

PERANCANGAN DAN PENJADWALAN TAMBANG BATU ANDESIT KUARI BLOK 2 DI PT MOSA INDO PALMA

MINE DESIGN AND SCHEDULING OF ANDESITE QUARRY BLOCK 2 IN PT MOSA INDO PALMA

S.Melati¹, RN.Hakim², M.Suhudi³, EFI. Putra⁴

¹⁻³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan Jend. Achmad Yani Km. 36,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia, 70714

⁴PT Mosa Indo Palma

Equity Tower Building 17th Floor, Suite C, SCBD, Lot 9, Jl. Jend. Sudirman Kav 52-53, Jakarta 12190

e-mail: *¹sari@ulm.ac.id, ²romla@ulm.ac.id, ³mohammadsuhudi@gmail.com, ⁴ekafarma@mip.com

ABSTRAK

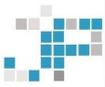
PT Mosa Indo Palma telah melaksanakan operasi produksi di Site Ketapang, Bakaheuni, Lampung sejak tahun 2017. Kuari Blok 1 akan habis cadangannya sehingga diperlukan pembukaan Kuari Blok 2. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan membuat suatu perencanaan dan perancangan tambang yang meliputi permodelan lapisan batu andesit, penentuan desain akhir, perhitungan cadangan batu andesit dan volume overburden dalam batas desain akhir, perancangan tambang meliputi geometri jenjang, jalan angkut, disposal, penentuan tahapan penambangan (pushback) dan penjadwalan produksi. Penelitian ini hanya terfokus pada area blok 2 di PT Mosa Indo Palma untuk mencapai target produksi andesit pertriwulan sebesar 60.000 m³. Penelitian dilakukan dengan pengamatan langsung ke lokasi penelitian, melakukan pengumpulan data serta melakukan pengolahan data sehingga didapat hasil perencanaan dan perancangan tambang. Pembongkaran overburden menggunakan 2 unit Excavator Komatsu PC200 dan 4 unit dump truck Mitsubishi Fuso FM257ML. Pembongkaran tubuh andesit menggunakan peledakan dan pengangkutan diperlukan 1 unit Excavator Komatsu PC300 dan 3 unit dump truck Mitsubishi Fuso FM257ML. Model tubuh andesit seluas 5,57 ha dan luas rancangan Kuari Blok 2 6,38 ha. Andesit tertambang ditaksir 1.086.315 m³ selama 4,5 tahun. Kapasitas disposal disediakan 256.336 loose cubic meters (lcm). Lebar jalan angkut 9 dan 18 m. Kemajuan tambang dimulai dari sisi barat dan terus berlanjut ke arah timur dengan stripping ratio pertriwulan diatur antara 1,05 – 1,16 mendekati stripping ratio keseluruhan 1,11 untuk meminimalkan risiko.

Kata kunci: Andesit, Kuari, Perancangan, Perencanaan, Tambang

ABSTRACT

PT Mosa Indo Palma had been operating on site Ketapang, Bakaheuni, Lampung since 2017. The reserves in Quarry Block 1 would soon run out so that Quarry Blok 2 had to be opened. The objective of the study are to make a mine plan and design included the modelling of andesite ore body, final design determination, calculation of andesite reserves and overburden volume within the final design limit, mine design includes the geometry of levels, haul roads, disposal, determination of mining pushback and production scheduling. This study focused on the block 2 area at PT Mosa Indo Palma. The target for quarterly andesite production was 60,000 m³. This study was conducted by observation to the research site, collecting data and data processing to obtain the results of mine planning and design. Demolition of overburden using 2 units of Komatsu PC200 Excavator and 4 units of Mitsubishi Fuso FM257ML Dump Truck. Demolition of andesite deposits using blasting method and transportation required 1 unit of Komatsu PC300 Excavator and 3 units of Mitsubishi Fuso FM257ML dump truck. The andesite body model is 5.57 hectares and the design area of Quarry Block 2 is 6.38 hectares. Mined andesite was estimated at 1,086,315 m³ for 4.5 years. The disposal capacity was provided 256.336 lcm. The width of the haul road are 9 and 18 m. Mining progress starts from the west side and continues eastward with the quarterly stripping ratio set between 1.05 - 1.16 approaching the overall stripping ratio 1.11 to minimize risk.

Keywords : Andesite, Quarry, Design, Planning, Mining



PENDAHULUAN

PT Mosa Indo Palma merupakan perusahaan tambang batu andesit yang berlokasi di Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. PT Mosa Indo Palma memiliki rencana penambahan jumlah produksi andesit pada tahun 2019 sehingga memerlukan perencanaan dan perancangan tambang pada area prospek yang telah dilakukan eksplorasi dan penyelidikan lainnya. Perencanaan yang dilakukan berupa perencanaan *long-term mine planning* atau perencanaan jangka panjang. Demi meminimalkan resiko yang dapat terjadi pada kegiatan penambangan, maka diperlukan perencanaan dan perancangan tambang. Hal ini berfungsi sebagai pedoman dalam pelaksanaan penambangan. Selain itu adanya perencanaan dan perancangan tambang dapat mengurangi ketidakpastian dan pemilihan kemungkinan terbaik. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul Perancangan dan Penjadwalan Tambang Batu Andesit Kuari Blok 2 di PT Mosa Indo Palma. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan membuat suatu perencanaan dan perancangan tambang yang meliputi permodelan lapisan batu andesit, penentuan desain akhir, perhitungan cadangan batu andesit dan volume *overburden* dalam batas desain akhir, perancangan geometri jenjang, jalan angkut, disposal, penentuan tahapan penambangan (*pushback*) dan penjadwalan produksi.

Penelitian terdahulu mengenai perencanaan tambang pada tambang terbuka telah banyak dilakukan antara lain pada penelitian Upadhyay dan penelitian Groeveneld [1,2]. Perencanaan tambang sangat perlu dilakukan. Prediksi yang akurat dalam perencanaan tambang dapat meminimalkan kerugian. Kompleksitas operasi pada tambang terbuka ditambah dengan lingkungan produksi yang sangat tidak pasti dan dinamis, membatasi keakuratan prediksi. Pendekatan perencanaan yang reaktif terpaksa digunakan untuk mengurangi penyimpangan dari rencana awal [1]. Perencanaan dan penjadwalan tambang pada penelitian ini disusun sedemikian rupa untuk mencapai target dengan memastikan sumber data-data yang dimasukkan representatif dan akurat.

Ketidakpastian adalah elemen kunci dari penambangan yang menyebabkan variabilitas dalam data masukan untuk proses pengambilan keputusan. Berbagai sumber ketidakpastian di proyek pertambangan berasal dari harga komoditas bahan tambang, kondisi geologi yang tidak diketahui, biaya variabel, atau produktivitas yang tidak terduga [2]. Sebagian besar rencana dan rancangan tambang hanya berdasarkan satu nilai parameter masukan tanpa mempertimbangkan ketidakpastian. Pada penelitian ini dirancang batas penambangan dengan dua opsi *stripping ratio* untuk mengakomodir ketidakpastian, terutama harga andesit dan biaya variabel.

Model tubuh andesit sebaiknya dibagi menjadi blok-blok kecil untuk memudahkan rencana penambangan. Penelitian yang dilakukan Sohrabian dan Ozelik pada tahun 2012 menggunakan komponen independen Kriging untuk menentukan blok-blok yang bisa diledakkan pada kuari andesit [3]. Model tubuh andesit dibagi-bagi ke dalam blok-blok kecil kemudian dipilih blok yang akan dibongkar dengan metode peledakan sebagai andesit dan blok yang tidak perlu diledakkan sebagai *waste*.

Pembuatan ramp dalam pit membutuhkan pengupasan sejumlah besar material yang tidak bernilai. Lebar dan kemiringan maksimum jalan untuk menghubungkan dua titik tambang dirancang untuk meminimalkan biaya operasional dan konstruksi [4]. Lebar dan kemiringan jalan angkut pada penelitian ini menjadi batasan desain yang sangat ketat demi menghasilkan rancangan tambang yang efisien.

Operasi tambang terbuka berdampak pada lingkungan, karena mengubah bentang alam dan ekosistem lokal. Sebagian besar dampak lingkungan ini sebagai hasil dari transportasi volume bahan tambang yang dipindahkan ke lokasi lain. *Waste dump* atau disposal yang ditempatkan di luar pit memerlukan ruang yang luas dan melibatkan biaya transportasi yang cukup besar. Maka opsi yang paling diinginkan adalah menempatkan langsung material buangan ke dalam lubang kosong dalam pit. Tetapi pemilihan lokasi disposal tentunya tergantung bentuk endapan dan desain tambang [5]. Pada penelitian ini penempatan disposal harus di luar kuari karena badan andesit berbentuk bukit. Biaya transportasi ditekan dengan memilih lokasi terdekat yang layak dan memenuhi syarat untuk dijadikan disposal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah Izin Usaha Pertambangan PT Mosa Indo Palma, Lampung. Tahapan penelitian pertama yaitu pengumpulan data. Data-data yang dikumpulkan yaitu : situasi dan kondisi daerah penelitian, peta kesampaian daerah, peta wilayah Izin Usaha Pertambangan PT Mosa Indo Palma, koordinat titik survey geolistrik, data litologi dari interpretasi data distribusi tahanan (*resistivity*) batuan hasil survei geolistrik, spesifikasi alat gali muat excavator Komatsu PC200 dan Volvo E210D, spesifikasi alat angkut Mitsubishi Fuso FM527ML, peta topografi, dan peta geologi.

Data-data yang telah didapatkan, selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan batasan-batasan yang telah ditentukan untuk menghasilkan permodelan andesit, desain *final* kuari, desain tahapan penambangan, desain disposal, dan jalan angkut.

Perancangan penambangan dimulai dengan memodelkan tubuh batuan. Tubuh batuan harus dimodelkan dengan

baik agar hasil perhitungan cadangan bahan galian menghasilkan data yang akurat. Data-data yang digunakan untuk memodelkan tubuh batuan adalah sebagai berikut.

1. Data topografi
Data topografi diperoleh dari hasil pengolahan data *Digital Elevation Model (DEM)* pada peta topografi SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) menggunakan *Software* pertambangan. Data ini yang digunakan untuk pembuatan peta topografi.
2. Data koordinat survei geolistrik dan litologi
PT Mosa Indo Palma melakukan survei geolistrik sebanyak 2 kali dengan total 24 titik survei. Data tersebut berupa nama titik geolistrik, koordinat geolistrik, kedalaman survei geolistrik, dan litologi pada titik geolistrik tersebut. Permodelan tubuh andesit ditentukan dari analisis data litologi dari interpretasi distribusi tahanan batuan.

Kuari yang akan didesain pada penelitian ini diberi nama Kuari Blok 2. Batas penambangan (*limit*) menjadi acuan dalam pembuatan tahapan penambangan. Kriteria perancangan batas tambang yaitu :

1. Geometri jenjang kuari
Geometri jenjang Kuari Blok 2 ditentukan oleh perusahaan yaitu dengan lebar jenjang *final* 2 meter dan tinggi jejang 10 meter. Kemiringan lereng tunggal (*single slope*) adalah 75° . Sedangkan *overall slope* jenjang sebesar $\pm 66^\circ$.
2. *Stripping ratio* yang ditetapkan adalah SR yang terendah dari beberapa opsi.
3. Data situasi daerah penelitian berupa izin usaha pertambangan, bentuk endapan dan area lahan yang belum dibebaskan merupakan faktor yang menjadi batas penambangan.

Tahapan penambangan dibuat dalam bentuk blok model berdasarkan acuan desain batas penambangan dan luas jenjang kerja. Jumlah desain kuari triwulan hingga cadangan habis untuk ditambang adalah 18 triwulan. Kriteria penentuan tahapan penambangan adalah sebagai berikut :

1. Target produksi tubuh andesit sebesar 60.000 m³/triwulan.
2. Penentuan lokasi awal penambangan mengacu pada jarak terdekat pit terhadap lokasi disposal.
3. Geometri kerja penambangan dengan lebar 30 m x 30 m dan tinggi 5 m yang menyesuaikan mobilitas peralatan mekanis yang akan bekerja. Geometri kerja ini menjadi acuan dalam pembuatan blok model.

Perancangan disposal diawali dengan pemilihan lokasi berdasarkan topografi di sekitar kuari. Lokasi disposal yang dipilih biasanya dapat berupa cekungan untuk menampung waste, sisi bukit, atau dataran. Tujuannya untuk menampung sebesar mungkin volume *waste* dengan luasan dan tinggi minimum. Pertimbangan ke dua ialah jarak dari kuari untuk menekan biaya pengangkutan. Batasan dalam rancangan disposal ialah

angel of repose material yang menjadi acuan untuk merancang kemiringan lereng disposal dan dimensi kerja alat-alat mekanis yang akan beroperasi di atasnya.

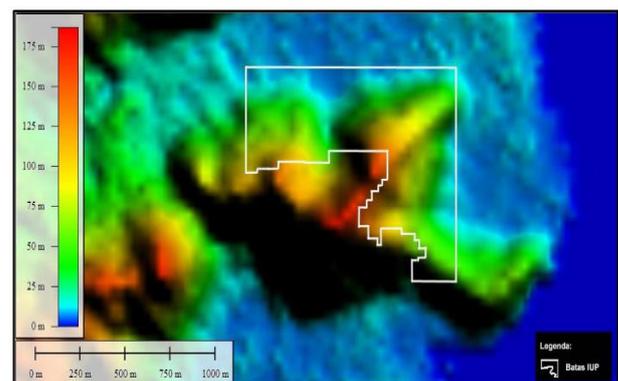
Pembongkaran *overburden* menggunakan 2 unit excavator Komatsu PC200 dan 4 unit *dumprtruck* Mitsubishi Fuso FM257ML. Pembongkaran tubuh andesit menggunakan peledakan dan pengangkutan diperlukan 1 unit excavator Komatsu PC300 dan 3 unit *dumprtruck* Mitsubishi Fuso FM257ML. Perancangan jalan angkut mempertimbangkan dimensi alat angkut terbesar yang akan melewatinya, yaitu *dumprtruck* Mitsubishi Fuso FM257ML dan rancangan kuari. Batasan dalam perancangan jalan angkut ialah kondisi topografi dan kemiringan maksimum jalan yang dapat dilalui oleh alat angkut secara optimal. Rute jalan yang dirancang harus sesingkat mungkin dengan memenuhi kriteria kemiringan dan radius belokan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Topografi

Lokasi PT Mosa Indo Palma termasuk dalam satuan morfologi perbukitan sampai pegunungan yang ada di sisi bagian barat dan selatan dan satuan morfologi perbukitan bergelombang lemah (dataran) pada bagian timur dan utara. Ketinggian satuan morfologi ini berkisar antara 0–160 meter dari permukaan laut. Area penelitian merupakan bagian dari perbukitan yang tersebar dari Ketapang sampai ke Bakauheni. Sedangkan morfologi dataran berada di sebelah di barat laut Gunung Rajabasa.

Hasil permodelan topografi ini sesuai dengan penelitian sebelumnya tentang morfologi daerah Bakauheni di bagian selatan yang berupa perbukitan bergelombang kuat [6]. Data topografi ini yang selanjutnya akan digunakan sebagai model dasar permukaan (*surface contour*) di *software* yang akan membantu dalam menentukan volume sumberdaya, cadangan andesit, penempatan disposal dan jalan. Gambar 1 menunjukkan *model* topografi permukaan wilayah penelitian.



Gambar 1. *Digital elevation model* topografi permukaan

Model Tubuh Batuan

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan pencitraan bawah permukaan. Pencitraan tersebut memanfaatkan distribusi tahanan jenis media bawah permukaan (dipengaruhi oleh jenis litologi, porositas, derajat saturasi dan faktor lainnya). Pada sekitar area blok 2 terdapat 8 titik geolistrik yang menjadi acuan permodelan tubuh andesit di area blok 2 yaitu GL5, GL6, GL7, GLB8, GLB9, GLB10, GLB11, GLB12. Survei dilakukan dengan cara membuat lintasan dan titik pengamatan pada singkapan-singkapan yang dijumpai di sepanjang lintasan. Pada lokasi singkapan dilakukan pencatatan diskripsi batuan meliputi : warna, mineral penyusun, dan tekstur batuan. Data-data tersebut kemudian dianalisis dan diplot pada peta topografi.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, hanya terdapat 3 jenis lapisan yang terdapat di lokasi penelitian, yaitu soil, andesit/riolit dan tuff. Berdasarkan hasil pengukuran tahanan jenis untuk setiap batuan, soil dan tuff <math><300 \Omega m</math>, andesit atau riolit >math>>300 \Omega m</math>. Penafsiran hasil pengolahan data geolistrik didukung oleh pengamatan geologi di lokasi penyelidikan, karena secara visual di lokasi, jenis-jenis batuan tersebut telah ditemukan di sekitar titik pengukuran geolistrik.

a. Riolit Andesitik

Berwarna abu-abu terang dan juga abu-abu gelap, memperlihatkan struktur berlapis (perselingan antara mineral yang berwarna terang dengan mineral berwarna gelap). Di lapangan tampak membentuk morfologi dinding yang tegak. Batuan ini diklasifikasikan sebagai Riolit Andesitik karena percampuran mineral felsik dan mafik yang relatif seimbang. Singkapan batuan ini terdapat di bagian tengah dan Timur dari wilayah IUP PT Mosa Indo Palma.

b. Andesit

Batuan Andesit dijumpai berwarna abu-abu kehitaman. Strukturnya menampilkan bahwa batuan ini merupakan pembekuan aliran lava.

c. Tuff

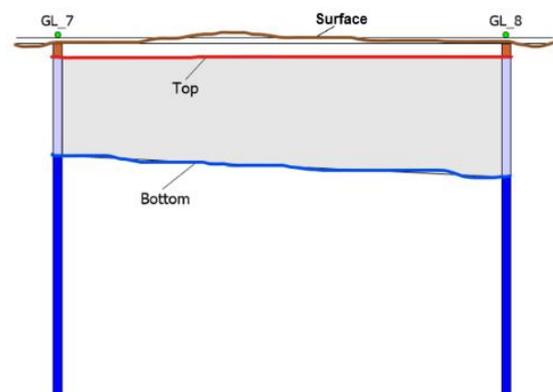
Batuan Tuff dijumpai berwarna putih kecoklatan, berukuran sedang hingga kasar, tersusun oleh gelas vulkanik dan batu apung. Litologi ini terdapat hampir di seluruh wilayah IUP.

Permodelan tubuh andesit dilakukan untuk mengetahui bentuk dan sebaran andesit, baik letak atau posisi, kedalaman, dan ketebalan yang terdapat di area penelitian. Permodelan tubuh andesit dilakukan dengan melakukan korelasi data geolistrik yang terdiri dari elevasi *top* dan *bottom* andesit (Gambar 2).

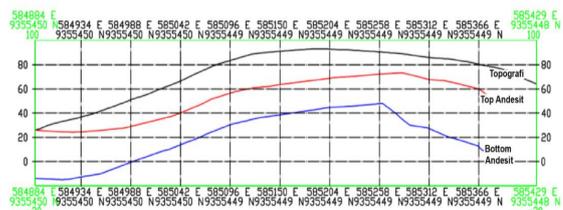
Proses permodelan endapan andesit dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

a. Penentuan lapisan dan korelasi endapan andesit didapat dari data litologi hasil survei geolistrik, yaitu dengan membuat data survey yang berisi nama titik geolistrik, koordinat titik geolistrik, elevasi dan total kedalaman. Selain itu, juga dibuat data litologi yang berisi nama lapisan lithologi (andesit), elevasi *top* (andesit), dan elevasi *bottom* (andesit).

b. Pemrosesan data survei dan litologi dengan bantuan perangkat lunak komputer. Data topografi digunakan sebagai batas atas (surface contour) permodelan andesit. Hasil dari permodelan data litologi geolistrik dan data topografi ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 2. Korelasi litologi



Gambar 3. Model andesit

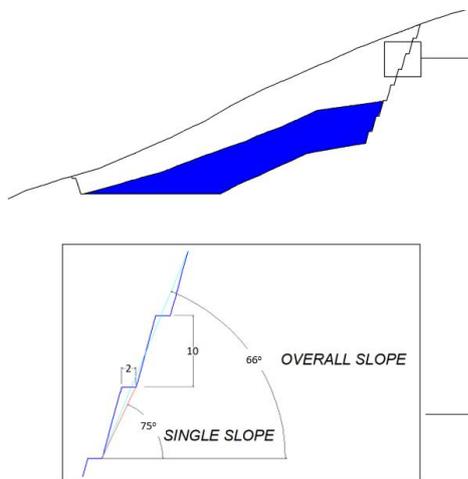
Hasil dari permodelan berupa *surface DTM (Digital Terrain Model) roof dan floor*. Dari permodelan (Gambar 3). menunjukkan bahwa bentuk tubuh andesit tersebut terdapat pada area sebesar 5,57 Ha. Tubuh batuan memiliki struktur masif berbentuk lateral. Permukaan andesit semakin ke arah utara memiliki elevasi yang semakin dalam dan semakin ke arah selatan akan semakin dangkal terhadap topografi yang ada. Diketahui ketebalan andesit bervariasi dengan ketebalan antara 24,8 meter sampai dengan 50 meter.

Hasil permodelan tubuh andesit ini memperkaya pemanfaatan metode geolistrik untuk identifikasi andesit yang telah digunakan secara luas di Indonesia, di antaranya di Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat [7] ; Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Daerah

Istimewa Yogyakarta [8-9]; Desa Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo [10]; Talun Pekalongan [11]; Desa Polosiri Kecamatan Bawen Kabupaten Semarang [12]; Desa Bocek, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang [13]; Kabupaten Cilegon Banten [14]; Desa Sempalai Kabupaten Sambas Kalimantan Barat [15]. Semuanya menggunakan resistivitas (tahanan jenis) untuk membedakan andesit dengan batuan lainnya atau air. Nilai tahanan jenis andesit dari penelitian sebelumnya bervariasi $> 100 \Omega m$, $935-1511 \Omega m$, $313-749 \Omega m$, $212-300 \Omega m$, $> 150 \Omega m$, $> 450 \Omega m$, bahkan $100 \Omega m - 10000 \Omega m$. Sedangkan di lokasi MIP, tahanan jenis andesit dan riolit $> 300 \Omega m$. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai tahanan jenis dan kontras (anomali) andesit berbeda-beda di tiap lokasi. Setelah tubuh batuan terbuka dan model dimutakhirkan, nilai resistivitas yang telah dikoreksi menjadi acuan untuk permodelan selanjutnya.

Rancangan Kuari Blok 2

Kuari Blok 2 terletak ± 300 meter di sisi timur kuari PP blok 1. Kuari dirancang dengan mempertimbangkan bentuk, letak, kemiringan andesit. Selain batas konsesi, geometri lereng keseluruhan menjadi batasan dalam perancangan kuari. Pada Gambar 4, disajikan penampang melintang geometri kuari yang telah dirancang. Kuari Blok 2 dirancang seluas 6,38 hektar, dengan panjang dan lebar 365,08 dan 226,79 meter, berada pada elevasi 24-133,09 meter di atas permukaan laut.



Gambar 4. Penampang kuari Blok 2 dan geometri lereng akhir

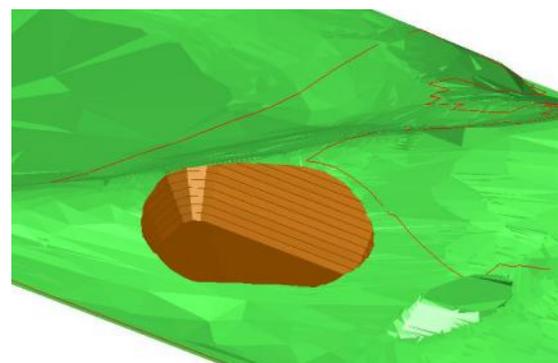
Sumberdaya dan Cadangan

Model endapan yang telah dibuat digunakan untuk menghitung volume dari sumberdaya endapan tersebut. Hasil perhitungan volume pada sumberdaya blok 2 yaitu

sebesar $3.380.790 \text{ m}^3$. Sebaran titik informasi yang tersedia dan faktor akses (jalan angkut) menjadi pertimbangan lain dalam menghitung cadangan. Penaksiran cadangan tertambang untuk tujuan praktis dapat menggunakan metode penampang, misalnya rumus mean area dan frustum [16].

Penentuan nisbah pengupasan (SR) dilakukan melalui beberapa kali percobaan rancangan batas penambangan, hasil belum mencapai yang diinginkan. Akhirnya didapatkan SR 1,1. Desain kuari dengan nilai SR ini dipilih karena proses *mineral getting* lebih cepat, tidak banyak *overburden* yang harus dibongkar, dan mengurangi biaya operasional. Berbeda dengan bahan galian yang perbedaan harga jual dengan biaya penambangan dan pengupasan *overburden* cukup tinggi sebagai parameter penentu break even stripping ratio, SR andesit terbatas. Sebagai contoh, SR tambang batubara terbuka di Indonesia saat ini ada yang mencapai 15 : 1 [17].

Volume andesit yang dapat tergali dalam ruang yang dibatasi oleh model permukaan, model tubuh andesit, dan model Kuari Blok 2 seluas 6,38 hektar (Gambar 5) diperkirakan $1.086.315 \text{ m}^3$. Dengan target pembongkaran *overburden* 22.000 bcm dan andesit 20.000 m^3 , Kuari Blok 2 akan selesai ditambang dalam waktu 4 tahun 6 bulan.



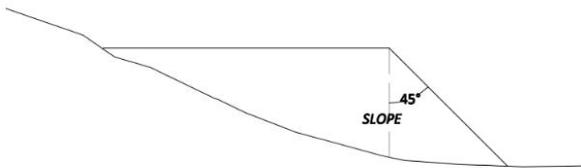
Gambar 5. Rancangan kuari Blok 2

Disposal Kuari Blok 2

Jenis disposal yang digunakan ialah jenis *valley fill/crest dump* dimana dump dibangun pada lereng. Truk membawa muatannya ke elevasi puncak (dump crest) dan membuang muatannya ke lembah di bawahnya. Dapat diterapkan di daerah dengan topografi curam. Jenis disposal ini dikatakan hanya akan menimbulkan dampak minimal [18].

Berbeda halnya dengan disposal tipe *terrace dump* yang dibangun dari bawah ke atas, ditempatkan di permukaan berbentuk dataran, dan desain akhirnya membentuk

teras-teras yang tetap dapat diakses alat mekanis, dari awal proses penimbunan hingga akhir disposal tipe *valley fill/crest dump* ini hanya membentuk satu lereng keseluruhan yang menyerupai lereng alami. Disposal ini ditempatkan di permukaan yang berbentuk cekungan sehingga *overburden* mengisi ruang kosong di sisi lereng. Alat mekanis truk penumpah *overburden* dan *bulldozer* penata *dumping point* bekerja di elevasi teratas disposal. Sudut kemiringan disposal yang terbentuk dari *overburden* yang ditumpahkan ke sisi lereng adalah 45° . Besar sudut ini sesuai dengan *angle of repose* material *broken rock* dalam keadaan basah [19]. Geometri ini juga telah diterapkan pada lereng disposal *overburden* dari kuari blok 1 dan terbukti lereng tetap mantap sampai saat ini. Rancangan geometri lereng disposal dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan geometri lereng disposal

Overburden direncanakan ditimbun di disposal yang telah ada. Sebelumnya disposal ini telah digunakan

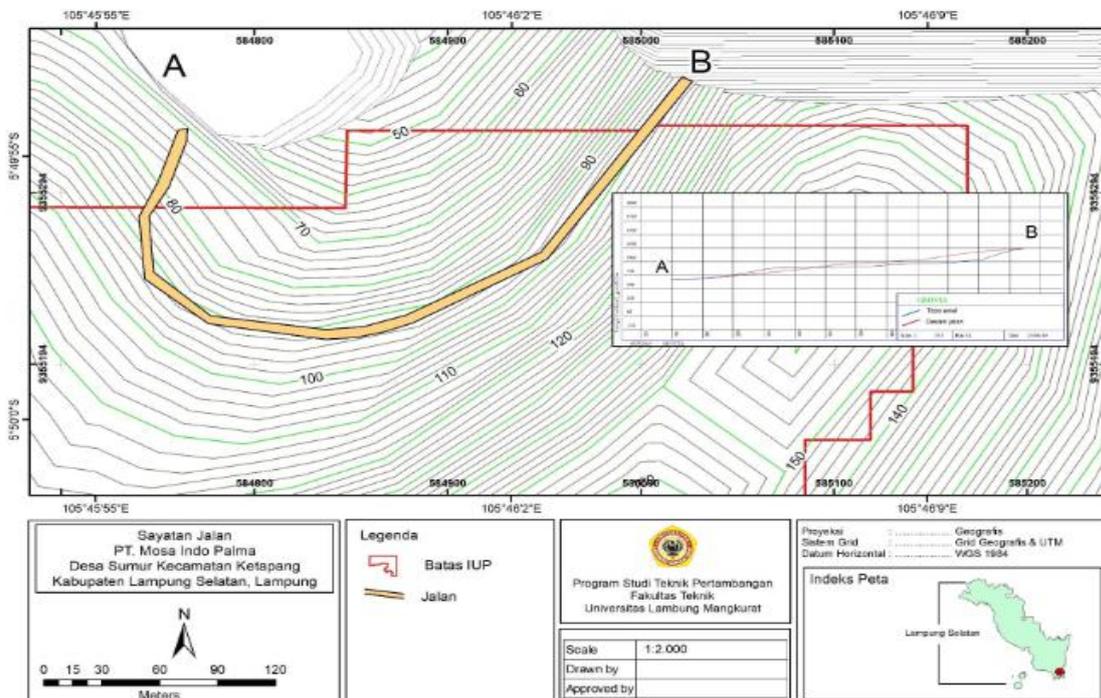
untuk menampung *overburden* dari kuari blok 1. Tetapi masih ada slot yang belum terisi dan memungkinkan untuk diisi. Disposal ini terletak di sisi barat Kuari Blok 2 dengan jarak sejauh ± 500 m.

Rancangan disposal yang disediakan pada penelitian ini hanya untuk menampung 20% dari total volume *overburden* Kuari Blok 2. Adapun lokasi disposal untuk menampung 80% volume *overburden* belum ditetapkan oleh perusahaan.

Disposal di bekas disposal kuari 1 untuk *overburden* dari kuari 2 dirancang seluas 2,1 hektar. Panjang dan lebar terjauh yaitu 188,09 dan 143,7 meter dengan elevasi dari 20,18 – 66 meter di atas permukaan laut.

Desain Jalan

Rancangan jalan angkut yang dibuat pada penelitian ini meliputi penempatan, lebar jalan, kemiringan, jumlah jalur dan rute jalan angkut. Desain lebar dan kemiringan maksimum jalan telah mempertimbangkan biaya operasional dan biaya konstruksi seminimal mungkin [4]. Data yang dibutuhkan pada perancangan jalan angkut meliputi dimensi alat angkut, hasil rancangan kuari yang telah dilakukan, dan topografi di sekitar Kuari Blok 2. Gambar 7 menunjukkan peta rute jalan Kuari Blok 2.



Gambar 7. Peta rute jalan kuari Blok 2

1) Penempatan Jalan

Jalan angkut di dalam kuari dirancang di bagian dinding kuari bagian selatan untuk akses menuju disposal, dengan pertimbangan bahwa jalan akan terus maju seiring dengan kemajuan penambangan. Selain itu juga diasumsikan bahwa kemiringan jalan sama.

2) Jumlah Jalur

Jumlah jalur jalan dirancang hanya 1 jalur dengan lebar terdiri dari 1 sisi untuk jalur angkut dan 1 sisi lain untuk jalur kembali. Jalan angkut di dalam kuari digunakan bersama-sama untuk pengangkutan andesit maupun *overburden*.

3) Lebar Jalan

Lebar jalan dirancang berdasarkan perhitungan sesuai dengan alat terlebar yang dipakai pada Kuari Blok 2 yaitu *dumptruck* Mitsubishi Fuso FM257ML. Lebar jalan pada kondisi lurus adalah ± 9 meter dan lebar jalan pada tikungan adalah ± 18 meter.

4) Kemiringan

Kemiringan jalan yang mungkin dilalui alat angkut secara optimal antara 8-10% [19-21]. Jalan angkut dirancang dengan kemiringan maksimal 10%, dengan pengertian bahwa untuk setiap jarak 100 meter, antara titik awal dan titik akhir pada jalan angkut memiliki beda tinggi maksimal 10 meter. Jika kemiringan topografi jalan angkut di luar kuari kurang dari 10% maka kemiringan jalan tersebut mengikuti topografi permukaan. Jika kemiringan topografi jalan angkut tersebut lebih dari 10% maka akan dilakukan penggalian (*cut*) pada bagian jalan yang lebih tinggi dan kemudian material hasil penggalian tersebut dipakai untuk menimbun (*fill*) bagian jalan di sekitarnya yang lebih rendah hingga diperoleh kemiringan jalan $\leq 10\%$.

5) Rute Jalan

Penentuan rute jalan memperhatikan keadaan topografi yang ada. Jalan di mulut kuari dibuat pada sisi atas kuari sebelah selatan yang akan menghubungkan menuju disposal. Jalan di mulut kuari akan berubah menyesuaikan dengan batas akhir desain yang semakin menuju ke timur. Jarak dari kuari menuju disposal adalah ± 436 meter. Lihat rute jalan angkut pada peta situasi Kuari Blok 2 (Gambar 7).

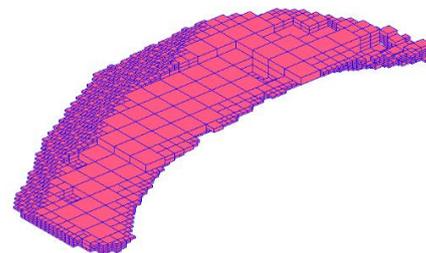
Tahapan penambangan dan rencana produksi

Biaya unit penambangan, pengupasan dan pengolahan bahan galian adalah parameter ekonomi dasar untuk optimasi penjadwalan produksi. Parameter tersebut mempengaruhi skema optimasi. Oleh karena itu, pemilihan skema penjadwalan produksi juga dipengaruhi oleh biaya lingkungan tahunan yang disebabkan oleh penambangan. Artinya, berbagai masalah lingkungan di setiap mata rantai penambangan

harusnya dianggap dinamis karena interaksi dan saling keterkaitan antara skema penjadwalan produksi dan isu lingkungan tambang [22].

Operasi penambangan setiap tahunnya diawali dengan kegiatan pembersihan lahan (*land clearing*) kemudian dilanjutkan dengan pembersihan, pemuatan dan pengangkutan yang dilaksanakan secara paralel yaitu, sementara kegiatan pembersihan lahan terus berlangsung kemudian setelah luas lahan yang dibersihkan cukup dan aman untuk tempat kerja alat bor pembuat lubang ledak dan alat gali muat, maka kegiatan pembersihan segera dimulai. Pembersihan batu andesit dan *overburden* sebagian besar harus menggunakan metode peledakan. Kegiatan ini diikuti dengan kegiatan pemuatan serta pengangkutan, baik andesit maupun lapisan penutup.

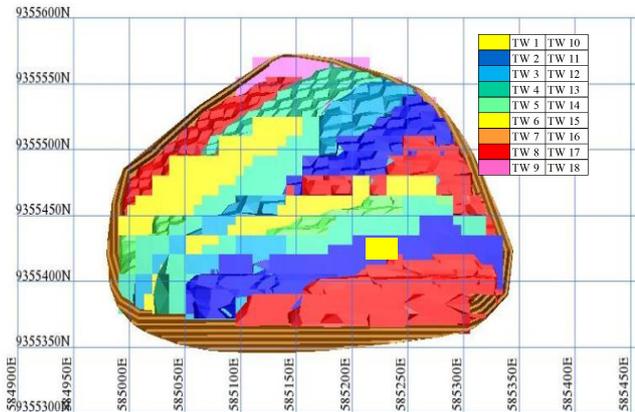
Perancangan jenjang kerja dibuat berdasarkan dimensi alat yang akan bekerja pada jenjang tersebut. Perusahaan berencana menggunakan *excavator backhoe* Komatsu PC200 yang memuat ke alat angkut *dumptruck* Mitsubishi Fuso 527ML sebagai alat gali muat terbesar yang akan digunakan. Dimensi panjang dan lebar jenjang kerja yang digunakan adalah 30 meter x 30 meter serta tinggi jenjang kerja 5 meter. Dimensi panjang, lebar dan tinggi jenjang kerja ini selanjutnya dijadikan sebagai dimensi *block model pushback* (tahapan penambangan) seperti terlihat pada Gambar 8. Pada pembuatan dimensi *block model* di software dimensi tersebut terlalu besar sehingga kurang mewakili bentuk dari endapan sehingga ukuran dimensi di atas diperkecil menjadi 2 bagian yaitu panjang 15 meter dan lebar 15 meter serta tinggi 5 meter.



Gambar 8. Model blok kuari Blok 2

Penambangan direncanakan dalam rentang waktu per tiga bulan (*triwulan*) mulai sisi barat dan terus berlanjut ke arah timur. Setiap pengerjaan *pushback* dilakukan dengan memperhatikan beda elevasi antar *pushback*, hal ini dilakukan agar jalan angkut yang akan dibuat sesuai dengan rancangan jalan angkut yang telah ditentukan. Agar mencapai target produksi andesit 60.000 m³/*triwulan* dan *overburden* 66.000 BCM/*triwulan* diberikan toleransi antara target dan rencana volume *pushback* $\pm 5\%$. Gambar 9 ditampilkan

block model tahapan penambangan Kuari Blok 2 yang selanjutnya dirincikan dalam penjelasan per triwulan.



Gambar 9. Tahapan penambangan per blok

Kemajuan penambangan per triwulan mengikuti dimulai dari arah barat menuju ke arah timur sampai pada level yang sama kemudian turun pada level di bawahnya. Andesit yang telah diledakkan akan diangkut menuju ke *crusher*. *Overburden* yang dibongkar akan dipindahkan ke disposal.

a) Triwulan 1

Proses penambangan dilakukan pada elevasi tertinggi dari endapan tersebut sepanjang ± 240 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 70 mdpl. Kemudian proses penimbunan *overburden* dilakukan di sebelah barat kuari dengan jarak ± 500 meter yang memiliki bentuk topografi seperti lembah, sehingga dapat digunakan sebagai lokasi *dumping*.

b) Triwulan 2

Proses penambangan berada di sisi utara triwulan 1 sepanjang ± 287 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 70 mdpl.

c) Triwulan 3

Proses penambangan berada di sisi barat triwulan 2 sepanjang ± 70 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 70 mdpl.

d) Triwulan 4

Proses penambangan memperdalam dari triwulan 3 sepanjang ± 90 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 60 mdpl.

e) Triwulan 5

Proses penambangan bergerak ke arah timur dari triwulan 4 sepanjang ± 64 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 60 mdpl.

f) Triwulan 6

Proses penambangan bergerak dan memperdalam ke arah barat dari triwulan 5 sepanjang ± 105 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 55 mdpl.

g) Triwulan 7

Proses penambangan berada di bagian barat dari kuari dan memperdalam elevasi, penambangan sepanjang ± 90 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 35 mdpl.

h) Triwulan 8

Proses penambangan berada di bagian timur dari kuari, penambangan sepanjang ± 104 meter dari arah barat menuju timur sampai elevasi *bottom* andesit 45 mdpl.

i) Triwulan 9

Proses penambangan memperdalam dari triwulan 8, penambangan sepanjang ± 59 meter sampai elevasi *bottom* andesit 35 mdpl.

j) Triwulan 10

Proses penambangan bergerak ke arah utara dari triwulan 9, penambangan sepanjang ± 45 meter sampai elevasi *bottom* andesit 35 mdpl.

k) Triwulan 11

Proses penambangan bergerak ke arah utara dari triwulan 10 dan memperdalam, penambangan sepanjang ± 78 meter sampai elevasi *bottom* andesit 25 mdpl.

l) Triwulan 12

Proses penambangan bergerak ke arah utara dan di sisi selatan dari triwulan 11 yang tersisa, penambangan sepanjang ± 83 meter sampai elevasi *bottom* andesit 30 mdpl.

m) Triwulan 13

Proses penambangan berada pada bagian barat kuari, penambangan sepanjang ± 149 meter sampai elevasi *bottom* andesit 40 mdpl.

n) Triwulan 14

Proses penambangan memperdalam dari triwulan 13, penambangan sepanjang ± 74 meter sampai elevasi *bottom* andesit 28 mdpl.

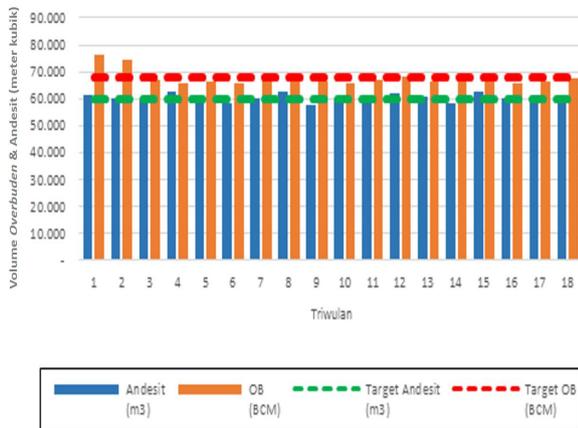
o) Triwulan 15

Proses penambangan memperdalam dari triwulan 14 dan mengarah ke tengah kuari, penambangan sepanjang ± 128 meter sampai elevasi *bottom* andesit 25 mdpl.

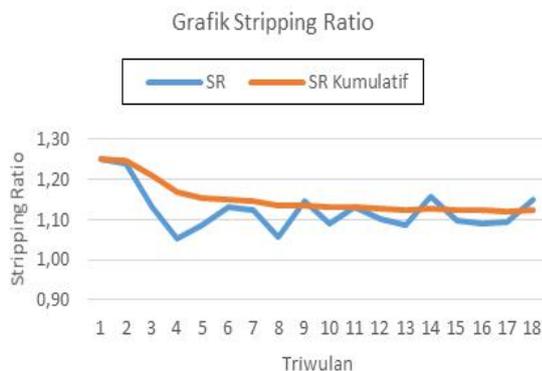
p) Triwulan 16

Proses penambangan berada di sisi timur dari triwulan 14, penambangan sepanjang ± 118 meter sampai elevasi *bottom* andesit 25 mdpl.

Tahapan penambangan diusahakan memiliki risiko seminim mungkin [22], sehingga *stripping ratio* per triwulan dan *stripping ratio* kumulatif tetap mendekati *stripping ratio* keseluruhan [Gambar 10 dan 11]. Sehingga apabila terjadi kendala yang menyebabkan kegiatan penambangan harus berhenti atau tertunda sebelum umur tambang habis, tidak terjadi kerugian karena pembongkaran *overburden* berlebih. Terlihat bahwa penambahan kumulatif rencana pembongkaran *overburden* dan penambangan andesit diatur antara dengan SR 1,12 – 1,25 dan SR triwulanan antara 1,05 – 1,16. Rencana ini disusun agar aliran dana untuk biaya operasional cenderung tetap setiap triwulan.



Gambar 10. Grafik rencana penambangan andesit dan pembongkaran *overburden*



Gambar 11. *Stripping ratio* triwulanan dan kumulatif Pada triwulan 1 dan triwulan 2 angka SR tertinggi 1,25 dan 1,24 untuk menyediakan akses penambangan ke blok endapan andesit. Pada triwulan 7 SR mulai mendekati target yaitu 1,14. Pada triwulan 8 sampai

triwulan 12 SR sudah mencapai 1,13 dan pada triwulan 15,16,17,18 SR kumulatif yaitu 1,12.

KESIMPULAN

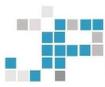
Rencana dan jadwal penambangan Kuari Blok 2 telah berhasil disusun untuk mencapai target penambangan andesit 60.000 m³ per triwulan. Model tubuh andesit seluas 5,57 hektar dan luas rancangan Kuari Blok 2 6,38 hektar. Andesit tertambang ditaksir 1.086.315 m³ selama 4,5 tahun. Lebar jalan angkut 9 dan 18 meter. Kemajuan tambang dimulai dari sisi barat dan terus berlanjut ke arah timur dengan *stripping ratio* per triwulan diatur antara 1,05 – 1,16 mendekati *stripping ratio* keseluruhan 1,11 untuk meminimalkan risiko.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan dan karyawan PT Mosa Indo Palma site Ketapang, Lampung Selatan yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Upadhyay, SP., Nasab, HA. (2018). Simulation and optimization approach for uncertainty-based short-term planning in open pit mines. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28, 153-166.
- [2] Groeveneld, B., Topal, E., Leenders, B. (2019). Examining system configuration in an open pit mine design. *Resources Policy*, 63, 101438.
- [3] Sohrabian, B., Ozelik, Y. (2012). Determination of exploitable blocks in an andesite quarry using independent component kriging. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 55, 71-79.
- [4] Yarmuch, JL., Brazil, M., Rubinstein, H., Thomas, DA. (2019). Optimum ramp design in open pit mines. *Computers and Operations Research*.
- [5] Rimele, MA., Dimitrakopoulos, R., Gamache, M. (2018). A stochastic optimization method with in-pit waste and tailings disposal for open pit life-of-mine production planning, *Resources Policy*, 57, 112-121.
- [6] Kusumastuti, DI., & Martin, Y. (2016). Pemetaan Geologi Dan Uji Sifat Fisika Batuan Andesit Di Bakauheni Dan Tanjungan, Lampung Selatan. *Applicable Innovation of Engineering and Science Researches (AVOER)* 8.



- [7] Taufan, YA., Denis, M., Nur, AA., & Syafri, I. (2018). Identifikasi Prospek Andesit Menggunakan Metode Geolistrik Di Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution : Geology*, 16(3), 229-236.
- [8] Purwasatriya, EB. (2013). Studi Potensi Sumberdaya Andesit Menggunakan Metode Geolistrik Di Daerah Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Dinamika Rekayasa*, 9(2), 55-61.
- [9] Winda, W. (2016). Penerapan Geolistrik-Resistivty 2d Dan Bantuan Program Geosoft Untuk Estimasi Sumberdaya Andesit Di PT MDG Kulonprogo - DIY. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 1(2).
- [10] Fitrianto, T. N., Supriyadi, S., Mukromin, T. M., & Taufiq, U. A. (2017). Pencitraan 3D Data Geolistrik Resistivitas dengan Rockworks Berdasarkan Hasil Inversi Res2DInv untuk Mengetahui Persebaran Batuan Andesit di Desa Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo. *Jurnal Fisika*, 7(2).
- [11] Nurhakim, R. (2018). Analisis Persebaran Andesit Menggunakan Metode Geolistrik, Konfigurasi Dipole-dipole pada Daerah Talun, Pekalongan. *Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta*.
- [12] Imam, S., & Lutfinur, I. (2013). Penentuan Tahanan Jenis Batuan Andesit Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Desa Polosiri). *Jurnal Fisika*, 3(2).
- [13] Ulumia, N. (2015). Identifikasi Sebaran dan Potensi Batuan Andesit dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole di Desa Bocek, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. *Skripsi Jurusan Fisika-Fakultas MIPA UM*.
- [14] Santoso, AB., & Sidiq, H. (2017). Perhitungan Sumberdaya Batuan Breksi Andesit Berdasarkan Ukuran Fragmen Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Kabupaten Cilegon Banten. *Kurvatek*, 2(1), 39-44.
- [15] Setiadi, M., & Sampurno, J. (2016). Identifikasi Sebaran Batuan Beku Di Bukit Koci Desa Sempalai Kabupaten Sambas Kalimantan Barat Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. *Positron*, 6(2), 53-59.
- [16] Pelu, A. H., Sudiyanto, A., Cahyadi, TA., & Munandar, A. (2018). Rancangan Teknis Kemajuan Penambangan Andesit Jangka Pendek di Kuari PT Holcim Beton Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor Jawa Barat. *Jurnal Geomine*, 6(2).
- [17] Aryanda, D., Ramli, M., & Djamaluddin, H. (2016). Perancangan Sequence Penambangan Batubara Untuk Memenuhi Target Produksi Bulanan. *Jurnal Penelitian Geosains*, 10(2).
- [18] Duffy, PA. (2003). How filled was my valley: continuing the debate on disposal impacts. *Natural Resources & Environment*, 17(3), 143-180.
- [19] Al-Hashemi, HM., and Al-Amoudi, OSB. (2018). A review on the angle of repose of granular materials. *Powder Technology*. Volume 330, pp 397-417.
- [20] Silalahi, JR. (2019). *Kajian teknis geometri jalan tambang front 242 untuk pencapaian produktivitas alat angkut di PT Semen Padang (Persero) Tbk.* (Doctoral dissertation, Universitas Bangka Belitung).
- [21] Winarko, A., Sudarmono, D., & Abro, M. A. (2014). Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut *Overburden* Untuk Mencapai Target Produksi 240.000 Bcm/Bulan Di Site Project Mas Lahat PT. Ulima Nitra Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(2).
- [22] Xu, X., Gu, X., Wang, Q., Gao, X., Liu, J., Wang, Z., & Wang, X. (2018). Production scheduling optimization considering ecological costs for open pit metal mines. *Journal of Cleaner Production*, 180, 210-221. doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.135