindungan serta pengelolaan lingkungan tambang yang lebih baik (Li et al., 2015).

Salah satu produk penginderaan jauh untuk pemantauan lahan yang memiliki akses bebas (Open Access) adalah citra satelit sentinel-2. Analisis citra sentinel-2 untuk pemantauan lahan eksploitasi dan reklamasi batubara menghasilkan informasi spasial terkait persebaran lahan yang mengalami eksploitasi dan lahan yang mengalami reklamasi akibat proses tambang batubara. Informasi spasial tersebut dapat di analisis lebih lanjut untuk mendapatkan luas dan pengelompokkan lahan yang terdampak berdasarkan tingkat keparahan dan tingkat pemulihan reklamasi lahan. Sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut, hasil analisis

citra sentinel-2 perlu dilakukan uji akurasi lapangan (geometrik) terlebih dahulu, gunanya untuk mendapatkan informasi yang lebih valid dan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Dari uraian latar belakang masalah diatas, penulis tertarik melakukan penelitian dan mengangkat tema “Distribusi Spasial Lahan Eksploitasi dan Reklamasi Tambang Batubara Menggunakan Data Sentinel-2.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di lahan wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) milik perusahaan tambang yang melakukan kegiatan penambangan batubara di wilayah administrasi Kota Sawahlunto yang terletak antara 0°33'40'' – 0°43'33'' Lintang Selatan dan 100°42'59'' – 100°49'60'' Bujur Timur. Secara administratif, Kota Sawahlunto terdiri dari 4 Kecamatan, 10 Kelurahan, dan 27 Desa. Berbatasan dengan Kabupaten Tanah Datar di bagian utara, Kabupaten Solok di sebelah selatan dan barat, serta dengan Kabupaten Sijunjung di bagian timur (BPS, 2021).

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Kuantitatif dengan metode algoritma pengolahan citra digital, metode survei lapangan dan metode pemrograman web. Pendekatan kuantitatif merupakan salah satu upaya pencarian ilmiah (scientific inquiry)

yang didasari oleh filsafat positivisme logikal (logical positivism) yang beroperasi dengan aturan-aturan yang ketat mengenai logika, kebenaran, hukum-hukum, dan prediksi (Danim, 2002). Fokus penelitian kuantitatif diidentifikasi sebagai proses kerja yang berlangsung secara ringkas, terbatas dan memilah-milah permasalahan menjadi bagian yang dapat diukur atau dinyatakan dalam angka-angka.

Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari citra penginderaan jauh Sentinel-2 level-2A yang didapatkan pada database Google Earth Engine, selain itu menggunakan Rupa Bumi Indonesia yang didapatkan pada website Inageoportal dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

Tabel 1. Jenis dan Sumber Data

Data	Jenis Data	Sumber Data
Peta Administrasi Kota Sawahlunto	Sekunder	Peta RBI dari Badan Informasi Geospasial (BIG)
Citra Sentinel-2 Level 2A	Sekunder	Database Google Earth Engine
Indeks Vegetasi	Sekunder	Analisis Citra Digital
Titik Sampel Lahan	Primer dan Sekunder	Survei Lapangan dan Citra Google Earth

Sumber: Peneliti, 2022

Teknik Analisis Data

Untuk menganalisis informasi spasial lahan yang mengalami eksploitasi dan reklamasi menggunakan data Citra Satelit Sentinel-2 level 2A, penulis menggunakan metode transformasi citra algoritma *Normalized Burn Rasio* (NBR). Metode *Normalized Burn Ratio* (NBR) merupakan indeks yang dirancang untuk mengidentifikasi daerah terbuka. Metode ini menggunakan panjang gelombang *near infrared* (NIR) dan panjang gelombang *short wave infrared* (SWIR). Vegetasi yang baik memiliki reflektansi yang tinggi terhadap panjang gelombang *near infrared* (NIR) dan reflektansi yang rendah terhadap gelombang *short wave infrared* (SWIR). Nilai NBR yang tinggi dapat menunjukkan vegetasi yang baik sedangkan nilai NBR yang rendah menunjukkan berupa tanah kosong (Saputra et al., 2019). Adapun algoritma yang digunakan dalam analisis NBR ini adalah sebagai berikut :

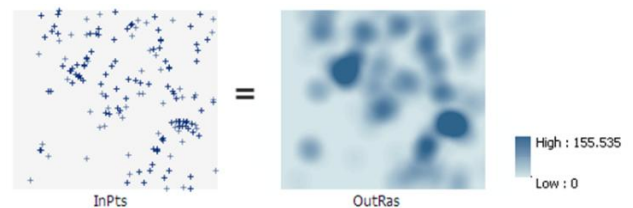
$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Untuk area tertentu, NBR dihitung dari citra sebelum penambangan dan NBR kedua dihitung untuk citra segera setelah penambangan. Tingkat lahan, tingkat keterbukaan lahan dan tingkat perubahan lahan dinilai dengan mengambil perbedaan antara indeks ini:

$$\Delta NBR = NBR_{t1} - NBR_{t2}$$

Kemudian dalam melakukan analisis distribusi spasial lahan eksploitasi dan reklamasi tambang batubara di Kota Sawahlunto, penulis menggunakan metode *kernel density*. *Kernel Density* merupakan metode statistik non parametrik yang digunakan untuk menganalisis dan mengukur kepadatan persebaran di suatu area. Pada prinsipnya *Kernel Density* bertujuan mengestimasi persebaran intensitas suatu titik dalam bidang dengan radius tertentu (Silverman, 2018).

Dalam melakukan analisis, metode *Kernel Density* menggunakan data titik (point) dan garis (polyline) untuk mengetahui tingkat kepadatan persebaran pada radius tertentu. Pada software ArcGIS 10.4, fungsi *Kernel Density* di identikan untuk menghitung luas per satuan besaran dari fitur titik atau polyline menggunakan fungsi kernel agar sesuai dengan permukaan runcing yang mulus ke setiap titik atau polyline, data output dari fungsi *Kernel Density* berupa data raster. Berikut merupakan ilustrasi dari metode *Kernel Density* pada ArcGIS 10.4:



Gambar 1. Ilustrasi Metode *Kernel Density* pada Software ArcGIS 10.4

I. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Distribusi Spasial Lahan yang Terkena Dampak Eksploitasi dan Lahan yang Mengalami Reklamasi

Dalam melakukan proses identifikasi penyebaran lahan eksploitasi dan reklamasi secara spasial, peneliti melakukan analisis menggunakan data citra satelit Sentinel-2 Level 2A dari tahun 2019-2021. Kemudian untuk teknik analisis yang penulis gunakan dalam mengidentifikasi lahan eksploitasi dan reklamasi adalah Transformasi Citra digital menggunakan metode *Differenced Normalized Burn Ratio* (dNBR) yang di dasarkan pada metode *Normalized Burn Ratio* (NBR) untuk mendapatkan indeks kebakaran suatu wilayah. Suatu perubahan lahan dapat diidentifikasi menggunakan indeks kebakaran (NBR) ketika kita melakukan kalkulasi pengurangan pada NBR sebelum lahan itu berubah (NBR pre) dan NBR sesudah lahan itu berubah (NBR post).

Dalam perhitungan dNBR pada lahan tambang, di dapatkan fakta bahwa lahan yang mengalami eksploitasi mempunyai nilai threshold dNBR positif, sedangkan lahan yang mengalami reklamasi mempunyai nilai threshold dNBR negatif (McKenna et al., 2018). Lahan yang mengalami reklamasi mempunyai nilai threshold dNBR negatif karena pada lahan yang terkena dampak reklamasi terindikasi

mengalami pertumbuhan vegetasi dari yang sebelumnya tidak memiliki vegetasi ataupun memiliki tingkat vegetasi yang rendah (Gambar 2) menjadi mempunyai vegetasi dan persentase vegetasinya semakin meningkat (Gambar 3).

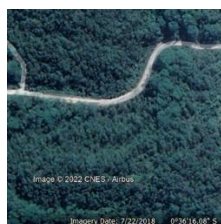
Lahan yang mengalami eksploitasi mempunyai nilai threshold dNBR positif karena perubahan lahan yang masif terjadi dalam rentang waktu satu tahun, yaitu perubahan dari lahan yang memiliki vegetasi pada tahun sebelumnya (memiliki vegetasi yang tinggi) (Gambar 4) kemudian terjadi pembukaan lahan untuk eksploitasi batubara yang mengakibatkan hilangnya vegetasi pada tahun berikutnya (memiliki vegetasi yang rendah/hilangnya vegetasi) (Gambar 5).



Gambar 2. Citra Google Earth Pada Lahan Tambang di Sawahlunto Sebelum di lakukan Reklamasi. (22 Juli 2018)



Gambar 3. Citra Google Earth Pada Lahan Tambang di Sawahlunto Setelah di lakukan Reklamasi (27 Desember 2020)



Gambar 4. Citra Google Earth Pada Lahan Tambang di Sawahlunto Sebelum di lakukan Eksploitasi. (22 Juli 2018)



Gambar 5. Citra Google Earth Pada Lahan Tambang di Sawahlunto Setelah di lakukan Eksploitasi. (12 Desember 2020)

Berikut merupakan nilai threshold lahan yang mengalami eksploitasi dan reklamasi setelah di lakukan analisis menggunakan metode dNBR:

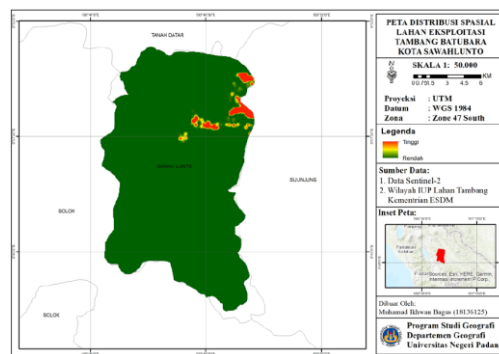
Rentang Nilai Threshold dNBR	Klasifikasi
-1 ke -0,101	Lahan Revegetasi
-0,1 ke 0,99	Tidak Terkena Dampak
0,1 ke 1,300	Lahan Terbakar/Degradasi

Sumber: USGS melalui Dinas Kehutanan AS (2009).

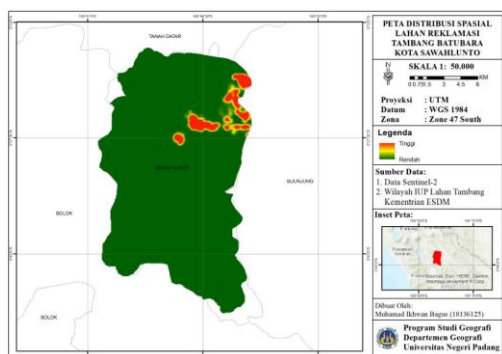
Dalam melakukan analisis untuk mengetahui distribusi spasial lahan eksploitasi dan lahan reklamasi tambang batubara di Kota Sawahlunto, penulis menggunakan teknik analisis *Kernel Density* untuk mengetahui tingkat kepadatan dan distribusi lahan yang terkena dampak pertambangan batubara. Parameter yang penulis gunakan dalam analisis *kernel density*

adalah data vector berupa point yang penulis konversi dari data lahan eksploitasi dan lahan reklamasi berdasarkan data dNBR tahun 2020-2021 yang berupa data raster.

Distribusi spasial lahan eksploitasi dan lahan reklamasi terkonsentrasi tinggi pada wilayah administrasi Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Perusahaan tambang batubara yang memiliki izin usaha penambangan (IUP) semuanya berada pada wilayah administrasi Kecamatan Talawi, oleh karena itu lahan yang terkena dampak dari pertambangan batubara terkonsentrasi tinggi pada wilayah administrasi tersebut. Berikut penulis sajikan peta persebaran lahan yang mengalami eksploitasi (Gambar 6) dan lahan yang mengalami reklamasi (Gambar 7).



Gambar 6. Peta Distribusi Spasial Lahan Eksploitasi Kota Sawahlunto



Gambar 7. Peta Distribusi Spasial Lahan Reklamasi Kota Sawahlunto

2) Luas Lahan yang Mengalami Eksploitasi dan Reklamasi



Gambar 8. Grafik Luas Lahan yang Terkena Dampak Pertambangan Tahun 2020-2021

Berdasarkan grafik di atas, didapatkan tren perubahan lahan yang mengalami eksploitasi akibat penambangan batubara di Kota Sawahlunto, walaupun hanya sedikit. Lahan yang mengalami eksploitasi cenderung mengalami peningkatan dari tahun 2020 hingga tahun 2021. Hal ini terjadi karena masih adanya aktivitas penambangan batubara di Kota Sawahlunto, khususnya pada wilayah perusahaan tambang batubara yang memiliki izin usaha penambangan (IUP). Pada tahun 2020, luas lahan yang mengalami eksploitasi akibat

penambangan batubara sebesar 67,69 Ha. Kemudian pada tahun 2021, luas lahan eksploitasi mengalami peningkatan dengan luasnya sebesar 76,07 Ha.

Kemudian untuk lahan reklamasi juga mengalami peningkatan persentase dari tahun 2020 hingga tahun 2021. Tahun 2020, lahan yang mengalami reklamasi memiliki luas sebesar 68,81 Ha. Kemudian pada tahun 2021, luas lahan reklamasi pada lahan tambang mengalami peningkatan dengan luasnya sebesar 80,37 Ha.

Selanjutnya, lahan yang tidak terkena dampak pertambangan batubara di Kota Sawahlunto mengalami penurunan persentase dari tahun 2020 hingga tahun 2021. Tahun 2020, lahan yang tidak terkena dampak tambang memiliki luas sebesar 810,48 Ha. Kemudian pada tahun 2021, luas lahan yang tidak terkena dampak pada lahan tambang mengalami peningkatan dengan luasnya sebesar 790,33 Ha. Dari informasi diatas, lahan yang mengalami eksploitasi dan lahan yang mengalami reklamasi pada lahan tambang selalu mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Lahan eksploitasi selalu mengalami peningkatan dari tahun 2020 ke tahun 2021, sedangkan lahan reklamasi juga selalu mengalami peningkatan dari tahun 2020 ke tahun 2021. Artinya, di saat perusahaan tambang batubara melakukan eksploitasi dalam upaya mendapatkan batubara, proses reklamasi juga dilakukan untuk tetap menjaga

lingkungan dan lahan yang menjadi tempat penambangan batubara agar nanti tidak menjadi lahan yang kritis dan tidak bisa di pergunakan kembali apabila tidak di lakukan proses reklamasi pasca penambangan batubara. Pada saat membuka lahan untuk aktivitas pertambangan, mesti di mengerti bagaimana menutup lahan pasca aktivitas pertambangan tersebut. Rehabilitasi/reklamasi tambang bersifat progresif, sesuai rencana tata guna lahan pasca tambang (Munir & Setyowati, 2017).

3) Uji Akurasi

Uji akurasi di perlukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil analisis citra satelit dengan keadaan di lapangan yang sebenarnya. Uji akurasi dilakukan pada masing-masing klasifikasi pada lahan tambang, yaitu lahan yang terkena dampak eksploitasi dan lahan yang mengalami reklamasi dari tahun 2020-2021. Uji akurasi dilakukan menggunakan metode *Confussion Matrix*, dimana tingkat kesesuaian akurasi dapat di katakan tinggi jika nilai *overall accuracy* >85% dan nilai koefisien kappa >80% (Landis & Koch 1977 dalam Congalton & Green 1999).

Tabel 2. Uji Akurasi dNBR Tahun 2020

Data Citra	Data Lapangan		
	Lahan Reklamasi	Lahan Lain-lain	Lahan Eksploitasi
Lahan Reklamasi	8	0	0
Lahan yang Tidak Terdampak	2	10	1
Lahan Eksploitasi	0	0	9
Total	10	10	10
<i>Producer Accuracy (%)</i>	80	100	90
<i>Overall Accuracy (%)</i>	90		
<i>Kappa Koefisien</i>	85		

Berdasarkan hasil uji akurasi klasifikasi lahan tambang menggunakan dNBR pada tahun 2020, di dapatkan hasil untuk akurasi klasifikasi pada lahan reklamasi sebesar 80%, kemudian akurasi klasifikasi pada lahan eksploitasi sebesar 90%, lalu dengan hasil uji akurasi secara keseluruhan atau *Overall Accuracy* sebesar 90%. Dan hasil dari Koefisien Kappa-nya memiliki nilai sebesar 85%. Berdasarkan nilai tersebut, hasil analisis klasifikasi lahan eksploitasi dan lahan reklamasi tambang batubara

menggunakan dNBR pada tahun 2020 memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi.

Tabel 3. Uji Akurasi dNBR Tahun 2021

Data Citra	Data Lapangan		
	Lahan Reklamasi	Lahan Lain-lain	Lahan Eksploitasi
Lahan Reklamasi	9	0	0
Lahan yang Tidak Terdampak	1	8	1
Lahan Eksploitasi	0	0	9
Total	10	8	10
<i>Producer Accuracy (%)</i>	90	100	90
<i>Overall Accuracy (%)</i>	93.33		
Kappa Coeficiente	89.31		

Berdasarkan hasil uji akurasi klasifikasi lahan tambang menggunakan dNBR pada tahun 2021, di dapatkan hasil untuk akurasi klasifikasi pada lahan reklamasi sebesar 90%, kemudian akurasi klasifikasi pada lahan eksploitasi sebesar 90%, lalu dengan hasil uji akurasi secara keseluruhan atau *Overall Accuracy* sebesar 93%. Dan hasil dari Koefisien Kappa-nya

memiliki nilai sebesar 89,31%. Berdasarkan nilai tersebut, hasil analisis klasifikasi lahan eksploitasi dan lahan reklamasi tambang batubara menggunakan dNBR pada tahun 2021 memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi.

II. KESIMPULAN

- 1) Hasil analisis dNBR menggunakan data citra Sentinel-2 level 2A di dapatkan informasi spasial mengenai lahan yang terkena dampak tambang di Kota Sawahlunto. Dengan menggunakan nilai threshold yang sudah ditetapkan oleh USGS melalui Dinas Kehutanan AS, di dapatkan informasi berupa hasil klasifikasi lahan yang terkena dampak eksploitasi dan lahan yang mengalami reklamasi. Lahan yang terkena dampak eksploitasi memiliki nilai dNBR positif ($>0,1$) kemudian lahan yang mengalami reklamasi memiliki nilai dNBR negatif ($<-0,1$). Selanjutnya dengan menggunakan informasi spasial yang di dapatkan dari analisis dNBR menggunakan citra sentinel-2, melalui metode *kernel density* di dapatkan hasil distribusi spasial lahan yang terkena dampak eksploitasi dan lahan yang mengalami reklamasi pasca penambangan batubara di Kota Sawahlunto.

Lahan yang terkena dampak tambang (Eksplorasi dan Reklamasi) terdistribusi tinggi di Kecamatan Talawi yang dimana pada wilayah tersebut terdapat perusahaan-perusahaan yang memiliki IUP untuk melakukan penambangan batubara di Kota Sawahlunto.

- 2) Lahan yang mengalami eksploitasi cenderung mengalami peningkatan sedikit dari tahun 2020 hingga tahun 2021. Tahun 2020, luas lahan yang mengalami eksploitasi akibat penambangan batubara sebesar 67,69 Ha. Kemudian pada tahun 2021, luas lahan eksploitasi mengalami peningkatan dengan luas nya sebesar 76,07 Ha. Kemudian untuk lahan reklamasi mengalami peningkatan persentase dari tahun 2020 hingga tahun 2021.
- 3) Tahun 2020, lahan yang mengalami reklamasi memiliki luas sebesar 68,81 Ha. Kemudian pada tahun 2021, luas lahan reklamasi pada lahan tambang mengalami peningkatan dengan luas nya sebesar 80,37 Ha.

Daftar Pustaka

- Arifin, S. (2021). Metode Pemantauan Eksploitasi dan Reklamasi Tambang Batubara Menggunakan Data Sentinel-2. *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital*, 17(2).
- BPS. (2020). *Provinsi Sumatera Barat Dalam Angka 2020*.
- BPS. (2021). *Kota Sawahlunto Dalam Angka 2021* (1st ed.). CV Adyta .
- Charou, E., Stefouli, M., Dimitrakopoulos, D., Vasilou, E., & Mavrantza, O. D. (2010). Using Remote Sensing to Assess Impact of Mining Activities on Land and Water Resources. *Mine Water and the Environment*, 29(1), 45–52.
- Danim, S. (2002). *Menjadi peneliti kualitatif*. Bandung: pustaka setia.
- Dewi, E. A., & Wilis, R. (2019). Perubahan Tutupan Hutan Daerah Pertambangan Kota Sawahlunto Tahun 2009 Sampai 2019. *Buana*, 3, 1439–1448.
- Fitriyanti, R. (2018). Pertambangan Batubara: Dampak Lingkungan, Sosial Dan Ekonomi. *Jurnal Redoks*, 1(1).
- Li, Y., Zhao, H., & Fan, J. (2015). Application of Remote Sensing Technology in Mine Environment Monitoring. *MATEC Web of Conferences*, 22, 4008.
- Martin, R. V. (2008). Satellite Remote Sensing of Surface Air Quality. *Atmospheric Environment*, 42(34), 7823–7843.
- Matharaarachchi, S., Manawadu, L., & Gunatilake, J. (2016). Evaluation of Urban Air Pollution Distribution in the Colombo Municipal Council Area, Sri Lanka. In *Geostatistical and Geospatial Approaches for the Characterization of Natural Resources in the Environment* (pp. 405–414). Springer.
- McKenna, P., Phinn, S., & Erskine, P. D. (2018). Fire severity and vegetation recovery on mine site rehabilitation using WorldView-3 imagery. *Fire*, 1(2), 22.
- Munir, M., & Setyowati, R. R. D. N. (2017). Kajian reklamasi lahan pasca tambang di Jambi, Bangka, dan Kalimantan Selatan. *KLOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan*, 1(1), 11–16.
- Nguyen, T. T. N., Bui, H. Q., Pham, H. V, Luu, H. V, Man, C. D., Pham, H. N., Le, H. T., & Nguyen, T. T. (2015). Particulate Matter Concentration Mapping from MODIS Satellite Data: a Vietnamese Case Study. *Environmental Research Letters*, 10(9), 95016.
- Saputra, A., Saputra, A. D., Setiabudidaya, D., Setyawan, D., & Iskandar, I. (2019). Validasi Areal Terbakar dengan Metode Normalized Burning Ratio Menggunakan UAV (Unmanned Aerial Vehicle): Studi Kasus. *Jurnal Penelitian Sains*, 19(2), 66–72.
<https://doi.org/10.26554/jps.v19i2.476>
- Silverman, B. W. (2018). *Density estimation for statistics and data analysis*. Routledge.

