

POTENSI TAMBANG BATUBARA BERDASARKAN ANALISIS KELIMPAHAN MINERAL BATUBARA MENGGUNAKAN CITRA HYPERION EO-1 DAN CITRA LANDSAT DI KOTA SAWAHLUNTO

Mutiara Jamilah^{*)}, Yudo Prasetyo, Abdi Sukmono

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : mutiarajamilah12@gmail.com

ABSTRAK

Kota Sawahlunto merupakan salah satu kota di provinsi Sumatera Barat yang memiliki topografi bervariasi seperti dataran landai, danau, dataran tinggi dan pegunungan. Kota Sawahlunto terletak di atas Formasi Sawahlunto, batuan yang terbentuk pada zaman yang diberi istilah kala (*epoch*) *Eocen* sekitar 40 – 60 juta tahun yang lalu. Kondisi tersebut menjadikan Kota Sawahlunto memiliki potensi mineral dan hasil tambang. Salah satu tambang terbesar yang berpotensi di Sawahlunto adalah tambang batubara. Penentuan wilayah yang memiliki potensi batubara pada penelitian ini menggunakan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) dengan citra Hyperion EO-1 untuk mengetahui kelimpahan mineral guna mendapatkan deliniasi mineral batubara. Penggunaan citra Landsat bertujuan untuk mengklasifikasikan perubahan kerapatan vegetasi pada area pertambangan dengan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan mengklasifikasikan serta menghitung perubahan luas tutupan lahan dengan metode *Supervised Classification* serta penggunaan data SRTM resolusi 90m untuk perhitungan volume galian dan timbunan batubara dengan metode *cut and fill* pada area yang berpotensi. Hasil penelitian membuktikan bahwa daerah yang berpotensi dijadikan tambang batubara adalah desa Salak, Sijantang, Batu Tanjung dan Ratih Kecamatan Talawi serta desa Lubang Panjang dan Saringan Kecamatan Lembah Segar. Hasil analisis kerapatan vegetasi pada area wilayah kerja pertambangan di area penelitian pada tahun 2008 didominasi oleh kerapatan vegetasi tinggi seluas 1414,68 Ha, sedangkan pada tahun 2018 didominasi oleh kerapatan vegetasi jarang seluas 1055,71 Ha. Hasil perubahan tutupan lahan kota Sawahlunto pada area penelitian dari tahun 2008 hingga tahun 2018 yang mengalami penambahan luas area tertinggi adalah kelas permukiman seluas 3823,40 Ha sedangkan yang mengalami penurunan luas area adalah kelas semak belukar seluas 2690,92 Ha. Hasil volume galian menggunakan metode *cut and fill* pada tahun 2008 hingga 2013 adalah 1898,96 Ha dan timbunan 3925,77 Ha di area wilayah kerja pertambangan pada area penelitian.

Kata Kunci : Batubara, Hyperion, Landsat, SAM, Sawahlunto

ABSTRACT

Sawahlunto City is located in West Sumatra province which has a varied topography such as sloping plains, lakes, highlands and mountains. Sawahlunto City is located above the Sawahlunto Formation, a rock formed in the epoch that was called Eocen epoch around 40 - 60 million years ago. Those make Sawahlunto City has the potential of minerals and mining products. One of the biggest mines that has the potential in Sawahlunto is a coal mine. The selection of location of the areas that has coal potential in this study using the Spectral Angle Mapper (SAM) method with Hyperion EO-1 imagery to determine mineral abundance to obtain coal mineral delineation. The use of Landsat image to classify changes in vegetation density in the mining area with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method and to classify and calculate changes in land cover area with the Supervised Classification method and also the usage of SRTM data with 90m resolution for calculation of excavation volume and coal deposits with cut and fill method in the potential areas. The results of the study prove that areas that have the potential to become coal mines are the villages of Salak, Sijantang, Batu Tanjung and Ratih, Talawi District and Lubang Panjang village and Saringan Kecamatan Saringan District. The results of the analysis of vegetation density in the mining working area in the study area in 2008 were dominated by high vegetation density of 1414.68 ha, while in 2018 it was dominated by sparse vegetation density of 1055.71 ha. The results of the change in land cover of the city of Sawahlunto in the study area from 2008 to 2018 which experienced the highest increase in area were settlement classes covering 3823.40 Ha while those that experienced a decrease in area were shrubs with an area of 2690.92 Ha. cut and fill in 2008 to 2013 were 1898.96 ha and heaps of 3925.77 ha in the mining working area in the research area.

Key Words : Coal, Hyperion, Landsat, SAM, Sawahlunto

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan sumber energi batubara semakin meningkat seiring menurunnya produksi minyak bumi. Batubara adalah sumber energi terpenting, banyak dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik, dan juga berfungsi sebagai sumber energi pokok untuk industri peleburan logam, semen dan lainnya seperti metalurgi, tekstil, kertas pulp (Gunara, 2017).

Direktorat Energi dan Sumberdaya Mineral memperkirakan potensi batubara Indonesia mencapai 90 miliar ton lebih dan cadangan terbukti mencapai 5,3 miliar ton. Sementara tingkat produksi batubara Indonesia baru mencapai rata-rata 200 juta ton per tahun (Tarigan, 2007). Sejarah panjang Kota Sawahlunto dimulai, ketika para ahli Geologi Belanda menemukan cadangan batubara dalam jumlah besar pada akhir abad 19. Penemuan dan penggalian tambang batubara telah mengantarkan kota tersebut hingga masa kejayaan pada tahun 1930an. Tidak heran bila Sawahlunto, yang hari jadinya ditetapkan pada tahun 1888 juga dikenal dengan sebutan kota arang, merupakan kota tambang batubara terbesar dan sekaligus tertua di Indonesia (Martokusumo, 2007).

Tantangan untuk memetakan daerah dan estimasi kandungan potensi batubara yang ada dengan menggunakan metode pengukuran dilapangan secara langsung dalam tahap eksplorasi membutuhkan biaya yang mahal. Survei dan pemetaan potensi pada lahan tambang menggunakan berbagai jenis teknologi, salah satunya penginderaan jauh (Kepmentamben, 1999). Penginderaan jauh ini bisa secara terrestrial, aerial, maupun antariksa (satelit). Adapun sensor yang bisa digunakan dalam penginderaan jauh adalah optik, radar, gelombang mikro, laser dan sonar. Sensor optik menggunakan kamera dengan berbagai jenis kanal gelombang tampak, infra merah, maupun termal.

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hyperion EO-1 dengan sistem perekaman *pushbroom* seluas 7,5 km dan menghasilkan piksel dengan ukuran 30m menggunakan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) untuk pengolahan delineasi mineral batubara guna identifikasi batubara yang ada dikota Sawahlunto. Penelitian ini juga menggunakan citra Landsat dengan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk identifikasi perubahan kerapatan vegetasi di area pertambangan dan *supervised classification* guna identifikasi sebaran mineral batubara pada jenis tutupan lahan yang terdapat di area penelitian. Pengolahan volume galian batubara menggunakan *shp overlay* dari cita Hyperion EO-1 dengan Izin Usaha Pertambangan (IUP) dengan data DEM SRTM untuk mencari jumlah volume timbunan dan galian batubara.

Penelitian ini menghasilkan *output* peta potensi tambang batubara yang ada dikota Sawahlunto. Urgensi dari penelitian adalah sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan identifikasi potensi tambang batubara sebelum melakukan tahap eksploitasi penambangan dengan efisien dan efektif

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil potensi batubara di kota Sawahlunto berdasarkan kelimpahan mineral batubara menggunakan citra Hyperion EO-1 dengan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) ?
2. Bagaimana hasil analisis kerapatan vegetasi menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) terhadap potensi batubara pada wilayah kerja pertambangan batubara kota Sawahlunto dan perubahan tutupan lahan dengan metode *supervised classification* di kota Sawahlunto?
3. Bagaimana hasil volume *cut and fill* batubara di kota Sawahlunto pada area wilayah kerja pertambangan ?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil daerah yang berpotensi memiliki batubara dikota Sawahlunto berdasarkan kelimpahan mineral batubara dengan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM).
2. Mengetahui hasil analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) terhadap potensi batubara pada wilayah kerja pertambangan batubara kota Sawahlunto dan perubahan tutupan lahan dengan metode *supervised classification* di kota Sawahlunto.
3. Mengetahui hasil volume *cut and fill* batubara di kota Sawahlunto pada area wilayah kerja pertambangan.

Manfaat penelitian ini memiliki dua aspek sebagai berikut:

1. Aspek Keilmuan
Manfaat penelitian ini dalam segi keilmuan adalah variasi metode yang digunakan dalam mengamati dan menentukan jumlah potensi batubara dengan menggunakan citra Hyperion EO-1 dan citra Landsat.
2. Aspek Kerekayasaan
Manfaat penelitian ini dalam segi kerekayasaan adalah dapat digunakan untuk memberikan referensi dalam penentuan estimasi jumlah batubara dengan biaya yang lebih murah dan waktu yang lebih efisien

I.4 Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Analisis potensi batubara yang ada di kota Sawahlunto hanya pada area yang tercakup oleh *scene* citra Hyperion EO-1.
2. Metode NDVI digunakan untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi di area pertambangan

batubara yang terdapat pada area penelitian sesuai dengan Wilayah Kerja Pertambangan (WKP) batubara.

3. Metode yang digunakan dalam menentukan area yang berpotensi batubara adalah *Spectral Angle Mapper* (SAM) untuk mendapatkan kelimpahan mineral batubara.
4. Metode *supervised classification* dengan algoritma *Maximum Likelihood* digunakan untuk memperoleh tutupan lahan kota Sawahlunto.
5. Perhitungan galian dan timbunan volume batubara menggunakan metode *cut and fill* pada area penelitian yang berpotensi batubara di kota Sawahlunto.
6. Metode untuk mengetahui tingkat akurasi perubahan tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan *Confusion Matrix*.
7. Nilai *spectral signature* yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari USGS *spectral library* tanpa pengambilan dengan alat spektroradiometer ke lapangan.
8. Keluaran dari tugas akhir ini berupa peta potensi batubara, peta perubahan tutupan lahan skala 1 : 60.000 dan estimasi volume galian dan timbunan batubara yang terdapat pada area penelitian.
9. Pada penelitian ini tidak dibahas kajian geologi dari penelitian.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Kondisi Umum Wilayah Penelitian

Kota Sawahlunto terletak sekitar 100 Km sebelah timur Kota Padang dan dalam lingkup Propinsi Sumatera Barat berlokasi pada bagian tengah propinsi ini. Secara astronomi letak Kota Sawahlunto adalah 0034' - 0046' Lintang Selatan dan 1000 41' – 1000 49' Bujur Timur.

Secara topografi wilayah Kota Sawahlunto terletak pada daerah perbukitan dengan ketinggian antara + 250 – 650 meter permukaan laut. Wilayah ini terbentang dari Utara ke Selatan, bagian Timur dan Selatan mempunyai topografi yang relative curam (kemiringan lebih dari 40 %) yang luasnya 28,52 % dari luas wilayah keseluruhan, sedangkan bagian Utara bergelombang dan relatif datar. Kemiringan dan keterjaln bentang alam ini telah menjadi kendala atau faktor pembatas pengembangan wilayah Kota Sawahlunto. Bentang alam yang landai terletak hampir di tengah daerah Kota Sawahlunto, tetapi umumnya merupakan jalur-jalur sempit sehingga dirasa sulit untuk dikembangkan menjadi permukiman perkotaan. Posisinya memanjang sepanjang Sesar Sawahlunto, memisahkan perbukitan terjal yang terletak dikedua sisinya.

Wilayah Kota Sawahlunto terletak di cekungan pra-tercier Ombilin yang berbentuk belah ketupat panjang dengan ujung bulat, selebar 22,50 Km dan Panjang 47,00 Km. Dalam cekungan ini diperkirakan 2,00 Km, diisi oleh lapisan yang muda yang disebut dengan Formasi Brani, Formasi Sangkarewang, Formasi Sawahlunto, Formasi Sawah Tambang dan

Formasi Ombilin. Formasi Ombilin merupakan lapisan paling muda menurut kategori zaman tersier atau berumur sekitar 2 juta tahun. Kota Sawahlunto terletak di atas Formasi Sawahlunto, batuan yang terbentuk pada zaman yang diberi istilah kala (*epoch*) *Eocen* sekitar 40 – 60 juta tahun yang lalu.

II.2. Batubara

Batubara merupakan batuan sedimen yang berasal dari tumbuhan yang telah mengalami perubahan kimia dan fisika akibat proses biodegradasi (aktivitas bakteri) yang terjadi pada tahap penggabutan serta efek suhu dan tekanan selama proses pembatubaraan (KGS, 2018).

II.3. Jenis Mineral Batubara

Menurut Lessing dalam Bouska, 1981 mineral pada batubara dapat digolongkan berdasarkan asal-usulnya menjadi enam, yaitu :

1. Sisa dari mineral yang terdapat pada bagian tanaman pembentuk batubara.
2. Mineral yang terbawa dan terendapkan ke dalam cekungan selama akumulasi sedimen.
3. Garam-garam yang terdapat dalam air yang menggenangi material organik sebelum pembentukan batubara.
4. Kristal-kristal yang terbawa oleh air yang mengalir sepanjang kekar dan patahan batubara.
5. Hasil dekomposisi dan interaksi antara material, bahan-bahan organik juga berperan aktif dalam reaksi ini.
6. Material asli yang berasal dari lingkungan pengendapan yang masuk kedalam batubara.

Jenis mineral batubara yang digunakan dalam penelitian ini menurut Taylor.dkk (1998) berdasarkan keterdapatannya adalah :

1. *Illite* yang merupakan bagian dari mineral lempung, dimana keterdapatannya banyak dan berlimpah.
2. *Pyrite* yang merupakan bagian dari mineral disulfida besi, dimana keterdapatannya jarang dan umum.
3. *Siderite* yang merupakan bagian dari mineral Karbonat, dimana keterdapatannya umum dan sangat umum.

II.4. Metode *Spectral Angle Mapper* (SAM)

Spectral Angle Mapper (SAM) merupakan algoritma perbandingan sudut antara vektor *endmembers* dan tiap vektor piksel dalam ruang n-dimensi (ENVI, 2001). Klasifikasi SAM mengenali objek berdasarkan dua hal, yakni spektrum rerata dan spektrum kelas objek (spesifik). Spektrum rerata adalah rata-rata nilai seluruh spektral yang muncul dari sampel alterasi mineral batubara yang menjadi acuan.

Apabila piksel yang akan diidentifikasi memiliki sudut spektral dengan nilai derajat yang besarnya kurang dari spektrum rerata maka piksel tersebut masuk ke dalam kelas yang telah ditentukan. Namun sebaliknya, apabila piksel tersebut memiliki sudut spektral dengan nilai yang lebih besar maka piksel

tersebut menjadi non-target kelas. Jika ditemukan sebuah piksel berada dalam dua kelas yang berbeda secara bersamaan maka piksel tersebut akan dimasukkan ke dalam kelas yang memiliki nilai sudut spektral terdekat (Danoedoro, 2015).

II.5. Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Indeks vegetasi menunjukkan saluran spektral yang peka pada kerapatan variasi tumbuhan. Metode yang umum digunakan adalah metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan kombinasi antara teknik penisbalan dengan teknik pengurangan citra. Penisbalan saluran (*band rationing*) sendiri biasa digunakan untuk menghasilkan efek tertentu dalam kaitannya dengan penonjolan aspek spektral vegetasi, pengurangan efek bayangan, serta penonjolan litologi. (Danoedoro, 2012). Rumus aritmatik untuk menentukan Indeks vegetasi adalah sebagai berikut:

$$NDVI = (\rho NIR - \rho RED) / (\rho NIR + \rho RED) \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

NDVI : Nilai BV dari *Normalized Difference Vegetation Index*

ρNIR : (*Near Infra Red*) Nilai *band* spektral infra merah dekat

ρRED : Nilai *band* spektral merah

Menurut Departemen Kehutanan, 2003 Rentang nilai kerapatan NDVI dapat dilihat pada **Tabel II-1**.

Tabel II-1 Rentang Nilai Kerapatan NDVI (Departemen Kehutanan, 2003)

Kelas	Kisaran NDVI	Tingkat Kerapatan
1	-1 s/d 0,32	Jarang
2	0,32 s/d 0,42	Sedang
3	0,42 s/d 1	Tinggi

II.6. Supervised Classification

Teknik klasifikasi *supervised* dapat diartikan sebagai teknik klasifikasi yang diawasi. Menurut Danoedoro (1996) klasifikasi *supervised* ini melibatkan interaksi analisis secara intensif, dimana analisis menuntun proses klasifikasi dengan identifikasi objek pada citra (*training area*). Pengambilan sampel perlu dilakukan dengan mempertimbangkan pola spektral pada setiap panjang gelombang tertentu, sehingga diperoleh daerah acuan yang baik untuk mewakili suatu objek tertentu. Proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi merupakan klasifikasi terbimbing. Klasifikasi terbimbing digunakan data penginderaan jauh multispektral yang berbasis numerik, maka pengenalan polanya merupakan proses otomatis dengan bantuan komputer.

II.7. Matriks Konfusi

Penilaian akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan atau keakuratan klasifikasi yang dibuat. Keakuratan tersebut merupakan jumlah *training* piksel yang diklasifikasi dengan benar atau salah dan

presentase banyaknya piksel dalam masing-masing kelas serta presentase kesalahan total. Apabila akurasi data telah sesuai dengan keinginan maka citra hasil terklasifikasi dapat dikatakan lulus uji akurasi. Pembuatan *training area* dapat dilakukan lagi apabila akurasi belum memenuhi syarat untuk klasifikasi. Penilaian akurasi menggunakan suatu matriks kontingensi yaitu suatu matriks bujur sangkar yang memuat jumlah piksel yang terklasifikasi. Matriks ini sering disebut *error matrix* atau *confusion matrix*. Dalam matriks ini dapat menghitung besarnya akurasi pembuat (*producers accuracy*), akurasi pengguna (*users accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), akurasi kappa (*kappa accuracy*) (Arison dang, 2015). Bentuk matriks kesalahan dapat dilihat di **Tabel II-2**.

Tabel II-2 Bentuk Matriks Kesalahan (Arison dang., dkk., 2015)

Kelas Referensi	Data Sampel			Jumlah Piksel	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X11	X12	X13	X1+	X11/X1+
B	X21	X22	X23	X2+	X22/X2+
C	X31	X32	X33	X3+	X33/X3+
Total Piksel	X1+	X2+	X3+	N	
Akurasi Pengguna	X11/X+ 1	X22/X+ 2	X33/X+ 3	XXii	

Beberapa persamaan fungsi yang digunakan (Arison dang., dkk, 2015) sebagai berikut :

$$Akurasi\ Pengguna = \frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Akurasi\ Pembuat = \frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Akurasi\ Keseluruhan = ((\sum_{i=1}^r X_{ii})/N) \times 100\% \dots\dots(2.4)$$

$$Akurasi\ Kappa = [(N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{1+}X_{+1}) / (N^2 - \sum_{i=1}^r X_{1+}X_{+1})] \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

- N : Banyaknya piksel dalam contoh
- X1+ : Jumlah piksel dalam baris ke – i
- X+1 : Jumlah piksel dalam kolom ke – i
- Xii : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

Uji hasil akurasi bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian pemetaan pada saat melakukan klasifikasi. Klasifikasi citra dianggap benar jika hasil perhitungan *confusion matrix* $\geq 80\%$ (Short, 1982 dalam NawangWulan., dkk., 2013).

II.8. Metode Cut and Fill

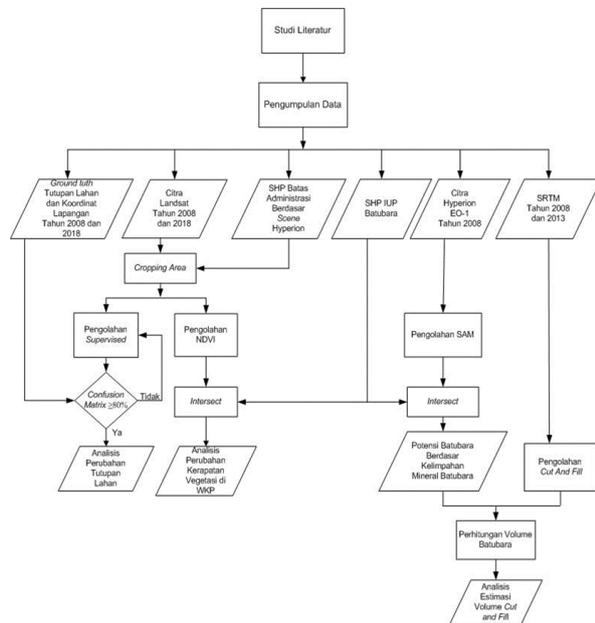
Prinsip perhitungan volume batubara menggunakan metode *cut and fill* adalah menghitung luasan dari dua penampang yaitu penampang atas dan penampang bawah. Prinsip perhitungan volume sama dengan *borrow pit* akan tetapi terbentuk oleh jaring-jaring segitiga atau yang sering dinamakan *Triangulated Irregular Network* (TIN) (Geodis-Ale, 2012) yang dihasilkan dari *point cloud*. Jaring-jaring segitiga inilah yang akan membentuk suatu geometri prisma dari dua permukaan. Dua permukaan ini dinamakan *design surface* dan *base surface*. *Design surface* merupakan permukaan yang akan dihitung volumenya sedangkan *base surface* merupakan

permukaan yang dijadikan alas atau permukaan yang dijadikan sebagai dasar menghitung volume.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian dijabarkan dalam **Gambar III-1**.



Gambar III-1. Diagram Alir Penelitian

III.2. Data dan Peralatan Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Citra Hyperion EO-1 tahun 2008
2. Citra Landsat 7 tahun 2008 dan Landsat 8 tahun 2018
3. Data DEM SRTM tahun 2008 dan 2013
4. SHP peta batas administrasi Kota Sawahlunro

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak, sebagai berikut :

1. Perangkat keras yang di gunakan adalah Laptop yang memiliki spesifikasi prosesor AMD-A8, RAM 4 GB dengan sistem operasi Windows 64-bit.
2. Perangkat Lunak, yang terdiri dari :
 - a. Perangkat lunak ENVI 5.3.
 - b. Perangkat lunak ArcMap 10.3.1
 - c. Perangkat lunak Microsoft Office 2016
 - d. Mobile Topographer.

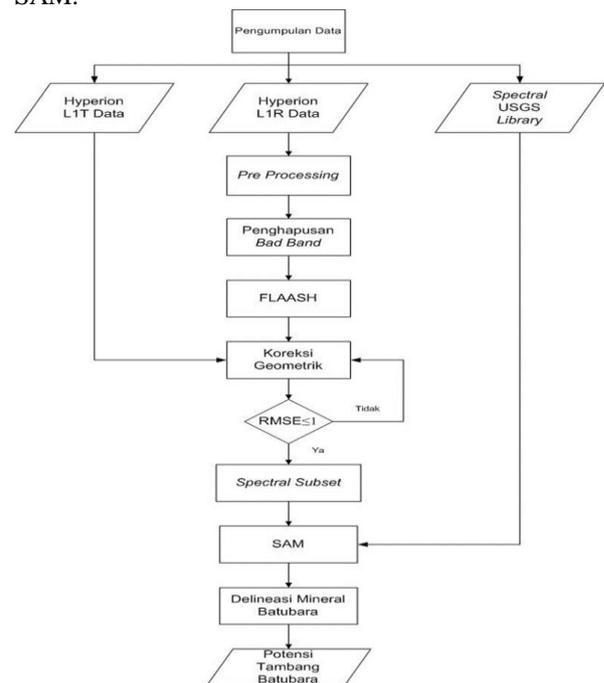
III.3. Tahap Pengolahan Data

III.3.1 Pengolahan SAM

Pengolahan *Spectral Angle Mapper* (SAM) bertujuan untuk mengetahui potensi kelimpahan mineral tambang batubara di kota Sawahlunro.

Gambar III-2 merupakan diagram alir pengolahan SAM. Tahap pengolahan dimulai dengan pengumpulan data citra Hyperion EO-1 dengan tipe L1R dan L1T diakuisisi pada tanggal 24 Mei 2008, *Spectral Library* digunakan untuk menentukan *spectral signature* dari material yang akan diteliti. Kemudian melakukan

koreksi atmosfer mutakhir yang disebut FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) yang membutuhkan data masukan berupa model atmosfer, model aerosol, tinggi rerata topografi wilayah penelitian, tipe sensor, tanggal dan jam perekaman, jarak pandang, ukuran piksel, koordinat titik tengah citra, *water retrieval*, sudut zenith dan sudut azimuth yang disesuaikan dengan kondisi wilayah penelitian. Koreksi geometri harus memiliki nilai $RMSE \leq 1$ (Utami, 2015) agar bisa dilanjutkan untuk melakukan proses pemilihan *spectral subset* untuk memilih *band* yang akan mendeteksi kelimpahan mineral tambang batubara. Metode pemetaan kelimpahan mineral tambang batubara menggunakan SAM.

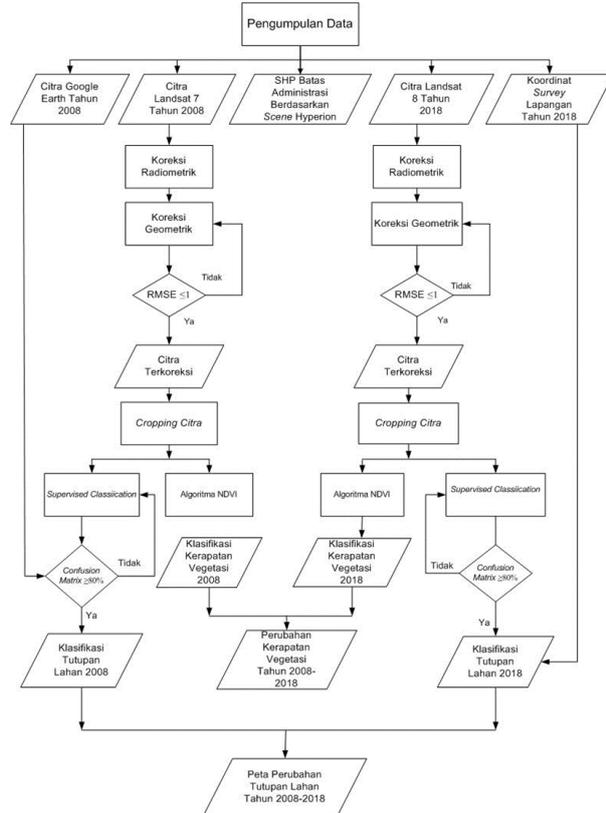


Gambar III-2 Diagram Alir SAM

III.3.2 Tahap Pengolahan NDVI dan Supervised Classification

Tahapan Pengolahan dimulai dari mempersiapkan citra Landsat 7 ETM+ tahun 2008 dan citra Landsat 8 tahun 2018. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan data SHP dari BAPPEDA Skala 1: 50.000. Ketentuan hasil akhir RMS adalah ≤ 1 piksel (Purwadhi, 2001). Apabila nilai RMSE melebihi 1 piksel, maka harus dilakukan rektifikasi ulang. Apabila nilai RMSE kurang dari 1 piksel, maka dilanjutkan dengan pemotongan area penelitian yang kemudian akan dilakukan pengolahan kerapatan vegetasi dengan algoritma NDVI dan klasifikasi tutupan lahan dengan metode *supervised classification* algoritma *Maximum Likelihood*. Kemudian akan didapatkan peta perubahan kerapatan vegetasi dan perubahan tutupan lahan di kota

Sawahlunto. **Gambar III-3** merupakan diagram alir pengolahan NDVI dan *supervised classification*.



Gambar III- 3 Diagram Alir Pengolahan NDVI dan *Supervised Classification*

III.3.3 Validasi Hasil Pengolahan

III.3.3.1 Verifikasi Lapangan

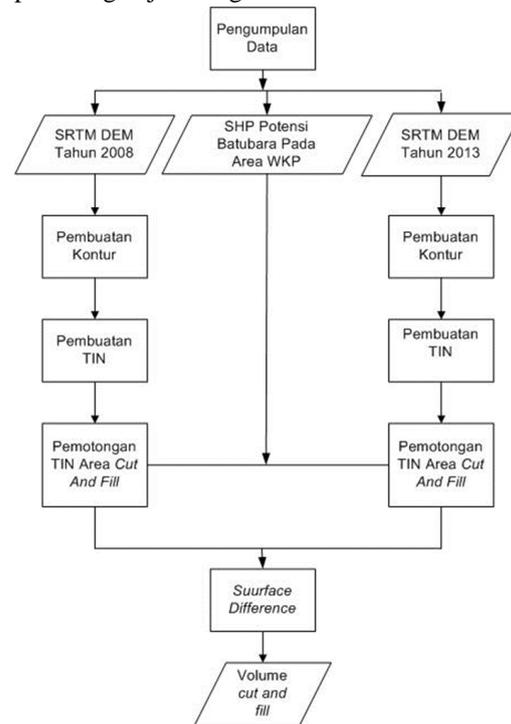
Pada penelitian ini digunakan *probability sampling* dengan sampling yang digunakan adalah sampling acak sederhana. Ketelitian yang diharapkan dalam penelitian ini adalah $>80\%$, dilakukan perhitungan untuk minimal pengambilan sampel di lapangan adalah 64 titik yang diambil secara acak. Pada penelitian ini digunakan sebanyak 120 sampel, dengan masing-masing tutupan lahan adalah 15 sampel.

III.3.3.2 Matriks Konfusi

Setelah mendapatkan data di lapangan berupa koordinat dan foto, maka selanjutnya adalah menguji data tersebut dengan hasil tutupan lahan dengan menggunakan matriks konfusi untuk menghitung *overall accuracy* yang merupakan hasil akurasi keseluruhan yang harus terpenuhi agar tutupan lahan tersebut layak untuk digunakan. Selain itu, akan mendapatkan akurasi pengguna dan akurasi pembuat. Akurasi dari tutupan lahan dapat dilihat dari *overall accuracy* dengan nilai $\geq 80\%$. Nilai kappa akurasi dari satu mewakili kesepakatan sempurna namun nilai nol tidak ada kesepakatan.

III.3.4 Tahap Pengolahan *Cut and Fill*

Tahapan pengolahan dimulai dari mempersiapkan data *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* resolusi 90m tahun 2008 digunakan untuk membuat kontur dan *Trianguler Irregular Network (TIN)*. Kemudian penentuan jumlah volume galian dengan metode *cut and fill* menggunakan *tool surface difference* pada ArcMap. **Gambar III-4** merupakan diagram alir pengolahan *cut and fill* untuk perhitungan jumlah galian batubara dikota Sawahlunto.



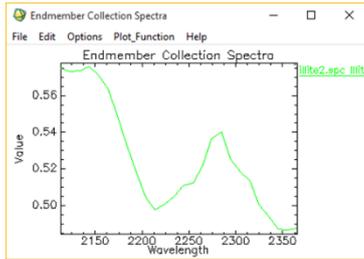
Gambar III-4 Diagram Alir Pengolahan Metode *Cut and Fill*

IV. Hasil dan Analisis

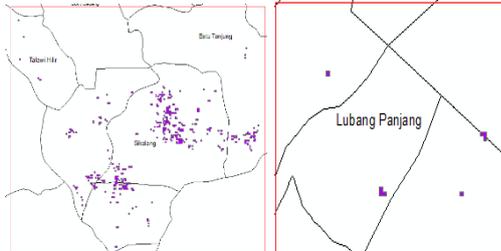
IV.1 Hasil dan Analisis Potensi Tambang Batubara Berdasarkan Kelimpahan Mineral Batubara

IV.1.1 Analisis Kelimpahan Mineral Illite

Endmember collection mineral *illite* yang terdapat di wilayah penelitian dapat dilihat pada **Gambar IV-1** berada pada panjang gelombang 2148 μm hingga 2354 μm dan nilai reflektan dari 0,49 hingga 0,575. *Illite* memiliki penyerapan *band* yang tidak menunjukkan struktur halus. *Illite* menunjukkan penyerapan *band* tambahan pada 2340 dan 2450 nm. Penyerapan *band* pada 2450 nm tidak terdefinisi dengan baik (Clark., dkk, 1990) kecenderungan yang jelas di antara beberapa sampel yang menunjukkan pergeseran *band* 2200 nm ke posisi panjang dengan meningkatnya kandungan Ca. Di sisi lain, (Post dan Noble, 1993) menunjukkan bahwa penurunan kandungan Al_2O_3 dalam mineral *smectite* menggeser fitur penyerapan 2200 nm ke arah panjang gelombang yang lebih panjang. Hasil kelimpahan mineral *illite* dikota Sawahlunto dapat dilihat pada **Gambar IV- 2**.



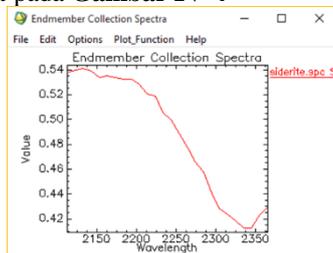
Gambar IV-1 Hasil Endmember Collection Illite



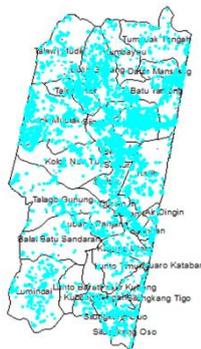
Gambar IV-2 Hasil Kelimpahan Mineral Illite

IV.1.2 Analisis Kelimpahan Mineral Siderite

Endmember collection mineral siderite yang terdapat di wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar IV-3 berada pada panjang gelombang 2148 μm hingga 2354 μm dan nilai reflektan dari 0,475 hingga 0,575. Spektrum siderit mengandung beberapa fitur absorpsi yang lebih lemah dari Fe 2+ band yang utama (Jorgensen, 1954) menemukan bahwa Spektrum Fe 2+ dalam larutan berair memiliki empat serapan yang minimum pada 0,505, 0,474, 0,450, dan 0,386. Hasil kelimpahan mineral siderite di kota Sawahlunto dapat dilihat pada Gambar IV-4



Gambar IV-3 Hasil Endmember Collection siderite

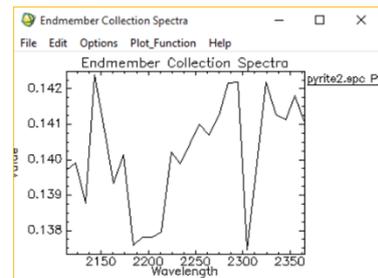


Gambar IV-4 Hasil Kelimpahan Mineral siderite

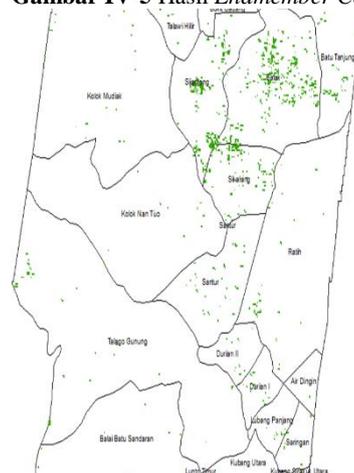
IV.1.3 Analisis Kelimpahan Mineral Pyrite

Endmember collection mineral pyrite yang terdapat di wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar IV-5 berada pada panjang gelombang 2148 μm hingga 2354 μm dan nilai reflektan dari 0,1355 hingga 0,1425. Pada cahaya tampak (350 nm hingga

760 nm), nilai reflektivitas rendah, tetapi meningkat dengan cepat, sehingga kurva spektral curam. Dalam gelombang inframerah dekat (760 nm hingga 2100 nm), nilai reflektivitas tinggi dan meningkat perlahan, sehingga kurva spektral datar. Pada gelombang inframerah pendek (2100 nm hingga 2500 nm), nilai reflektivitas menurun dengan cepat, dan kurva lebih curam. Puncak penyerapan lemah oksida besi berada di 430 nm dan 485 nm. 470 nm adalah puncak penyerapan lemah mangan oksida di dalam tanah. Panjang gelombang 600 nm adalah puncak refleksi khas dari bahan organik tanah. Sekitar 900 nm, karakteristik penyerapan besi oksida lemah terjadi dan band-nya dekat puncak penyerapan sphalerit 1000 nm. Karakteristik penyerapan ada di 1400 nm dan 1900 nm. Di antara yang 1400 nm adalah puncak sintesis untuk OH dan H₂O, yang merupakan air kristalisasi sementara 1900 nm adalah puncak penyerapan air dari adsorpsi H₂O. Puncak penyerapan 2210 nm adalah getaran frekuensi logam OH dalam mineral lempung. Absorpsi puncak dekat 2455 nm yang dihasilkan oleh pita getaran karbonat CO₃²⁻ kelompok di tanah (Summers., dkk, 2009). Hasil kelimpahan mineral pyrite di kota Sawahlunto dapat dilihat pada Gambar IV-6.



Gambar IV-5 Hasil Endmember Collection Pyrite

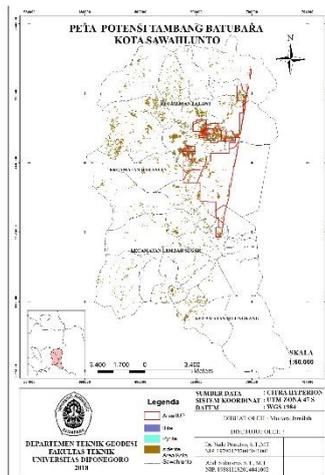


Gambar IV-6 Hasil Kelimpahan Mineral Pyrite

IV.1.4 Analisis Delineasi Kelimpahan Mineral Batubara

Area penelitian yang mengandung potensi batubara adalah apabila di area tersebut terdapat ketiga jenis kelimpahan mineral batubara yaitu illite, siderite dan pyrite. Hasil delineasi merupakan potensi tambang batubara dapat dilihat pada Gambar IV-7. Daerah yang memiliki potensi batubara yaitu desa Salak, Sijantang, Batu Tanjung dan Ratih Kecamatan Talawi serta desa

Lubang Panjang dan Saringan Kecamatan Lembah Segar.



Gambar IV-7 Peta Potensi Tambang Batubara Kota Sawahlunto

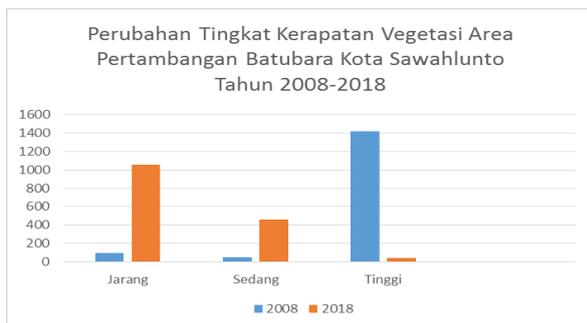
IV.2 Hasil dan Analisis Perubahan Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahan Luas Area Tutupan Lahan

IV.2.1 Analisis Perubahan Tingkat Kerapatan Vegetasi Pada Area Pertambangan Kota Sawahlunto

Hasil *overlay* tingkat kerapatan vegetasi dalam satuan Hektar (Ha) dengan area Izin Usaha Pertambangan (IUP) Kota Sawahlunto terdapat pada **Tabel IV-1** dan grafiknya pada **Gambar IV-8**.

Tabel Error! No text of specified style in document.-1 Perubahan Tingkat Kerapatan Vegetasi Pada Area Tambang

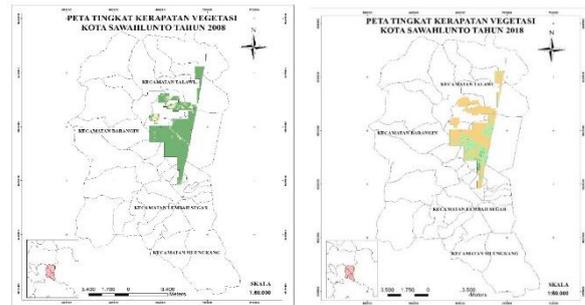
No	Klasifikasi NDVI Kelas Pertambangan	Citra Landsat		Perubahan Luas Area (Ha)
		Landsat 7 2008	Landsat 8 2018	
1	Jarang	100,78	1055,71	954,93
2	Sedang	47,52	460,66	413,14
3	Tinggi	1414,68	46,61	1368,07



Gambar IV-8 Perubahan Tingkat Kerapatan Vegetasi Area Tambang Batubara

Tabel IV-1 menunjukkan bahwa terjadi perubahan tingkat kerapatan vegetasi dari 2008 hingga 2018, pada kelas jarang dan sedang mengalami kenaikan dari 100,78 Ha hingga 1055,71 Ha dan 47,52 Ha hingga 460,66 Ha sedangkan kelas tinggi mengalami penurunan drastis dari 1414,68 Ha hingga

46,61 Ha. Hal ini membuktikan bahwa tingkat kerapatan vegetasi area pertambangan di kota Sawahlunto pada tahun 2008 didominasi oleh kerapatan tinggi, sedangkan pada tahun 2018 didominasi oleh kerapatan vegetasi jarang. Hasil *overlay* membuktikan semakin luasnya area pertambangan maka tingkat kerapatan vegetasi juga akan semakin jarang. **Gambar IV-9** menunjukkan peta perubahan tingkat kerapatan vegetasi dari tahun 2008 hingga 2018 pada wilayah tambang di area penelitian yang ada di kota Sawahlunto.



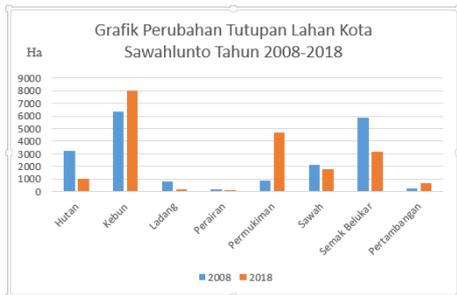
Gambar IV-9 Perubahan Kerapatan Vegetasi Wilayah Kerja Pertambangan Batubara Kota Sawahlunto

IV.2.2 Analisis Luas Perubahan Tutupan Lahan dengan Metode *Supervised Classification*

Hasil perubahan luas tutupan lahan di kota Sawahlunto dari tahun 2008 sampai 2018 menggunakan citra Landsat 7 dan citra Landsat 8 dengan metode klasifikasi *supervised* dapat diketahui perubahan luasan area dari setiap kelas tutupan lahan pada **Tabel IV-2**. Perubahan luas area tutupan lahan mengalami peningkatan dan penurunan dari tahun 2008 hingga 2018 seperti **Gambar IV-10**, yang mengalami peningkatan adalah kelas pertambangan, perkebunan dan permukiman. Sedangkan kelas semak belukar, ladang, hutan, perairan dan sawah mengalami penurunan

Tabel IV-2 Perubahan Luas Area Tutupan Lahan Kota Sawahlunto Tahun 2008-2018

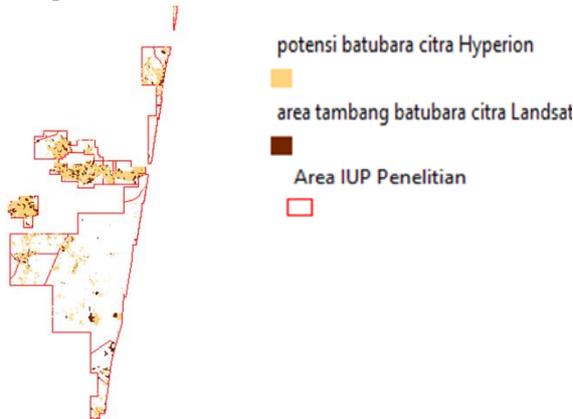
No	Jenis Tutupan Lahan	Citra Landsat		Perubahan Luas Area (Ha)
		Landsat 7 Tahun 2008	Landsat 8 Tahun 2018	
1	Hutan	3204,62	990,06	2214,56
2	Kebun	6352,03	8008,58	1656,55
3	Ladang	844,74	220,01	624,73
4	Perairan	177,63	143,28	34,35
5	Permukiman	861,37	4684,77	3823,4
6	Sawah	2110,03	1810,68	299,35
7	Semak Belukar	5866,5	3175,58	2690,92
8	Pertambangan	286,74	670,7	383,96



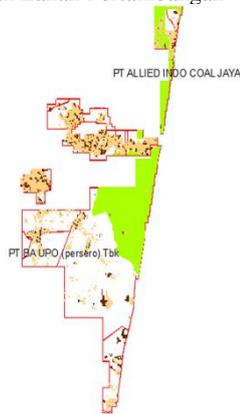
Gambar IV-10 Perubahan Luas Area Tutupan Lahan Kota Sawahlunto Tahun 2008-2018

IV.2.3 Analisis Potensi Batubara dan Tutupan Lahan Kota Sawahlunto

Area potensi batubara yang didapatkan dari delineasi kelimpahan mineral batubara dengan citra Hyperion EO-1 tahun 2008 dan klasifikasi tutupan lahan kelas pertambangan tahun 2008 yang didapatkan dari klasifikasi terbimbing menggunakan Landsat 7 tahun 2008 di-overlay dengan Izin Usaha Pertambangan Kota Sawahlunto untuk melihat keakuratan lokasi potensi mendapatkan hasil seperti Gambar IV-11. Pada IUP yang hanya terdapat sedikit kelimpahan mineral batubara (*illite*, *siderite* dan *pyrite*) terdapat kawasan hutan yang ada di area tersebut dapat dilihat pada Gambar IV-12.



Gambar IV-11 Overlay Area Potensi Batubara dengan Tutupan Lahan Pertambangan



Gambar IV-12 Area IUP Yang Terdapat Izin Menggunakan Kawasan Hutan

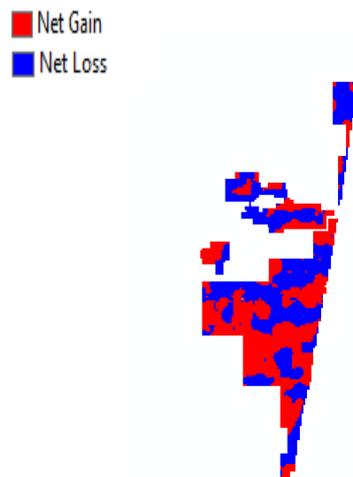
IV.2.4 Matriks Konfusi

Hasil perhitungan matrik konfusi klasifikasi tutupan lahan citra Landsat 7 dan Landsat 8 masing-masing menggunakan 15 titik sampel lapangan setiap

jenis klasifikasi tutupan lahan Kota Sawahlunto. Hasil *Overall Accuracy* atau akurasi keseluruhan sebesar 87% dengan nilai *Kappa Coefficient* sebesar 0,85. Hasil tersebut menunjukkan terdapat 13% kesalahan keseluruhan dalam klasifikasi citra. Selain itu juga menghasilkan rata-rata akurasi pengguna sebesar 87% dan rata-rata akurasi pembuat sebesar 87%. Hasil ini membuktikan keakuratan dalam pengklasifikasian tutupan lahan karena lebih dari 80%.

IV.3 Hasil dan Analisis Volume Galian Batubara

Volume perhitungan bahan galian batubara menggunakan metode *cut and fill* yang dilakukan pengolahan pada *software* Arcmap sehingga didapatkan hasil seperti Gambar IV- 13.



Gambar IV-13 Hasil Cut and Fill

Tabel IV-3 merupakan hasil dari *volume cut and fill* dengan nilai piksel menyatakan area ter-cut atau ter-fill dalam bentuk *net gain*, *unchange*, dan *net loss*. Ketreangan kode pada tabel sebagai berikut.

- = *net gain (cut)* = timbunan
- + = *net loss (fill)* = galian
- 0 = *unchange* = tidak ada perubahan

Tabel IV-3 membuktikan bahwa area yang dianggap berpotensi memiliki batubara adalah benar karena dari hasil *cut and fill* tidak ada kode 0 yang menandakan bahwa tidak ada perubahan pada area tersebut. Jumlah volume galian batubara berdasarkan metode *cut and fill* pada tahun 2008 hingga 2013 adalah 1898,96 Ha dan timbunan 3925,77 Ha di area wilayah kerja pertambangan pada area penelitian.

Tabel IV-3 Hasil Volume Cut and Fill

No	Volume (Ha)	Kode	Keterangan
1	-3925,77	-	Timbunan
2	1898,96	+	Galian

V Kesimpulan dan Saran

V.2 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil potensi batubara di Kota Sawahlunto berdasarkan kelimpahan mineral batubara menggunakan citra Hyperion EO-1 dengan metode *Spectral Angle Mapper (SAM)*

terdapat di area yang sesuai dengan Izin Usaha Pertambangan batubara yaitu desa Salak, Sijantang, Batu Tanjung dan Ratih Kecamatan Talawi serta desa Lubang Panjang dan Saringan Kecamatan Lembah Segar.

2. Hasil analisis kerapatan vegetasi pada area wilayah kerja pertambangan di area penelitian pada tahun 2008 didominasi oleh kerapatan vegetasi tinggi seluas 1414,68 Ha, sedangkan pada tahun 2018 didominasi oleh kerapatan vegetasi jarang seluas 1055,71 Ha. Hasil perubahan tutupan lahan kota Sawahlunto pada area penelitian dari tahun 2008 hingga tahun 2018 yang mengalami penambahan luas area tertinggi adalah kelas permukiman seluas 3823,40 Ha sedangkan yang mengalami penurunan luas area adalah kelas semak belukar seluas 2690,92 Ha.
3. Hasil volume galian menggunakan metode cut and fill pada tahun 2008 hingga 2013 adalah 1898,96 Ha dan timbunan 3925,77 Ha di area wilayah kerja pertambangan pada area penelitian.

V.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dari awal hingga akhir, berikut saran-saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya :

1. Menggunakan citra Hyperspektral yang mencakupi seluruh wilayah penelitian agar tidak ada area yang terpotong.
2. Menggunakan data yang terbaru untuk penelitian berikutnya
3. Menggunakan koreksi atmosferik QUAC untuk penelitian berikutnya.
4. Melakukan pengambilan sampel spectral signature objek yang diteliti berupa mineral *illite*, *siderite* dan *pyrite* melalui survei ke lapangan.
5. Melakukan validasi jumlah timbunan dan galian pada masing-masing daerah yang berpotensi dijadikan tambang batubara

DAFTAR PUSTAKA

- Arisondang, V., dkk. 2015. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Muultiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat). Jurnal Teknik UNDIP. Semarang.
- Clark, R. N., King, T. V. V., Klejwa, M., dan Swayze, G. A. 1990, *High spectral resolution spectroscopy of minerals*: Journal of Geophysical Research.
- Danoedoro, P. 1996. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Danoedoro, P., 2012. Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta: Andi.
- Departemen Kehutanan, Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, 2003.
- ENVI. 2001. ENVI (Environment for Visualizing Images) User's Guide: Images to Information. Research Systems, Inc., Boulder CO.
- Geodis-Ale, 2012, Calculation of Volume, <http://www.geodis-ale.com/>(Diakses pada 07 Februari 2018).
- Guanra, M. 2017. Potensi Batubara Sebagai Sumber Energi Alternatif untuk Pengembangan Industri Logam. Seminar Nasional Teknoka. Vol. 2, 2017.
- Jorgensen, C. K. 1954. *Studies of absorption spectra, IV, Some new transition group bands of low intensity*, Acta Chem. Scand., 8, 1502-1512.
- Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 1519.K/20/MPE/1999 Tentang Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dalam Pengawasan dan Pemantauan Kegiatan Pertambangan dan Energi.
- Kentucky Geological Survey (KGS), 2018. Coal Information. Kentucky Geological Survey, University of Kentucky.
- Martokusumo, W. 2007. Mendaur Ulang Kota Sawahlunto. Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan ITB. Kanalong.
- Nawangwulan, N.H., dkk. 2013. Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Pertanian Terhadap Hasil Produksi Tanaman Pangan Di Kabupaten Pati Tahun 2001-2011. Jurnal Teknik UNDIP. Semarang.
- Purwadi F.S.H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta : Grasindo.
- Post, J.L. dan Noble, P.N. 1993. The near-infrared combination band frequencies of dioctahedral smectites, micas, and illites. Clays and Clay minerals, 41, 639-644.
- Summers, D., Lewis, M., Ostendorf, B., dan Chittleborough, D. 2009. *Visible near-infrared reflectance spectroscopy as a predictive indicator of soil properties*, Ecological Indicators, Vol. 11, No. 1, Hal: 123-131.
- Tarigan, S., 2007. Produksi Batuabara Kalteng Tahun ini Lima Juta Ton. Artikel. www.Kapanlagi.com.
- Taylor, G.,H., Teichmuller, M., Davis, A., Diessel, C.,F.,K., Littke, R., & Robert, P.1998.OrganicPetrology.Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Utami, F.P. 2015. Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah). Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro. Semarang.