

Land Use Change in the Berlin Zone After Nickel Mining in Tanjung Buli, East Halmahera Regency

(Perubahan Penggunaan Lahan di Zona Berlin Pasca Tambang Nikel di Tanjung Buli Kabupaten Halmahera Timur)

Arman Drakel ¹

¹ Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian dan Perikanan, Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Ternate, Indonesia.

E-mail: armandrakel12@gmail.com

Article Info:

Received : 21 Apr. 2025

Accepted : 29 Mei 2025

Online : 30 Mei 2025

Article type :

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword :

Changes in Soil Structure, Land Post-Nickel, Mining, Tanjung Buli.

Corresponding Author :

Arman Drakel

Universitas Muhammadiyah
Maluku Utara, Ternate,
Indonesia

Email :
armandrakel12@gmail.com
m

Land use change in the Berlin zone is the subject of this study, which examines land function in terms of its use and its impact on land environmental degradation. The data used in this study are physical and biophysical data as factors in interpreting post-nickel mining land use change. The data analysis methods in this zone are: (1) spatial analysis of land cover; (2) changes in mining land openings; (3) land improvement through reclamation methods; (4) changes in soil physical properties; (5) revegetated land; (6) types of revegetation plants. The results of this study indicate that there has been no significant change in land use in the forest area before mining, which had a forest ecosystem. Land conversion was carried out on an area of 8.04 hectares in 2020 after nickel mining, resulting in changes in forest land use.



Copyright©2025, Arman Drakel

I. PENDAHULUAN

Regulasi Undang Undang No. 3 Tahun 2020 tentang perubahan atas Undang Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Regulasi tersebut membuat industri pertambangan dapat mengelola sumberdaya mineral Nikel. Penggunaan lahan hutan bukaan lahan di zona Berlin berdasarkan ijin usaha pertambangan. Perubahan penggunaan lahan hutan ditandai kegiatan pertambangan Nikel dan sejenisnya sering meninggalkan permasalahan

lingkungan setelah ditambang. Dontala (2015), mengemukakan pertambangan dengan sistem penambangan terbuka telah menyebabkan degradasi hutan dan kerusakan tanah. Fungsi lahan hutan dikonversi menjadi bukaan tambang, akan merubah bentang alam dan didalamnya terdapat ekosistem hutan. Perubahan kawasan penggunaan lahan memanfaatkan citra satelit adalah sebagai alat mengetahui degradasi hutan (Plugge D, *et.el* 2011).

Penggunaan lahan pada zona pertambangan terletak pada kemiringan dan kelerengan antara 40-60% dengan topografi agak berbukit dan bergunung. Kemiringan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesesuaian lahan. Dengan peningkatkan kemiringan lereng, kedalaman tanah dan penurunan kesuburan tanah, dan perkembangan tanah terjadi lebih lambat, (Koulouri, M.; Giourga, C. 2017). Lahan pada zona yang ditambang akan merubah fungsi ekosistem lahan ditandai kemampuan tanah menjadi tidak stabil pada lapisan permukaan. Karena hilangnya vegetasi penutup permukaan tanah berakibat kemampuan tanah tidak mampu menahan laju erosi dan menimbulkan sedimentasi didataran rendah. Adanya kerusakan sifat fisik tanah, hilangnya struktur tanah mengindikasikan rendahnya hara tanah bagi tanaman yang tumbuh.

Dijelaskan oleh Feng, X *et al.* (2013), untuk merestorasi ekologi banyak digunakan untuk mengembalikan degradasi lahan dan mitigasi lingkungan terhadap tekanan manusia pada ekosistem alami. Berkurangnya fungsi lahan dan rusaknya struktur tanah berakibat buruknya produktivitas lahan tidak dapat menopang kehidupan tanaman. Hal ini dijelaskan oleh Maria Menegaki (2017), pemulihan kembali fungsi lahan yang terganggu ke keadaan semula dan mencegah

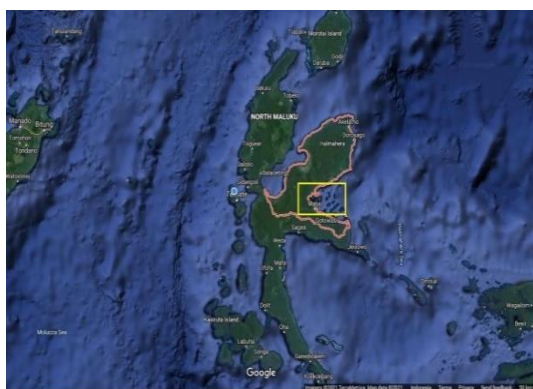
atau mengurangi dampak negatif dari kegiatan ekstraktif.

Menurunnya produktifitas lahan membuat rendahnya pertumbuhan tanaman, dampaknya menaikkan suhu permukaan dan menurunkan kapasitas air dalam tanah. Dijelaskan oleh Cao, X, (2017), aktifitas pertambangan salah satu dampak negatif terhadap lingkungan tanah dan menghilangkan fungsi ekosistem dengan vegetasi, mengubah siklus hidrologi tanah menjadi terganggu dalam hubungan ekologisnya menghilangkan keanekaragaman hayati. Hal yang sama dijelaskan Evans *et al.* (2013). Permasalahan yang dikemukakan berhubungan dengan tujuan penelitian ini untuk mengkaji penggunaan lahan zona Berlin setelah pasca pertambangan Nikel di Tanjung Buli, Kabupaten Halmahera Timur, propinsi Maluku Utara.

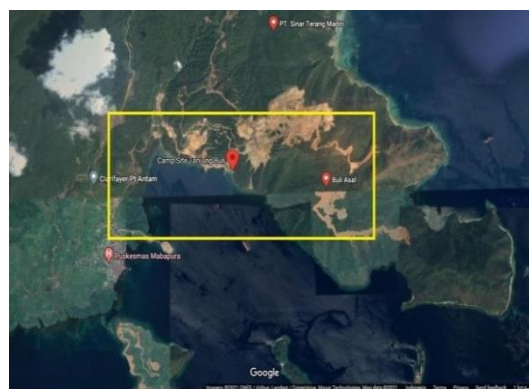
II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian dilakukan selama 7 bulan mulai dari bulan Nopember-Mei 2024- di Tanjung Buli. Tempat penelitian ini di zona Berlin dengan ketinggian 950 meter diatas permukaan laut (dpl). Zona ini merupakan lokasi perubahan penggunaan lahan konsesi, disajikan (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



2.2. Bahan dan Alat

Bahan dalam penelitian ini adalah (1) Citra Satelit Landsat tahun 2024-2025; (2) Citra DEM (*Digital Elevation Model*) Alos Palsar; (3); peta topografi kemiringan dan kelerengan lahan; (4), peta konsesi lahan; (5) peta reklamasi lahan; (6); data dari Aneka Tambang Tbk tahun 2025.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) seperangkat komputer/laptop yang

dilengkapi dengan *Software ArcGIS 10.5*, *Software ENVI 5.1*, *Software Landuse Sim* dan *software SPSS 17*; (2) alat survei lapangan yaitu GPS (*Global Positioning System*), kamera Canon EOS 600 D dan alat tulis.

2.3. Penggunaan Data Penelitian

Data yang digunakan penelitian ini adalah data fisik dan biofisik. Data fisik diperoleh dari

interpretasi pola zonasi 4 titik area perubahan penggunaan lahan di Zona Berlin untuk kegiatan pertambangan Nikel. Data biofisik diperoleh dari dinas atau instansi lainnya yang terkait berdasarkan kebutuhan data.

2.4. Analisis Data

Perubahan penggunaan lahan di zona Berlin dibagi menjadi 4 titik zonasi di zona yang sama sebelum dan sesudah pasca tambang Nikel, Metode analisis data di zona ini dilakukan dianalisis secara spasial selama lima tahun dari parameter di *overlay* dengan data dalam bentuk gambar yang diperoleh dari citra lansat. Data hasil analisis dilapangan dalam bentuk data biofisik dianalisis secara deskriptif dari parameter titik area zonasi penggunaan lahan.

2.5. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan pada zona Berlin di Tanjung Buli dapat diketahui pada titik koordinat perubahan luas titik area zonasi diperoleh dari citra Landsat tahun 2024-2025. Citra satelit Landsat diperoleh secara gratis pada situs milik *United States Geological Survey* (USGS). Citra satelit landsat yang digunakan pada penelitian ini terletak *Path* 113 dan *Row* 59-60. Selanjutnya dilakukan pengolahan citra satelit landsat secara digital menggunakan *software* ENVI 5.1 untuk mendapatkan gambar perubahan penggunaan lahan tahun 2024-2025. Tahapan analisis penggunaan lahan diuraikan sebagai berikut:

2.5.1. Koreksi citra

Koreksi citra terdiri dari koreksi citra geometrik dan koreksi citra radiometrik. Koreksi citra geometrik dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki atau menyamakan sistem koordinat pada citra dengan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan oleh Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN). Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki nilai piksel pada citra yang disebabkan oleh gangguan atmosfer.

2.5.2. Komposit Citra

Komposit citra bertujuan untuk menggabungkan 3 saluran (Band) dengan panjang gelombang tertentu agar dapat mengidentifikasi kenampakan objek pada penelitian. Komposit citra terdiri dari komposit *true color* dan komposit

false color. Komposit *true color* biasanya menggunakan band 3,2,1 untuk menghasilkan komposit warna asli atau sesuai dengan kenampakan dilapangan. Komposit *false color* merupakan penggabungan band dengan warna yang bukan sebenarnya pada permukaan bumi yang digunakan berdasarkan tujuan tertentu. Penelitian ini menggunakan komposit *false color* band 4,5,3 untuk mengidentifikasi penggunaan lahan dan band 4,3,2 untuk mengidentifikasi kelas penggunaan lahan pada kawasan konsesi.

2.5.3. Mosaic Citra

Mosaic citra bertujuan untuk menggabungkan dua *scene* atau lebih citra yang telah dikomposit. Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, dimana zona penelitian terdiri dari dua *scene* citra yaitu *Row* 59 dan *Row* 60. Untuk itu perlu dilakukan *mosaic* citra dengan . proses *mosaic* citra ini memanfaatkan *tool Georeferenced Mosaicking* pada *software* ENVI, sehingga hasil yang diperoleh berupa citra yang telah tergabung.

2.5.4. Interpretasi dan Klasifikasi Citra

Interpretasi citra dilakukan berdasarkan pada pengenalan ciri objek secara spasial dan dengan citra untuk mengidentifikasi dan/atau mengukur berbagai objek berdasarkan elemen-elemen interpretasi citra. Klasifikasi citra bertujuan untuk mengelompokkan piksel-piksel yang terdapat pada citra satelit landsat secara otomatis. Klasifikasi terbimbing perlu melakukan survei lapangan untuk mengidentifikasi dan menguji kualitas klasifikasi setiap penggunaan lahan yang mewakili area pelatihan (*training area*).

2.5.5. Cropping Citra

Cropping citra bertujuan untuk memotong citra merupakan hasil dari interpretasi dan klasifikasi menggunakan batas wilayah penelitian yaitu kawasan konsesi lahan dengan format *shape file* (shp). Proses *cropping* menggunakan *tool Max Pixel Outside of ROI* pada *software* ENVI.

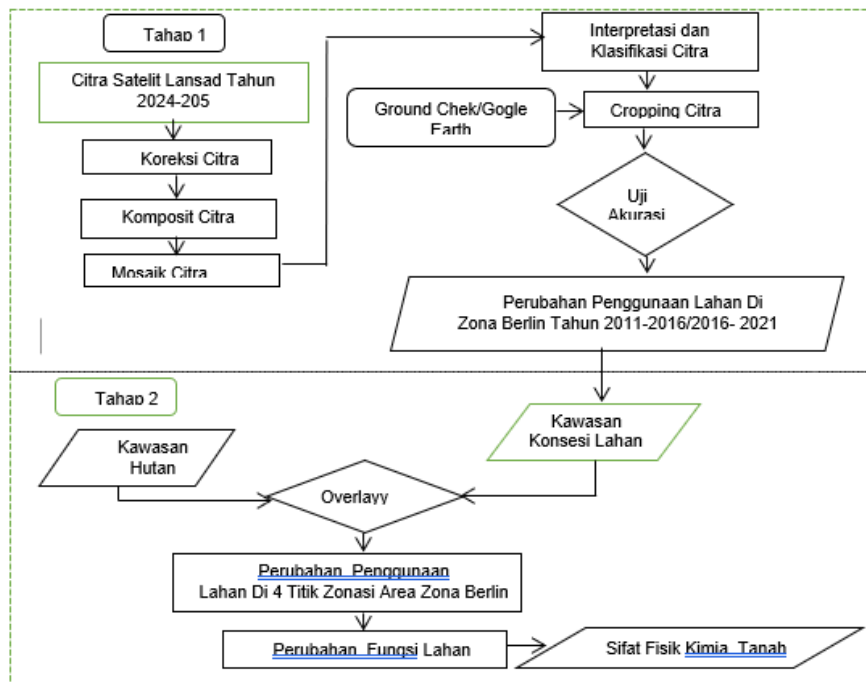
2.6. Uji Akurasi

Hasil interpretasi dan klasifikasi yang telah buat dalam bentuk peta penggunaan lahan masih bersifat sementara karena belum teruji kebenarannya, sehingga perlu dilakukan pencocokan. Proses pencocokan dapat dilakukan dengan survei langsung di lapangan (*Ground*

Check) atau menggunakan citra resolusi tinggi seperti *Google Earth*, Citra Spot 6/7, Citra *Quickbird* dan lain-lain.

Akurasi yang layak diterima dari hasil interpretasi adalah $\geq 85\%$. Jika nilai *Kappa Accuracy* $\geq 85\%$ maka hasil klasifikasi penggunaan lahan dapat digunakan. Kegiatan *Ground Check*

dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi penggunaan lahan dengan lahan yang ada di lapangan sebanyak 5 titik lokasi pengamatan. Dari penjelasan tersebut dikemukakan tahapan proses analisis spasial dengan menggunakan citra lansad (Gambar 2).



Gambar 2. Proses Analisis Spasial dengan Citra Lansad

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Zonasi area mengikuti sifat topografi dengan karakteristik lahan sebagai berikut:

a. Zonasi Area Agak Bergunung

Perubahan lahan di zonasi area satu ini terletak didaerah agak bergunung pada titik koordinat 128° 14' 36,231" Bujur Timur dan 0° 50' 14,661" Lintang U. Sifat topografi penggunaan lahan di Tanjung Buli terletak didaerah agak bergunung. Di zonasi ini terdapat kawasan hutan dikonversi menjadi bukaan tambang karena didalamnya memiliki deposit mineral nikel dan hasil interpretasi disajikan (Gambar 3).

Gambar 3, menunjukkan kawasan hutan pada zonasi tersebut memiliki elevasi antara 25-35 %. Penggunaan lahan pada tahun 2024-2025 dalam periode waktu lima tahun seluas 22,23 ha atau 2,22% terdapat berbagai jenis vegetasi tutupan lahan mengalami tekanan degradasi. Penggunaan lahan bukaan tambang dengan metode eksplorasinya akan merubah fungsi lahan hutan mejadi lahan terbuka.

Lahan yang tidak memiliki penutup permukaan tanah mejadi gersang dapat menaikkan suhu permukaan. Luas penggunaan lahan tahun 2016-2021 mengalami penurunan dengan luas 11,17 atau 1,11%.



Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan Hutan (Data Gambar Citra Landsat 2025)

Hal ini disebabkan berkurangnya mineral nikel dan dilanjutkan eksplorasi di zonasi area yang lain. Kondisi lahan yang hilang vegetasi

menjadi tidak stabil. Bila adanya perubahan iklim dengan volume curah hujan besar akan menggerus sifat permukaan tanah yang memiliki humus pembentukan hara tanah.

b. Zonasi Area Bergunung

Perubahan penggunaan lahan di zonasi area dua terletak pada daerah bergunung dengan titik koordinat $128^{\circ} 16' 18,092''$ Bujur Timur $0^{\circ} 50' 17,649''$ Lintang Utara. Pada tahun 2024-2025 di zonasi ini terdapat luas perubahan penggunaan lahan bukaan tambang sebesar 21.36, atau 2,13%. Dan tahun 2016-2021 mengalami penurunan sebesar 10,40 ha atau 1,04%. Hal ini disebabkan kadar bahan mineral didalamnya setelah eksplorasi sisanya 51,% dilakukan eksplorasi lanjutan. Di zonasi ini merupakan areal peruntukan lain (APL) terletak didaerah bergunung dan hasil interpretasi disajikan (Gambar 4).

Penggunaan lahan bukaan tambang ditandai berubahnya sifat fisik lingkungan tanah berpengaruh buruk terhadap kestabilan lahan. Lahan yang mengalami perubahan fungsinya membuat kemampuan lahan dengan komponen daya dukungnya juga ikut berubah. Lokasi setelah ditambang dibuat secara ideal untuk membentuk kehidupan vegetasi, sekaligus menyediakan sumber nutrisi jangka panjang untuk hutan baru, (Craig *et al.* 2014). Lahan yang berubah fungsi menjadi komponen tanah terfragmentasi menunjukkan hara tanah menjadi rendah, erosi dan longsor.

c. Zonasi Area Bergelombang

Perubahan lahan di zonasi area tiga ini terletak pada lahan bergelombang dengan titik koordinat $128^{\circ} 15' 39,725''$ Bujur Timur dan $0^{\circ} 50' 51,181''$ Lintang Utara. Penggunaan lahan bukaan tambang di zonasi ini merupakan lahan semak belukar. Dan pada tahun 2024-2025, penggunaan zonasi diareal ini dengan luas lahan 18.72 ha atau 1,87% dan pada tahun 2024-2025 terus menurun seluas 10.23 atau 1,02%. Hasil interpretasi disajikan (Gambar 5).

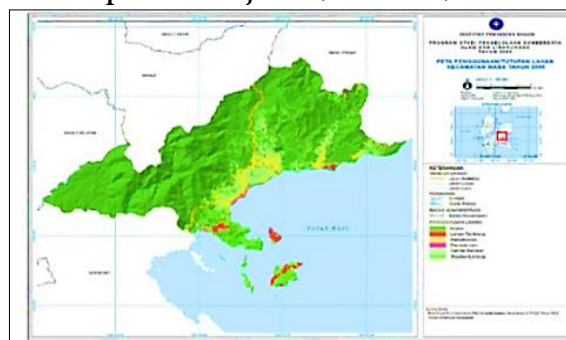
Penurunan luas penggunaan lahan karena kandungan bahan mineral habis dieksplorasi dan pindah di zonasi areal berikutnya. Lahan bukaan tambang menunjukkan hilangnya unsur hara tanah tercampur dengan bahan material lain. Akibatnya bahan organik sebagai unsur hara mengalami degradasi unsur esensial membuat

tanah menjadi tidak produktif sebagai media ekosistem tanah.

Kondisi lahan dengan sifat fisik menjadi rusak menunjukkan biofisik lingkungan juga berubah. Hal ini ditandai rusaknya struktur tanah membuat tanah menjadi tidak subur setelah pasca tambang Nikel. Zonasi areal yang ditambang menimbulkan material yang terangkat menutup permukaan tanah. Terdapat batuan dasar menjadi hambatan pemulihan fungsi lahan. Karena batuan dasar tercampur dengan tanah sulit diolah atau dipisahkan membuat permukaan tanah menjadi ketidakteraturan.

d. Zonasi Area Brbukit

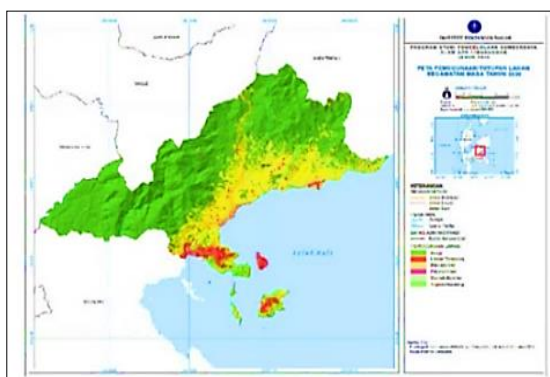
Penggunaan lahan dizonasi areal empat ini terletak didaerah berbukit dengan titik koordinat $128^{\circ} 16' 43,936''$ Bujur Timur dan $128^{\circ} 16' 43,936''$ Lintang Utara. Lahan dizonasi ini merupakan kawasan bukaan tambang dengan luas penggunaan lahan tahun 2011-2016 yaitu 18,76 ha atau 1,87%. Dan pada tahun 2024-2025 terjadi penurunan penggunaan lahan sebesar 10,18 ha atau 1,87% dan hasil interpretasi disajikan (Gambar 6).



Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan APL (Data Gambar Citra Landsat 2025)



Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan Semak Belukar (Data Gambar Citra Landsat 2025)



Gambar 6. Peta Penggunaan Lahan Buka Tambang (Data Gambar Citra Landsat 2025)

Lahan bukaan tambang dilanjutkan reklamasi pasca tambang menunjukkan kondisi tanah menjadi tidak teratur, akibat dari bahan material yang terangkat terfragmentasi dengan tanah lapisan bawah. Luasnya kerusakan struktur tanah berpengaruh terhadap pemulihan kembali ekosistem lahan pada kondisi semula bila adanya suksesi secara alami. Bahan organik memperbaiki kualitas tanah dan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, merupakan sumber koloid organik yang mampu menyediakan hara makro dan mikro.

3.2. Perubahan Sifat Fisik Tanah

Perubahan sifat fisik tanah ditandai dengan kerusakan struktur, tekstur, porositas, dan *bulk density*, akibat dari kegiatan pertambangan dan reklamasi lahan. Kerusakan sifat fisika dan kimia tanah diakibatkan oleh penggalian top soil untuk mencapai lapisan bahan tambang yang lebih dalam sehingga mengubah topografi dan komposisi tanah permukaan (Herjuna, 2011). Pembentukan sifat fisik tanah mengikuti siklus waktu dengan pembentukan bahan organik dari serasah daun, iklim dan vegetasi dalam proses waktu yang lama. Banyak faktor dipertimbangkan ketika mengukur tingkat kesesuaian untuk alternatif reklamasi lahan yang memungkinkan, termasuk kondisi topografi, iklim, dan sosial ekonomi. (Pavloudakis, F et.al 2010)

Serasah berperan untuk menyimpan cadangan hara, mengurangi *bulk density*, meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, membentuk lapisan pelindung pada permukaan tanah serta mengatur kondisi iklim mikro (Bhalawe et al. 2013). Perbaikan sifat fisik tanah dilakukan untuk menstabilkan dan membentuk ketersediaan

hara tanah yang rusak. Sifat fisik kimia tanah mengalami kerusakan akibat dari eksplorasi tambang Nikel berpengaruh buruk terhadap produktifitas tanah. Degradasi sifat fisik tanah pada umumnya disebabkan karena memburuknya struktur dan stabilitas agregat tanah sehingga terjadi erosi tanah (Leomo et al, 2016).

Tanah kehilangan bahan organik sebagai unsur pembentukan hara tanah bercampur dengan bahan material reklamasi lahan mengalami pencucian bersama air tanah. Indikator kualitas tanah pada lahan tambang terdiri atas karbon organik tanah, aliran CO₂ tanah, aktivitas dehidrogenase, fraksi tanah kasar, kadar air dan kejenuhan basa, menjadi parameter kunci untuk mengevaluasi keberhasilan reklamasi, (Mukhopadhyay et al. 2014). Kerusakan sifat fisik tanah menjadi tidak produktif akan menghilangkan fungsi tanah sebagai ekosistem pembentukan hara tanah.

Salah satu hambatan perbaikan sifat fisik tanah yaitu kondisi tanah menjadi kompak dari pergerakan alat berat menyebabkan buruknya tata guna air dan peredaran udara menjadi terhambat. Akibatnya fungsi akar dalam mengabsorpsi unsur hara menjadi terganggu ditandai pertumbuhan tanaman menjadi tidak normal dan kerdil. Selain rusaknya struktur dan tekstur tanah menyebabkan tanah tidak berfungsi menyimpan air dimusim hujan. Pada musim kemarau, kondisi tanah menjadi padat dan keras memerlukan proses pengelolaan dalam pemulihan fungsi lahan.. Selain itu, wilayah pasca tambang merupakan tanah dengan pH yang rendah (masam), miskin air dan unsur hara. Kondisi ini adalah hambatan utama untuk pertumbuhan tanaman (Pietrzykowski et al. 2013).

Sifat fisik tanah pada lapisan permukaan terdapat kehidupan organisme dan mikroba berfungsi merombak bahan organik menjadi unsur hara tanah mikro. Sifat fisik tanah dengan kandungan hara tanah dapat menyokong kehidupan tanaman. Pemulihan sifat fisik tanah untuk memulihkan tingkat kesuburan tanah membutuhkan waktu, biaya, tenaga dan metode penanganan yang tepat. Restorasi ekosistem terdegradasi adalah keberlanjutan untuk meningkatkan layanan ekosistem dengan restorasi ekologis, dan sulit digunakan reklamasi tambang. (Jiali Wang et.al, 2017).

Disamping sifat fisik tanah dengan ketersediaan unsur hara esensial memiliki fungsi yang berbeda dipengaruhi oleh pH tanah, kapasitas tukar kation (KTK). Kapasitas tukar kation (KTK) terhambat dengan terbatasnya ketersediaan air tanah bagi perakaran tanaman yang diserap dalam bentuk ion (H^+). Perbaikan sifat fisik tanah dari proses pembentukan bahan organik yang alami sebagai upaya meningkatkan kesuburan dengan menyediakan hara tanah bagi tanaman.

3.3. Perbaikan Lahan Dengan Metode Reklamasi

Kawasan yang direklamasi di 4 zonasi zona Berlin dilakukan tahun 2011 dengan tujuan untuk menstabilkan fungsi lahan dan memulihkan ekosistem tanah secara alami. Analisis kesesuaian lahan adalah dasar untuk membangun reklamasi lahan yang ditambang perencanaan, (Wang, S.D. *et.al* 2011). Ditambahkan reklamasi membutuhkan pengetahuan dasar tentang lingkungan biotik dan abiotik dan juga tentang proses yang terjadi pada lingkungan disetiap tingkatannya (Kurniawan, 2013). Reklamasi lahan juga untuk memperbaiki dan meminimalisasi kerusakan lahan akibat rusaknya struktur tanah. Caliandro L.P, *et.al* (2012), banyak negara telah melakukan program restorasi ekologis untuk memulihkan ekosistem yang rusak di lokasi pasca penambangan.

Lahan yang direklamasi dari bahan material dikembalikan kedalam lubang tambang tidak mengikuti kaidah lingkungan berakibat buruknya fungsi tanah. Memerlukan pedoman metode dari sistem reklamasi tambang, dan memastikan material/bahan tidak tercampur dan bersih pada lapisan permukaan tanah ditumbuhi vegetasi, (O'Kane *et al.* 2001). Kondisi lapisan tanah pada saat ditambang terangkat kepermukaan tanah dipisahkan sehingga bahan material reklamasi berasal dari lapisan tanah tersebut terpakai. Wang Y *et.al* (2001), langkah-langkah rekayasa diadopsi untuk memulihkan ekosistem yang rusak di lokasi pertambangan, termasuk merestrukturisasi bentuk lahan, mengimpor tanah, dan revegetasi.

Lahan setelah reklamasi menjadi tidak produktif dan tidak berfungsi sebagai media tumbuh tanaman. Sheoran, *et.al* (2010), reklamasi lahan bekas tambang adalah prosedur yang rumit, melibatkan banyak proses ekologis. Data hasil penelitian lahan setelah direklamasi ditandai permukaan tanah terdapat tumpukan batuan dan mengalami pemadatan. Dijeaskan Li, M.S. (2006),

kegiatan penambangan juga menghasilkan sejumlah besar batuan sisa dan tailing, yang menumpuk permukaan dan menempati area lahan yang relatif luas, mengurangi ketersediaan penggunaan lahan dan meningkat tekanan pada pasokan lahan.

Hal ini berimplikasi pori pori tanah menjadi rusak berfungsi sebagai infiltrasi air kedalam tanah menjadi kecil menimbulkan permukaan tana menjadi genangan air. Dijelaskan oleh Yu *et al.* (2013), ketika ada kegiatan tambang, logam-logam tersebut ikut terangkat bersama batu-batuan yang digali, termasuk batuan yang digerus dalam *processing plant*. Logam-logam itu berubah menjadi ancaman ketika terurai di alam bersama tailing yang dibuang.

Kondisi permukaan tanah tergenang air akan memicu kondisi tanah menjadi masam. pH tanah bekas tambang Nikel bersifat masam, memiliki kandungan Ni tinggi, ketersediaan fosfat rendah dan produktivitas lahan berkurang (Sariwahyuni, 2012). Ditambahkan pula oleh O'Kane *et.al* (2001), permasalahan lahan pasca tambang adalah drainase batuan asam yang tercuci dengan logam berat memerlukan pedoman metode dari sistem reklamasi tambang, dan memastikan bahwa material/bahan tidak tercampur dan bersih pada lapisan permukaan tanah pertumbuhan vegetasi, Proses pemulihan secara alami memungkinkan sistem baru untuk reklamasi tambang dibuat dan diteliti (Polster 2013).

Kondisi air yang tergenang memicu pH tanah menjadi masam, akibatnya pengaruh terhadap perakaran dan pertumbuhan tanaman. Indikator lain dari pH tanah menjadi masam adalah bahan kimia pemisahan biji Nikel dibuang kelingkungan tanah tercuci dan terakumulasi dengan hara tanah membuat tanah menjadi tidak subur. Bahan kimia seperti logam berat dapat mengganggu aktivitas kerja enzim dengan struktur protein mengakibatkan gejala defisiensi. Kondisi tanah seperti menyebabkan terjadinya gejala klorosis, pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, berpengaruh terhadap fotosistem dan siklus sel (Boardman *et al.* 2013).

Lingkungan lahan seperti ini memerlukan penataan dan perbaikan untuk memulihkan fungsi lahan. Beberapa metode yang dipakai antara lain; (1) menutup permukaan tanah dengan tanah *top soil* setebal 35-40 cm ;(2) membuat saluran air atau drainase; (3) menutup permukaan tanah dengan

serasah daun ; (4) menambah unsur hara tanah dengan bahan organik (pupuk organik). Proses pemulihan secara alami memungkinkan sistem baru untuk reklamasi tambang dibuat dan diteliti (Polster 2013).

Dijelaskan Oktavia *et.al* (2015) Sifat-sifat tanah seperti tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan kapasitas tukar kation merupakan faktor penting yang dipertimbangkan dalam menilai restorasi bekas tambang. Lahan setelah direklamasi terbatasnya hara tanah, ketersediaan air didalam tanah menjadi terbatas karena naik suhu menimbulkan penguapan tingkat permukaan terus meningkat. Meningkatnya laju erosi tanah, sedimentasi, dan merusak wilayah tangkapan air (Zhang *et al.* 2015).

3.5. Pembahasan

Perubahan tutupan lahan pada kawasan konsesi di Tanjung Buli dengan kelas tutupan lahan mengalami konversi lahan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi disektor pertambangan Nikel. Kelas tutupan lahan meliputi; (1) hutan; (2) bukaan tambang; (3) perladangan/ladang; (4) areal peruntukan lain (APL), semak belukar; dan hutan produksi terbatas (HPT).

Penggunaan lahan/tutupan lahan mengalami perubahan setiap lima tahun dari tahun 2024-2025 dengan mengkonversi kelas penggunaan lahan/tutupan lahan tersebut. Konversi kelas penggunaan lahan/tutupan lahan dilakukan untuk bukaan tambang terkonsentrasi di semua zona yang dipetakan sebelumnya. Setiap zona yang ditambang sudah dilakukan reklamasi dan revegetasi lahan secara bertahap dengan jenis vegetasi lokal yaitu ketapang (*Terminalia catappa*), Akasia (*Acacia mangium*), Sengon (*Paraserianthes falcataria*), dan pohon Waru (*Hibiscus tiliaceus*).

Berdasarkan hasil analisis dilokasi penelitian kawasan bukaan tambang dengan kegiatan pertambangan Nikel terletak pada wilayah daratan Tanjung Buli dengan topografi perbukitan dan pegunungan dengan ketinggian antara 12,5-950 meter dpl. Kondisi wilayah konsesi lahan bukaan tambang membentang dari utara ke selatan mengikuti jalur pegunungan dengan karakteristik kelerengan yang berbeda. Bentuk wilayah dengan sifat kelerengan kawasan bukaan tambang akan merubah ekosistem hutan dan lahan.

Akibat dari kegiatan eksplorasi dan dilanjutkan dengan reklamasi lahan membuat

lahan menjadi degradasi dan berpengaruh buruk terhadap sifat fisik tanah. Pemulihan fungsi ekosistem tanah yang marginal hara tanah diwilayah kemiringan dan berlereng membutuhkan waktu yang lama. Hal ini tergantung dari sifat tumbuh vegetasi secara alami dan revegetasi lahan dengan jenis pohon lokal yang cepat tumbuh dan adaptasi terhadap kondisi lahan yang marginal hara tanah. Untuk pemulihan fungsi lahan, salah satu metode yang cocok untuk revegetasi lahan pada wilayah kemiringan dan kelerengan yaitu metode teras sering ditutup dengan jaring yang terbuat dari sabuk kelapa (*coco mess*).

Metode penutup tanah pinggiran dari jaring kelapa (*coco mess*) bertujuan untuk menahan laju infiltrasi air permukaan, memperkecil hilangnya bahan material penutup tanah. Disamping mengurangi sedimentasi dan memperkokoh jenis tanaman yang direvegetasi, juga membuat lahan tidak gersang dan tandus pada daerah pinggiran. Berdasarkan tipologi lahan dan hasil dari proses pedogenesis tanah yang terjadi, kawasan Tanjung Buli merupakan tanah-tanah yang terbentuk pada toposequen atasan (*upland*) dan sedikit pada toposequen bawahan (*lowland*).

Bahan induk tanah berasal dari pelapukan batuan beku (*serpentine, peridotite, dunite*). Karakteristik tanah yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat asli bahan induknya. Jenis tanah dengan komponen lapisan dipengaruhi oleh faktor lingkungan menjadi bahan organik tanah. Karakteristik proses pembentukan tanah mengalami perubahan dengan adanya penggunaan lahan untuk bukaan tambang akan mereduksi sifat fisik tanah.

Konversi lahan dengan kegiatan pertambangan akan menghilangkan fungsi tanah menjadi tidak produktif sebagai media pertumbuhan tanaman. Tanah mengandung bahan mineral Nikel dieksplorasi dapat merubah struktur tanah menjadi tidak teratur dan membutuhkan waktu yang lama dipulihkan kembali. Sifat fisik tanah yang hilang komponen lapisannya baik lapisan *top soil*, solum tanah dan ruang pori tanah mengindikasikan fungsi tanah menjadi marginal. Sebaliknya pada musim kemarau tanah menjadi keras dan padat, sehingga tanah menjadi sulit untuk diolah.

Perubahan sifat fisik kelas ditandai dengan rusaknya struktur tanah dengan ruang partikel-

partikel tanah. Perubahan penggunaan lahan pada daerah ketinggian dapat merubah produktifitas lahan dengan vegetasi yang tumbuh menutup permukaan tanah. Vegetasi sebagai tutupan lahan, sifat pertumbuhannya dapat menampung ketersediaan air tanah, kehidupan organisme dan jenis vegetasi yang tumbuh. Hilangnya vegetasi dapat menghambat ketersediaan air tanah dalam proses pembentukan bahan organik tanah.

Pengaruh terhadap struktur tanah dengan hilangnya vegetasi penutup tanah membuat struktur tanah menjadi ringan. Karena struktur tanah pada umumnya menghasilkan pertumbuhan tanaman yang direvegetasi dan produksi persatuan waktu yang lebih tinggi. Lahan yang mengalami degradasi seperti rusaknya struktur tanah, profil tanah, hara tanah dan bahan organik pembentukan tanah menunjukkan sifat fisik menjadi rusak. Pengaruh terhadap terhadap sifat tumbuh tanaman menjadi terhambat dalam pertumbuhannya.

Karakteristik sifat fisik geologi tanah terdapat terdapat struktur tanah dan memiliki lapisan tanah dengan partikel pada agregat-agregat/gumpalan kecil oleh liat humus, kalsium dan unsur lainnya. Pada ruang kosong yang besar antara agregat/makropori membentuk sirkulasi air dan udara juga akar tanaman untuk tumbuh ke bawah pada tanah yang lebih dalam.

Selanjutnya dilakukan pemetaan perubahan kelas penggunaan lahan meliputi; (1) hutan sebagai kawasan bentang alam menjadi bukaan tambang berdampak luas terhadap kerusakan lingkungan seperti menurunnya produktifitas lahan, ketersediaan air tanah menjadi berkurang, perubahan bentang lahan dan erosi; (2) bukaan tambang akan mengkonversi kawasan hutan, juga merubah lingkungan tanah menjadi tidak stabil, rusaknya biofisik tanah

Rusaknya struktur tanah, pH tanah menjadi masam dan revegetasi lahan menjadi terhambat akibat suplai hara tanah sangat terbatas; (3) perladangan/ladang mengalami konversi lahan untuk bukaan tambang membuat lahan menjadi tidak produktif berpengaruh terhadap sifat tumbuh tanaman yang direvegetasi. Disamping itu tanaman mengalami pertumbuhan yang lambat akibat dari kondisi lahan marginal hara tanah. Penurunan produktifitas lahan pasca tambang Nikel menyebabkan kerusakan ekosistem tanah dengan

komponen biofisik tanah; (4) areal peruntukan lain (APL) dikonversi menjadi bukaan tambang berakibat rusaknya struktur tanah, permukaan tanah menjadi tidak teratur, hilangnya bahan organik tanah dan kondisi menjadi labil dari erosi; (5) semak belukar dikonversi menjadi bukaan tambang membuat hilangnya vegetasi penutup permukaan tanah.

Disamping tanah menjadi gundul dan erosi, naiknya suhu permukaan tanah, dan kebutuhan air tanah menjadi terbatas bagi tanaman; (6) hutan produksi terbatas (HPT) dilakukan konversi menjadi bukaan tambang, membuat kondisi sifat fisik tanah menjadi rusak, hilangnya ekosistem tanah, kerentanan tanah terhadap perubahan iklim yang ekstrim dan membuat tanah menjadi longsor pada wilayah pinggiran.

IV. PENUTUP

Beberapa simpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perubahan penggunaan lahan bukaan tambang di 4 zonasi zona Berlin dapat merubah lingkungan fisik tanah menjadi tidak stabil. Konversi lahan menjadi bukaan tambang menyebabkan kerusakan ekosistem lahan, struktur tanah, bahan organik, hara tanah, dan vegetasi penutup tanah.
2. Adanya reklamasi lahan sebagai upaya mengembalikan ekosistem lahan yang rusak tidak berpedoman dengan kaidah lingkungan membuat kerusakan lahan menjadi luas dan tidak produktif. Perbaikan fungsi lahan yang mengalami kerusakan dibutuhkan penataan lingkungan tanah seperti lapisan atas tanah diberikan *top soil*, pembuatan terasering, pembuatan drainase dan pemberian pupuk.
3. Lahan setelah reklamasi dilanjutkan dengan revegetasi lahan, hal ini bertujuan untuk membangun ekosistem baru dengan vegetasi lain. Revegetasi lahan akan menyimpan bahan organik yang dari serasah daun dan ranting tanaman yang hancur menjadi hara tanah bagi tanaman
4. Jenis tanaman yang direvegetasi salah satu hambatan adalah defisiensi hara tanah seperti hara tanah seperti kekurangan Ca, Fe, Cu, atau Mn berpengaruh sifat tumbuh tanaman menjadi kerdil dan mati pucuk

REFERENSI

- Bhalawe S, *et.al* 2013. Leaf litter decomposition pattern of trees. *The Bioscan*. 8(4):135-140
- Cao, X. Regulating mine land reclamation in developing countries: The case of China. *Land Use Policy* 2017, 24, 472–483.
- Data Pemantauan Iklim Maluku Utara Wilayah Hallmahera Timur, BMKG Sultan Babullah tahun 2020.
- D. Plugge, T. Baldauf, and M. Köhl, *Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD): Why a Robust and Transparent Monitoring, Reporting and Verification (MRV) System is Mandatory*, Institute for World Forestry University of Hamburg, Hamburg, 2011.
- Craig, M.D., A.H. Grigg, R.J. Hobbs and G.E. St. J. Hardy. 2014. Does coarse woody debris density and volume influence the terrestrial vertebrate community in restored bauxite mines? *Forest Ecology and Management* 318 (2014) 142-150.
- Dontala SP, Reddy TB, Vadde R. 2015. Environmental Aspects and Impacts its Mitigation Measures of Corporate Coal Mining. *Procedia Earth and Planetary Science*. 11:2-7.
- Evans DM, Zipper CE, Burger JA, Strahm BD, Villamagna AM. 2013. Reforestation practice for enhancement of ecosystem services on a compacted surface mine: Path toward ecosystem recovery. *Ecological engineering*. 51:16-23.
- Feng, X.; Fu, B.; Lu, N.; Zeng, Y.; Wu, B. How ecological restoration alters ecosystem services: An analysis of carbon sequestration in China's Loess Plateau. *Sci. Rep.* 2013, 3, 2846.
- Herjuna, S. 2011. *Pemanfaatan Bahan Humat dan Abu Terbang untuk Reklamasi Lahan Bekas Tambang*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Jiali Wang, Fuqiang Zhao, Jian Yang, dan Xiaoshu Li 2017, *Jurnal Departemen Kehutanan*, Universitas Kentucky, Lexington, KY AS, 40546.
- Kobayashi H, Watando H, Kakimoto M. 2014. A global extent site-level analysis of land cover and protected area overlap with mining activities as an indicator of biodiversity pressure. *Journal of Cleaner Production*. 84:459468.
- Koulouri, M.; Giourga, C. Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena* 2017, 69, 274–281.
- Leomo *et.al* (2016). Estimation of erosion hazard level using Universal Soil Loss Equation (USLE) Method in Endanga Watershed, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Adv. Environ. Biol.* 10 (1): 101-106.
- Li, M.S. Ecological restoration of mineland with particular reference to the metalliferous mine wasteland in China: A review of research and practice. *Sci. Total Environ.* 2006, 357, 38–53.
- Marzaioli R, R D'Ascoli, RA De Pascale, FA Rutigliano 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology* 44.
- Menegaki, M., & Kaliampakos, D. (2017). Surface mining design: A systematic approach to the evaluation of visual impacts. In *Proceedings of the International Conference on Mining and the Environment, Metals and Energy Recovery, Securing the Future (Vol 2, pp. 716-725)*. Stockholm: SveMin.
- Mukhopadhyay S, Maiti S, Masto R. 2014. Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success: A chronosequence study. *Ecological Engineering*. 71:10-20
- O'Kane, M., S. Januszewski, and G. Dirom. 2001. Waste rock cover system field trials at the Myra Falls Operations – A summary of three years of performance monitoring. *Proceedings of the 25th annual British Columbia Mine Reclamation Symposium*.
- Panuju, D.R. dan Rustiadi, E. (2011). *Teknik Analisis Perencanaan Pengembangan Wilayah*. Bagian Perencanaan Pengembangan Wilayah IPB. Bogor.
- Pavloudakis, F.; Galetakis, M.; Roumpos, C. A spatial decision support system for the optimal environmental reclamation of open-pit coal mines in Greece. *Int. J. Min. Reclam. Environ.* 2010, 3, 291–303.
- Pedlowski *et.*, (2010)., "Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery," *Remote Sensing of Environment*, vol. 114 (5), pp. 1117-1129, 2010.

- Pietrzykowski M, Wos B, Haus N. 2013. Scots pine needles macronutrient (N, P, K, CA, MG, and S) supply at different reclaimed mine soil substrates as an indicator of the stability of developed forest ecosystems. *Environ Monit Assess.* 185(9): 7445-7457.
- Pietrzykowski M, Wos B, Haus N. 2013. Scots pine needles macronutrient (N, P, K, CA, MG, and S) supply at different reclaimed mine soil substrates as an indicator of the stability of developed forest ecosystems. *Environ Monit Assess.* 185(9): 7445-7457.
- Pavloudakis, F.; Galetakis, M.; Roumpos, C. A spatial decision support system for the optimal environmental reclamation of open-pit coal mines in Greece. *Int. J. Min. Reclam. Environ.* 2010, 3, 291–303.
- Polster, D.F. 2013. Processes and Functions: A new approach for mine reclamation. paper presented at the B.C. Technical and Research Committee on Reclamation, BC Mine Reclamation Symposium. Vancouver, B.C. September 16-19, 2013.
- Poonia, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. *Int. J. Soil Sediment Water* 2010, 3, 1–20. Marzaioli *et.al* (2012), Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology*.
- Sheoran, V.; Sheoran, A.S.; Poonia, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. *Int. J. Soil Sediment Water* 2010, 3, 1–20.
- Trepekli A, Loupa G, Rapsomanikis S. 2016. Seasonal evapotranspiration, energy fluxes and turbulence variance characteristics of a Mediterranean coastal grassland. *Agricultural and Forest Meteorology.* 226:13-27
- Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Wang, S.D.; Liu, C.H. ; Zhang, H.B. Evaluasi kesesuaian untuk reklamasi lahan di area penambangan: Studi kasus tambang Gaoqiao Bauksit. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 2011, 21, s506 – s515.
- Widiatmaka, Suwarno, Kusmaryandi N. 2010. Karakteristik pedologi dan pengelolaan revegetasi lahan bekas tambang nikel: studi kasus lahan bekas tambang nikel Pomalaa, Sulawesi Tenggara. *J Tanah Lingk.* 12(2):1-10.
- Yu X, Li Y, Zhang C, Liu H, Liu J, Zheng W, Kang X, Leng X, Zhao K, Gu Y, Zhang X, Xiang Q, Chen Q. 2016. Culturable heavy metal-resistant and plant growth promoting bacteria in V-Ti magnetit mine tailing soil from Panzhihua, China. *Plos one.* 9(9):1-30.