

**PENGARUH KEKUATAN DAN KEKERASAN BATUAN TERHADAP
PRODUKTIVITAS SURFACE MINER DI PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)
TBK**

**EFFECT OF ROCK STRENGTH AND ABRASIVENESS ON SURFACE MINER
PRODUCTIVITY AT PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK**

H.I.Manuhutu¹, R.Juniah², H.E.Handayani³

¹⁻³ Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM. 32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: ¹hendrymanuhutu@gmail.com, ²restu_juniah@yahoo.co.id, ³harminuke@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK

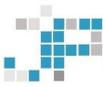
Surface Miner digunakan oleh SMBR untuk mengoptimalkan pengambilan material batugamping pada area-area yang berdekatan dengan pemukiman penduduk dimana kegiatan peledakan sudah dibatasi. Tujuan penelitian untuk melakukan klasifikasi nilai kekuatan dan kekerasan batugamping pada area kerja surface miner di SMBR, menganalisis pengaruh nilai kekuatan dan kekerasan batugamping terhadap produktivitas unit surface miner di SMBR, membandingkan biaya akibat pengaruh nilai kekuatan dan kekerasan terhadap penggunaan cutting tools, fuel, dan jam kerja surface miner pada area kerja surface miner. Data primer terdiri dari data produktivitas alat surface miner, data penggunaan bahan bakar/fuel. Data sekunder terdiri dari data geoteknik khususnya data kekuatan batuan (UCS), data nilai kekerasan batuan, data pengujian kualitas kimia (SiO₂) dan serta sifat fisik dan mekanik batugamping. Batugamping yang diamati memiliki sifat fisik dan mekanik serta kandungan silika pada batugamping tersebut. Sifat fisik batugamping berupa densitas batuan antara 1,79 gr/cm³ sd 2,53 gr/cm³, sifat mekanik berupa UCS antara 1,42 mpa sd 104,55 mpa, sedangkan kandungan silika antara 0,75 % sd 88,52 %. Batugamping pada area kerja surface miner di klasifikasikan menjadi tiga berdasarkan data kekuatan dan kekerasan batuan, berupa zona batuan kuat sedang- keras, zona batuan tidak kuat – tidak keras, dan zona batuan sangat tidak kuat-tidak keras.

Kata Kunci: Kekerasan Batuan, Produktivitas, Surface Miner, Kekuatan Batuan.

ABSTRACT

Surface Miner is used by SMBR to optimize the taking of limestone material in areas adjacent to residential areas where blasting activities have been restricted. The research objective is to classify the rock strength and abrasivity value of limestone in the surface miner work area in SMBR, analyze the effect of rock strength and abrasivity of limestone on the productivity of the surface miner unit in SMBR, compare the costs due to the influence of the rock strength and abrasivity value on the use of cutting tools, fuel, and hours surface miner works in the surface miner work area. Primary data consists of surface miner productivity data, fuel usage data / fuel. Secondary data consists of geotechnical data especially rock strength data (UCS), abrasivity value data, chemical quality testing data (SiO₂) and limestone physical and mechanical properties. Limestone observed has physical and mechanical properties as well as silica content in the limestone. The physical properties of limestone in the form of rock density between 1.79 gr / cm³ to 2.53 gr / cm³, mechanical properties such as UCS between 1.42 mpa to 104.55 mpa, while silica content between 0.75 % to 88.52 %. Limestone in the surface miner working area is classified into three based on data on rock strength and abrasivity, in the form of medium rock strength - abrasivity zone, is not rock strength zone - not abrasivity, and very not rock strength zone - not abrasivity.

Keywords: Abrasiveness, Productivity, Surface Miner, Rock Strength



PENDAHULUAN

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk disingkat SMBR merupakan perusahaan berbasis semen yang terletak di Baturaja OKU Provinsi Sumatera Selatan. Semen merupakan salah satu bahan bangunan yang diperlukan untuk pembangunan fisik seperti infrastruktur, perumahan, gedung dan lain-lain. Semen diolah dengan menggabungkan beberapa bahan utama seperti batugamping, *clay*, pasir silika, pasir besi dan gipsum. Batugamping dalam proses pembuatannya memiliki peran utama sebesar $\pm 85\%$ dari total bobot yang digunakan dari masing – masing komposisi bahan tersebut, sehingga kebutuhan akan batugamping menjadi faktor utama dalam proses penambangan yang dilakukan oleh SMBR.

Bahan baku utama berupa batugamping dan *clay* dimiliki sendiri oleh SMBR. Dengan memiliki izin operasi produksi pertambangan dapat mempermudah SMBR dalam proses penyuplaian bahan baku ke pabrik dan menyesuaikan dengan kebutuhan produksi nantinya. Kebutuhan akan bahan pokok menjadi penting dikarenakan investasi dalam pembangunan pabrik memiliki biaya yang sangat besar, sehingga perlu dipertimbangan akan sumberdaya batugamping yang dimiliki.

SMBR dalam kegiatan penambangannya masih menggunakan metode peledakan. Kegiatan tersebut dilakukan untuk memberaikan batuan yang masih bersifat kompak agar menghasilkan fragmentasi yang sesuai dengan kebutuhan Pabrik. Namun aktivitas peledakan yang dilakukan dapat saja menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar, terutama pada area yang berdekatan dengan pemukiman penduduk. Dampak itu dapat terjadi dari kegiatan peledakan berupa *ground vibration*, *noise* maupun *flying rock*, sehingga untuk mengantisipasi efek dari dampak negatif peledakan maka SMBR melakukan pembatasan jarak aman peledakan. Kondisi ini sangat menjadi perhatian utama bagi SMBR dalam hal meminimalisir dampak negatif yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan tersebut. Hal ini menjadi sangat penting bagi SMBR untuk tetap menjalankan konsep *good mining practice* dan konservasi, agar tetap dapat mengoptimalkan produksi batugamping yang ramah terhadap lingkungan sekitar dan tetap mengoptimalkan cadangan yang ada di sekitar pemukiman penduduk. Oleh sebab itu SMBR menggunakan metode alternatif *surface miner*.

Surface Miner digunakan oleh SMBR untuk mengoptimalkan pengambilan material batugamping pada area – area yang tidak dapat dilakukan oleh peledakan dikarenakan efek negatif yang ditimbulkan. Hal ini dikarenakan pengaruh jarak yang begitu dekat

dengan pemukiman penduduk yaitu \pm rata – rata 150 meter. SMBR menggunakan *surface miner* tipe Wirtgen 2200. Alat ini bekerja dengan cara memukulkan lapisan batugamping dengan *cutting tools* yang berada pada drum, agar dapat menghancurkan atau memberaikan material batugamping. *Cutting tools* yang berada pada drum tersebut berputar dengan batuan sabuk/*belt*, bergerak menggunakan mesin diesel dengan nilai daya 2100 rpm dan tenaga 950 HP. *Cutting tools* merupakan salah satu komponen utama pada alat tersebut untuk menghasilkan produksi batu gamping [1].

Surface miner digunakan untuk pekerjaan selektif pada mineral maupun batubara. Alat ini dikenalkan pertama ke Afrika Selatan pada tambang gipsum tahun 1983. Saat ini *surface miner* bekerja lebih dari 300 mesin di seluruh dunia [2]. Meningkatnya produksi unit *surface miner* membuktikan bahwa kebutuhan akan tambang yang ramah terhadap lingkungan menjadi kebutuhan hingga saat ini, sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk yang semakin mendekati area – area penambangan.

Cutting tools sangat dipengaruhi oleh tingkat nilai kekuatan dan kekerasan batuan yang tinggi pada batugamping. Semakin tinggi nilai kekuatan dan kekerasan batuan pada batugamping, maka akan berdampak kepada menurunnya produktivitas dari unit *surface miner* tersebut.

Sumberdaya alam dapat dioptimalkan dengan produktivitas dari kinerja unit *surface miner*, sehingga produktivitas dari suatu unit alat merupakan suatu parameter keberhasilan dari unit tersebut. Produktivitas juga dapat dipengaruhi oleh kebutuhan akan energi [3]. Tinggi rendahnya laju produksi dari unit dengan material yang dihasilkan akan berpengaruh juga terhadap penggunaan bahan bakar yang digunakan. Penggunaan *cutting tools* dan *fuel*/bahan bakar perlu menjadi perhatian terkait biaya yang timbul untuk menghasilkan produksi batugamping pada daerah yang memiliki perbedaan nilai kekuatan dan kekerasan batuan.

Surface Miner memiliki keutamaan antara lain : lebih ramah terhadap lingkungan sekitar, tidak menimbulkan getaran besar seperti peledakan, tidak membutuhkan *primary crushing* karena fragmentasi kecil dan kepingan [4].

Produktivitas dari *surface miner* sangat berdampak positif bagi proses penambangan di SMBR. Dengan digunakannya alat ini maka daerah yang tidak dapat dilakukan kegiatan penambangan dengan metode peledakan dapat dioptimalkan sehingga volume cadangan tertambang dapat diproduksi sesuai yang telah direncanakan dan guna menunjang lingkungan yang berkelanjutan. Perubahan secara kimiawi, biologi, dan fisika akan terjadi pada area bekas penambangan [5].

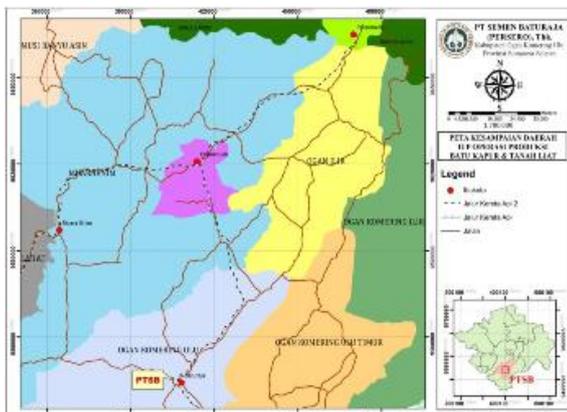
Oleh karena itu penggunaan alat *surface miner* diharapkan dapat mengurangi dampak terhadap perubahan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kuantitatif, dengan tujuan memberikan penjelasan terkait pendekatan terhadap kajian empiris bagaimana menganalisis data yang dikumpulkan dengan tampilan numerik. Penelitian kuantitatif merekam data dengan banyak populasi, menghubungkan angka, data, dengan menggambarannya serta ditarik kesimpulan berdasarkan rumus statistik [6]. Berdasarkan tujuannya penelitian ini tergolong dalam penelitian deskriptif, dimana penelitian ini akan memberikan gambaran tentang kajian teknis unit *surface miner* untuk meningkatkan produktivitas terhadap pengaruh kekuatan dan kekerasan batuan yang terdapat pada batugamping.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kekuatan dan kekerasan batuan yang dimiliki oleh batugamping terhadap kinerja *surface miner* di lapangan serta bagaimana perbedaan terhadap beberapa zona penambangan akibat dari berbedanya komposisi kekuatan dan kekerasan batuan yang ada di batugamping.

Penelitian di tambang SMBR, secara administrasi berada di daerah Baturaja Sumsel. Tambang SMBR ditempuh melalui jalan darat dari Kota Palembang menuju Kota Baturaja menggunakan mobil melalui jalan lintas provinsi dengan waktu $\pm 4,5$ jam. Jalan desa menuju desa Puser selanjutnya ditempuh selama ± 15 menit untuk sampai di lokasi tambang. Kesampaian daerah SMBR tampak pada (Gambar 1) [5].



Gambar 1. Peta kesampaian daerah

Data primer pada penelitian ini terdiri dari data produktivitas alat *surface miner* pada zona kerja yang berbeda yang ditentukan dengan pengukuran kekuatan dan kekerasan batuan, data penggunaan bahan bakar/*fuel* serta *cutting tools* yang digunakan. Data sekunder terdiri

dari data geoteknik khususnya data kekuatan batuan (UCS), data nilai kekerasan batuan, data pengujian kualitas kimia (SiO_2) dan data log bor. Data kekuatan batuan diketahui dari data sampel bor dan data permukaan di lapangan. Masing – masing data diambil dan dilakukan pengujian di laboratorium untuk mengetahui nilai kekuatan batuan.

Pengolaan data dengan menggunakan data primer dikombinasikan dengan data sekunder baik dari pengukuran langsung dilapangan maupun yang didapatkan dari analisis laboratorium, sehingga pengolahan nantinya akan berguna dalam menentukan produktivitas dari kegiatan unit *surface miner*. Selanjutnya dilakukan analisis data secara deskriptif. Tujuannya adalah agar perusahaan pertambangan batugamping mendapatkan hasil yang ril dengan menggunakan *surface miner* sebagai alternatif penambangan, khususnya di SMBR sebagai pengguna langsung unit *surface miner* tersebut.

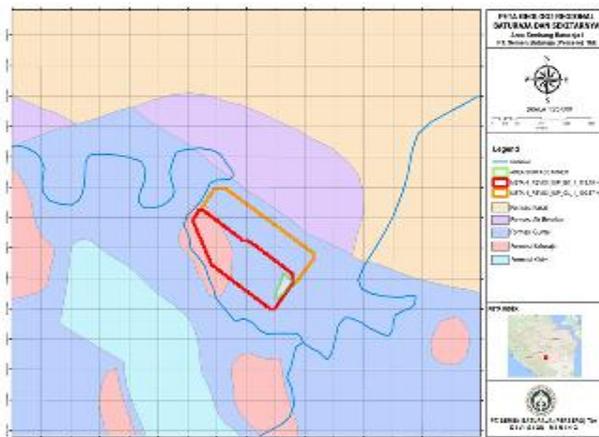
HASIL DAN PEMBAHASAN

Batugamping merupakan bahan alam batuan padat yang mengandung banyak kalsium karbonat [7]. Batugamping dipengaruhi oleh mineral yang terkandung didalamnya, terlebih dengan hadirnya nodule silika pada batugamping tersebut. Nodule ini memiliki kekuatan yang dapat mempengaruhi kinerja dari unit *surface miner*, sehingga sangat berdampak terhadap produktivitas yang dihasilkan.

Mineral yang terkandung di batugamping terdiri dari CaCO_3 sebesar 95%, $\text{CaMg}_{1-x}\text{CO}_3$ 3%, dan 2% $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot k\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 merupakan mineral utama yang dibutuhkan oleh SMBR untuk diolah lebih lanjut.

Statigrafi unit terdiri dari formasi Palembang, formasi telesia, formasi Baturaja, formasi Talang Akar, formasi Benakat, formasi Lemat. Formasi utama pembawa batugamping di SMBR adalah formasi Baturaja formasi ini ditemukan sepanjang area penambangan SMBR dari selatan kearah barat laut,

Penelitian yang dilakukan menjelaskan bahwa terdapat beberapa formasi yang ada di SMBR baik itu formasi Kasai, formasi Air Benakat, formasi Gumai, formasi Baturaja dan formasi Kikim. Formasi Baturaja merupakan formasi yang mendominasi sebagai formasi utama pembawa batugamping, formasi Kasai ditandai dengan warna coklat muda, formasi Air Benakat ditandai dengan warna ungu, formasi gumai ditandai dengan warna biru, formasi Baturaja ditandai dengan warna peach, sedangkan untuk formasi Kikim ditandai dengan warna cyan. (Gambar 2) [8].



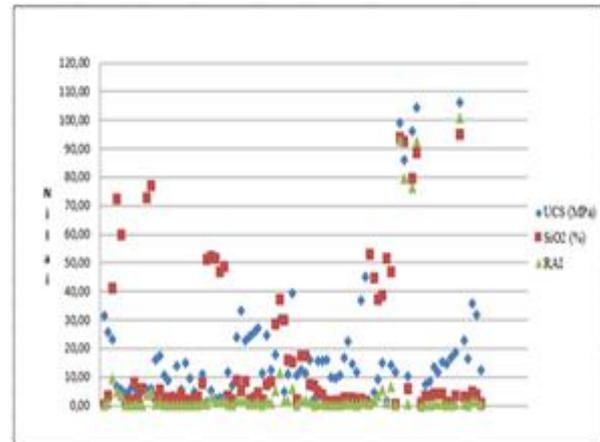
Gambar 2. Peta geologi regional semen Baturaja.

Data kekerasan batuan dihitung menggunakan rumus *Rock Abrasivity Index* (RAI) [9]. Rumus kekerasan batuan (RAI) dan klasifikasi nya adalah seperti Pers. (1).

$$RAI = \sum_{i=1}^n A_i \cdot S_i \cdot UCS \quad (1)$$

- RAI : Indek Kekerasan Batuan
- UCS : Kekuatan Batuan (MPa)
- A_i : Jumlah persentase mineral tertentu (%)
- S_i : Kekerasan gerinda mengacu pada kuarsa = 100
- N : Jumlah semua mineral.

Data perhitungan nilai kekerasan batuan (RAI) baik dari sampel pengeboran maupun permukaan, nilai kekerasan batuan (RAI) berkisar dari 0,012 – 100,919 dengan klasifikasi kekerasan batuan (RAI) yaitu dari tidak keras (*not abrasive*) hingga sangat keras (*very abrasive*). Klasifikasi kekerasan batuan (RAI) tidak keras (*not abrasive*) memiliki penyebaran yang paling dominan ditemukan di lokasi penelitian dengan litologi dominan berupa batugamping. Klasifikasi kekerasan batuan (RAI) keras rendah (*slightly abrasive*) hanya ditemukan pada 1(satu) sampel batuan yaitu pada batupasir gampingan. Klasifikasi kekerasan batuan (RAI) sangat abrasif (*very abrasive*) juga ditemukan pada 5 (lima) sampel batuan yaitu batugamping dengan nodul silika. Grafik nilai UCS – SiO₂ – RAI sampel pengeboran dan permukaan menjelaskan bahwa setelah dilakukan kombinasi data antara kekuatan batuan, silika dan indek kekerasan batuan, maka terdapat penyebaran yang didominasi oleh kondisi batuan lunak tidak keras, sedangkan batuan kuat sedang - keras hanya terdapat sedikit sekali dari data secara keseluruhan, ini menunjukkan bahwa gangguan dari batuan keras sedang keras dapat diatasi dengan melihat posisi keberadaan pada data tersebut dan pengamatan dilapangan dapat dilakukan kombinasi dengan hasil dari data laboratorium yang dimiliki oleh SMBR dapat dilihat pada (Gambar 4) [8].



Gambar 4. Grafik nilai UCS – SiO₂ – RAI sampel pengeboran dan permukaan

Data kekuatan dan abrasivitas secara umum menunjukkan bahwa nilai abrasivitas (RAI) di lokasi kerja unit *surface miner* didominasi oleh batuan lunak dan tidak abrasif. Namun dalam kegiatan operasional penambangan *surface miner* di lapangan, seringkali ditemukan hambatan yang menyebabkan penurunan tingkat produktivitas penambangan *surface miner* yaitu *cutting tools* yang mudah patah dan cepat aus, sehingga berdampak terhadap peningkatan jumlah *cutting tools* yang dibutuhkan. Nodule silika pada perlapisan batugamping menyebabkan tingginya penggunaan *cutting tools* dan bahan bakar/fuel.

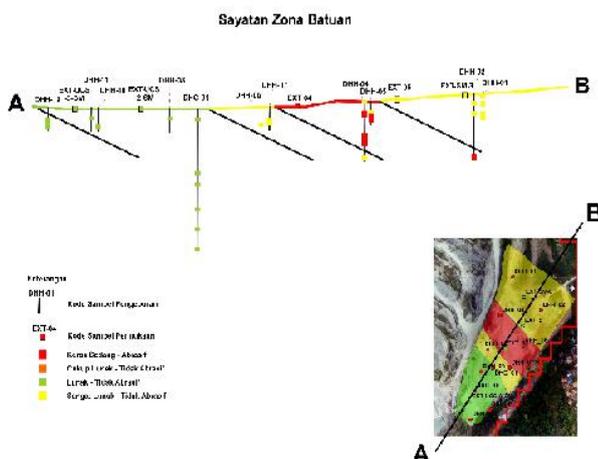
Data Laporan Eksplorasi SMBR [8] menunjukkan nodule silika pada batugamping di lokasi penelitian memiliki karakteristik makroskopis yakni berwarna cokelat - kehitaman, dengan ukuran variatif 5 cm hingga 1,2 m. Nodule yang berkomposisi silika ini juga memiliki karakteristik umum seperti kilap kaca, cerat berwarna putih, tingkat kekerasan 7 - 8 Skala Mohs, pecahan konkoidal, tingkat transparansi transparan – translusen, tingkat uji kuat tekan dengan nilai 106,19 MPa. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat kondisi batugamping yang memiliki kekerasan batuan yang tinggi, tentu saja kondisi ini akan berdampak terhadap produktivitas dari pekerjaan *surface miner* yang akan melakukan penambangan.

Nodule silika pada batugamping tersebut tersebar di 4 - 5 fasies batugamping pada lapisan batugamping yang berbeda dengan total ketebalan batugamping adalah 20,5 m. Penyebaran batugamping dengan nodule silika terdapat disepanjang jalur dari selatan menuju kearah barat laut ditandai dengan warna cyan dan area kerja *surface miner* ditandai dengan arae berwarna kuning, ada area nodule silika yang masuk kedalam area kerja *surface miner* sebagai potensi dalam pengukuran

produktivitas nantinya, dapat dilihat pada (Gambar 5 dan Gambar 6) [8].



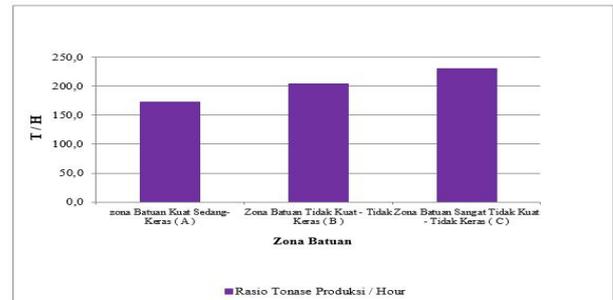
Gambar 5. Peta penyebaran batugamping dengan nodule silika di lokasi penelitian



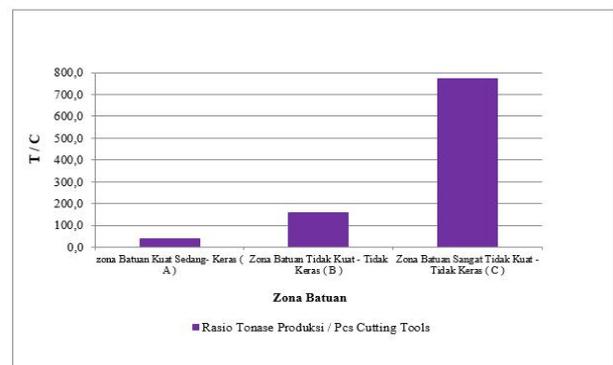
Gambar 6. Korelasi lapisan batugamping dengan nodul silika di lokasi penelitian

Data dan grafik produktivitas *surface miner* baik data tonase hasil produksi, data operasional alat (*hour meter/HM*), data penggunaan *cutting tools*, serta data konsumsi bahan bakar menunjukkan bahwa penggunaan waktu, *cutting tools* dan solar di zona batuan kuat sedang - keras jauh lebih besar dibandingkan dengan zona batuan tidak kuat - tidak keras dan zona batuan sangat tidak kuat - tidak keras. Menurunnya produktivitas di zona batuan tidak kuat - tidak keras dibandingkan dengan zona batuan sangat tidak kuat - tidak keras disebabkan hadirnya batuan yang lebih keras yaitu seperti batugamping kristalin dan batugamping masif. Menurunnya produktivitas di zona batuan kuat sedang - keras dibandingkan kedua zona lainnya dipicu oleh kehadiran nodule silika di zona ini.

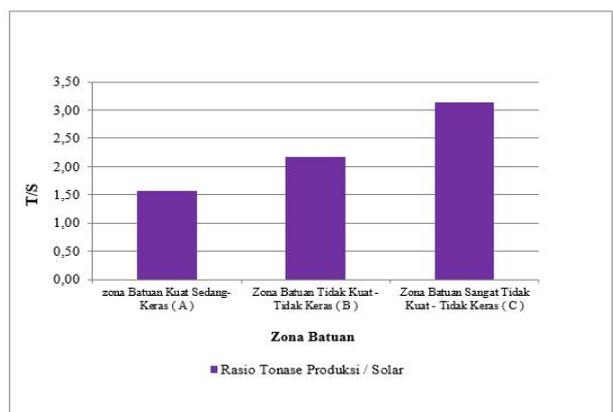
Nodule silika pada batugamping ini sangat berpengaruh terhadap operasional *surface miner* yang mana waktu produktivitas menjadi lebih lama dan konsumsi *cutting tools* dan solar menjadi lebih tinggi. Berikut adalah grafik yang menunjukkan perbedaan konsumsi HM, *cutting tools* dan solar pada zona batuan kuat sedang - keras, tidak kuat - tidak keras dan sangat tidak kuat - tidak keras, dapat dilihat pada (Gambar 7,8,9) [10].



Gambar 7. Grafik perbandingan tonase produksi vs hour unit di 3 zona batuan



Gambar 8. Grafik perbandingan tonase produksi vs konsumsi cutting tools di 3 zona batuan



Gambar 9. Grafik perbandingan tonase produksi vs konsumsi bahan bakar di 3 zona batuan

Dari ketiga grafik diatas menunjukkan bahwa, grafik pada zona batuan kuat sedang – keras memiliki nilai produktivity 172,1 ton/jam, rata – rata penggunaan solar 10,7 liter/jam, 5,1 pcs *cutting tools* per jam, pada zona batuan tidak kuat – tidak keras memiliki nilai produktivity 203,6 ton/jam, rata – rata penggunaan solar 8,9 liter/jam, 1,3 pcs *cutting tools* per jam, pada zona batuan sangat tidak kuat – tidak keras memiliki nilai produktivity 230,6 ton/jam, rata – rata penggunaan solar 8,3 liter/jam, 0,4 pcs *cutting tools* per jam. Ketiga zona ini menyebabkan pengaruh terhdap biaya operasional yang akan dikeluarkan, pada zona batuan kuat sedang – keras sebesar Rp 2.240.126.584 per bulan, pada zona batuan tidak kuat – tidak keras biaya operasional yang dikeluarkan sebesar Rp 1.549.891.648 per bulan, pada zona batuan sangat tidak kuat – tidak keras biaya operasional yang dikeluarkan sebesar Rp 1.235.041.080, dapat dilihat pada (Gambar 10).



Gambar 10. Grafik perbandingan tonase biaya pperasional surface miner per bulan

KESIMPULAN

Batugamping pada area kerja surface miner di klasifikasikan menjadi tiga berdasarkan data kekuatan dan kekerasan batuan berupa zona batuan kuat sedang – keras, zona batuan tidak kuat – tidak keras, dan zona batuan sangat tidak kuat – tidak keras..

Produktivitas kerja unit surface miner sangat dipengaruhi oleh perbedaan zona area tersebut, pada zona batuan kuat sedang – keras memiliki nilai produktivity 172,1 ton/jam, pada zona batuan tidak kuat – tidak keras memiliki nilai produktivity sebesar 203,6 ton/jam, sedangkan pada zona batuan sangat tidak kuat – tidak keras memiliki nilai produktivity sebesar 230,6 ton/jam, sehingga semakin rendah nilai kekuatan dan kekerasan batuan maka nilai produktivtynya semakin meningkat.

Biaya yang ditimbulkan akibat perbedaan pengaruh area kerja *surface miner*, mengakibatkan meningkatkan biaya operasional, karena pengaruh penggunaan *cutting tools* dan fuel, pada area zona batuan kuat sedang – keras

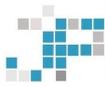
dapat meningkat biaya operasional sebesar Rp. 1.005.085.468 per bulan terhadap zona batuan sangat tidak kuat – tidak keras..

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak manajemen SMBR atas kesempatan yang telah diberikan untuk melakukan kegiatan penelitian pada lokasi Izin Usaha Pertambangan Batu Gamping SMBR. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada untuk DIPA-PNBP UNSRI sudah mendanai kegiatan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Kompetitif Dosen Tahun 2019 judul “Studi Komparatif Efektivitas Pembongkaran Batu Kapur Menggunakan Metode *Surface Miner* dan *Blasting* untuk Lingkungan Berkelanjutan di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk” Ketua Peneliti Dr. Ir. Restu Juniah MT, IPM, dan anggota Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA. dan Dr. Yuli Andriani, S.Si., M.Si., serta Fuad Wardhana, S.T.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wirtgen, GmbH. (2010). *Applications and Planning Guide, Wirtgen Surface Miner Manual Book*. A Wirtgen Group Company.
- [2] Palei, S, K., Karmakar, N, C., Paliwal, P., Schimm, B., (2013). Optimazation Of Productivity with Surface Miner Using Conveyor Loading and Truck Dispatch System. *International Journal of Research in Engineering and Technology*.
- [3] Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Batubara Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2012). *Keselarasan Kebijakan Energi Nasional (KEN) dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED)*. Jakarta: Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Batubara
- [4] Nugraha, D, A., Solihin., Zaenal., (2017). Kajian Teknis Terhadap Kinerja Alat Surface Miner Trencor T1460 Dalam Upaya Optimalisasi Produksi Penggalian Batugamping Di PT. Tambang Semen Sukabumi, Kecamatan Jampang Tengah Dan Nyalindung, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional 2017*, Bandung : Fakultas Teknik.
- [5] Juniah, R., Didik, S., Rahmi, H., (2019). Technical Review Of Land Usage Of Former Limestone Mine For Rubber Plantation In PT. Semen Baturaja Tbk For Sustainable Mining Environment. ICASMI 2018. IOP Conf. Series : *Journal of Physics: Conf. Series*1338 (2019) 012024. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1338/1/01202.
- [6] Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan RND*. Bandung: Alfabeta.



- [7] Lukman, M., Yudyanto., Hartatiek., (2012). Sintesis Biomaterial Komposit CaO-SiO₂ Berbasis Material Alam (Batuan Kapur Dan Pasir Kuarsa) Dengan Variasi Suhu Pemanasan Dan Pengaruhnya Terhadap Porositas, Kekerasan Dan Mikrostruktur. *Journal Sains* Vol. 2 No. 1. Malang: UM.
- [8] PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. (2018). *Laporan Eksplorasi*. Division Mining. Unpublished.
- [9] Ralf, J, Plinninger. (2010). *Hardrock Abrasivity Investigation using The Rock Abrasivity Index (RAI)*. London: Taylor and Francis Group.
- [10] Chiara, Origliasso., Marilena, Cardu., Vladislav, Kecojevic., (2013). *Evaluation Of The Production Rate And Cutting Performance Based On Rock Properties And Specific Energy*. Rock Mechanics and Rock Engineering. ISSN 0723-2632. DOI 10.1007/s00603-013-0393-8.