

Penerapan Metode *Sequence Accuracy* Untuk Analisis Desain Penambangan Batubara

Elda Pratama Yudistira¹, Hidayatullah Sidiq², Faisol Mukarom²

^{1,2,3} Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : ¹17100190187@students.itny.ac.id, ²hidayatullah@itny.ac.id, ³faisol@itny.ac.id

ABSTRAK

Sequence Accuracy merupakan sistem pengukuran kesesuaian penambangan secara aktual dengan mangkok desain yang sudah direncanakan dan disepakati sebelumnya. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama memiliki pengukuran akurasi pentahapan penambangan yang dikenal dengan (*sequence accuracy*) guna mengukur kesesuaian kegiatan penambangan dengan mangkok desain yang telah disepakati sebelumnya untuk itu *sequence accuray* memiliki nilai yang ditargetkan yaitu 95%, pada Bulan Agustus dilakukan analisis desain penambangan dengan melakukan pembuatan *cross section* antara topografi akhir Bulan Agustus dengan desain Bulan Agustus hasil tersebut didapatkan adanya ketidaksesuaian berupa *overcut* dan *undercut*. Dengan jumlah volume sebagai berikut volume *Face position* untuk overburden 1.184.148 bcm dan *coal* 118.105 ton, *On sequence* jumlah volume overburden 952.571 bcm dan *coal* 79.061 ton, *overcut* dengan jumlah volume overburden 53.494 bcm dan *coal* 2.328 ton, dan *Undercut* dengan jumlah volume overburden 231.577 bcm dan *coal* 39.044 ton dari hasil volume yang didapatkan dilakukan perhitungan nilai *sequence accuracy* yaitu 90% yang artinya masih ada 5% yang diluar dari oprasional yang targetkan baik berupa *overcut* maupun *undercut*. Adanya (*overcut*) yang terdapat pada boundary 3 pada elevasi +64, kondisi tersebut dapat dilihat berdasarkan hasil *cross section* pada terlihat pada penampang H-H', I-I', dan J-J' dan *expression sequence accuracy*, *overcut* pada area tersebut terjadi karena pada Bulan Agustus *sequence* 3 direncanakan untuk dilakukan ekspose seam berdasarkan hasil *cross section* pada penampang b-b' seam O dengan sisi terdekat dengan permukaan pada elevasi +56 sementara pada rancangan desain penambangan Bulan Agustus *sequence* 3 terdapat area kerja pada elevasi +64 sehingga pada kegiatan ekspose seam kegiatan penambangan dilakukan melebihi dari rencana desain (*overcut*) pada area elevasi +64. serta adanya *undercut* penambangan dilakukan berdasarkan rancangan desain penambangan pada Bulan Agustus berupa rancangan front penambangan pada kondisi ini rancangan front penambangan sudah sesuai, rancangan jalan angkut berdasarkan perhitungan rancangan jalan angkut sudah sesuai dan dilakukan juga analisis berdasarkan penempatan jumlah alat gali muat pada setiap *boundary* dari hasil perhitungan jumlah 1 alat gali muat pada boundary 1, 2 alat gali muat pada *boundary* 2, dan 2 alat gali-muat pada *boundary* 3 sudah tepat, sehingga di simpulkan keterdapatn *undercut* tidak dipengaruhi rancangan desain penambangan pada Bulan Agustus. Berdasarkan hasil analisis sehingga direkomendasikan perbaikan desain pada area yang terpadat *overcut* yaitu *boundary* 3 Bulan Agustus sehingga didapatkan nilai *sequence accuracy* menjadi 98% dengan total volume *on sequence* untuk overburden 995.426 bcm dan batubara 81.389 ton, volume *overcut* untuk overburden 10.639 bcm, dan total volume *undercut* untuk overburden menjadi 188.722 bcm, untuk batubara 36.716 ton.

Kata kunci: desain penambangan, *Sequence Accuracy*, *Overcut*, *Undercut*

ABSTRACT

Sequence Accuracy is a system for measuring actual mining distances with a pre-planned and agreed design bowl, PT. Bukit Makmur Mandiri Utama has a measurement of the accuracy of mining phasing known as (*sequence correction*) to measure the suitability of mining activities with a pre-agreed bowl design for that *sequence accray* has a targeted value of 95%, in August a mining design analysis was carried out by making a *cross section* between the topography at the end of August and the design in August the results of the acquisition were discrepancies in the form of *overcuts* and *undercuts*. With the following volumes, *Face position* volume for overburden 1,184,148 bcm and *coal* 118,105 tons, *On sequence* total volume of overburden 952,571 bcm and *coal* 79,061 tons, *overcut* with total volume of overburden 53,494 bcm and *coal* 2,328 tons, and *Undercut* with total volume of overburden 231,577 bcm and *coal* 39,044 tons of yield The volume obtained is calculated by calculating the accuracy of the order of values, namely 90%, which means that there are still

5% that are outside of the targeted operations, either in the form of overcuts or undercuts. There is an (overcut) in boundary 3 at +64 elevation, this condition can be based on the results of the cross section seen in the H-H', I-I', and J-J' sections and the expression sequence precision, the overcut in this area occurs because seen in August sequence 3 it is planned to carry out an exposed seam based on the cross section results on the b-b' seam O section with the side closest to the surface at +56 elevation while in the construction design in August sequence 3 there is a work area at elevation +64 so that in pose activities Seam mining activities are carried out beyond the design plan (overcut) in the +64 elevation area. as well as the existence of an undercut which was carried out based on the mining design plan in August in the form of a mining front design in this condition the mining front design was appropriate, the haul road design based on the calculation of the haul road design was appropriate and carried out also based on the number of loading digging equipment placements at each boundary from the calculation results of 1 digging equipment loaded on boundary 1, 2 digging equipment loading on boundary 2, and 2 digging-loading equipment on boundary 3 were correct, so it was concluded that the presence of undercuts did not affect the mining design design in August. Based on the results of the analysis, it is recommended to design improvements in the densest overcut area, namely boundary 3 in August so that the sequence accuracy value is 98% with a total on sequence volume for overburden of 995,426 bcm and coal of 81,389 tons, an overcut volume for overburden of 10,639 bcm, and a total undercut volume for overburden of 188,722 bcm, for coal of 36,716 tons.

Keyword : Mine design, sequence accuracy, overcut, undercut

PENDAHULUAN

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Merupakan kontraktor pertambangan yang beroperasi secara independent untuk melakukan pekerjaan penambangan secara menyeluruh, mulai dari pengupasan lapisan tanah penutup, penambangan batubara, pengangkutan batubara serta mempersiapkan lahan reklamasi dan rehabilitasi tanah. Lokasi penelitian terletak di Desa Sambakungan, Kecamatan Gunung Tabur, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Dalam mengoptimalkan kegiatan penambangan PT. Bukit Makmur Mandiri Utama memiliki target produksi yaitu 1.000.000 bcm overburden dan 100.000 ton batubara untuk memudahkan dalam pencapaian target tersebut dibagi menjadi 3 *sequence* penambangan. Dalam mengontrol dan mengukur kesesuaian dengan kegiatan penambangan PT. Bukit Makmur Mandiri Utama memiliki pengukuran akurasi *tahapan* penambangan yang dikenal dengan (*sequence accuracy*) tahapan penambangan yang baik dan akurat dapat memberikan banyak manfaat yaitu, peningkatan kualitas eksekusi dengan nilai *stripping ratio* yang optimum, tambang terbentuk rapi sehingga keselamatan kerja meningkat karena lereng terbentuk sesuai dengan desain (Jhony & Firdaus, 2020). *sequence accuray* memiliki nilai yang ditargetkan yaitu 95%. Dalam melakukan perhitungan *Sequence accuracy* terdapat beberapa parameter diantaranya jumlah muka area kerja penambangan (*face position*), jumlah volume didalam desain yang tertambang (*on sequence*), jumlah volume yang tertambang yang berada diluar desain (*overcut*), jumlah volume yang didalam desain yang belum tertambang (*undercut*). *Sequence accuracy* memiliki nilai dalam presen yang di peroleh dari aktual penambangan yang sesuai dengan desain (*on sequence*) di kurangi dengan banyaknya volume yang tertambang diluar desain (*overcut*) kemudian dibagi *Volume by model* atau jumlah keseluruhan volume yang tertambang yaitu dari nilai *on sequence* ditambah dengan *overcut*. Pada Bulan Agustus dilakukan analisis desain penambangan dengan melakukan pembuatan *cross section* antara topografi akhir Bulan Agustus dengan desain Bulan Agustus hasil tersebut didapatkan adanya ketidaksesuaian berupa *overcut* dan *undercut*. untuk itu pada Bulan Agustus dilakukan perhitungan *sequence accuracy* yang digunakan untuk menganalisis desain penambangan.

METODE PENELITIAN

Dalam kegiatan penelitian, dilakukan tahapan metodologi penelitian agar pengambilan dan pengolahan data lebih efisien dan terarah. Adapun tahapan metodologi penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, antara lain: perpustakaan, penelitian yang pernah dilakukan oleh perusahaan, jurnal ilmiah, peta-peta, grafik, serta tabel dan instansi yang terkait dengan permasalahan

Penelitian di Lapangan

Penelitian di lapangan dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu: orientasi lapangan dengan melihat langsung kondisi lapangan, menentukan lokasi-lokasi yang harus diamati sesuai dengan kebutuhan data sehingga bisa diperoleh data-data yang sesuai, pengecekan kembali data yang diambil dengan rumusan masalah yang sudah dibuat sehingga data-data yang diperoleh dapat sesuai dengan rumusan yang telah dibahas.

Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data, yaitu: Data primer, yaitu data yang diperoleh dari pengamatan dan pengumpulan data langsung di lapangan yaitu *Fleet* aktual alat gali-muat dan Data sekunder,

yaitu data yang diambil berasal dari literatur, penelitian terdahulu, serta arsip-arsip penunjang yang diperoleh dari seperti data Topografi akhir bulan juli, desain penambangan Bulan Agustus, Topografi akhir Bulan Agustus.

Pengolahan Data

Teknik pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan. Pengolahan data dilakukan menggunakan software *tambang* Dari data yang diperoleh diantaranya data *project software* tambang Pit OS kemudian membuat *triangle* dari data topografi akhir bulan juli, desain agustus dan topografi akhir agustus kemudian melakukan *cross section*. Pada software tambang melakukan *reserving* dari data topografi akhir bulan juli, desain Agustus, dan topografi akhir Agustus.

Analisis

Setelah didapatkan jumlah volume berdasarkan parameter *sequence accuracy* kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui faktor penyebab berdasarkan data-data tersebut.

Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil akhir dari semua masalah yang dibahas. Kesimpulan diperoleh setelah melakukan pembahasan terhadap masalah yang diteliti berdasarkan data-data dan hasil pengolahan dan analisis data. Sedangkan saran adalah masukan yang ditunjukkan kepada masyarakat umum maupun instansi-instansi terkait yang berisi hal-hal yang ditemukan pada saat penelitian.

Deskripsi Umum Batubara

Elliot (1981), ahli geokimia batubara, berpendapat batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Zat lain yaitu senyawa anorganik pembentuk ash (debu), tersebar sebagai partikel zat mineral yang terpisah di seluruh senyawa batubara (Arif, Irwandy, 2014).

Metode Tambang Terbuka

Menurut Prodjosumarto, p. (1989) Metode penambangan secara terbuka untuk endapan batubara terdiri dari beberapa metode penambangan. Penentuan metode penambangan tersebut akan dipengaruhi oleh kondisi topografi lokasi penambangan, kondisi endapan batubara serta ketebalan lapisan tanah penutup. Beberapa sistem tambang terbuka batubara, antara lain :

1. Metode *Countour Mining* pada umumnya digunakan untuk menambang endapan batubara yang tersingkap di lereng pegunungan atau bukit. Kegiatan penambangan diawali dengan pengupasan overburden di daerah singkapan batubara (*outcrop*) di sepanjang lereng mengikuti garis kontur kemudian diikuti penggalian endapan batubaranya
2. Metode *Strip Mining* pada umumnya digunakan untuk menambang endapan batubara yang memiliki kemiringan kecil atau datar. Selain itu endapan batubara harus tebal, terutama bila lapisan tanah penutupnya juga tebal. ini dimaksudkan untuk mendapatkan perbandingan yang masih ekonomis antara jumlah overburden yang harus dikupas dengan jumlah Batubara yang dapat digali. Pada metode ini, baik untuk pengupasan tanah penutup maupun penggalian Batubara digunakan sistem jenjang. Kemajuan penambangan didahului oleh kemajuan jenjang pada lapisan tanah penutup, kemudian diikuti oleh kemajuan jenjang pada penggalian Batubara
3. Metode area mining pada umumnya digunakan untuk menambang endapan Batubara yang memiliki kemiringan endapan relatif datar dengan daerah topografi yang datar. Kegiatan penambangan dimulai dengan mengupas lapisan tanah penutup dengan cara membuat suatu paritan atau selokan besar yang disebut box cut, kemudian menimbun lapisan tanah penutup pada lokasi yang tidak ditambang (*dumping area*).

Perancangan Tambang

Perancangan tambang merupakan bagian dari perencanaan tambang yang merupakan salah satu faktor teknis yang dianalisis di studi kelayakan (*feasibility study*). Perancangan tidak berhubungan dengan waktu sedangkan perencanaan berhubungan dengan waktu (Adisoma, 1998).

Sekuen Penambangan

Sekuen penambangan atau *sequences, expansion, phases, working pit, slices* ataupun *stage* adalah tahapan awal perencanaan tambang dimana dilakukan pembagian pit menjadi unit yang lebih kecil dengan tujuan untuk mempermudah pengaturan penambangan (Sidiq, H, 2018).

Sequence Accuracy

merupakan sistem pengukuran kesesuaian penambangan secara aktual dengan mangkok desain yang sudah direncanakan dan disepakati sebelumnya (Jhony & Firdaus, 2020). Dalam penerapan *sequence accuracy* memiliki beberapa istilah berupa

1. *Face position* merupakan Posisi area kerja dalam periode tertentu
2. *On Sequence* merupakan jumlah material yang tertambang yang berada didalam design penambangan
3. *Overcut* merupakan jumlah material yang berasal dari penggalian yang melebihi dari rencana penambangan yang telah direncanakan.
4. *Undercut* merupakan jumlah material yang tidak tertangani dan sudah masuk kedalam perencanaan penambangan.
5. *Volume by model* merupakan jumlah keseluruhan material yang tertambangan.

Dalam menghitung Nilai *sequence accuracy* dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Sequence accuracy} = \frac{\text{On Sequence} - \text{Overcut}}{\text{Volume By Model}} \times 100\%$$

HASIL DAN ANALISIS

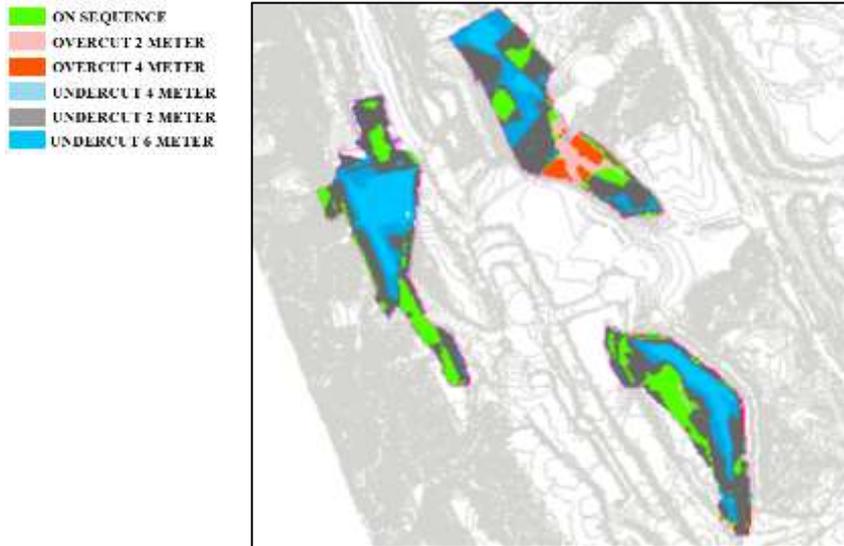
Sebelum melakukan Perhitungan *sequence accuracy* dilakukan perhitungan volume menggunakan *software* tambang. Proses perhitungan ini dilakukan dengan cara menggunakan menu *reserve => sample => Polygon* selanjutnya input data desain Bulan Agustus sebagai *surface* dan topografi akhir Bulan Agustus dalam bentuk *triangles* dan *pick ID line boundary penambangan* yang telah di *offset* 30 meter untuk mendapatkan volume *overcut* (jika ada yang diluar *boundary*). Dari data dan proses tersebut didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil *reserve* Parameter *sequence accuracy*

Keterangan	<i>Sequence accuracy</i>				<i>Sequence accuracy</i>
	<i>Face position</i>	<i>On sequence</i>	<i>overcut</i>	<i>Remain</i>	
Overburden	1.184.148 (bcm/bulan)	952.571 (bcm/bulan)	53.494 (bcm/bulan)	231.577 (bcm/bulan)	90%
Coal (ton/bulan)	118.105 (ton/bulan)	79.061 (ton/bulan)	2.328 (ton/bulan)	39.044 (ton/bulan)	
SR	10	12	-	6	
Total volume	1.298.253	1.031.632	55.822	270.621	

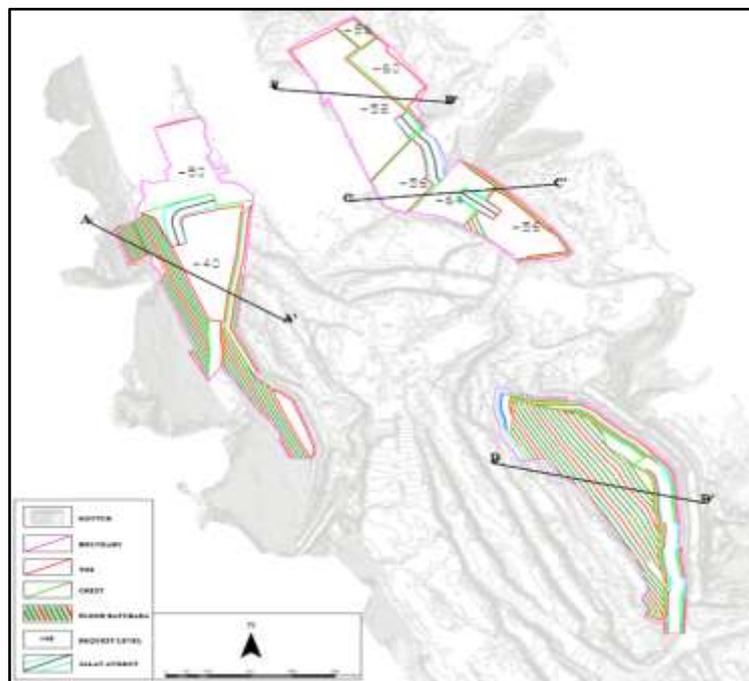
Berdasarkan hasil perhitungan volume parameter *sequence accuracy* (tabel 3.1) menggunakan *software* tambang sehingga dilakukan perhitungan presentase *sequence accuracy* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sequence accuracy} &= \frac{\text{on sequence} - \text{overcut}}{\text{total volume by model}} \times 100\% \\ \text{Total volume by model} &= \text{on sequence} + \text{overcut} \\ \text{Total volume by model} &= 1.031.632 + 55.822 \\ &= 1.087.454 \\ \text{Sequence accuracy} &= \frac{1.031.632 - 55.822}{1.087.454} \times 100\% \\ &= 90\% \end{aligned}$$

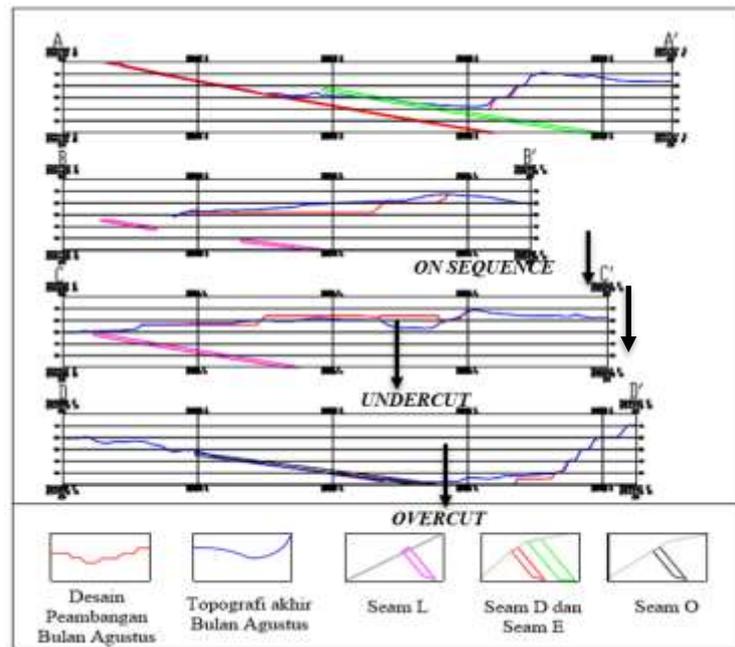


Gambar 1. Penggambaran Sequence Accuracy

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama membuat ketentuan target sequence accuracy dengan presentase 95% dan ketentuan kategori *overcut* yaitu lebih dari atau sama dengan 4 meter. Pada Bulan Agustus presentasi sequence accuracy yang didapatkan yaitu 90% masih belum mencapai target yang ditentukan yang artinya adanya ketidaksesuaian antara rencana desain dengan kegiatan actual penambangan, sehingga dilakukan analisis desain untuk mengetahui penyebab ketidaktercapaian presentase sequence accuracy dan ketidaksesuaian berdasarkan kondisi tersebut. Dalam menganalisis untuk melihat bentuk ketidaksesuaian dilakukan pembuatan cross section antara desain penambangan Bulan Agustus dengan topografi akhir Bulan Agustus (gambar 3.2) dan hasil cross section (gambar 3.3)

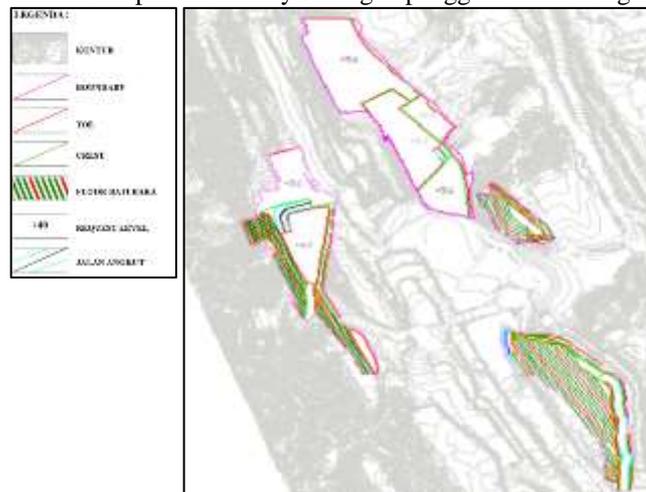


Gambar 2. Cross section Desain Penambangan dengan Topografi



Gambar 3. Penampang Hasil Cross Section Desain Peambangan dengan Topografi

Berdasarkan hasil cross section menggunakan software tambang pada Bulan Agustus 2022 Pit OS terdapat bentuk ketidaksesuaian antara desain peambangan dengan topografi akhir Bulan Agustus, ketidaksesuaian tersebut merupakan adanya kegiatan penambangan yang dilakukan melebihi rencana penambangan (overcut) yang terdapat pada boundary 3 pada elevasi +64, kondisi tersebut dapat dilihat berdasarkan hasil cross section pada (gambar 3.3) terlihat pada penampang C-C' dan penggambaran *sequence accuracy* pada gambar 3.1 berdasarkan kondisi tersebut kemudian dilakukan perhitungan volume dan didapatkan jumlah volume overcut untuk overburden 53.494 bcm 2.328 Ton. Overcut pada area tersebut terjadi karena adanya pada Bulan Agustus sequence 3 direncanakan untuk dilakukan ekspose seam berdasarkan hasil cross section penampang B-B' seam O dengan sisi terdekat dengan permukaan pada elevasi +56 sementara pada rancangan desain peambangan Bulan Agustus sequence 3 terdapat area kerja pada elevasi +64 sehingga pada kegiatan ekspose seam kegiatan penambangan dilakukan melebihi dari rencana desain (*overcut*) pada area elevasi +64. keterdapatn overcut ini yang mempengaruhi presentase *sequence accuracy* pada Bulan Agustus tahun 2022 dari kondisi ini untuk meningkatkan presentase *sequence accuracy* upaya perbaikan yang dapat dilakukan yaitu perbaikan desain pada area yang terdapat *overcut* yaitu boundary 3. Sehingga direkomendasikan perbaikan desain pada boundary 3 dengan penggambaran sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil Rekomendasi Perbaikan Desain Pada Boundary 3

Berdasarkan hasil rekomendasi perbaikan desain pada Bulan Agustus dilakukan perhitungan volume parameter *sequence accuracy* untuk menghitung ketercapaian *sequence accuracy* setelah adanya upaya

perbaikan desain menggunakan data hasil rekomendasi perbaikan desain dengan topografi akhir Bulan Agustus sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil *Reserve Parameter Sequence Accuracy* Setelah Adanya Upaya Rekomendasi Perbaikan Desain

Keterangan	Face position	Sequence accuracy			Sequence accuracy
		On sequence	overcut	Remain	
Overburden	1.184.148 (bcm/bulan)	995.426 (bcm/bulan)	10.639 (bcm/bulan)	188.722 (bcm/bulan)	98%
Coal	118.105 (ton/bulan)	81.389 (ton/bulan)	0	36.716 (ton/bulan)	
SR	10	12	-	5	
Total volume	1.298.253	1.076.815	10.639	225.438	

sequence accuracy:

$$\text{Sequence accuracy} = \frac{\text{on sequence} - \text{overcut}}{\text{total volume by model}} \times 100\%$$

$$\text{Total volume by model} = \text{on sequence} + \text{overcut}$$

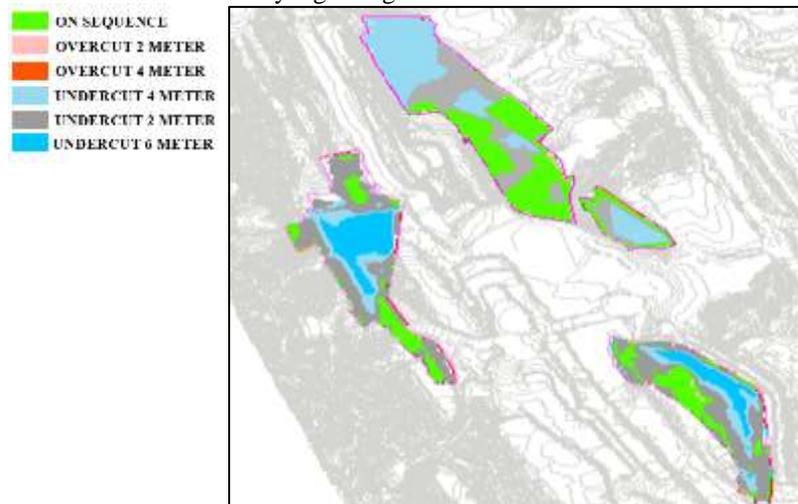
$$\text{Total volume by model} = 1.076.815 + 10.639$$

$$= 1.087.454$$

$$\text{Sequence accuracy} = \frac{1.076.815 - 10.639}{1.087.454} \times 100\%$$

$$= 98\%$$

Berdasarkan hasil revisi desain pada Bulan Agustus nilai *sequence accuracy* terdapat peningkatan menjadi 98% sehingga sudah memenuhi dari hasil yang ditargetkan



Gambar 5. Penggambaran *Sequence Accuracy* Hasil Rekomendasi Perbaikan Desain Pada *Boundary 3*

KESIMPULAN

1. *Sequence accuracy* pada Bulan Agustus 2022 dengan ketercapaian 90% dengan Volume *Face position* untuk overburden 1.184.148 bcm dan coal 118.105 ton, *On sequence* jumlah volume overburden 952.571 bcm dan coal 79.061 ton, *overcut* dengan jumlah volume overburden 53.494 bcm dan coal 2.328 ton, dan *Remain* dengan jumlah volume overburden 231.577 bcm dan coal 39.044 ton. ketercapaian *sequence accuracy* tersebut masih belum mencapai target yang direncanakan yaitu 95%.
2. Hasil analisis desain penambangan adanya *overcut* yang diakibatkan karena pada Bulan Agustus *sequence 3* dilakukan ekspose seam O berdasarkan hasil cross section penampang B-B' seam O memiliki sisi terdekat dengan permukaan pada elevasi +56 sementara pada rancangan desain penambangan Bulan Agustus *sequence 3* terdapat area kerja pada elevasi +64 sehingga pada kegiatan ekspose seam kegiatan penambangan dilakukan melebihi dari rencana desain (*overcut*) pada area elevasi +64 kondisi ini

-
- mempengaruhi ketidaktercapaian presentase *sequence accuracy* sedangkan adanya undercut tidak dipengaruhi dari rancangan desain penambangan melainkan dari kondisi aktual penambangan dilapangan.
3. Berdasarkan hasil analisis tersebut, sehingga dilakukan rekomendasi perbaikan desain atau revisi desain pada *boundary 3 Pit OS* pada Bulan Agustus dan dari hasil rekomendasi revisi desain dilakukan perhitungan nilai *sequence accuracy* menggunakan data topografi akhir Bulan Agustus dan didapatkan peningkatan nilai *sequence accuracy* menjadi 98% dengan total volume *on sequence* untuk overburden 995.426 bcm dan batubara 81.389 ton, volume *overcut* untuk overburden 10.639 bcm, dan total volume *undercut* untuk overburden menjadi 188.722 bcm, untuk batubara 36.716 ton.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Site Lati Mine Opration* serta semua yang telah membantu dalam kegiatan penelitian di lokasi, serta Tim dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jhony, J., & Firdaus, W. Pemanfaatan Drone Untuk Monitoring Akurasi Perencanaan Tambang Batubara Terbuka. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*. 2020
- [2] Sidiq, H., 2018, Perancangan *Design* Tambang, Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta.
- [3] Arif, Irwandy, 2014, Batubara Indonesia, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Prodjosumarto, P. 1989, Tambang Terbuka (Surface Mining)", Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
- [5] Hustulid, W., and Kuchta, M., 1995, *Open Pit Mine Planning & Design 2nd Edition Vol 1*, Fundamentals, Balkema/Rotterdam/Brockfield.
- [6] Arif I, Adisoma G 1998, Pelatihan Perencanaan Tambang, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum, Departemen Pertambangan dan Energi