



OPTIMASI CADANGAN TIMAH PADA AREA BEKAS PENAMBANGAN KAPAL KERUK DI LAUT SUNGAILIAT, BANGKA

TIN RESERVES OPTIMIZATION IN THE FORMER DREDGE MINING AREA AT SUNGAILIAT SEA, BANGKA

A.W. Yogatama^{*1}, E. Ibrahim², B. Setiawan³

¹⁻²Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

³Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya

¹⁻³Jalan Raya Palembang-Indralaya KM 32, Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir, Telp (0711) 580739

e-mail: ^{*}1yogatama.angga@yahoo.com, ²eddyibrahim@ft.unsri.ac.id, ³budhi.setiawan@unsri.ac.id

ABSTRAK

Pada 2022-2023, PT Timah Tbk mengoperasikan Kapal Keruk 21 Singkep 1 di Laut Sungailiat, Bangka namun tingkat *recovery* yang dicapai belum memenuhi standar perusahaan sebesar 95,50%. Hal ini mengindikasikan adanya cadangan timah yang belum tergali sesuai rencana penambangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *recovery* penambangan, pencucian, serta cadangan timah yang tertinggal di area bekas penambangan Kapal Keruk, agar dioptimalkan melalui penambangan kembali menggunakan Kapal Isap Produksi. Metode penelitian berfokus pada faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien hasil dan *recovery* pencucian serta menghitung cadangan timah di area bekas penambangan Kapal Keruk. Data yang dikumpulkan meliputi rekaman penambangan, koefisien hasil, *recovery*, serta data geologi dan cadangan timah. Evaluasi data ini kemudian diikuti dengan perencanaan pengeboran baru untuk mendapatkan data kekayaan yang tertinggal. Analisis dilakukan menggunakan metode statistik, pengujian laboratorium dan *Geographic Information System* (GIS) untuk peta topografi serta geologi, dan estimasi cadangan menggunakan metode poligon. Hasil penelitian menunjukkan nilai *recovery* di bawah standar pada beberapa bulan di tahun 2022 dan 2023. Beberapa faktor penyebab cadangan tertinggal antara lain kedalaman penambangan yang belum sesuai dengan target, proses pencucian yang tidak optimal, serta kondisi cuaca buruk. Pengeboran baru menghasilkan enam lubang bor dengan kekayaan ekonomis di atas 0,056 kg/m³ dan total estimasi cadangan sebesar 98 ton Sn yang dapat dijadikan dasar untuk penambangan kembali menggunakan Kapal Isap Produksi. Diperlukan evaluasi lebih lanjut untuk meningkatkan *recovery* dan mengoptimalkan pemanfaatan cadangan timah di area bekas penambangan Kapal Keruk lainnya.

Kata kunci: kapal keruk, *bucket*, *recovery*, koefisien, kapal isap produksi

ABSTRACT

In 2022-2023, PT Timah Tbk will operate the 21 Singkep 1 Dredger in the Sungailiat Sea, Bangka. However, the *recovery* level achieved does not meet the company's standard of 95.50%, indicating that there are tin reserves that have not been explored according to the mining plan. This research aims to analyze mining *recovery*, washing, and tin reserves left behind in the ex-mine dredger mining area, so that they can be optimized through re-mining using production suction vessels. The research method focuses on factors that influence the yield coefficient and leaching *recovery* as well as calculating tin reserves in the ex-mine dredger mining area. The data collected includes mining records, yield coefficients, *recovery*, as well as geological and tin reserve data. Evaluation of this data is then followed by planning new drilling to obtain remaining wealth data. Analysis was carried out using statistical methods, laboratory testing and *Geographic Information System* (GIS) for topographic and geological maps, and reserve estimation using the polygon method. The research results show that *recovery* values are below standard in several months in 2022 and 2023. Several factors cause reserves to lag, including mining depth that is not yet in line with the target, washing processes that are not optimal, and bad weather conditions. New drilling produced six drill holes with economic richness above 0.051 kg/m³ and total estimated reserves of 98 tons of Sn, which can be used as a basis for re-mining using Production Suction Vessels. Further evaluation is needed to increase *recovery* and optimize the utilization of tin reserves in other ex-mine dredger mining areas.

Keywords: dredger, *bucket*, *recovery*, coefficient, cutter suction dredger production

PENDAHULUAN

Keberhasilan produksi kapal keruk dapat diukur dari nilai *recovery* yang dicapai pada konsentrat akhir dan *tailing*. Berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan, target *recovery* pencucian adalah 95,50%. Pencapaian target *recovery* ini memerlukan penyesuaian terhadap pengaturan variabel-variabel *jig* pada Kapal Keruk [1]. Dalam proses penambangan dan pencucian, selalu dihasilkan material sisa pengolahan yang masih mengandung timah atau mineral lainnya, meskipun tidak memenuhi nilai keekonomian untuk penambangan lanjutan. *Losses* ini terjadi karena variabel *recovery* penambangan dan pencucian yang tidak optimal, sementara mineral dengan kadar rendah yang tidak tertambang tidak memenuhi nilai keekonomian untuk dijadikan cadangan [2].

Dalam operasionalnya, kapal keruk difungsikan untuk melakukan penambangan pada area baru dengan menggali material tanah asli (*in situ*), membuat kolong kerja awal (*werk put*), menggali tanah atas (*oveburden*), serta menggali lapisan timah/kaksa (*ore getting*) [3]. Pada tahun 2022-2023, PT Timah Tbk mengoperasikan Kapal Keruk 21 Singkep 1 di Laut Sungailiat, Bangka. Namun, data *recovery* penambangan dan *recovery* pencucian pada periode tahun 2022-2023 menunjukkan nilai di bawah standar 95,50% selama beberapa bulan, mengindikasikan adanya cadangan timah yang belum tergali sesuai rencana penambangan. Perencanaan tambang pada Kapal Keruk 21 Singkep 1 disusun berdasarkan kajian ekonomis dan analisis pertimbangan pengoperasian kapal keruk, dengan perhitungan cadangan bijih timah menggunakan metode poligon (*area of influence*) dan pemanfaatan perangkat lunak *Micromine* sebagai pembanding, serta tingkat toleransi kesalahan yang dapat diterima [4].

Berdasarkan penelitian terdahulu, belum terdapat penelitian yang membahas mengenai optimasi cadangan yang tertinggal pada area bekas penambangan kapal keruk. Namun, pada kenyataannya area bekas penambangan kapal keruk selalu menjadi favorit untuk dilakukan penambangan kembali, baik menggunakan kapal isap produksi, ponton isap produksi, maupun pertambangan ilegal dengan kapal atau ponton yang dimodifikasi. Beberapa faktor yang membuat area ini favorit adalah litologi tanah asli (*in situ*) yang telah terberai atau gembur, topografi awal juga sudah berubah menjadi lebih dalam yang memudahkan untuk mengoperasikan *ladder* kapal isap produksi dan serta potensi cadangan timah pada dinding kolong kapal keruk (*spie*) yang dikenal dengan cadangan marginal. Sehingga posisi penelitian ini merupakan penelitian yang baru, berbeda dengan penelitian sebelumnya dan berfokus mengenai optimasi pada area bekas penambangan kapal keruk untuk dapat dioptimalkan melalui penambangan kembali menggunakan kapal isap produksi.

Dwi Putra Herman (2015)

Penambangan dan pengolahan mineral, umumnya tidak akan mencapai perolehan (*recovery*) 100%, sehingga mineral ikutan bahkan mineral utamanya masih ada yang tertinggal dan terbuang bersama *tailing* [5].



Bijmolt (2014) dalam Elisa, Irvani, & Janiar Pitulima (2017)

Penelitian ini mengemukakan bahwa terdapat tiga kriteria yang harus dipenuhi untuk mengoptimalkan operasi tambang kapal keruk, yakni kedalaman air, arah kolong, dan arah penambangan.



Fadli Hadi, Riko Maiyudi (2024)

Penelitian mengenai beberapa faktor yang mempengaruhi *losses tailing* pada *jig*, yaitu *variable jig*, *roster* mengalami kerusakan dan *bed* mampet [6].



Mohammad Gibran Alfiansah (2012)

Penelitian ini membahas pengeboran kontrol (*check drilling*) di area bekas tambang yang masih memiliki nilai ekonomis dengan konsentrasi 0,05-0,1 kg/m³, perusahaan akan melakukan penambangan ulang menggunakan Kapal Isap Produksi [7].



Iskak Aji (2019)

PT Timah Tbk mengoptimalkan pemanfaatan sisa hasil pengolahan, penambangan mineral dengan kadar rendah, serta penambangan mineral ikutan sebagai bagian dari upaya pengelolaan dan pemanfaatan cadangan marginal timah.



Optimasi Cadangan Timah Pada Area Bekas Penambangan Kapal Keruk Di Laut Sungailiat, Bangka.

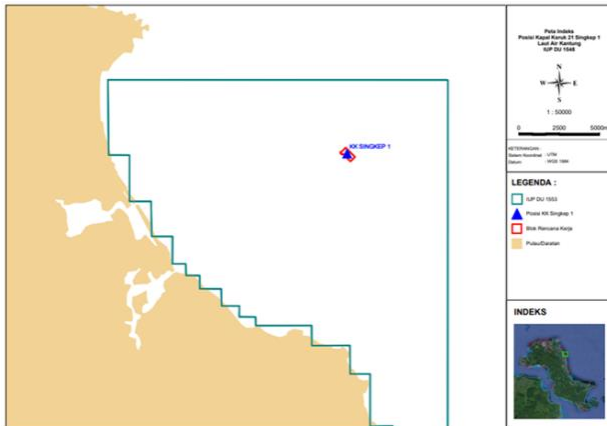
Pengembangan Penelitian:

Melakukan *check drilling* pada area bekas penambangan Kapal Keruk dari analisis data *recovery* penambangan dan pencucian di bawah standar 95,50% serta mengestimasi cadangan yang tertinggal untuk dilakukan perencanaan penambangan kembali menggunakan Kapal Isap Produksi.

Gambar 1. State of the art penelitian

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada area bekas penambangan Kapal Keruk 21 Singkep 1 periode 2022-2023 yang terletak di Laut Sungailiat, Kabupaten Bangka, sekitar ±40 km dari kantor pusat PT Timah Tbk di Pangkalpinang, seperti yang terlihat pada Gambar 2.



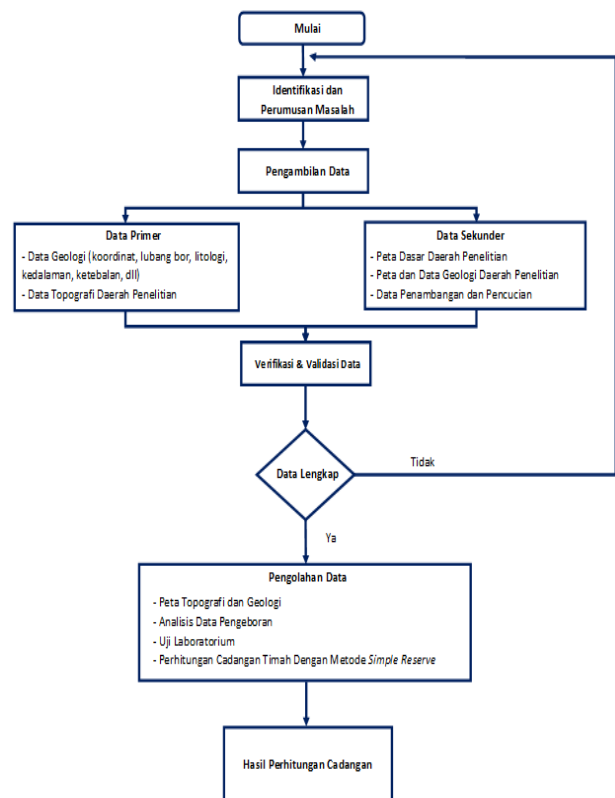
Gambar 2. Lokasi penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian yang bersifat kuantitatif. Penelitian lebih terarah terhadap faktor-faktor yang menyebabkan tidak tercapainya koefisien hasil dan recovery pencucian dari proses penambangan yang telah dilakukan oleh Kapal Keruk 21 Singkep 1 selama tahun 2022-2023 serta dapat menghitung cadangan pada area bekas penambangan Kapal Keruk 21 Singkep 1.

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan dan evaluasi data terkait penambangan Kapal Keruk 21 Singkep 1 selama tahun 2022-2023, termasuk catatan rekaman penambangan (*EB opname*), koefisien hasil dan *recovery* pencucian, serta data sumber daya dan cadangan timah. Selain itu, data sekunder seperti literatur, laporan historis produksi timah, peta geologi dan topografi juga digunakan (Gambar 3). Berdasarkan evaluasi data tersebut, perencanaan pengeboran dilakukan untuk memperoleh gambaran komprehensif tentang kondisi area bekas penambangan dan memungkinkan estimasi serta optimasi cadangan timah secara akurat.

Data primer yang diperoleh langsung dari lapangan mencakup data geologi, kedalaman bor, litologi, serta ketebalan lapisan bertimah. Analisis data *recovery* penambangan dan pencucian digunakan untuk mengevaluasi efisiensi metode yang diterapkan dalam penambangan dan pencucian bijih timah. Selain itu, analisis kedalaman gali dilakukan untuk memastikan sejauh mana bijih timah tergali sesuai dengan rencana. Semua data ini mendukung evaluasi distribusi, kualitas, dan kuantitas cadangan timah yang ada di area penelitian.

Peta topografi dan geologi yang diperoleh akan diproses menggunakan perangkat lunak GIS untuk menghasilkan peta yang akurat. Data pengeboran dianalisis menggunakan metode statistik dan geostatistik untuk mengidentifikasi konsentrasi timah yang lebih tinggi. Selain itu, pengujian laboratorium dilakukan untuk mengukur kadar timah dalam sampel tanah atau batuan. Metode poligon digunakan untuk menghitung volume cadangan timah, sementara metode Kriging diterapkan untuk meningkatkan akurasi estimasi cadangan timah dengan mempertimbangkan keterkaitan spasial antar titik pengeboran [8].



Gambar 3. Alur penelitian

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan melalui observasi, pengukuran, dan pengumpulan informasi terkait objek penelitian. Beberapa jenis data primer antara lain data geologi, yang mencakup koordinat lokasi pengambilan sampel atau pengeboran di area bekas penambangan, data mengenai lubang bor yang mencakup kedalaman dan jarak antar lubang bor, serta litologi yang menggambarkan jenis batuan pada area penelitian. Selain itu, data mengenai kedalaman dan ketebalan lapisan bertimah dan topografi untuk memperoleh

data mengenai kedalaman laut dan kondisi dasar laut di area penambangan menggunakan alat pemetaan batimetri dapat mendukung analisis geologi dan estimasi cadangan timah. Dalam hal operasional penambangan, data koefisien hasil dan recovery pencucian akan dikumpulkan untuk mengetahui hasil produksi timah dari Kapal Keruk 21 Singkep 1 pada periode 2022-2023, serta efisiensi proses pencucian dalam optimasi cadangan timah.

2. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari sumber lain selain lapangan seperti literatur, data historis produksi, dokumen atau laporan sebelumnya, dan data lainnya yang relevan. Data historis produksi dan penambangan yang mencakup laporan produksi timah sebelumnya dari PT Timah Tbk termasuk data produksi timah, nilai recovery dan efisiensi penambangan pada periode sebelumnya (sebelum 2022-2023). Selain itu, catatan atau laporan dari sistem manajemen produksi yang menggambarkan bagaimana kegiatan penambangan dilakukan serta hasil yang diperoleh juga akan digunakan. Peta geologi dan topografi daerah penelitian yang menunjukkan data geologi serta kontur permukaan laut dan kedalaman area Laut Sungailiat menjadi sumber data sekunder lainnya yang penting untuk analisis. Laporan dan catatan rekaman penambangan Kapal Keruk 21 Singkep 1 atau disebut juga *EB Opname*, yang mencakup catatan volume penambangan yang telah dilakukan dan estimasi cadangan timah yang tersisa akan digunakan untuk mendukung estimasi cadangan.

Dengan data primer dan sekunder ini, penelitian akan memperoleh gambaran komprehensif tentang kondisi pada area bekas penambangan Kapal Keruk 21 Singkep 1 dan dapat melakukan estimasi serta optimasi cadangan timah dengan akurat.

Metode Analisis

Analisis yang dilakukan antara lain yaitu:

1. Analisis Data Recovery Penambangan dan Pencucian Merupakan kegiatan analisis serta evaluasi data selama kegiatan penambangan dan pencucian bijih pada periode tahun 2022-2023. Tujuannya adalah untuk mengetahui efisiensi dan efektivitas metode penambangan serta pencucian yang dilakukan apakah sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan sebesar 95,50% dalam memperoleh material bijih timah, guna mengidentifikasi seberapa besar material yang sudah tergalai dan juga sisa material yang terbuang (*tailing*).
2. Analisis Data Kedalaman Gali Evaluasi kedalaman penggalian menggunakan data kedalaman gali sebenarnya (Dsb) dengan satuan meter (m), dalam proses penambangan untuk menentukan sejauh mana material atau bijih timah telah tergalai. Kedalaman gali ini penting untuk memastikan bahwa aktivitas penambangan berjalan sesuai dengan

perencanaan dan dapat mencapai target cadangan yang ada di bawah permukaan tanah.

3. Analisis Data Geologi dan Cadangan

Evaluasi dan penafsiran data geologi yang berkaitan dengan distribusi, kualitas, dan kuantitas cadangan mineral yang ada di bawah permukaan tanah, data kadar realisasi penggalian disebut timah sebenarnya (Tsb) dengan satuan kg/m^3 . Tujuan dari analisis ini adalah untuk memahami karakteristik geologi pada daerah penambangan dan untuk menentukan jumlah serta potensi cadangan timah yang dapat diekstraksi dengan cara yang efisien dan ekonomis. Penggunaan data geologi sebagai dasar dalam melakukan estimasi cadangan timah.

4. Optimasi Cadangan Timah

Merupakan proses perencanaan dan pengelolaan sumber daya timah yang ada di area bekas penambangan dengan tujuan untuk memperoleh hasil yang maksimal, baik dari segi kuantitas maupun kualitas mineral yang dapat diekstraksi. Dalam hal ini, optimasi bertujuan untuk mengekstraksi timah secara efisien dan ekonomis dengan memperhatikan faktor teknis, ekonomis, dan lingkungan. Proses ini mencakup serangkaian langkah, mulai dari perencanaan penambangan, evaluasi cadangan, hingga pengelolaan sumber daya dan cadangan yang ada. Optimasi ini menggunakan metode atau perangkat lunak khusus untuk menghitung dan mengoptimalkan cadangan timah maupun cadangan marginal yang dapat diambil. Data mengenai cadangan marginal ini harus dilaporkan secara berkala kepada pemerintah dalam bentuk laporan konservasi [9].

Metode Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu:

1. Peta Topografi dan Geologi

Data topografi dan geologi yang telah diperoleh akan diproses menggunakan perangkat lunak GIS (*Geographic Information System*) untuk menghasilkan peta topografi dan geologi daerah penelitian yang akurat. Peta ini akan menjadi dasar untuk perencanaan dan analisis lebih lanjut terkait cadangan timah yang ada di area bekas penambangan.

2. Analisis Data Pengeboran

Data dari pengeboran seperti kedalaman, posisi, dan sifat litologi akan dianalisis untuk memperkirakan kualitas dan kuantitas cadangan timah. Analisis ini akan dilakukan dengan metode statistik dan pemodelan geostatistik untuk mengidentifikasi konsentrasi timah yang lebih tinggi dan menjadikannya prioritas dalam penambangan.

3. Analisis Laboratorium

Pengambilan sampel untuk uji laboratorium akan dilakukan untuk mengetahui kadar timah dalam sampel tanah atau batuan. Uji ini penting untuk memastikan estimasi cadangan timah yang dihitung melalui metode geologi sesuai dengan kenyataan di lapangan. Uji laboratorium yang dilakukan

menggunakan metode taksasi dan GCA (*grain counting analysis*) dengan hasil atau keluaran kadar dalam satuan kg/m³.

4. Interpretasi Data

Merupakan proses analisis dan pemahaman terhadap data yang telah dikumpulkan, dengan tujuan untuk menarik kesimpulan yang bermakna dan memberikan wawasan yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan. Dalam konteks penelitian atau analisis teknis, interpretasi data melibatkan pemahaman mengenai pola, hubungan, dan tren yang terdapat dalam data yang tersedia, serta bagaimana data tersebut dapat digunakan untuk mendukung hipotesis atau menjawab pertanyaan penelitian. Mengolah hasil analisis dan interpretasi data yang didapatkan dari pengukuran, sampel, dan model untuk menentukan seberapa besar peningkatan produksi yang dapat dicapai dengan optimasi cadangan timah.

Estimasi Cadangan

Metode Poligon digunakan untuk menghitung volume cadangan timah di area yang telah teridentifikasi. Berdasarkan data geologi, pola distribusi cadangan timah akan dihitung dalam bentuk poligon yang menggambarkan volume yang dapat ditambang. Metode poligon terdekat yang juga dikenal sebagai metode *nearest neighbor point (NNP)*, merupakan metode di mana nilai suatu titik diperoleh dari pengaruh masing-masing titik terhadap titik terdekat. Suatu titik dapat diambil dari titik berikutnya. Prinsip dari metode ini adalah mempertimbangkan titik yang paling dekat dengan titik estimasi. Titik terdekat mempunyai bobot 1, sementara titik yang lebih jauh mempunyai bobot 0 atau tidak berpengaruh [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Catatan rekaman penambangan Kapal Keruk atau yang dinamakan *EB Opname* terdiri dari dua jenis data, yaitu data kedalaman realisasi penggalan (Dsb) dan data kadar realisasi penggalan (Tsb). Berdasarkan kedua data tersebut, dilakukan analisa dan evaluasi untuk menentukan koefisien hasil sebagai *recovery factor* yang diukur berdasarkan perbandingan antara produksi realisasi (Psb) dengan produksi dihitung (Pdh). Data *recovery* penambangan dan *recovery* pencucian pada periode tahun 2022-2023 menunjukkan nilai di bawah standar 95,50% selama beberapa bulan.

Tabel 1. *Recovery* penambangan

Tahun	Bulan	Pdh (ton)	Psb (ton)	Recovery (%)
2022	Jan	14,8	9,5	64,30
	Feb	34,5	21,0	61,00
	Mar	15,2	22,8	149,40
	Apr	27,2	50,3	184,81
	May	24,6	10,7	43,41
	Jun	22,0	23,8	108,33

2023	Jul	19,7	26,6	135,09
	Aug	18,2	24,0	132,22
	Sep	15,0	23,9	159,13
	Oct	46,1	27,3	59,14
	Nov	25,1	16,7	66,80
	Dec	27,1	7,4	27,19
	Jan	15,2	17,3	113,81
	Feb	16,5	7,4	44,90
	Mar	17,9	19,1	106,76
	Apr	37,9	20,6	54,38
	May	15,5	15,1	97,42
	Jun	5,1	1,2	23,73
Total	Ton Sn	397,59	344,72	

Tabel 2. *Recovery* pencucian

Tahun	Bulan	Recovery (%)
2022	Jan	96,16
	Feb	92,10
	Mar	97,24
	Apr	-
	May	-
	Jun	-
	Jul	97,46
	Aug	-
	Sep	97,46
	Oct	96,08
	Nov	96,81
	Dec	-
2023	Jan	-
	Feb	-
	Mar	96,33
	Apr	-
	May	96,26
	Jun	96,28

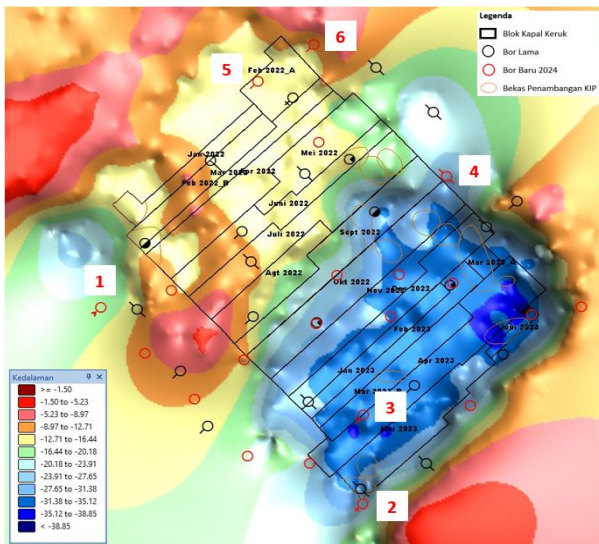
Keterangan:

- : *Sampling* tidak dilakukan karena kondisi cuaca

Data *recovery* penambangan di bawah 95,50% tercatat pada bulan Januari, Februari, Mei, Juli, September, Oktober, November, dan Desember tahun 2022 serta bulan Februari, April, Juni tahun 2023 (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa penambangan yang dilakukan oleh Kapal Keruk 21 Singkep 1 masih meninggalkan lapisan timah (kaksa). Data *recovery* pencucian di bawah 95,50% hanya tercatat pada bulan Februari 2022 (Tabel 2). Namun pada bulan yang tidak bisa dilakukan *sampling* karena kondisi cuaca pada lokasi kerja bisa jadi juga memiliki nilai *recovery* rendah atau di bawah 95,50%. Oleh karena ini, lubang pengeboran baru dilakukan pada lokasi dengan data *recovery* penambangan dan *recovery* pencucian di bawah 95,50% serta pada lokasi yang tidak dilakukan pengambilan *sampling* pencucian.

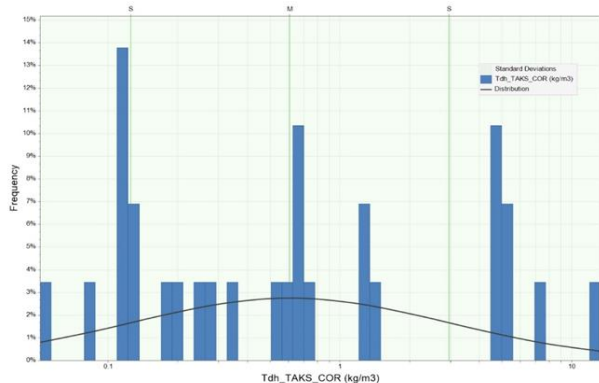
Data *collar* merupakan data yang berisikan informasi mengenai data koordinat (x,y,z) dari setiap lubang bor,

sedangkan data *assay* merupakan data yang memuat informasi mengenai data kadar dari setiap lobang bor. Sebanyak 21 lubang bor baru dilakukan pada area bekas penambangan Kapal Keruk 21 Singkep 1, dengan 6 lubang diantaranya memiliki kekayaan ekonomis di atas $0,056 \text{ kg/m}^3$. Hasil pengeboran terbaru di-*overlay* dengan data topografi, dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Hasil pengeboran *overlay* dengan topografi

Analisis statistik dilakukan dengan memanfaatkan histogram yang tersedia pada *software* Micromine. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah 29 data *assay*. Penggunaan histogram dalam analisis statistik memberikan gambaran mengenai kondisi data yang sedang dianalisis. Penentuan nilai *bottom cut* dilakukan sebagai analisis statistik awal dengan tujuan untuk membedakan data yang dianggap sebagai bijih dan yang tidak. Penetapan batasan data ini penting karena dapat mempengaruhi hasil estimasi dalam penelitian ini. Hasil analisis statistik awal menggunakan data *assay* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 3.



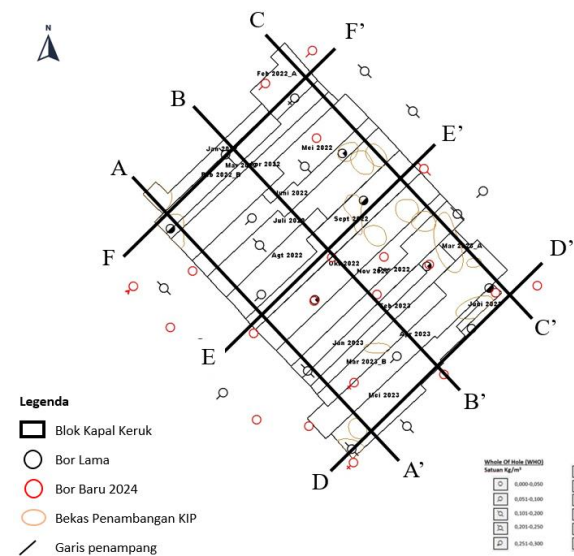
Gambar 5. Histogram timah dihitung (Tdh)

Tabel 3. Data statistik

Data	Kg/m ³
Min	0,056
Max	13,058
Mean	1,908
Mean	0,600
Variance	8,926
Standart Dev	2,988
CoV	1,566

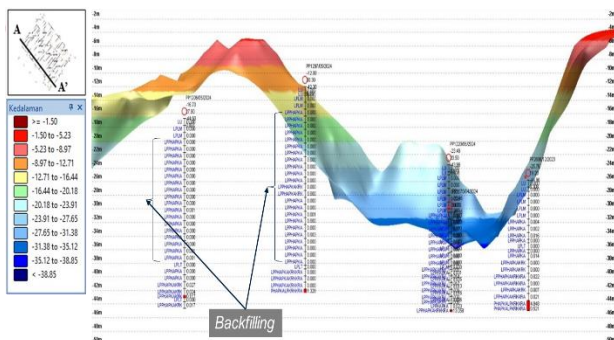
Nilai *bottom cut* yang ditentukan pada analisis statistik ini yaitu $0,056 \text{ kg/m}^3$. Nilai *bottom cut* ini yang akan dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan batas blok (*string*) mineralisasi dari endapan yang akan diestimasi. Dalam penelitian ini, ditentukan satu zona bijih berdasarkan kondisi lapisan yang mengandung timah, dengan pertimbangan nilai *bottom cut* dari analisis statistik awal. Zona bijih yang dibentuk disebut sebagai lapisan kaksa. Data kaksa yang telah diekstrak kemudian dianalisis secara statistik untuk memberikan gambaran mengenai kondisi data yang akan menentukan apakah dilakukan *top cut* atau tidak.

Penampang pengeboran pada Gambar 6 dilakukan untuk mendapatkan gambaran keadaan dua dimensi bawah permukaan dan korelasi stratigrafi. Penampang A-A', B-B' dan C-C' dilakukan searah dengan lembah untuk mendapatkan korelasi kedalaman serta mendapatkan gambaran topografi *backfilling* akibat aktifitas penambangan kapal keruk. Penampang D-D', E-E' dan F-F' dilakukan tegak lurus atau memotong lembah untuk menggambarkan urutan stratigrafi dan hubungan lapisan pada setiap lubang bor.



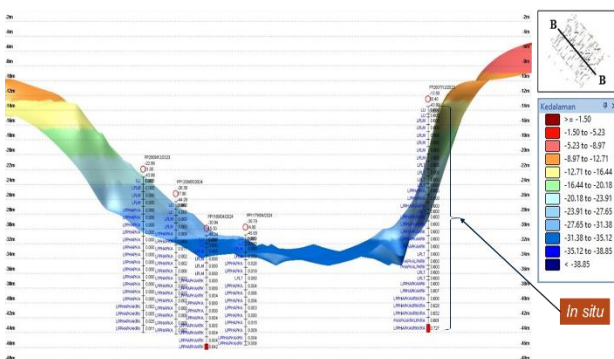
Gambar 6. Penampang pengeboran

Penampang pengeboran A-A' menunjukkan bahwa area yang digali oleh Kapal Keruk 21 Singkep 1 terdiri dari lapisan LPPHAPKA di permukaan, hasil penggalian *backfilling*. Area ini belum ter gali hingga *bedrock*, dengan indikasi mineralisasi timah pada kedalaman -43 hingga -44 meter (0,117–1,328 kg/m³). Data pengeboran *in situ* pada Bulan Maret–Juni 2024 menunjukkan lapisan berupa lempung hingga pasir-kerikil (kaksa) dengan potensi timah 0,521–13,058 kg/m³ (dapat dilihat pada lubang bor PP1175/04/2024 dan PP2806/12/2023 di Gambar 7).



Gambar 7. Penampang A-A'

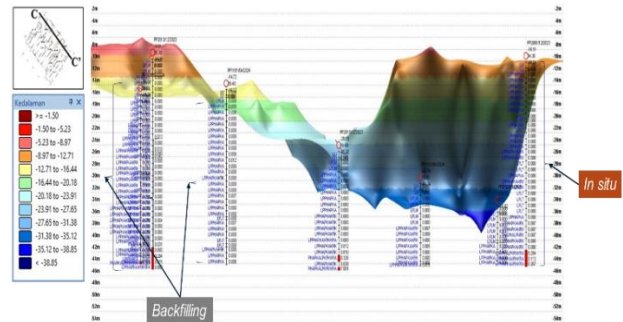
Pada penampang B-B' yang ditunjukkan pada Gambar 8, lubang bor PP2807/12/2023 menunjukkan bahwa area tersebut belum ter gali oleh Kapal Keruk 21 Singkep 1 pada periode 2022–2023 berupa stratigrafi lapisan *in situ* terdiri dari lumpur, lempung lemah, LPPHAPKA, hingga kaksa yang mengandung mineralisasi bijih timah.



Gambar 8. Penampang B-B'

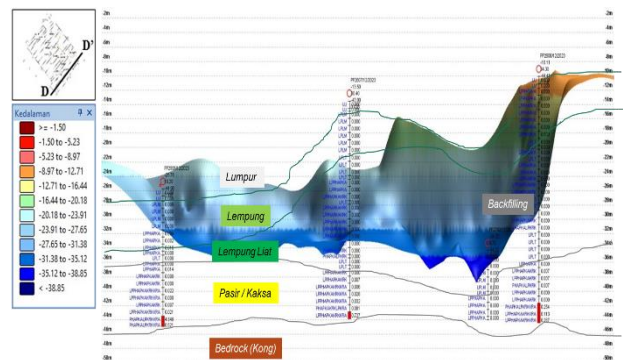
Sedangkan untuk litologi yang sudah pernah digali oleh Kapal Keruk 21 Singkep 1, terlihat adanya peralihan dengan stratigrafi yang sudah teracak, dapat dilihat pada lubang bor PP1181/04/24 dan PP1163/04/24 pada Gambar 9. Stratigrafi peralihan yang terdiri dari LU (Lumpur), LPLM (Lempung Lemah) di bagian permukaan yang merupakan tanah bekas atau *tailing* hasil

aktivitas penambangan, kemudian diikuti oleh lapisan LPPHAPKA yang menerus sampai *bedrock* atau kong.



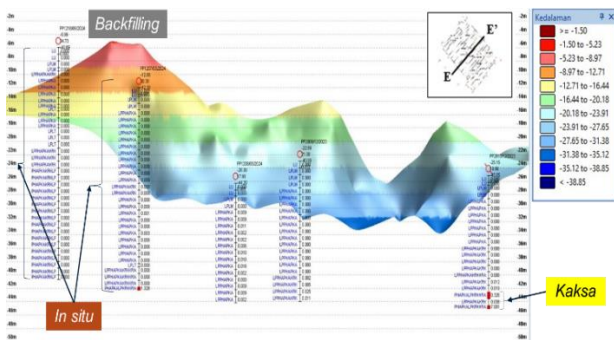
Gambar 9. Penampang C-C'

Penampang D-D' dapat dilihat pada Gambar 10, merupakan penampang yang memotong arah penggalian. Hal ini dilakukan untuk menggambarkan urutan stratigrafi dan hubungan lapisan pada setiap lubang bor. Penampang ini memberikan pemahaman lebih baik tentang stratigrafi bawah permukaan serta dampak penggalian. Hasilnya dapat dilihat pada kedalaman -42 hingga -45 meter yang menerus hingga ke lubang bor di sampingnya atau dapat dikatakan masih terdapat potensi cadangan timah yang tertinggal dengan lapisan kaksa berupa PHAPKALPKRKKRA.



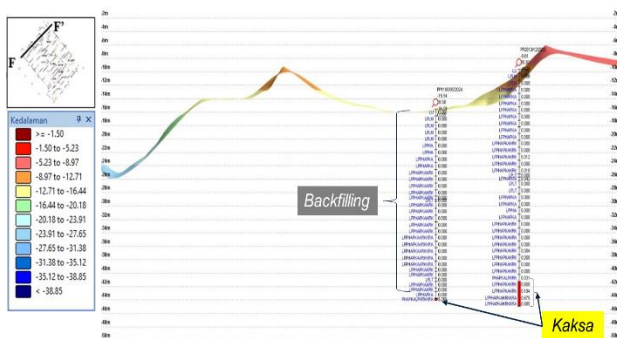
Gambar 10. Penampang D-D'

Penampang E-E' didominasi lapisan hasil penggalian Kapal Keruk 21 Singkep 1 yang teracak. Lubang bor PP1218/06/24 pada Gambar 11 berjarak 50 meter dari dinding kolong, menunjukkan stratigrafi asli (*in situ*) meski topografi telah berubah akibat *backfilling*. Lubang bor PP2810/12/23 mengindikasikan lapisan bertimah pada kedalaman -44 hingga -46 meter.



Gambar 11. Penampang E-E'

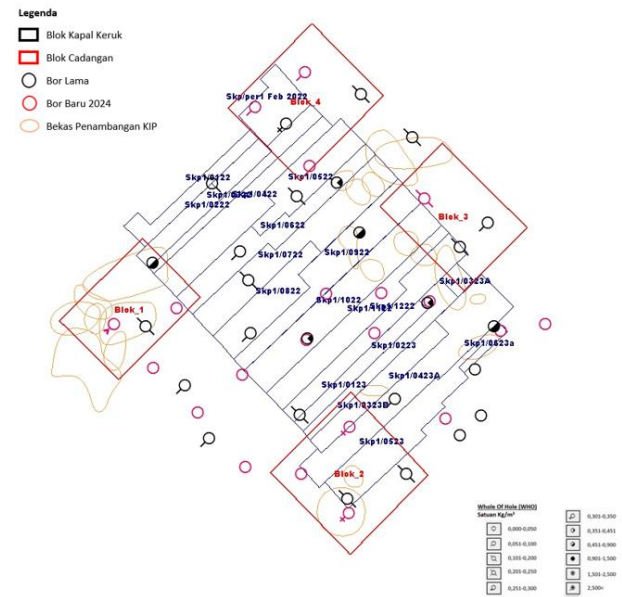
Penampang F-F' pada Gambar 12 berada di ujung kolong Kapal Keruk 21 Singkep 1 terdiri dari lapisan tailing hasil *backfilling*. Pengeboran lubang bor PP2813/12/23 di luar kolong menunjukkan lapisan bertimah pada kedalaman -42 hingga -45 meter dengan kadar 0,194–0,685 kg/m³. Lubang bor PP1188/05/24 di area bekas penggalian menunjukkan sisa cadangan timah pada kedalaman -44 meter dengan kadar 5,269 kg/m³.



Gambar 12. Penampang F-F'

Berdasarkan data 21 lubang bor baru di Laut Sungailiat untuk perhitungan cadangan Kapal Keruk 21 Singkep 1 pada periode 2022–2023, titik pengeboran dipilih berdasarkan data *recovery* penambangan dan pencucian di bawah 95,50%, yang menunjukkan potensi cadangan yang belum ter gali sepenuhnya. Kedalaman pengeboran berkisar antara 40,35 m – 46,24 m. Estimasi perhitungan cadangan menggunakan metode poligon dilakukan dengan cara satu titik pengeboran diperluas hingga setengah jarak dari titik-titik sekitarnya yang membentuk area pengaruh. Batas luar dari area pengaruh poligon ini dapat berakhir pada titik-titik bor terjauh, atau diperluas hingga setengah jarak antara lubang bor. Didapatkan empat blok hasil estimasi perhitungan cadangan berdasarkan hasil pengeboran baru yang memiliki

kekayaan ekonomis di atas 0,056 kg/m³, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Blok Estimasi Cadangan

Perhitungan cadangan Blok 1 dilakukan berdasarkan hasil pengeboran terbaru yang terletak di dinding kolong Kapal Keruk 21 Singkep 1 di sisi barat yang merupakan dinding kolong (*spie*) yang terbentuk dari hasil penggalian Kapal Keruk 21 Singkep 1 selama periode Juni 2022, dengan satu lubang hasil pengeboran baru menunjukkan kekayaan lebih dari 0,319 kg/m³ atau disebut juga lubang bor Cabang 5. Selanjutnya Blok 1 ini juga menghitung area pengaruh yang diperluas sejauh setengah jarak dari titik pengeboran tersebut, sehingga lubang bor Cabang 2 lama dengan kekayaan 0,158 kg/m³ juga ikut dihitung dalam perhitungan cadangan.

Blok 2 ditetapkan berdasarkan data *recovery* penambangan yang menunjukkan cadangan tertinggal dan hasil data pengeboran terbaru dengan kekayaan 0,271 kg/m³ atau disebut juga lubang bor Cabang 4 yang terletak di dinding kolong (*spie*) bekas penggalian Kapal Keruk 21 Singkep 1 periode bulan Juni 2023 di sisi selatan.

Blok 3 ditentukan berdasarkan evaluasi data *recovery* penambangan pada periode September hingga Desember 2022 yang mengindikasikan bahwa area dinding kolong (*spie*) ini belum sepenuhnya ter gali dan data pengeboran terbaru di dinding kolong Kapal Keruk 21 Singkep 1 yang berada di sisi timur dengan kekayaan 0,195 kg/m³ atau yang disebut lubang bor Cabang 2.

Blok 4 ditentukan berdasarkan data pengeboran yang diperoleh melalui evaluasi data *recovery* penambangan dan pencucian pada periode penggalian Kapal Keruk 21

Singkep 1 pada bulan Februari 2022 yang menunjukkan bahwa hasil *recovery* penambangan dan pencucian pada periode tersebut tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Hal ini mengindikasikan adanya *losses* atau cadangan yang belum tergali sepenuhnya. Hasil pengeboran di Blok 4 menunjukkan masih terdapat kekayaan timah, ditunjukkan dengan dua lubang bor yang masing-masing memiliki kekayaan 0,055 kg/m³ dan 0,057 kg/m³ atau disebut lubang bor Cabang 2.

Total cadangan dihitung menggunakan metode poligon (*area of influence*) dengan cara menghitung luas area (Ldh) dalam satuan meter persegi, menentukan dalam dihitung (Ddh) yang merupakan rata-rata ketebalan lapisan dari lubang bor dengan satuan meter, menghitung *volume* (Idh) yang didapatkan dari perkalian Ldh x Ddh dengan satuan meter kubik, dilanjutkan menghitung kekayaan bijih timah (Tdh) yang merupakan perkiraan jumlah timah yang terdapat dalam cadangan kaks dari hasil analisa *grain counting* dengan satuan kg/meter kubik serta menghitung produksi (Pdh) yang merupakan jumlah endapan yang akan diambil dari suatu area dari perkalian Idh x Tdh. Perhitungan total cadangan disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan total cadangan

ID	Ldh (m ²)	Ddh (m)	Idh (m ³)	Tdh (kg/m ³)	Pdh Ton (Sn)
Blok 1	7.216	23	163.492	0,152	25
Blok 2	33.997	20,3	193.254	0,171	33
Blok 3	7.909	25	195.597	0,100	20
Blok 4	9.028	31	283.283	0,060	17
Jumlah	33.688	25,4	855.338	0,114	98

Penelitian ini berhasil mengkaji potensi cadangan mineral timah di area bekas penambangan Kapal Keruk 21 Singkep 1 melalui pengeboran baru sebanyak 21 lubang. Dari hasil pengeboran terdapat 6 lubang yang menunjukkan kandungan timah dengan kadar ekonomis di atas 0,056 kg/m³. Lapisan bertimah ditemukan pada kedalaman -43 hingga -46 meter, yang mengindikasikan area tersebut belum tergali sepenuhnya hingga *bedrock*. Analisis stratigrafi menunjukkan adanya perbedaan antara lapisan asli (*in situ*) dan lapisan yang sudah teracak akibat aktivitas *backfilling*. Lapisan asli terdiri dari urutan stratigrafi lempung hingga lapisan kaks dengan kandungan timah mencapai 13,058 kg/m³. Penampang searah dan tegak lurus terhadap arah penggalian memberikan gambaran tentang perubahan stratigrafi, hubungan antar lapisan, serta potensi sisa cadangan timah. Estimasi cadangan menggunakan metode poligon menghasilkan empat blok dengan total cadangan sebesar 98 ton Sn. Secara keseluruhan penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar area telah tergali oleh kapal keruk, namun masih terdapat cadangan ekonomis

yang dapat dioptimalkan melalui penambangan kembali menggunakan kapal isap produksi.

KESIMPULAN

Temuan utama menunjukkan bahwa *recovery* penambangan pada periode tersebut berada di bawah standar 95,50% pada beberapa bulan, terutama pada Januari, Februari, Mei, Juli, September, Oktober, November, dan Desember 2022, serta Februari, April, dan Juni 2023, dengan pencucian di bawah standar tercatat hanya pada Februari 2022. Hal ini mengindikasikan adanya cadangan yang belum tergali sepenuhnya, yang memerlukan evaluasi dan optimasi. Beberapa variabel yang menyebabkan cadangan tertinggal antara lain kedalaman yang belum tercapai, pencucian yang tidak optimal, dan cuaca buruk, terbukti dengan ditemukannya 6 lubang bor dengan kekayaan ekonomis di atas 0,056 kg/m³. Estimasi cadangan menggunakan metode poligon pada empat blok pengeboran baru menghasilkan total cadangan timah sebesar 98 ton Sn.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aprilia, S. R. (2021). Analisis Variabel Penyebab Tidak Tercapainya Recovery Bijih Timah Pada Jig Dalam Proses Pencucian Di Kapal Keruk. *KURVATEK*, 6(1), 59-68.
- [2] Aji, I. (2019). Upaya Konservasi Mineral dan proyeksi masa depan pertambangan timah di Indonesia. *Prosiding TPT XXVIII Perhapi*, 863-674.
- [3] Emkel, B. G. (2018). Kajian Performansi Pompa Slurry pada Bucket Wheel Dredger dengan Variasi Sudut Gali 45°, 50° dan 55°. *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Volume 1 Issue 1). Medan: TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara.
- [4] Elisa, Irvani, & Janiar Pitulima. (2017). Perencanaan Tambang Secara Manual dan Software Micromine Sebagai Pemandangan Pada Kapal Keruk 21 Singkep 1 Di Laut Air Kantung, PT Timah (Persero) Tbk. *Jurnal Mineral Universitas Bangka Belitung*, 7.
- [5] Herman, D. P. (2015). Potensi Mineral Cassiterite dan Ilmenite pada Daerah Bekas Penambangan Timah Bangka. *Jurnal Promine*, 3(2), 30-41.
- [6] Hadi, F., & Maiyudi, R. (2024). Analisis Panjang Pukulan Jig Terhadap Nilai Losses pada Kapal Isap Produksi Timah 19 (KIP 19) Unit Penambangan Laut Kundur, Provinsi Kepulauan Riau. *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, 9(2).
- [7] Alfiansah, M. G. (2012). *Optimalisasi Produksi Penambangan Untuk Mencapai Target Produksi Pada Kapal Isap Produksi (KIP) Timah I Pada Lokasi Tailing Kapal Keruk PT. Timah Tbk Laut Permis Provinsi Kepulauan*



- Bangka Belitung. Retrieved JUNI 02, 2016.
- [8] Syahrul, M. R. (2021). *Perbandingan Antara Metode Poligon, Inverse Distance Weighting, Dan Ordinary Kriging Pada Estimasi Sumberdaya Timah Aluvial, Dan Analisis Sebaran Endapannya*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [9] Wicaksono, E., & S.B, W. (2021). Estimasi Cadangan Marginal Batubara dalam Rangka Penerapan Aspek Konservasi Mineral dan Batubara. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVI Tahun 2021 (ReTII)*, 15-21.
- [10] Rahul Gonzales , Muhammad Rafif Gusvi Rahardi, & Adree Octova. (2023). <https://www.georest.org>. *Estimation Of Tin Resources Using Invers Distance Weighted (IDW) And Nearest Neighbor Point (NNP) Methods In Bangka Tengah District, Bangka Belitung Islands Province*, 7.