



Analisa keausan dan evaluasi produktivitas serta efisiensi operasional *hammer crusher* pada area *crusher & raw mill* di Pabrik Semen Baturaja II.

A. A. L. Tobing¹, M Badaruddin^{1*}

¹ Program Studi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

INFO ARTIKEL

Kata kunci:
hammer crusher, PT Semen Baturaja, produktivitas, dan efisiensi hammer crusher

Keywords:
hammer crusher, PT Semen Baturaja, productivity, and efficiency hammer crusher

Received: 27-01-2025
Revised: 19-02-2025
Online published: 30-03-2025

ABSTRAK

PT Semen Baturaja merupakan salah satu produsen semen terbesar di Indonesia yang berlokasi di Sumatera Selatan. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis semen untuk memenuhi kebutuhan pasar di wilayah Sumatera dan sekitarnya. Dalam proses produksinya, PT Semen Baturaja Tbk menggunakan alat penghancur untuk memperkecil skala dari material yang akan digunakan salah satunya yaitu *limestone* atau batu kapur yang terdapat pada area *crusher* dan *raw mill*. Hammer crusher adalah salah satu alat penting dalam proses produksi semen, yang berfungsi untuk memukul material sehingga hancur menjadi ukuran yang lebih kecil. Keausan dan produktivitas Hammer sangat menentukan hasil proses produksi semen. Keausan yang terjadi pada *hammer crusher* ini adalah Keausan Abrasi. Pada produktivitas *hammer crusher* dibulan Januari s/d Juli, diperoleh nilai terbesar yaitu pada bulan maret sebesar 680,05 ton/jam dan nilai produktivitas terendah terdapat pada bulan februari yaitu sebesar 547,16 ton/jam. Pada efisiensi dari *hammer crusher* dapat diketahui bahwa hammer crusher tersebut memiliki nilai efisiensi yang sangat baik yaitu sebesar 81,48%.

ABSTRACT

PT Semen Baturaja is one of the largest cement producers in Indonesia, located in South Sumatra. This company produces various types of cement to meet market needs in the Sumatra region and surrounding areas. In the production process, PT Semen Baturaja Tbk uses a crushing tool to reduce the scale of the materials to be used, one of which is *limestone* or *limestone* found in the *crusher* and *raw mill* areas. A hammer crusher is an important tool in the cement production process, which functions to hit the material so that it is crushed into smaller sizes. Hammer wear and productivity greatly determines the results of the cement production process. The wear that occurs in this hammer crusher is abrasion wear. In terms of hammer crusher productivity from January to July, the highest value was obtained in March, namely 680.05 tons/hour and the lowest productivity value was in February, namely 547.16 tons/hour. Regarding the efficiency of the hammer crusher, it can be seen that the hammer crusher has a very good efficiency value of 81.48%.

1. Latar belakang

Setiap peralatan yang bergerak selalu mengalami kerusakan. Hal ini dikarenakan adanya dua benda yang saling berkontak atau bergesekan. Gesekan yang terjadi ini bisa menimbulkan rusak atau hilangnya partikel dari suatu material yang dinamakan dengan keausan. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan bahan. Gesekan yang terjadi akan menimbulkan panas dan juga dapat menyebabkan keausan [1].

Dalam industri manufaktur mesin produksi biasanya dirancang khusus sesuai kebutuhan produksi. Mesin produksi memiliki peran yang sangat penting dalam proses produksi, meski demikian kehadiran mesin produksi bukan berarti tanpa kendala. Mesin produksi juga memiliki keterbatasan dan umur mesin, karena itu perlu ada pengawasan dan pemeliharaan yang baik terhadap mesin [2]. Hammer crusher adalah alat penghancur yang menggunakan

prinsip kerja pukulan (*impact*) untuk menghancurkan material yang berfungsi untuk memukul material sehingga hancur menjadi ukuran yang lebih kecil. Peralatan ini digunakan untuk mengurangi ukuran batu kapur dan bahan baku lainnya sebelum mereka masuk ke tahap penggilingan lebih lanjut [3].

Untuk mengetahui hambatan yang membuat kerja unit *crusher* tidak tercapai diperlukan analisis pada alat itu sendiri. Analisis diperlukan untuk mengetahui efisiensi dan produktivitas unit *crusher* agar mengetahui perkiraan produksi *hammer crusher* harian dan memberikan solusi faktor terhadap yang membuat kinerja dari unit tersebut agar bekerja secara optimal sehingga diharapkan diperoleh peningkatan terhadap nilai efisiensi dan produktivitas unit *hammer crusher*. Laporan ini disusun untuk menganalisa keausan dan produktivitas serta efisiensi pada *hammer crusher*. Melalui laporan ini, diharapkan dapat memberikan



pemahaman yang lebih mendalam mengenai *hammer crusher* di dunia industri.

2. Tinjauan pustaka

2.1 Hammer Crusher

Hammer crusher adalah alat penghancur yang menggunakan prinsip kerja pukulan (*impact*) untuk menghancurkan material. Alat ini terdiri dari rotor yang berputar dengan kecepatan tinggi dan dilengkapi dengan *hammer* (palu) yang berfungsi untuk memukul material sehingga hancur menjadi ukuran yang lebih kecil. Alat ini bekerja dengan cara memukul material menggunakan palu-palu yang berputar pada poros dengan kecepatan tinggi. *Hammer crusher* banyak digunakan dalam industri semen, karena kemampuannya untuk menghancurkan bahan baku seperti batu kapur, batu bara, dan material lainnya yang digunakan dalam proses pembuatan semen. *Hammer crusher* memainkan peran penting dalam proses produksi semen. Peralatan ini digunakan untuk mengurangi ukuran batu kapur dan bahan baku lainnya sebelum mereka masuk ke tahap penggilingan lebih lanjut [4].

2.2 Spesifikasi *hammer crusher*

Adapun spesifikasi pada *hammer crusher* ini adalah sebagai berikut

- Nama alat : *Hammer crusher limestone*
- Jumlah : 84 pcs
- Berat 1 unit *hammer* : 158,83 kg
- Volume 1 unit *hammer* : 20769381,25 mm³
- Luas permukaan : 562698,49 mm²
- Material : *Ultra-high manganese cast steel*
- *Density material* : 7800 g/ m³ = 0,0078 kg/ m³

2.3 Bagian-bagian mesin *crusher*

Adapun alat-alat utama yang terdapat pada mesin *crusher* ini adalah sebagai berikut :

- *Rotor disc*, *rotor disc* adalah tempat untuk meletakkan / dudukan dari *exle hammer* dan *hammer* yang berbentuk bulat dengan diameter 3 meter dan *disc* nya berjumlah 14 buah dengan berat mencapai 55 ton yang berfungsi untuk membantu memecahkan material [5]
- *Hammer*, *hammer* adalah alat yang melekat pada *exle hammer* dan *rotor disc* yang berfungsi untuk memecahkan *limestone* yang masuk dalam *crusher* dengan ukuran tertentu, jumlah *hammer* yang ada berjumlah 84 buah dan berat untuk setiap *hammer*nya mencapai 135 kg
- *Pully rotor*, *Pully Rotor* adalah alat yang melekat pada *shaft rotor disc* yang berfungsi sebagai pemutar rotor dengan bantuan V-belt yang berjumlah 12 buah. Diameter *pully* sebesar 3 meter dan pada *shaft* diikat dengan *shirink disc* dengan kekencangan baut pengikat sebesar 1000N
- *Fly wheel* adalah alat yang digerakan oleh motor dengan terhubung dengan *pully rotor* dengan menggunakan V-belt dan berfungsi juga sebagai penyetabil *crusher* dari *impact* terhadap umpan *crusher* yang tidak merata

- Motor Penggerak adalah alat yang digunakan untuk menggerakkan atau memutar rotor disc dengan bantuan *pully* dan *fly wheel* adapun kapasitas dari motor penggerak ini sebesar 1100KW
- *Grate Bar*, *Grate Bar* adalah alat yang berfungsi sebagai penyaring material yang telah dihancurkan pada saat operasi, adapun material yang keluar dari hasil penyaringan antara 25-50mm dan biasanya bentuk dari *grate bar* nya berbentuk segitiga ataupun trapesium.

2.4 Alat bantu pengangkut *limestone*

Dalam proses pemecahan material ini unit *crusher* dibantu oleh beberapa alat transportasi pengangkut material guna memperlancar unit kerja *crusher*. Adapun alat transportasi yang digunakan antara lain yaitu:

- *Apron feeder* (15-CC-01) merupakan alat transportasi yang mengangkut material berupa batu kapur dari tempat penampungan (*limestone hopper*) langsung ke *hammer crusher*, selain menjadi alat transportasi *apron feeder* ini juga mengatur kecepatan dan kapasitas penghancuran batu kapur.
- *Chain scrapper* (15-CC-02) merupakan alat yang berfungsi untuk mengambil material yang jatuh kemudian dimasukkan ke *hammer* untuk dihancurkan kembali sesuai standar. Alat ini terletak pas dibawah posisi *apron feeder*.
- *Belt conveyor* (15-CC-03) terletak dibawah *crusher* alat ini berfungsi sebagai alat pengangkut material hasil pemecahan material kemudian dibawa menuju tempat penyimpanan untuk diolah ke proses selanjutnya.

2.5 Cara kerja *hammer crusher*

Cara kerja dari *hammer crusher* yaitu pada suatu bongkahan batu kapur yang masuk ke dalam *crusher* melalui alat *apron feeder*, kemudian palu yang terdapat pada *crusher* bergerak ke arah yang berlawanan mengikuti arah putaran dari rotor tersebut. Bongkahan batu yang masuk akan terkena tumbukan dari palu sehingga akan memecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Kemudian, bongkahan akan masuk ke bagian *grate bar* agar bongkahan yang masih berukuran besar akan kembali di olah di dalam *crusher* sehingga menyerupai dengan ukuran yang diinginkan dan diangkut menggunakan *chain scrapper* sekaligus mengangkut material yang jatuh pada saat proses pemecahan batu kapur. Setelah itu, material yang memenuhi standar akan diangkut menggunakan *belt conveyor* menuju tempat penyimpanan yang disebut dengan *bin* yang mampu menampung material *limestone* sebanyak 1000 ton.

2.6 Pengertian keausan

Keausan adalah hilangnya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi yang terjadi sebagai hasil gerak relatif pada permukaan akibat gesekan mekanik [6]. Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berbeda dan terbentuk oleh beberapa parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang terjadi keausan. Mekanisme keausan dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu keausan yang penyebabnya didominasi oleh

perilaku mekanis dari bahan dan keausan yang penyebabnya didominasi oleh perilaku kimia dari bahan[7].

Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan bahan. Semakin besar kecepatan relative benda yang bergesekan, maka material semakin mudah aus. Demikian pula semakin besar tekanan pada permukaan benda yang berkontak, material akan cepat aus, begitu pula sebaliknya. Keausan yang mengakibatkan berkurangnya material-material pada benda akan menyebabkan kerusakan pada benda tersebut [8]. Proses keausan dibagi menjadi 4, yaitu:

2.6.1. Keausan gesek (sliding wear, Adhesive wear)

Keausan gesek terjadi jika dua permukaan benda saling berkontak dan bergerak relatif satu sama lain serta mengalami pembebanan. kontak permukaan dari kedua material tersebut mengakibatkan adanya perlekatan (*adhesive*) serta mengakibatkan deformasi plastis. Hingga pada akhirnya terjadi pengikatan (*bonding*) sebagian kecil permukaan material yang satu oleh material yang lain.

2.6.2. Keausan Abrasi (*Abrasive wear*)

Keausan Abrasi terjadi jika partikel abrasif yang kasar dan keras berkontak dengan permukaan suatu material yang lebih lunak sehingga terjadi pemotongan material yang lebih lunak.

2.6.3. Keausan lelah

Keausan lelah merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dengan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adesif maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi, sementara pada keausan lelah dibutuhkan multi interaksi. Keausan lelah dibagi menjadi dua fenomena penting, yaitu makroskopik dan mikroskopik. Keausan lelah makroskopik terjadi jika beban tidak tepat pada permukaan material, seperti pada *hammer*. Sedangkan Keausan lelah mikroskopik terjadi antara dua material yang bergerak *rotor*. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material.

2.6.4. Keausan korosi

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan *interface* antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut[9].

2.7 Produktivitas

Produktivitas didefinisikan sebagai hubungan antara masukan (*output*) dengan sumber daya yang digunakan (*input*) untuk menghasilkan suatu barang/jasa. Pada suatu perusahaan produktivitas dapat didefinisikan sebagai

hubungan antara output secara fisik (biasanya dalam satuan ton ataupun dalam satuan barang yang diproduksi) dengan input yang biasanya dinyatakan dengan jam kerja, orang (pekerja) dan yang lainnya. Produktivitas memiliki arti yang sangat luas dan kompleks, karena filosofi ataupun dasar pemikiran dari produktivitas itu sendiri adalah sikap mental yang timbul dari motivasi yang kuat secara terus-menerus berusaha untuk meningkatkan kualitas hidup. Meskipun produktivitas dapat berbeda arti bagi orang yang berbeda, tetapi dasarnya merupakan hubungan antara kuantitas dan kualitas barang atau jasa yang diproduksi terhadap kuantitas sumber daya yang digunakan [10].

3. Metodologi Penelitian

3.1 Pengambilan data

Pada studi kasus ini, pengumpulan data dilakukan cara mengumpulkan data spesifikasi, dimensi, produktivitas, efisiensi, dan waktu operasi *hammer crusher* pada gambar 1.



3.2 Prosedur pengambilan data

Adapun prosedur pengambilan data untuk laju keausan Gambar 1. *Hammer crusher*

hammer crusher adalah sebagai berikut

- Menyiapkan specimen uji yaitu *hammer*.
- Mengukur *hammer* dengan cara meletakkan kertas tebal pada *hammer*.
- Membandingkan *hammer* yang sudah aus dan *hammer* yang masih baru
- Menandai area yang terkena aus pada *hammer* dengan pensil di kertas tebal.
- Mengirimkan kertas tebal yang sudah ditandai ke bagian CCR.
- Membuat gambar teknik dari *hammer* yang sudah aus.
- Hasil dari gambar teknik tersebut selanjutnya akan dianalisis untuk menjadi acuan pada *hammer* perlu diganti atau tidak.

Adapun data hasil keausan dari setiap sampel yang diperoleh dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Table 1. Laju keausan *hammer crusher*

Nama sampel	Persentase Keausan (%)	Total keausan (kg)	Laju Keausan (kg/h)	Maximum Lifetime (Month)
Sampel 1	18,79	29,69	0,0098	3,24
Sampel 2	17,1	27,02	0,0089	4,56
Sampel 3	46,41	73,33	0,0242	-4,56
Sampel 4	26,13	26,13	0,0136	-0,48

3.3 Menghitung efisiensi produktivitas *hammer crusher*

Untuk menghitung efisiensi produktivitas *hammer crusher* diperlukan data kuat arus yang digunakan dan juga data produktivitas rata-rata *hammer crusher*. Untuk mengetahui efisiensi produktivitas *hammer crusher* menggunakan persamaan (1) yaitu sebagai berikut.

$$Efisiensi = \frac{\text{Daya yang digunakan}}{\text{Rata-rata waktu operasional}} \times 100\% \quad (1)$$

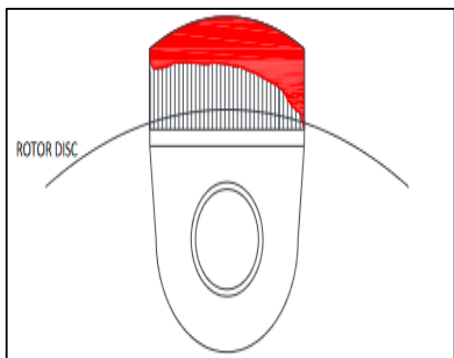
4. Hasil dan pembahasan

4.1 Hasil

Adapun hasil dan data tersebut terkait dengan keausan, produktivitas dan efisiensi kerja *hammer crusher*. Adapun hasil dan data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

4.1.1. Laju keausan *hammer crusher*

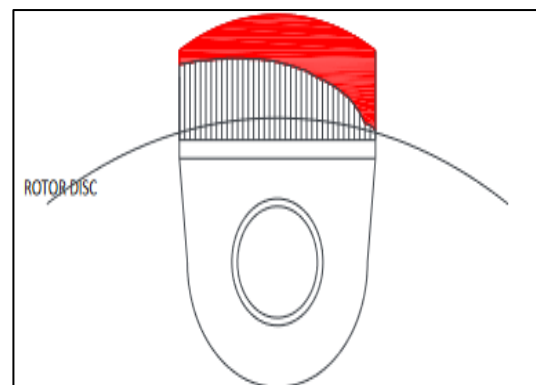
Keausan yang terjadi pada *hammer crusher* ini adalah Keausan Abrasi. Ini dapat terjadi jika partikel abrasif yang kasar dan keras berkontak dengan permukaan suatu material yang lebih keras sehingga terjadi pemotongan material yang lebih kecil. Perbedaan laju keausan dapat dilihat pada gambar 1, 2, 3, dan 4.



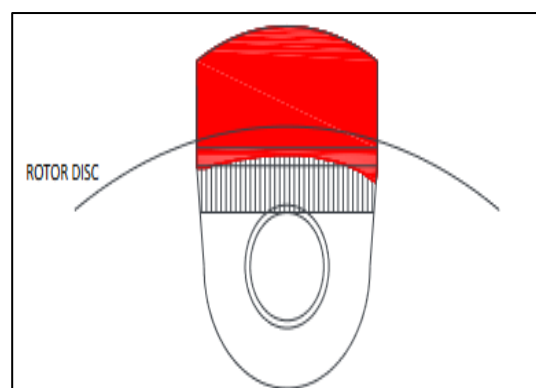
Gambar 2. Sampel 1 (M1 mengarah *fix bearing*)

4.1.2. Efisiensi operasional *hammer crusher*

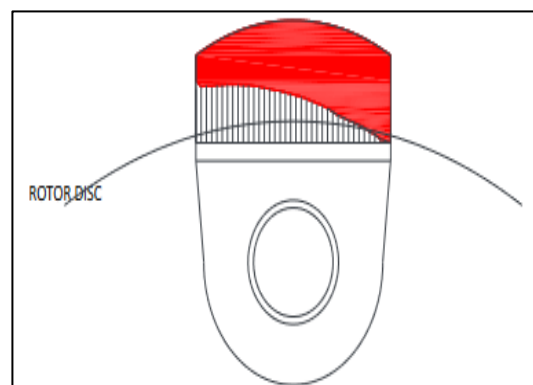
Untuk menghitung efisiensi operasional dari *hammer crusher* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 3. Sampel 2 (M2 mengarah *fix bearing*)



Gambar 4. Sampel 3 (M1 mengarah *loose bearing*)



Gambar 5. Sampel 4 (M2 mengarah *loose bearing*)

$$Efisiensi = \frac{\text{Daya yang digunakan}}{\text{Rata - rata waktu operasional}} \times 100\%$$

Sehingga diperoleh efisiensi dari *hammer crusher* sebesar

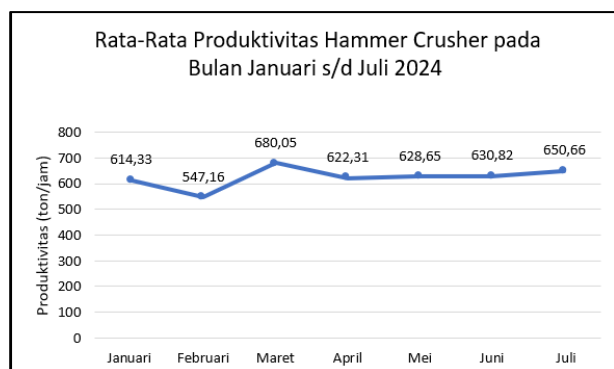
$$Efisiensi = \frac{1100 \text{ KW}}{13,5 \text{ jam}} \times 100\% \\ = 81,48\%$$

4.2 Pembahasan

Pada tabel 1 dapat diketahui bahwa pada nilai persentase keausan, total keausan, laju keausan dan *maximum lifetime* yang terbesar terdapat pada sampel 3 yaitu M1 yang mengarah *loose bearing*. Dengan nilai persentase keausan sebesar 46,41% sedangkan nilai keausan yang terkecil terdapat pada sampel ke 2 yaitu M2 yang mengarah *fix bearing* dengan persentase

keausan sebesar 17,10%. Hal ini dapat terjadi karena pada bagian *loose bearing* yang sering terkena gesekan dan benturan dari bongkahan batu pada saat proses pemecahan yang terjadi di dalam *hammer crusher*.

Selanjutnya pada tabel, dapat dilihat produktivitas *hammer crusher* dari bulan Januari 2024 sampai dengan Juli 2024. Dari data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa pada setiap bulan *hammer crusher* tidak beroperasi setiap hari. Hal tersebut dapat terjadi apabila *hammer crusher* dilakukan pemeliharaan atau terdapat komponen *hammer crusher* yang mengalami kerusakan sehingga dilakukan perbaikan dikarenakan benturan yang terjadi pada saat pemecahan batu kapur sehingga *hammer crusher* diberhentikan (*shutdown*) sementara waktu. Dari data yang diperoleh, pada bulan Januari 2024 *hammer crusher* belum dilakukan pergantian *hammer* sehingga *hammer* sudah mencapai keausan yang tinggi di bulan Januari 2024. Pergantian *hammer crusher* dilakukan pada bulan April 2024. Sehingga dapat terlihat perbedaannya yang dapat dilihat dari grafik berikut.



Gambar 6. Grafik rata-rata produktivitas *hammer crusher* pada bulan Januari s/d Juli 2024

Pada gambar 6 menunjukkan grafik, dapat dilihat bahwa produktivitas *hammer crusher* terendah terdapat pada bulan Februari dengan nilai produktivitas berturut-turut sebesar 547,16 ton/jam. Hal tersebut dapat terjadi karena seringnya dilakukan *shutdown* pada bulan tersebut sehingga produktivitas *hammer crusher* selama sebulan menjadi menurun dan data produktivitas terbesar terdapat di bulan maret dengan nilai produktivitas rata-rata sebesar 680,05 ton/jam. Dapat dilihat pula, produktivitas *hammer crusher* semakin meningkat dari bulan maret. Hal tersebut terjadi dikarenakan sudah dilakukannya pergantian *hammer crusher*, sehingga produktivitas *hammer crusher* menjadi meningkat. Jadi dapat disimpulkan bahwa keausan pada *hammer crusher* dapat mempengaruhi produktivitas dari *hammer crusher* itu sendiri.

5. Kesimpulan

Adapun simpulan yang didapatkan setelah dilakukannya kerja praktik pada PT Semen Baturaja Tbk adalah sebagai berikut :

1. Keausan yang terjadi pada *hammer crusher* ini adalah Keausan Abrasi. Karena partikel abrasif yang kasar dan keras berkontak dengan permukaan suatu material yang lebih keras sehingga terjadi pemotongan material yang

lebih kecil. Toleransi keausan pada volume *hammer crusher* yaitu sebesar 40%. Apabila melebihi toleransi tersebut maka diperlukan penggantian *hammer* agar produktivitas *hammer crusher* meningkat.

2. Pada produktivitas *hammer crusher* dibulan Januari s/d Juli, diperoleh nilai terbesar yaitu pada bulan maret sebesar 680,05 ton/jam dan nilai produktivitas terendah terdapat pada bulan februari yaitu sebesar 547,16 ton/jam.
3. Pada efisiensi dari *hammer crusher* dapat diketahui bahwa *hammer crusher* tersebut memiliki nilai efisiensi yang sangat baik yaitu sebesar 81,48%.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pabrik Semen Baturaja II karena telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melakukan studi kasus mengenai Analisa keausan pada *hammer crusher* di area *crusher* dan *raw mill* di pabrik semen baturaja II. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada bapak Selamat Apriansyah S.I.Kom sebagai pembimbing lapangan karena telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan laporan studi kasus penulis.

Referensi

1. Ningsih, E. K. (2016). Studi Eksperimen Dan Analisa Keausan Journal Bearing Dry Contact Pada Rotary Valve Mesin Pembuat Pasta. *Jurnal Teknik Its (Sinta: 4, 1f: 1.1815)*, 5(1).
2. Limestan, E., & Tampubolon, J. (2022). Analisis Dan Perbaikan Produktivitas Proses Produksi Di Pt. Xyz. *Sprocket Journal Of Mechanical Engineering*, 4(1), 29-36.
3. A. A. Melkias, M. R. S. (2022). Analisis Kinerja Limestone Crusher 231.Cr. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop And National Seminar*.
4. I. Syafa'at, J., S.A. Widyanto, R. Ismail (2010). "Pemodelan Keausan Kontak Sliding Antara Silinder Dengan Bidang Datar." *Prosiding Seminar Nasional Unimus*.
5. D. Pamungkas, S. (2021). Pemeliharaan Mesin Limestone Crusher
6. Imaddudien, M. S., Androva, A., & Burhanuddin, A. (2024). Analisis Keausan & Koefisien Gesek Menggunakan Tribometer Pin On Disc Pada Baja Aisi C1045 Dengan Variasi Ketebalan Coating Dpro Nano Ceramic. *Humanitis: Jurnal Homaniora, Sosial Dan Bisnis*, 2(6), 507-522.
7. Londa, P., Mulyana, D., Widiatmoko, R. Y., Bintoro, W. M., & Hore, D. (2023). Pengaruh Jenis Oli Pelumas terhadap Laju Keausan pada Kontak Dua Jenis Material. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(3), 363-370
8. F. L. Batu , U. J. H., M. T. P. Sibarani. (2018). Perancangan Mesin Pemecah Batu Dolomit Kapasitas 500 Kg/Jam. *Jurnal Inovtek Polbeng*, Vol. 8, No. 2, 285-292.
9. Nugroho, F. (2014). Pengaruh rapat arus dan waktu anodizing terhadap laju keausan permukaan pada Aluminium Paduan AA 2024-T3. *Jurnal Foundry*, 4(1), 1-8.
10. R. A. A Sirait, N. H. D., D. Wijayanto. (2020). Pengukuran Dan Evaluasi Produktivitas Lini Produksi Menggunakan Metode Objective Matrix Dan Fault Tree Analysis(Pada Kasus Pt. Xy). *Jurnal Teknik Industri*, Vol 4, No 2.