

PEMETAAN LAHAN BEKAS TAMBANG DI WILAYAH KABUPATEN BANGKA BARAT BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

M. Ridho Virgiawan¹, Janiar Pitulima²

¹ Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

² Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung, Pangkalpinang

Corresponding author: vmridho@gmail.com

ABSTRAK: Proses penambangan timah di Bangka Belitung tercatat sudah berlangsung selama ratusan tahun dan telah meninggalkan lahan bekas tambang yang masif. Kondisi ini menyebabkan berbagai efek dalam jangka waktu panjang sehingga dapat menjadi permasalahan lingkungan yang serius. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan lahan bekas tambang berdasar di kabupaten Bangka Barat. Adapun metode yang digunakan yaitu *digitation on screen* dengan data citra satelit (*true color*) SPOT dan Google Map Imagery. Untuk memperkuat hasil interpretasi pada citra juga dilakukan survei langsung di lapangan (*ground checking*). Berdasarkan proses interpretasi citra menunjukkan bahwa lahan bekas tambang memiliki beberapa karakteristik fisik yang khas yaitu bentuk secara umum asimetris dan cenderung sporadis namun secara umum memiliki pola sebaran aliran dendritik. Dimensi lahan bekas tambang memiliki ukuran paling kecil 10 meter sampai paling besar >1000 m. Permukaan lahan bekas tambang secara umum berwarna kuning, merah, putih dan hitam/cokelat. Sedangkan interpretasi permukaan air kolong/danau bekas tambang berwarna biru, hijau muda dan hijau tua/gelap. Semua karakteristik lahan bekas tambang baik dari bentuk, ukuran, warna dan hubungannya dengan fitur geomorfologi memiliki hubungan dengan jenis endapan mineral. Berdasarkan hasil survei langsung di lapangan, secara umum jenis endapan mineral pada lahan bekas tambang dapat diklasifikasikan menjadi empat macam yaitu lahan bekas tambang pada endapan primer dan residual, lahan bekas tambang pada endapan koluvial, lahan bekas tambang pada endapan lempung primer dan lahan bekas tambang pada endapan aluvial sungai dan lembah. Lahan bekas tambang Selain itu karakteristik lahan bekas tambang memiliki hubungan kuat dengan jenis endapan, kehadiran sungai dan perbukitan sekitarnya. Hasil pemetaan lahan bekas tambang di Kabupaten Bangka Barat terhitung seluas ±18.034 hektar yang tersebar di enam kecamatan. Luas lahan bekas tambang di kecamatan Muntok sebesar 3.174,56, Simpang Teritip sebesar 3.174,45 hektar, kecamatan Jebus sebesar 3.559,35 hektar, Parittiga sebesar 6.352,74 hektar, Kelapa sebesar 596,43 hektar dan Tempilang sebesar 1.089,47 hektar.

Kata Kunci: Lahan Bekas Tambang, Pemetaan, Bangka Barat.

ABSTRACT: The tin mining process in Bangka Belitung has been recorded to have been ongoing for hundreds of years, leaving behind extensive ex mining land. This condition has led to various long-term effects, making it a serious environmental concern. The aim of this research is to map the ex mining land in Bangka Barat regency. The method used involves on-screen digitization using true-color satellite imagery (SPOT) and Google Map Imagery. To strengthen the interpretation of the imagery, direct field surveys (*ground checking*) were also conducted. Based on the interpretation of the imagery, the ex mining land exhibit several distinctive physical characteristics. They generally have asymmetrical and sporadic shapes but tend to have a dendritic flow pattern. The dimensions of the ex mining land range from a minimum of 10 meters to over 1000 meters. The surface of these areas generally appears yellow, red, white, and black/brown. Meanwhile, the interpreted surface of the pit/pond water in the ex mining land appears blue, light green, and dark green. All the characteristics of the ex mining land, including their shape, size, color, and relationship with geomorphological features, are related to the types of mineral deposits. Based on the results of direct field surveys, the types of mineral deposits in the ex mining land can generally be classified into four categories: areas with primary and residual deposits, areas with colluvial deposits, areas with primary clay deposits, and areas with alluvial deposits from rivers and valleys. Furthermore, the characteristics of the ex mining land are strongly associated with the types of deposits and the presence of nearby rivers and hills. The mapping of ex mining land in Bangka Barat Regency covers an estimated area of approximately 18,034 hectares distributed across six districts. The areas in Muntok district cover 3,174.56 hectares, Simpang Teritip district covers 3,174.45 hectares, Jebus district covers 3,559.35 hectares, Parittiga district covers 6,352.74 hectares, Kelapa district covers 596.43 hectares, and Tempilang district covers 1,089.47 hectares.

Keywords: Ex-mining Land, Mapping, Bangka Barat.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bangka Belitung dikenal sebagai daerah gugus kepulauan barat di Indonesia yang dilalui oleh Jalur Timah Asia (Asian Tin Belt). Hal ini membuat tanah pulau Bangka Belitung kaya akan mineral timah beserta mineral ikutannya. Sudah sejak lama pulau Bangka dikenal sebagai eksportir balok timah terbesar kedua di dunia setelah Tiongkok (Statista Research Department, 2022). Namun keberadaan sumberdaya alam ini menyebabkan aktivitas penambangan pasir timah yang masif dalam jangka waktu selama ratusan tahun bahkan sejak abad ke 7 masehi (Irzon, 2021). Fakta tersebut mengakibatkan meluasnya lahan bekas tambang sehingga akan menimbulkan perubahan kualitas lahan/tanah.

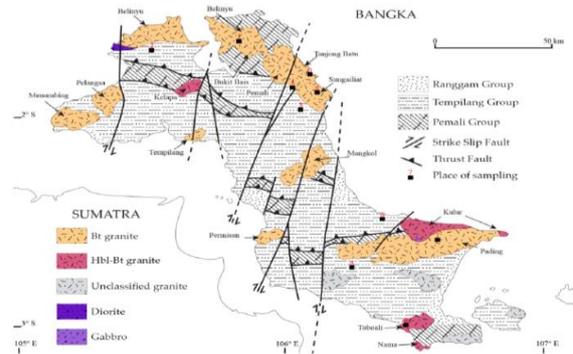
Hamid, Priatna dan Hermawan (2017) menyebut lahan bekas tambang timah di Bangka memiliki tingkat kesuburan yang rendah dengan ciri tanah berpasir, lapisan *top soil* hampir tidak ada, keasaman tinggi serta sangat miskin vegetasi dan unsur hara. Hal ini mengindikasikan adanya kerusakan fungsi tanah di lahan bekas tambang. Selain itu permasalahan terkait dengan agraria juga kerap terjadi seperti status kepemilikan lahan (Munir & Setyowati, 2017). Untuk itu perlu adanya suatu pemetaan lahan bekas penambangan di provinsi Kepulauan Bangka Belitung seperti di Kabupaten Bangka Barat. Pemetaan lahan bekas tambang ini bermanfaat bagi stakeholder terkait seperti pemerintah daerah, akademisi, organisasi non pemerintahan serta para praktisi. Hasil dari studi ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah untuk membuat suatu kebijakan serta berperan sebagai acuan studi lebih lanjut terhadap sumberdaya mineral yang belum tereksplorasi (sumberdaya marginal).

Geologi Regional

Menurut Mangga dan Djamel (1994), struktur geologi yang berkembang di Pulau Bangka adalah kelurusan punggungan maupun lembah, sesar naik, sesar mendatar dan sesar normal serta lipatan pada batuan sedimen berumur permokarbon dan trias. Deformasi di Bangka terjadi dalam tiga tahap (fase). Tahap pertama diawali pada masa paleozoikum akhir dengan struktur berarah timur laut - barat daya yang ditandai dengan korok-korok (dykes) granit. Kemudian pada masa trias yura yaitu struktur yang berarah barat laut – tenggara. Masa kapur (fase terakhir atau paling muda) struktur yang berarah utara - selatan. Struktur ini memotong Formasi Kompleks Pemali (CPp), Diabas Penyabung (PTRd), Tanjung Genting (TRt), Granit Klabat (TRJkg) dan Ranggam kecuali Endapan Aluvium (Qa).

Endapan Timah Bangka

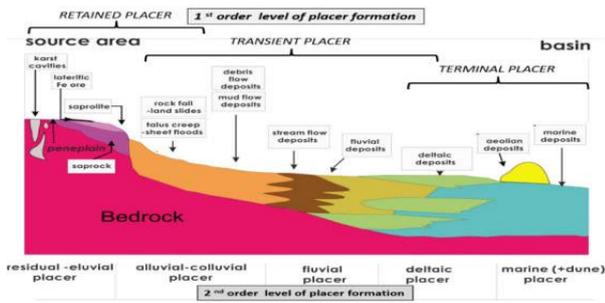
Secara umum genesa bijih timah di pulau Bangka terbagi menjadi dua tipe endapan yaitu Endapan Primer dan Endapan Sekunder (Lehmann, 2021). Endapan timah primer merupakan endapan mineral in situ atau belum mengalami pelapukan dan tertransportasi. Teori endapan timah sekunder menjadi populer dan bertahan dikarenakan “kemurahan lama” sejak awal ditemukannya bijih timah pertama kali oleh orang-orang pribumi Bangka pada tahun 1709.



Sumber: (Zglinicki, Szamałek, & Wołkowicz, 2021)
Gambar 1. Peta sebaran batuan granit dan distribusi timah sekunder Pulau Bangka

Semua manuskrip-manuskrip sejarah awal pertambangan timah menunjukkan bahwa bijih timah telah ditambang dari endapan sekunder/aluvial. Berbagai riwayat sejarah awal ditemukan bijih timah seperti penemuan yang tidak disengaja dalam bentuk lelehan bijih timah hasil pembakaran ladang pertanian di daerah Merawang atau kisah aktivitas masyarakat Toboali yang menambang timah di sungai Ulim dengan menggunakan alat batok kelapa (Angelina O B N, 2018). Walaupun pada awalnya teori endapan timah sekunder sangat populer dan mapan selama ratusan tahun namun teori tersebut terbantahkan dikemudian hari sejak ditemukan urat-urat timah pada Batuan Pasir di Bukit Sambunggiri oleh geologis Belanda Van Diest pada tahun 1872.

Teori genesa endapan bijih timah Bangka umumnya berasosiasi dengan batuan beku asam granitis. Genesa endapan bijih timah primer termineralisasi pada bagian atas (terluar) tubuh granitoid dan juga bisa pada batas kontak dengan batuan dinding contohnya endapan greisen (Mukifin Ali, 2017). Endapan bijih timah ini seringkali ditemukan berasosiasi dengan tubuh utama granit yang mengacu pada suatu tubuh batolit (massa batuan dengan luas lebih dari 2 Km) (Franto, 2020).



Sumber: (Dill, 2018)

Gambar 2. Genesa bijih timah primer dan sekunder eluvial, kolovial dan aluvial

Secara geologi, endapan timah sekunder merupakan bagian dari suatu siklus batuan sedimen. Pembentukan endapan timah sekunder merupakan hasil dari perombakan batuan asal/induk batuan metamorf atau batuan sedimen itu sendiri yang mengandung bijih timah. Batuan induk yang lebih tua tersebut kemudian mengalami proses pelapukan, transportasi dan pengendapan di daerah tertentu. Genesa endapan timah sekunder sendiri dapat mengacu pada model endapan letakan (placer) yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Perpetaan Digital

Definisi peta menurut (Lapaine et al., 2021) adalah simbol yang melambangkan realitas geografis, mewakili fitur atau karakteristik tertentu, yang dihasilkan dari upaya kreatif dari pelaksanaan pilihan penulisnya, dan dirancang untuk digunakan ketika hubungan spasial memiliki relevansi utama. Sedangkan pemetaan menurut Komite Gabungan American Society of Civil Engineering, American Society for Photogram-metry and Remote Sensing dan American Congress on Surveying and Mapping (Lapaine, 2019) adalah proses merancang atau membuat peta.

Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Satelite

Menurut (Purwanto & Lukiawan, 2018) penginderaan jauh bertujuan untuk mendapatkan gambaran atau peta tematik yang berisikan bagian-bagian yang menyatakan suatu objek atau tema. Setiap objek pada gambar tersebut memiliki simbol yang unik yang dapat dinyatakan dengan warna atau pola tertentu. Klasifikasi bentuk dalam citra, pada awalnya dimulai dengan interpretasi visual atau interpretasi citra secara manual untuk mengidentifikasi kelompok piksel yang homogen yang mewakili beragam bentuk atau kelas liputan lahan yang diinginkan. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu interpretasi secara manual dan interpretasi secara digital.

Dalam kegiatan interpretasi citra satelit perlu adanya parameter-parameter tertentu yang digunakan sebagai

acuan untuk melakukan interpretasi. Hal ini bertujuan agar suatu objek di permukaan bumi dapat dikenali oleh seorang interpreter dengan akurat. Adapun faktor-faktor pada suatu citra yang dapat digunakan oleh seorang interpreter menurut (Masruroh, Sartohadi, & Setiawan, 2020; Lamb, Gann, Velazquez, & Troxler, 2022) yaitu Tone (kontras citra), Warna, Tekstur, Hubungan antar objek, Bentuk, Ukuran dan Pola.

Lahan Bekas Tambang

Menurut (Sukarman & Gani, 2020) Lahan bekas tambang merupakan suatu wilayah dimana proses penambangan sudah tidak aktif lagi telah mengalami kerusakan bentang lahan serta struktur tanah dari keadaan aslinya. Lahan bekas tambang mempunyai bentuk datar sampai bergelombang, berpola tidak teratur, permukaan yang kasar/tidak rata dan terdapat cekungan/kolong yang berisi air. Sedangkan untuk landform lahan bekas tambang yaitu: (1) Lahan hasil reklamasi (*Landform Antropogenik Konstruksional*). (2) Gundukan tanah buangan (*Landform Antropogenik Konstruksional*). (3) Tumpukan buangan bahan galian (*Landform Antropogenik Konstruksional*). (4) Lubang tambang terbuka (*Landform Antropogenik Destruksional*). (5) Lahan yang telah dikupas (*Landform Antropogenik Destruksional*). (6) Daerah cekungan bekas tambang (*Landform Antropogenik Destruksional*).

Maksud dan Tujuan

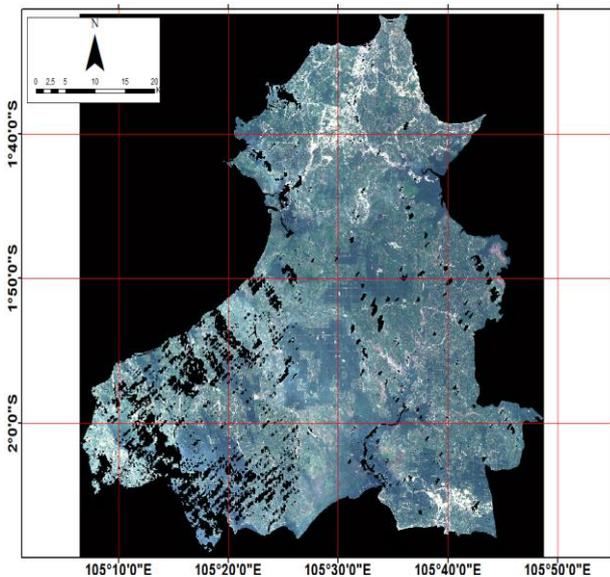
Adapun maksud dari penelitian ini yaitu memetakan lahan bekas tambang di wilayah administratif kabupaten Bangka Barat dan mengidentifikasi mineral ikutan timah pada lahan bekas tambang. Tujuan dari penelitian ini untuk memetakan lahan bekas tambang di kecamatan Muntok, Simpang Teritip, Kelapa, Tempilang, Parittiga dan Jebus berdasarkan interpretasi karakteristik fisik pada peta digital disertai ground checking di lapangan.

Manfaat Penelitian

Dengan memetakan lahan bekas tambang dapat membantu semua stakeholder terkait dalam menjalankan fungsinya misalnya membantu pemerintah kabupaten Bangka Barat membuat kebijakan terkait reklamasi dan alih fungsi lahan bekas tambang atau zonasi peruntukkan wilayah (Rencana Tata Ruang dan Wilayah/RTRW). Membantu praktisi tambang untuk mengevaluasi kembali cadangan-cadangan timah marginal yang belum tertambang atau bahkan sudah ditambang namun belum terekoveri secara maksimal (konservasi mineral). Serta membantu organisasi-organisasi non pemerintahan dan pihak swasta dalam melakukan upaya-upaya pemetaan rehabilitasi serta pemanfaatan lahan bekas tambang.

METODE PENELITIAN

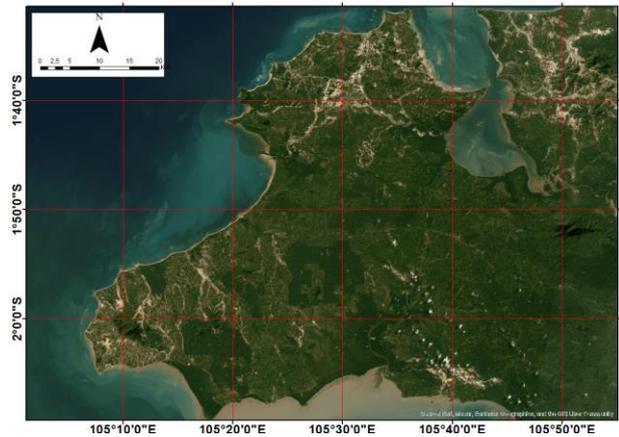
Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pemetaan digital lahan bekas tambang menggunakan bantuan software pemetaan dengan teknik Digitasi on Screen pada data citra satelit. Kemudian pemetaan dilanjutkan dengan survei lapangan untuk mencocokkan kesesuaian antara hasil interpretasi citra dan keadaan yang sebenarnya. Selain itu juga pada survei lapangan dilakukan pengklasifikasian lahan bekas tambang berdasarkan kriteria endapannya secara geologi.



Gambar 3 . Citra Satelit pour l'Observation de la Terre (SPOT).

Pada penelitian ini bahan data raster yang digunakan berupa citra Satellite pour l'Observation de la Terre/SPOT (Gambar 3) dan citra Google Map Imagery (Gambar 4) yang beresolusi tinggi tipe true color (komposit kanal Red, Green dan Blue). Penggunaan kedua citra tersebut bertujuan untuk saling menutupi kekurangan yang ada pada masing-masing citra. Selain itu juga digunakan Peta Geologi regional lembar Bangka Utara skala 1:250.000 dan data Digital Elevation Model (DEM). Sedangkan format vektor yang digunakan dalam digittasi yaitu berupa format shapefile .Shp Polygon.

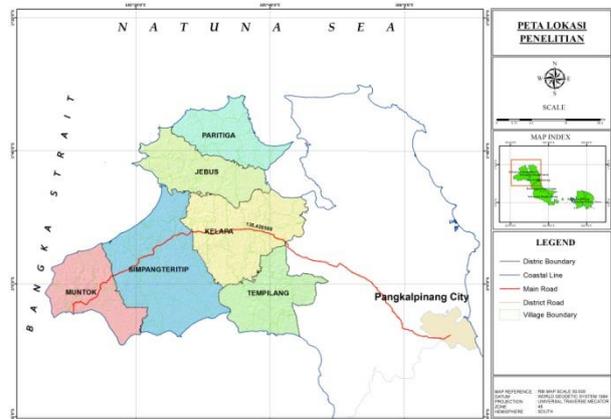
Adapun langkah-langkah dalam kegiatan pemetaan ini yaitu melakukan interpretasi lahan bekas tambang citra satelite baik dari faktor Warna, Tekstur, Hubungan antar objek, Bentuk, Ukuran dan Pola. Kemudian melakukan proses Digitasi on Screen untuk penyalinan data raster secara manual menjadi data vektor tergeoreferensi lahan bekas tambang berdasarkan interpretasi data citra satelite. Tahap berikutnya yaitu melakukan ground checking (survei lapangan). Tahapan terakhir yaitu menyajikan data hasil digitasi dan pemetaan lahan bekas tambang.



Gambar 4 . Citra Satelit Google Map Imagery.

Lokasi Penelitian Dan Kondisi Geografis

Adapun lokasi penelitian yaitu seluruh wilayah daratan Kabupaten Bangka Barat (peta lokasi pada Gambar 5). Walaupun pada dasarnya aspek geologi tidaklah terikat pada wilayah admistratif pemerintahan. Secara geografis Kabupaten Bangka Barat antara 105°6'' sampai 105°48'' BT dan 01°31'' sampai 02°6'' LS. Secara administrasi Kabupaten Bangka Barat terbagi menjadi enam wilayah kecamatan yaitu kecamatan Muntok, Simpang Teritip, Jebus, Parittiga, Kelapa dan Tempilang.



Gambar 5 . Peta lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahan bekas tambang memiliki karakteristik khusus, mayoritas endapan timah sekunder yang dominan membuat sistem penambangan menggunakan metode open pit (baik itu pada tambang semprot maupun tambang kering). Sistem penambangan tersebut melalui tahapan pembersihan lahan, ekskavasi/pemindahan tanah mekanis sampai dengan tahap pengolahan untuk menaikkan kadar timah. Rona muka bumi yang dijumpai seperti lahan

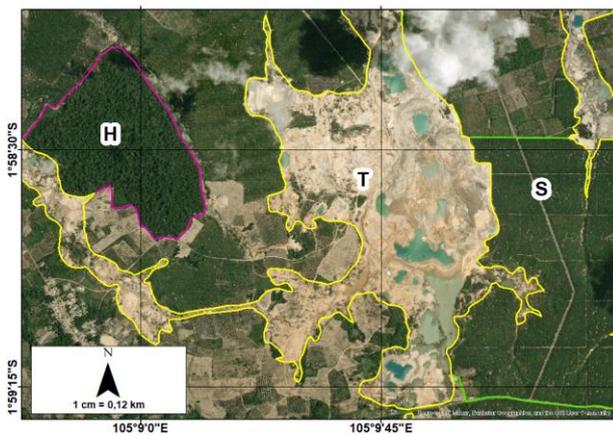
terbuka akibat pembersihan lahan, kolong tambang (cekungan akibat pengerukan tanah baik yang belum maupun sudah terisi void/air) serta tumpukan tailing yang ditimbulkan dari sisa hasil pengolahan timah. Semua fitur-fitur ini secara umum memberikan ciri/fitur lahan bekas tambang yang berbeda dari segi warna, kecerahan, pola, dan kontras dengan rona bentuk dan penggunaan lahan (*land use & land form*) lainnya seperti hutan, perkebunan/ pertanian, peternakan hingga pemukiman penduduk.

Interpretasi Lahan Bekas Tambang pada Citra Satelit

Interpretasi lahan bekas tambang pada citra satelit resolusi tinggi dilakukan dengan memperhatikan karakteristik fisik seperti bentuk, ukuran dan warna. Selain itu juga karakteristik lainnya juga digunakan seperti kombinasi/hubungan antar elemen. Analisis terhadap data ketinggian (Digital Elevation Model) juga dilakukan untuk memperkuat interpretasi lahan bekas tambang.

Interpretasi Ukuran, Bentuk dan Warna Lahan Bekas Tambang Pada Citra Satellite

Berdasarkan hasil observasi dan digitasi citra satelit, ciri fisik ukuran lahan bekas tambang secara umum dapat diinterpretasikan dari suatu rona bukaan yang tidak beraturan (asimetris) dengan ukuran lebar dan panjang tertentu. Ukuran paling kecil lahan bekas tambang yaitu ± 10 meter sampai paling besar >1000 meter. Ukuran tersebut dapat berupa gabungan/kumulatif dari beberapa front tambang.

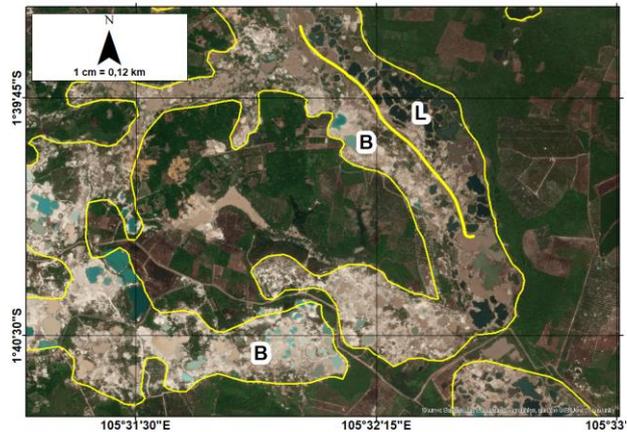


Gambar 6. Citra satelit yang menunjukkan perbedaan ciri-ciri fisik warna di antara lahan bekas tambang.

Dari faktor bentuk, hasil digitasi menunjukkan bahwa lahan bekas tambang cenderung berbentuk sporadis atau tidak memiliki bentuk yang simetris. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7 yang berada dalam garis kuning. Selain itu rona tambang juga tidak memiliki bentuk umum tertentu. Hal berbeda ditunjukkan oleh zona perkebunan

sawit (ditandai oleh huruf S pada Gambar 6) yang memiliki bentuk menyerupai jajar genjang setidaknya cukup simetris pada sisi lebarnya.

Meskipun fitur bentuk dan ukuran dapat menjelaskan perbedaan antara rona lahan bekas tambang dan lainnya, namun kedua fitur tersebut belum cukup signifikan dalam menghasilkan interpretasi yang akurat. Fitur bentuk dan ukuran masih terlalu umum untuk membedakan antara rona tambang dan rona lainnya. Hal ini dikarenakan rona perkebunan masyarakat, hutan dan pemukiman penduduk memiliki bentuk yang juga tidak selalu simetris (ditunjukkan oleh huruf H pada Gambar 4). Oleh karena itu perlu digunakan penciri lainnya agar interpretasi terhadap lahan bekas tambang menjadi lebih akurat seperti ciri/fitur warna. Fitur warna menjadi faktor yang dapat meningkatkan hasil interpretasi yang signifikan dikarenakan beberapa kondisi lahan bekas tambang yang unik.

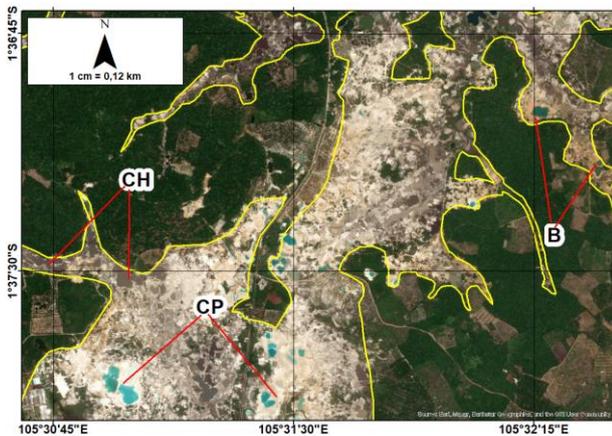


Gambar 7. Citra satelit yang menunjukkan variasi ciri fisik warna diantara lahan bekas tambang.dengan rona sekitarnya.

Rona lahan bekas tambang memiliki corak warna tertentu seperti warna putih, kuning dan coklat-hitam. Warna-warna tersebut dihasilkan dari pantulan cahaya terhadap material soil (tanah) dan air tambang. Pada Gambar 7 air tambang memiliki warna hijau gelap (huruf L), hijau muda-biru (huruf B kuning) dan coklat-abu-abu (huruf B biru). Setiap material soil ini memiliki kemampuan untuk menyerap beberapa gelombang cahaya tampak dan memantulkan lainnya (hal ini biasa disebut dengan kemampuan refleksi mineral). Oleh karena itu nilai reflektan yang berbeda dapat mempresentasikan kandungan soil/tanah dan komposisi zat terlarut (solut) pada air yang berbeda atau bahkan tingkat usia lahan bekas tambang tersebut.

Warna kuning sampai kemerahan dihasilkan dari pantulan cahaya pada tanah lahan bekas tambang yang kaya akan mineral lempung, kuarsa dan kadar besi oksida yang tinggi seperti limonite, hematit, jerasite (ditunjukkan oleh huruf CM pada Gambar 8 dan huruf T pada Gambar

6). Tanah jenis ini terbentuk dari pelapukan residual batuan primer (batuan formasi granit) dalam zona lateral. Jenis tambang dengan endapan kulit, Alur dll. Warna Putih terang sampai kuning terang dihasilkan dari tanah yang kaya akan kuarsa dan lempung primer seperti kaolin (ditunjukkan oleh huruf CP pada Gambar 8). Tanah jenis ini umumnya terbentuk proses hidrotermal khususnya alterasi agrilik. Proses alterasi hidrotermal ini menghasilkan mineral penciri utamanya yaitu kaolinite. Jenis tambang dengan endapan kaksas. Selain alterasi hidrotermal, kaolin juga dapat terbentuk dari pelapukan batuan induk (*Host rock*). Warna coklat kehitaman dihasilkan dari tanah yang kaya akan kuarsa dan lempung sekunder (ditunjukkan oleh huruf CH pada Gambar 8). Lempung sekunder merupakan lempung yang telah melalui proses perombakan berulang dan ikut tercampur dengan unsur-unsur organik. Jenis tambang dengan endapan dalam (sungai purba, lembah purba).



Gambar 8. Citra satelit yang menunjukkan variasi ciri-fisik warna tanah pada lahan bekas tambang.

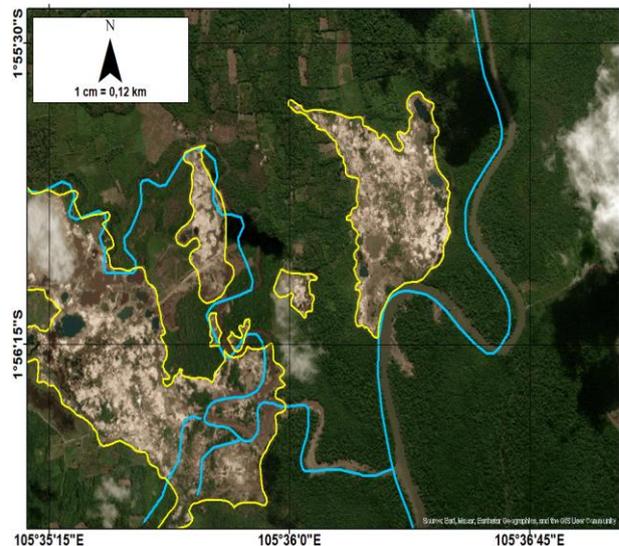
Meskipun ketiga fitur ukuran, bentuk serta warna mampu menghasilkan interpretasi lahan bekas tambang yang cukup akurat, fitur-fitur lainnya juga dapat ditambah dengan tujuan analisis yang lebih kompleks dan holistik. Kontras cahaya serta kombinasi antar elemen juga menjadi faktor penting dalam suatu interpretasi. Kombinasi-kombinasi lahan bekas tambang dengan berbagai fitur permukaan bumi lainnya seperti tanah, hutan sungai dan daerah tinggian menghasilkan karakteristik khas yang sangat spesifik. Hal ini dapat memudahkan dalam pekerjaan pemetaan daerah yang mencakup suatu bentang alam yang lebih luas.

Interpretasi Kombinasi antar Elemen Lahan Bekas Tambang Pada Citra Satelit

Interpretasi lahan bekas tambang dengan menganalisis kombinasi antar elemen menghasilkan rona tambang dengan karakteristik yang sangat spesifik. Kombinasi karakteristik ini hanya dimiliki oleh rona tambang dan menjadi penciri yang khas. Kombinasi paling umum

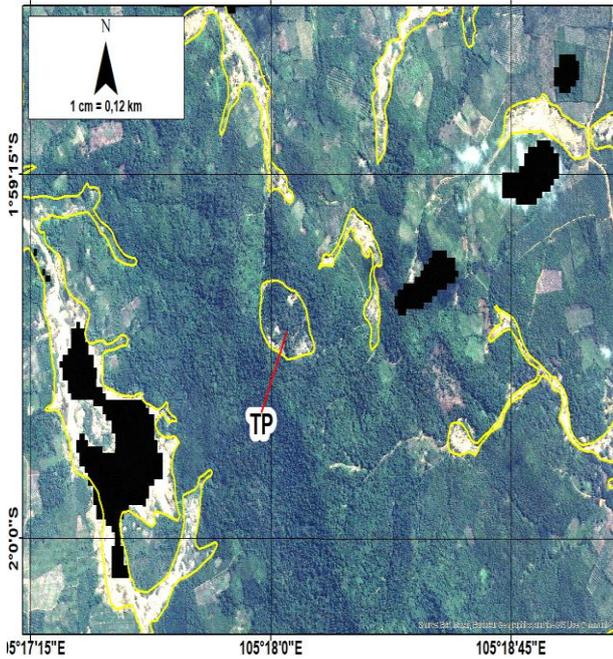
misalnya antara lahan bekas tambang dengan alur sungai/rawa (Gambar 9) dan perbukitan (Gambar 11) dan lainnya. Adapun kehadiran fitur aliran sungai ini membuat hasil interpretasi menjadi lebih relevan dengan kondisi di lapangan.

Kombinasi lahan bekas tambang dan aliran sungai menunjukkan bahwa penambangan dilakukan menggunakan metode tambang semprot (*hydraulic mining*). Hal ini terlihat pada lahan bekas tambang yang banyak terdapat cekungan sudah terisi air atau yang biasa disebut sebagai kolong yang difungsikan sebagai watter pond. Lebih dari itu ketersediaan sumber air yang cukup merupakan faktor yang sangat vital untuk menjalankan tambang semprot. Hampir sebagian besar tambang di Pulau Bangka dijalankan dengan metode tambang semprot. Tambang semprot dinilai lebih mudah, murah dan fleksibel dibanding dengan metode tambang kering. Bahkan pada daerah-daerah yang kekurangan sumberdaya air, para penambang sangat mengandalkan kolong penampungan air (setidaknya untuk keperluan pengolahan bijih).



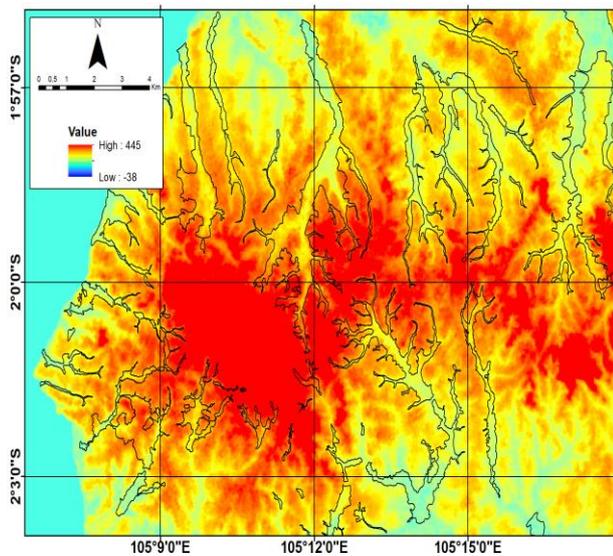
Gambar 9. Lahan bekas tambang pada daerah sempadan sungai (badan sungai ditandai oleh garis biru).

Bila mayoritas lahan bekas tambang menempati daerah-daerah yang lebih rendah (aliran sungai, danau, rawa dll), lalu bagaimana dengan daerah-daerah tinggian. Daerah yang lebih tinggi cenderung memiliki lahan bekas tambang dengan cakupan luas yang lebih sempit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Perubahan morfologi dapat dipahami bahwa juga adanya perubahan jenis/model endapan timah itu sendiri. Pada daerah-daerah seperti ini mayoritas endapan timah berupa endapan primer, residual atau bahkan eluvial. Hal ini dibuktikan dengan banyak ditemukannya zona-zona greisen pada singkapan perbukitan struktur di wilayah Desa Mayang, Bangka Barat.



Gambar 10. Lahan bekas tambang timah endapan primer (ditunjukkan oleh huruf TP) di Bukit desa Mayang, Kecamatan Simpang Teritip.

Selain dengan pengamatan citra satelit, interpretasi lahan bekas tambang perlu juga dilakukan pengamatan pada data ketinggian permukaan bumi (topografi). Hal ini berkaitan dengan hubungan lahan bekas tambang dan topografi permukaan bumi. Pengamatan kondisi topografi dilakukan dengan menganalisis data *Digital Elevation Model* (DEM). Analisis terhadap data DEM memudahkan analisis morfologi lahan bekas tambang itu sendiri.



Gambar 11. Layout lahan bekas tambang versus citra DEM.

Hasil analisis lahan bekas tambang dan topografi daerah penelitian didapat adanya kecocokan pola ketinggian. Lahan-lahan bekas tambang tersebar pada daerah-daerah dengan ketinggian yang lebih rendah dari daerah sekitarnya (punggung bukit/gunung) yang bukan lahan bekas tambang. Daerah-daerah tersebut juga dapat diinterpretasikan sebagai alur-alur sungai. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 11. Layout lahan bekas tambang versus citra DEM. Mayoritas poligon lahan bekas tambang menempati blok DEM berwarna biru-kuning dan berbatasan langsung dengan blok DEM yang lebih tinggi ditandai dengan blok berwarna oranye-merah.

Ground Checking

Kegiatan *ground checking* bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara hasil interpretasi lahan bekas tambang pada citra satelit dengan kondisi eksisting di lapangan. Selain itu *ground checking* juga bertujuan untuk mengklasifikasikan model-model endapannya secara geologi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi jumlah sampel *ground checking* di tempat lain dengan mencocokkan karakteristik interpretasi lahan bekas tambang dan model endapannya.

Tiap-tiap sampel lokasi *ground checking* telah merepresentasikan tipe endapan secara geologi. Sampel-sampel lokasi tersebut juga berada di areal lahan bekas tambang. Adapun lokasi-lokasi survei tersebut mewakili klasifikasi lahan bekas tambang pada endapan primer dan residual, endapan kolovial, endapan aluvial lempung primer serta tambang aluvial sungai dan lembah. Berikut penjelasan lokasi *ground checking*.

Lahan Bekas Tambang Pada Model Endapan Primer dan Residual

Lahan bekas tambang pada model endapan timah primer umumnya berada di daerah tinggian atau perbukitan. Penambangan endapan primer tersebut dilakukan dengan metode tambang bawah tanah (*underground mining*) dan tambang terbuka *Open Cut*. Penambangan dilakukan secara spesifik didalam sumur pekerja menggali batuan yang mengandung mineral kasiterit menggunakan alat bantu palu, linggis, cangkul dan alat bantu penerangan. Contoh tambang primer bawah tanah ada di desa Mayang dilakukan oleh masyarakat sekitar dengan sistem sumur *gophering* (Gambar 12). Sedangkan Tambang Terbuka *open cut* yang berada di tempilang dilakukan oleh perusahaan pemegang konsesi wilayah tambang.



Gambar 12. Lanskap tambang timah bawah tanah pada endapan timah primer di kaki bukit Desa Mayang, Kecamatan Simpang Teritip (endapan timah primer berada di bawah tanah).

Karena sebagian besar penambangan primer sistem sumur gophering dilakukan di dalam tanah, maka aktivitas land clearing permukaan sangat minim. Aktivitas land clearing tambang bawah tanah ini hanya dilakukan pada areal sekitar mulut sumur yang tidak luas. Hal ini pun dilakukan hanya untuk membangun fasilitas pendukung penambangan saja seperti katrol guna turunkan material dan pekerja. Sehingga interpretasi citra satelite lahan bekas tambang primer ini sangat terbatas dan sulit dilakukan.



Gambar 13. Lanskap lahan bekas tambang pada endapan residual/koolit di kaki Bukit Mayang, Kecamatan Simpang Teritip (garis kuning menunjukkan endapan residual/koolit)

Salah satu cara mengidentifikasi zona penambangan primer pada citra satelite yaitu dengan menemukan kombinasi model penambangan lanjutan dari tambang primer. Model lanjutan dari tambang primer tersebut yakni model endapan residual. Model endapan residual

atau yang biasa disebut endapan koolit/kulit menghasilkan rona penambangan yang cukup mudah untuk diidentifikasi pada citra satelite. Biasanya endapan residual berada di daerah hulu-hulu pada suatu sebaran/pola penambangan itu sendiri (dapat dilihat pada Gambar 19). Penambangan bijih timah pada endapan koolit dilakukan dengan sistem semprot (hidraulicking) pada lapisan tanah atas dan batuan lepas yang mengandung timah yang telah dibuat alur paritan (Gambar 13). Menggunakan alat bantu cangkul dan linggis pekerja menggali material tanah yang mengandung bijih timah kemudian dimasukkan ke dalam alur paritan yang disemprot dengan air bertekanan.

Lahan Bekas Tambang Pada Model Endapan Kolovial

Lahan bekas tambang pada endapan kolovial di Bangka Barat mempunyai ciri metarial endapan yang tertransportasi tidak jauh dari sumber primernya. Pada posisi tertentu material endapan ini berada diatas endapan primer itu sendiri seperti pada contoh Gambar 14 dibawah. Kondisi yang sama juga dikonfirmasi oleh Franto pada tahun 2021 ketika meneliti kondisi timah primer di daerah Bangka Selatan yang menyatakan keterdapatan endapan primer dibawah endapan placer.



Gambar 14. Lanskap lahan bekas tambang pada endapan kolovial di Desa Ketap, Kecamatan Jebus (endapan kolovial ditandai dengan batas garis hitam)

Endapan kolovial mengindikasikan zona-zona pelapukan yang kuat pada batuan induknya. Conto batuan granit yang ditemukan menunjukkan ciri-ciri pelapukan yang masif pada tingkat lanjut seperti yang terlihat pada Gambar 15. Interpretasi citra satelite pada endapan kolovial menunjukkan karakteristik soil dengan warna coklat kemerahan. Hal ini dikarenakan fragmen-fragmen

batuan yang mengandung mineral oksida besi mengalami oksidasi akibat kontak dengan udara dan air selama proses pelapukan. Mineral-mineral oksida besi seperti Hematit, Limonit, Jerasit dan lainnya hadir secara signifikan pada kondisi ini. Pada daerah ini terkadang tekstur lereng tambang (*bench*) tampak terlihat jelas pada citra satelite.



Gambar 15. Kenampakan singkapan batuan granitis yang terlapukkan secara kuat di Desa Ketap, Kecamatan Jebus (garis merah menunjukkan batas pelapukan).

Lahan Bekas Tambang Pada Model Endapan Aluvial Lempung Primer

Hasil pengamatan langsung ciri-ciri lahan bekas tambang yang didominasi oleh endapan aluvial primer menunjukkan karakteristik berwarna putih terang. Endapan aluvial primer ini didominasi oleh soil jenis kaolin. Kaolin dihasilkan oleh proses alterasi hidrotermal dan juga proses pelapukan batuan induk. Pada lahan bekas tambang ini biasanya memiliki kondisi khas air kolong yang berwarna biru cerah atau hijau seperti pada Gambar 16. Hal ini dikarenakan adanya sistem koloid sol kaolin yang terdispersi dalam air. Partikel-partikel kaolin dalam air tersebut kemudian menghamburkan kembali cahaya matahari dengan panjang gelombang cahaya warna pendek (biru-hijau).



Gambar 16. Lanskap kolong/danau lahan bekas tambang pada endapan kaolin/lempung primer di Desa Sekar Biru, Kecamatan Parittiga (endapan kaolin ditandai dengan batas garis merah)

Lahan Bekas Tambang Pada Model Endapan Aluvial Sungai dan Lembah

Umumnya lahan bekas tambang pada endapan aluvial sangat terkait erat dengan morfologi sungai dan lembah yang dalam (Gambar 17). Batas pengendapan aluvial tepat berada di atas lapisan bedrock/batuan dasar atau yang biasa disebut dengan kong. Melalui proses pelapukan batuan induk (*source rock*) transportasi material dan pengendapan di atas batuan dasar selama ratusan juta tahun lapisan tersebut mengalami pengkayaan timah (*supergene*). Lapisan kaya timah ini kemudian dikenal dengan lapisan kaksa. Material organik cukup keras (fossil kayu) kadangkala ikut terendapkan dan bertahan dalam lapisan ini. Contoh endapan aluvial dalam dapat ditemukan pada tambang di muara Sungai Rambat, Sungai Belo Laut, Sungai Antan Jebus dan lainnya.

Selain itu, pada lokasi tertentu banyak ditemukan model pengendapan lanjutan dari endapan aluvial. Endapan ini disebut endapan aluvial miencang. Endapan aluvial miencang dapat ditemukan pada lingkungan non bedrock dengan ciri-ciri material berbutir halus dan banyak mengandung mineral ikutan berat termasuk timah. Endapan ini merupakan hasil dari proses perombakan kembali lapisan endapan aluvial dan pengendapan ulang lapisan tersebut (*re-deposition*). Kehadiran endapan miencang ini sangat memungkinkan apabila melihat kondisi morfologi pulau Bangka yang tergolong kategori sangat denudasional.

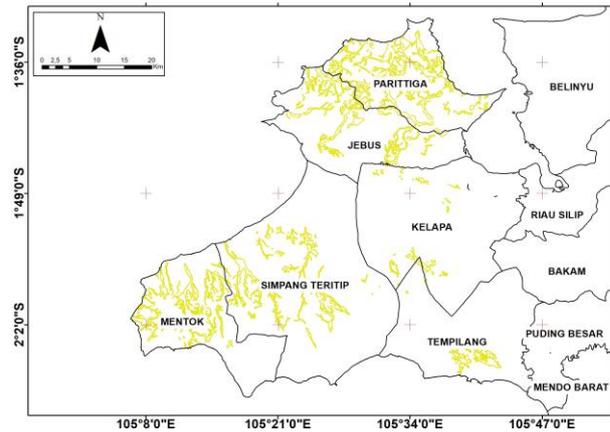


Gambar 17. Lanskap lahan tambang pada endapan aluvial dalam di daerah sungai/rawa Desa Belo Laut, Kecamatan Muntok (endapan aluvial ditunjukkan oleh batas garis merah)

Sebaran, Pola dan Luas Lahan Bekas Tambang di Kabupaten Bangka Barat

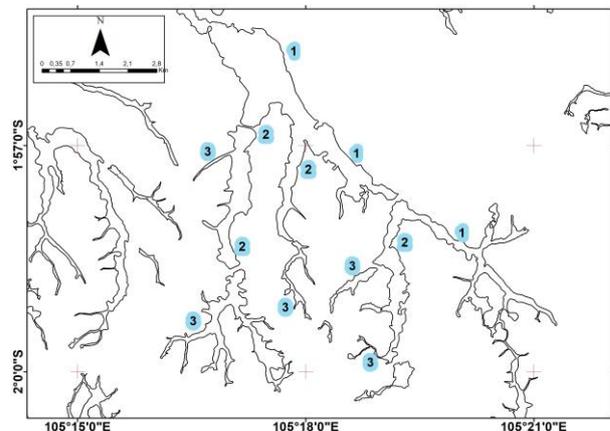
Secara administrasi, sebaran lahan bekas tambang di Kabupaten Bangka Barat dapat ditemukan di semua kecamatan (ditunjukkan pada Gambar 19). Hasil digitasi menunjukkan baik di kecamatan Muntok, Simpang Teritip, Jebus, Parittiga, Kelapa dan Tempilang terdapat lahan bekas penambangan. Luas lahan bekas tambang terbesar berada di kecamatan Muntok-Simpang teritip dan Parittiga-Jebus. Sedangkan luas lahan bekas tambang terkecil berada di kecamatan Kelapa dan Tempilang.

Mayoritas lahan bekas tambang yang telah dipetakan memiliki pola bentuk yang identik dengan pola aliran dendritik sungai. Morfologi aliran ini juga memiliki tubuh utama, cabang dan anak cabang (*stream order*) yang ditunjukkan oleh nomor 1, 2 dan 3 pada Gambar 19 dibawah. Walaupun memiliki kesamaan, terdapat pula beberapa perbedaan yang signifikan antara lahan bekas tambang dan sungai. Tubuh utama lahan bekas tambang cenderung lebih lebar dibanding dengan aliran sungai setempat. Selain itu lahan bekas tambang memiliki karakteristik cabang dan anak cabang yang lebih pendek dan lebar.



Gambar 18. Peta *boundary* lahan bekas penambangan di Bangka Barat.

Pola aliran dendritik lahan bekas tambang dapat diinterpretasikan sebagai urutan genesa bahan galian itu sendiri terutama genesa endapan bijih timah mulai dari endapan timah primer sampai endapan timah aluvial. Pada daerah-daerah anak cabang (ditunjukkan oleh angka 3 pada Gambar 19) karakteristik endapan bijih timah yang dominan yaitu endapan kolovial atau residual. Endapan kolovial dan residual ini menunjukkan posisi daerah endapan yang tidak jauh dari endapan Primer. Hal ini didukung oleh data ketinggian atau data DEM (dapat dilihat pada Gambar 11) dimana lahan bekas tambang pada anak cabang menempati daerah-daerah dataran yang lebih tinggi. Sedangkan untuk daerah cabang dan tubuh utama dari pola dendritik dapat diinterpretasikan sebagai endapan aluvial atau bahkan kolovial itu sendiri. Interpretasi ini dapat dikuatkan dengan keterdapatannya sungai-sungai pada daerah tersebut. Walaupun pola aliran dendritik lahan bekas tambang dapat memberikan petunjuk awal jenis-jenis endapan, namun batas-batas antar endapan tersebut tidaklah dapat diinterpretasikan dengan mudah.

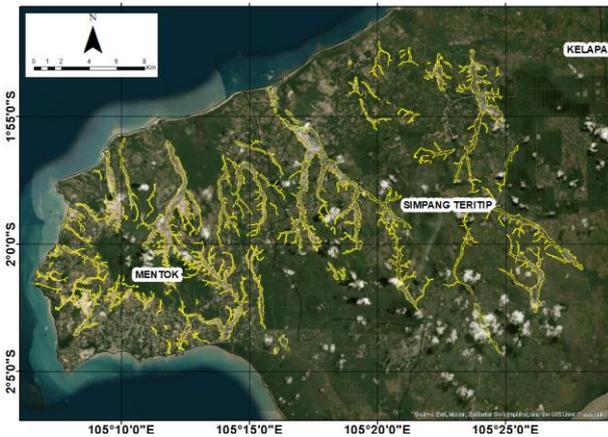


Gambar 19. Kenampakan lahan bekas tambang di kabupaten Bangka Barat yang menunjukkan pola morfologi aliran sungai (dendritik)

Berdasarkan hasil digitasi secara keseluruhan lahan bekas tambang di kabupaten Bangka Barat terhitung seluas ±18.034 hektar. Adapun variasi luas lahan bekas tambang di enam kecamatan tersebut mulai dari paling kecil berada di kecamatan Kelapa dan paling luas di kecamatan Parittiga. Berikut pembahasan lebih lengkap mengenai lahan bekas tambang di tiap kecamatan.

Lahan Bekas Tambang di Daerah Kecamatan Muntok dan Simpang Teritip

Berdasarkan hasil digitasi citra satelit, lahan bekas tambang di Kecamatan Muntok menunjukkan karakteristik aliran dendritik terpusat (Gambar 20). Aliran-aliran dendritik ini memiliki sentral hulu yang sama yaitu kaki Gunung Menumbing. Sedangkan pada bagian hilir, pola lahan bekas tambang menyebar ke arah selatan, barat dan utara sampai menuju sempadan pantai. Hal ini menunjukkan bahwa kesatuan aliran mempunyai pola radial dengan pusat ketinggian Gunung Menumbing.



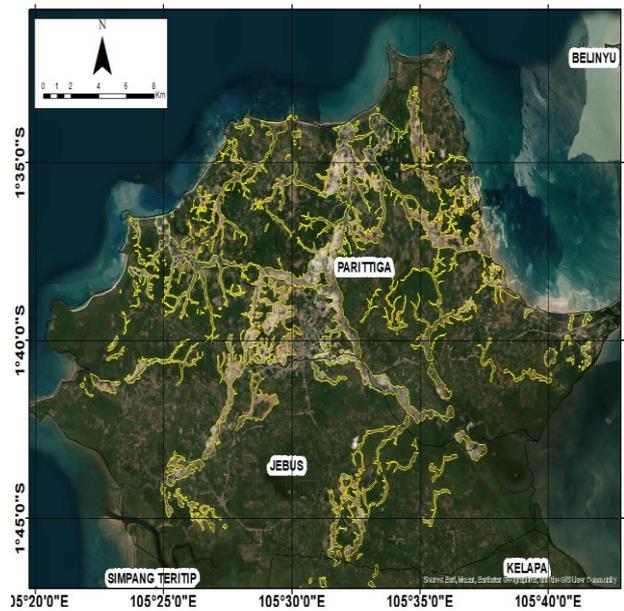
Gambar 20. Lahan bekas penambangan di Kecamatan Muntok dan Simpang Teritip.

Karakteristik lahan bekas tambang di kecamatan Simpang Teritip cenderung memiliki daerah hulu yang tersebar dan terpisah-pisah di beberapa titik. Lahan bekas tambang ini juga memiliki morfologi yang lebih memanjang dengan beberapa cabang di sepanjang sisi. Mayoritas lahan bekas tambang ini memiliki jalur hilir yang mengarah pada bagian utara (atas peta). Sedangkan di daerah bagian selatan (bawah peta) tidak ditemukan keberadaan lahan bekas secara signifikan.

Luas lahan bekas tambang untuk daerah kecamatan Muntok sebesar 3.174,56 hektar. Luas lahan bekas tambang ini mencakup 8,1% dari total luas keseluruhan wilayah kecamatan Muntok yakni 37.234 hektar. Sedangkan sebesar 91,9% untuk lahan lainnya. Sedangkan di kecamatan Simpang Teritip terhitung lahan bekas tambang seluas 3.174,45 hektar. Luas ini menempati 4% dari total luas kecamatan Simpang Teritip yakni 78.810 hektar.

Lahan Bekas Tambang di Daerah Kecamatan Jebus dan Parittiga

Daerah Kecamatan Jebus dan Parittiga berada di sebelah Utara Kabupaten Bangka Barat. Umumnya lahan bekas tambang di dua kecamatan ini memiliki pola dendritik (Gambar 21). Lahan bekas tambang di kecamatan Parittiga hampir tersebar merata mulai dari semenanjung Bakit yang terletak di sebelah timur sampai ke Tanjung Genting di sebelah barat. Sedangkan semakin kearah selatan (bawah peta) terlihat sebaran lahan bekas tambang mulai sedikit dan hanya terdapat pada beberapa jalur saja.

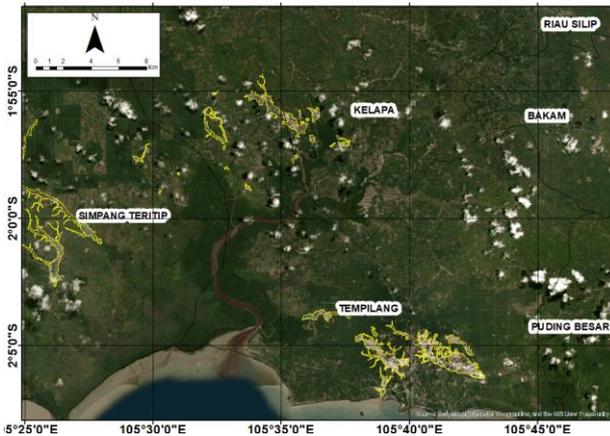


Gambar 21. Lahan bekas penambangan di Kecamatan Jebus dan Parittiga.

Adapun luas lahan bekas tambang di daerah Jebus sebesar 3.559,35 hektar. Lahan bekas tambang ini menempati 9,1% dari luas total wilayah kecamatan Jebus yakni sebesar 38.772 hektar. Sedangkan untuk wilayah kecamatan Parittiga, lahan bekas tambang terhitung seluas 6.352,74 hektar. Angka ini mencakup 19,2% dari total luas wilayah kecamatan Parittiga yakni 32.671 hektar.

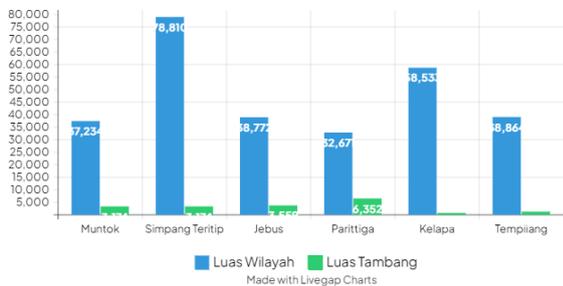
Lahan Bekas Tambang di Daerah Kecamatan Kelapa dan Tempilang

Jika dibandingkan dengan kecamatan lainnya, kecamatan Kelapa dan Tempilang memiliki sebaran lahan bekas tambang yang sedikit dan luas keseluruhan yang kecil. Secara umum lahan bekas tambang di dua kecamatan ini memiliki pola dendritik namun dengan cabang dan anak cabang yang lebih pendek (Gambar 22). Walaupun daerah ini memiliki jalur aliran lahan bekas tambang yang lebih pendek namun memiliki bentang yang cukup lebar 1-3 Km.



Gambar 22. Lahan bekas penambangan di Kecamatan Kelapa dan Tempilang.

Luas lahan bekas tambang untuk daerah Kelapa sebesar 596,43 hektar. Lahan bekas tambang ini menempati 1% dari luas total wilayah kecamatan Kelapa yakni sebesar 58.533 hektar. Sedangkan untuk wilayah kecamatan Tempilang lahan bekas tambang terhitung seluas 1.089,47 hektar. Angka ini mencakup 2,8% dari total luas wilayah kecamatan Tempilang yakni 38.864 hektar. Berikut grafik perbandingan luas lahan bekas tambang dengan luas wilayah kecamatan Muntok, Simpang Teritip, Jebus, Parittiga, Kelapa dan Tempilang yang ditunjukkan pada Gambar 22 di Bawah.



Gambar 23. Grafik luas lahan bekas penambangan di Kecamatan.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu lahan bekas tambang memiliki beberapa ciri fisik yang khas yaitu bentuk secara umum asimetris dan cenderung sporadis namun secara umum memiliki pola sebaran aliran dendritik. Dari segi dimensi lahan bekas tambang memiliki ukuran paling kecil 10 meter sampai paling besar >1000 m. Permukaan lahan bekas tambang secara umum berwarna kuning, merah, putih dan hitam/cokelat. Sedangkan permukaan air kolong/danau bekas tambang berwarna biru, hijau muda dan hijau tua/gelap. Secara umum lahan bekas tambang tersebar di

semua kecamatan di Kabupaten Bangka Barat dengan total luas sebesar ±18.034. Luas lahan bekas tambang di kecamatan Muntok sebesar 3.174,56 hektar, Simpang Teritip terhitung lahan bekas tambang seluas 3.174,45 hektar, Jebus sebesar 3.559,35 hektar, kecamatan Parittiga terhitung seluas 6.352,74 hektar, Luas lahan bekas tambang untuk daerah Kelapa sebesar 596,43 hektar dan kecamatan Tempilang terhitung seluas 1.089,47 hektar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya atas segenap bantuan dan dukungan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah ini. Kepada rekan-rekan di Universitas Bangka Belitung Jurusan Teknik Pertambangan yang telah membantu dalam penyediaan dan pengambilan data. Kepada rekan-rekan kerja di Cabang Dinas ESDM Wilayah Bangka Barat yang telah membantu dalam survei lapangan. Terakhir kepada rekan-rekan dari Universitas Sriwijaya Jurusan Teknik Geologi yang juga telah membantu dalam survei lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelina O B N, T. (2018). Masyarakat Tambang Timah Inkonvensional Bangka Selatan 2003—2012. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Dill, H. G. (2018). Gems and placers—A genetic relationship par excellence. *Minerals*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/min8100470>
- Franto. (2020). Metode Pemetaan Potensi Mineralisasi Timah Primer Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Surabaya: Scopindo Media Pustaka. Retrieved from https://books.google.co.id/books/about/METODE_PEMETAAN_POTENSI_MINERALISASI_TIM.html?id=5KQBAAAQBAJ&redir_esc=y
- Hamid, I., Priatna, J., & Hermawan, A. (2017). Karakteristik Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Lahan Bekas Tambang Timah. In *Jurnal Penelitian Sains* (Vol. 19).
- Irzon, R. (2021). Penambangan timah di Indonesia: Sejarah, masa kini, dan prospeksi. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 17(3), 179–189. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol17.No3.2021.1183>
- Lamb, L. M., Gann, D., Velazquez, J. T., & Troxler, T. G. (2022). Detecting Vegetation to Open Water Transitions in a Subtropical Wetland Landscape from Historical Panchromatic Aerial Photography and Multispectral Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 14(16), 3976. <https://doi.org/10.3390/rs14163976>

- Lapaine, M. (2019). Mapping in Cartography. *Proceedings of the ICA*, 2, 1–3. <https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-70-2019>
- Lapaine, M., Midtbø, T., Gartner, G., Bandrova, T., Wang, T., & Shen, J. (2021). Definition of the Map. *Advances in Cartography and GIScience of the ICA*, 3, 1–6. <https://doi.org/10.5194/ica-adv-3-9-2021>
- Lehmann, B. (2021). Formation of tin ore deposits: A reassessment. *Lithos*, 402–403. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105756>
- Masruroh, H., Sartohadi, J., & Setiawan, M. A. (2020). Applied Small Format Aerial Photograph (SFAP) for Detail Landslide Susceptibility Mapping. *International Journal of Geoinformatics and Geological Science*, 7(3), 46–52. <https://doi.org/10.14445/23939206/ijggs-v7i3p106>
- Mukifin Ali, M. (2017). STUDI KARAKTERISTIK MINERALISASI TIMAH PRIMER TIPE ENDAPAN GREISEN BLOK LEMBAH JAMBU, TEMPILANG, BANGKA BARAT, KEPULAUAN BANGKA & BELITUNG. In GRHA SABHA PRAMANA.
- Munir, M., & Setyowati, R. D. N. (2017). Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang Di Jambi, Bangka, Dan Kalimantan Selatan. *Klorofil*, 1(1), 11–16.
- Purwanto, E. H., & Lukiawan, R. (2018). Parameter Teknis Dalam Usulan Standar Pengolahan Penginderaan Jauh Metode Klasifikasi Terbimbing. *Jurnal Standardisasi*, 21.
- Statista Research Department. (2022). Tin—Leading companies worldwide based on production output 2017. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/280976/Source:https://www.statista.com/statistics/280976/>
- Sukarman, N., & Gani, R. A. (2020). Lahan Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka dan Belitung, Indonesia dan Kesesuaiannya untuk Komoditas Pertanian (Ex-mining land in Bangka and Belitung Islands, Indonesia and their suitability for agricultural commodities). *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 41(2), 101. <https://doi.org/10.21082/jti.v41n2.2017.101-114>
- Zglinicki, K., Szamałek, K., & Wołkiewicz, S. (2021). Critical minerals from post-processing tailing. A case study from Bangka island, Indonesia. *Minerals*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/min11040352>