

## ***LIMITTING REDUCTION RATIO SEBAGAI BATAS REDUKSI UKURAN MATERIAL PADA SINGLE TOGGLE JAW CRUSHER***

### ***LIMITTING REDUCTION RATIO AS THE SIZE LIMIT FOR MATERIAL REDUCTION OPERATIONS IN A SINGLE TOGGLE JAW CRUSHER***

Erry Sumarjono<sup>1\*</sup>, M. Sri Prasetyo Budi<sup>1</sup>, Untung Sukamto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 5281, Indonesia

\*Email Corresponding: erry.sumarjono@itny.ac.id

Email: prasetyobudi @itny.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta  
Email: untung.sukamto@upnyk.ac.id

**Cara sitasi:** E. Sumarjono, M. S. P. Budi, dan U. Sukamto, “Limitting Reduction Ratio Sebagai Batas Reduksi Ukuran Material pada Single Toggle Jaw Crusher”, *Kurvatek*, vol. 10, no. 1, pp. 91-98, April 2025. doi: 10.33579/krvtk.v10i1.5723 [Online].

**Abstrak** — *Reduction Ratio (RR)* dapat digunakan untuk memperkirakan ukuran produk yang dapat dihasilkan oleh suatu alat peremuk. *Reduction ratio* tersebut dapat dihitung dengan beberapa cara. Salah satu perhitungan yang dapat dilakukan adalah menghitung *Limitting Reduction Ratio (LRR)*. *Limitting Reduction Ratio* merupakan perbandingan antara ukuran umpan terbesar dan ukuran produk terbesar. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung *Limitting Reduction Ratio* pada operasi peremukan batulempung sebanyak 30 sampel, yang dilakukan dalam skala laboratorium, dengan menggunakan alat peremuk tipe *single toggle jaw crusher*. Produk peremukan dipisahkan dengan *hand sieving* berukuran +4#, 10#, 20#, 40#, 60#, 100#, 200#. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, persentase produk peremukan yang dihasilkan masih terdapat pada ukuran *sieve* terbesar yaitu 4#, dengan jumlah rata-rata sebesar 52,33 %. Ukuran umpan terbesar berkisar antara 24 mm s/d 27 mm dan ukuran produk terbesar berkisar antara 4 mm s/d 6 mm. Hubungan antara total berat umpan dan total berat produk dapat dinyatakan dalam persamaan  $Y = 0,5229 X$  dan  $R^2 = 0,9228$ , sedangkan hubungan ukuran umpan terbesar dengan ukuran produk terbesar dinyatakan dalam persamaan  $Y = 0,2044 X$  dan  $R^2 = 0,9761$ . Perhitungan *limitting reduction ratio* berkisar antara 4,2 s/d 6,8, dengan nilai rata-rata sebesar 5,02.

**Kata kunci:** *Crushing, Jaw Crusher, Mineral Processing, Reduction Ratio, Reduksi*

**Abstract** — *Reduction Ratio (RR)* can be used to estimate the size of product that can be produced by a crusher. The reduction ratio can be calculated in several ways. One calculation that can be done is calculating the *Limitting Reduction Ratio (LRR)*. *Limiting Reduction Ratio* is a comparison between the largest feed size and the largest product size. This research aims to calculate the *Limiting Reduction Ratio* in clay stone crushing operations for 30 samples, which was carried out on a laboratory scale, using a *single toggle jaw crusher* type crusher. Crushed products are separated by *hand sieving* sizes +4#, 10#, 20#, 40#, 60#, 100#, 200#. The research results show that the percentage of crushed products produced is still found in the largest sieve size, namely 4#, with an average amount of 52.33%. The largest feed size ranges from 24 mm to 27 mm and the largest product size ranges from 4 mm to 6 mm. The relationship between total feed weight and total product weight can be expressed in the equation  $Y = 0.5229 X$  and  $R^2 = 0.9228$ , while the relationship between the largest feed size and the largest product size is expressed in the equation  $Y = 0.2044 X$  and  $R^2 = 0.9761$ . The calculation of the *limiting reduction ratio* ranges from 4.2 to 6.8, with an average value of 5.02.

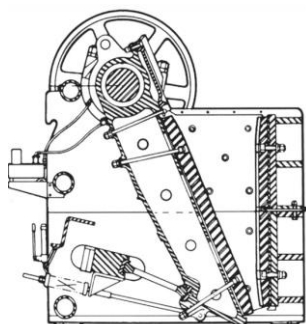
**Keywords:** *Crushing, Jaw Crusher, Mineral Processing, Reduction Ratio, Reduksi*

#### **I. PENDAHULUAN**

*Reduction Ratio (RR)* pada operasi pengecilan ukuran material pengolahan suatu bahan galian dalam rangkaian setelah tahapan penambangan. Hal tersebut merupakan suatu hasil perhitungan yang menggambarkan perbandingan antara ukuran umpan yang dimasukkan ke dalam alat peremukan dengan

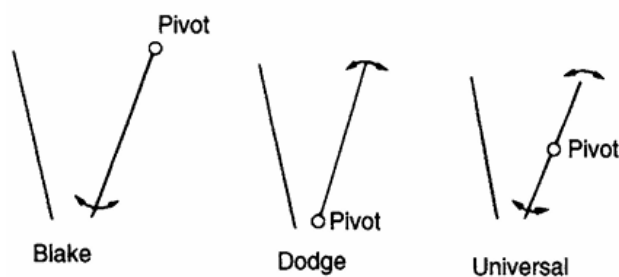
produk yang dihasilkannya. *Reduction Ratio* dapat dihitung dengan menggunakan *Limiting Reduction Ratio* (LRR), *Apparent Reduction Ratio* (ARR), *Working Reduction Ratio* (WRR) dan *Reduction Ratio 80%* (RR80). Batas perhitungan *Limiting Reduction Ratio* (LRR) yang baik untuk peralatan peremukan secara teori telah dilakukan oleh John M. Currie (1973), bahwa LRR yang baik untuk penggunaan *jaw crusher* pada *primary crushing* memiliki angka yang berkisar antara 4 -7 [1].

*Crushing* dilakukan untuk mereduksi ukuran material [2] atau menyeragamkan ukuran material yang telah diproduksi oleh penambangan. Pembongkaran massa batuan pada operasi penambangan masih menghasilkan ukuran-ukuran material batuan (*rock material*), yang belum sesuai dengan pemanfaatan bahan galian tersebut dan memiliki ketidakseragaman dalam ukurannya. Material batuan (*rock material*) menjadi salah satu kebutuhan terbesar manusia saat ini terutama untuk bidang konstruksi [3]. Massa batuan adalah suatu volume besar batuan asli (*in-situ*), dimana di dalam batuan tersebut terdapat struktur geologi, misalnya ; kekar, sesar, patahan, perlapisan dan struktur geologi lainnya [4]. Sedangkan, pemanfaatan suatu bahan galian dapat berdasarkan keseragaman ukuran material, contohnya : batu andesit yang dimanfaatkan untuk batu pecah (agregat) [5] [6], sebagai campuran pembuatan beton atau pemanfaatan kandungan unsur yang ada di dalam bahan galian tersebut, contohnya : besi, nikel, aluminium, mangan dll., sehingga untuk dapat manfaat dari bahan galian tersebut, harus dilakukan suatu upaya untuk mereduksi ukurannya material awal yang berasal dari massa batuan.



**Gambar 1.** *Single Toggle Jaw Crusher* [9]

Proses pengecilan (reduksi) ukuran material pada pengolahan bahan galian (*mineral processing*) tersebut dilakukan melalui suatu tahapan (*comminution*) dalam rangkaian peralatan peremukan (*crushing*) dan penggilingan (*grinding/milling*). Tahapan panjang dapat dilalui suatu material untuk mencapai ukuran yang dapat dimanfaatkan ataupun ukuran yang dibutuhkan untuk pengolahan selanjutnya, sehingga dapat dimanfaatkan. Tahapan tersebut adalah *primary crushing*, *secondary crushing*, *tertiary crushing*, *quartenary crushing*, *grinding* dan *milling*. *Primary crushing* merupakan operasi peremukan yang pertama kali dilakukan dalam rangkaian *crushing plant*. Reduksi ukuran material sebenarnya telah dimulai dari tahapan pembongkaran pada penambangan, dengan menggunakan peralatan mekanis ataupun *blasting* dan dilanjutkan dengan operasi pengecilan ukuran material [3] [7] [8] [9]. Gaya-gaya yang bekerja pada proses kominusi tersebut antara lain : tekanan (*compression*), tarikan (*tensile*), pukulan (*impact*), penggerusan (*attrition*), abrasi (*abration*), gesekan (*shearing*) dan kombinasi dari gaya-gaya tersebut [3] [10] [11] [12] [13].



**Gambar 2.** Tipe *Jaw Crusher* Berdasarkan Tumpuan *Swing Jaw* [9]

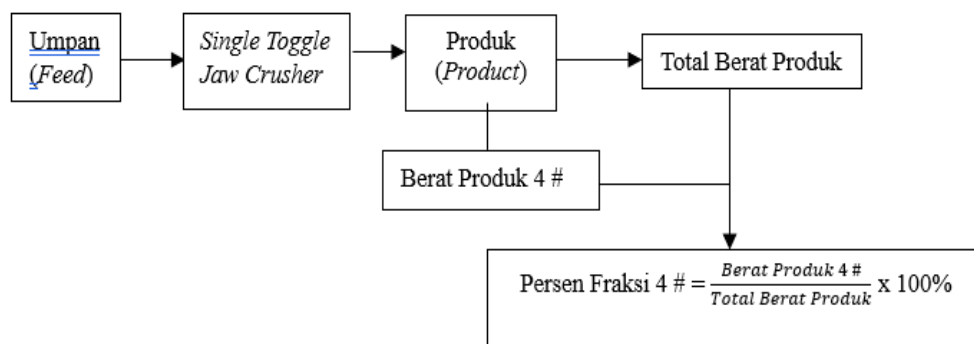
Alat peremuk jenis *jaw crusher* banyak dijadikan pilihan dalam skala industri, untuk operasi pengecilan ukuran material pada tahapan pertama (*primary crushing*) dan tahapan kedua (*secondary crushing*) [14] [15]. Salah satu jenis *jaw crusher* adalah *single toggle jaw crusher* (Gambar 1.). *Jaw crusher*

sebagai salah satu jenis alat peremuk, memiliki beberapa kelebihan antara lain memiliki kapasitas produksi yang besar tetapi sederhana secara struktur dan mekanis [16], jika terjadi kerusakan mudah untuk diperbaiki dan mudah untuk merawatnya energi dan biaya yang dibutuhkan untuk operasional relatif rendah [17] [18]. *Jaw crusher* yang banyak digunakan adalah *single toggle jaw crusher* dan *double toggle jaw crusher* [19]. Tipe *jaw crusher* berdasarkan letak tumpuan *swing jaw* menjadi 3 jenis yaitu *blake crusher*, *dodge crusher* dan *universal crusher* (gambar 2.).

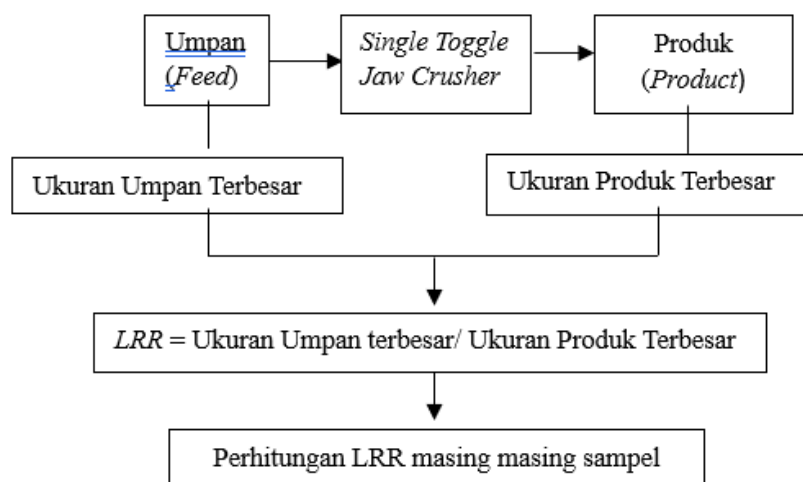
## II. METODE PENELITIAN

Operasi reduksi ukuran material dibutuhkan untuk memperoleh manfaat dari bahan galian yang berasal dari penambangan. Hal tersebut disebabkan bentuk dan ukuran material belum sesuai dengan tujuan pemanfaatan bahan galian tersebut. Bahan galian yang terdapat di alam dapat diambil manfaatnya oleh manusia berdasarkan keseragaman ukuran (pemanfaatan berdasarkan sifat fisik dan mekanik) atau kandungan suatu unsur yang terdapat di dalam bahan galian tersebut. Peralatan peremukan digunakan untuk mereduksi ukuran material tersebut. *Jaw crusher* merupakan salah satu alat peremuk yang banyak digunakan untuk tahapan *primary crushing* dan *secondary crushing* dalam skala industri, yaitu tipe *single toggle jaw crusher* dan *double toggle jaw crusher*.

Penelitian dilakukan dengan skala laboratorium dengan menggunakan *single toggle jaw crusher*, umpan yang dimasukkan sebanyak 30 sampel, jenis batuan sama yaitu batulempung. Persen fraksi didapatkan dengan membandingkan berat produk pada fraksi 4# dengan berat total produk pada tiap sampel (Gambar 3.). Perhitungan *Limiting Reduction Ratio* (LRR) dengan melakukan pengukuran ukuran umpan terbesar dan ukuran produk terbesar (Gambar 4.).



Gambar 3. Persentase Berat Produk 4 #



Gambar 4. Perhitungan *Limiting Reduction Ratio* (LRR)

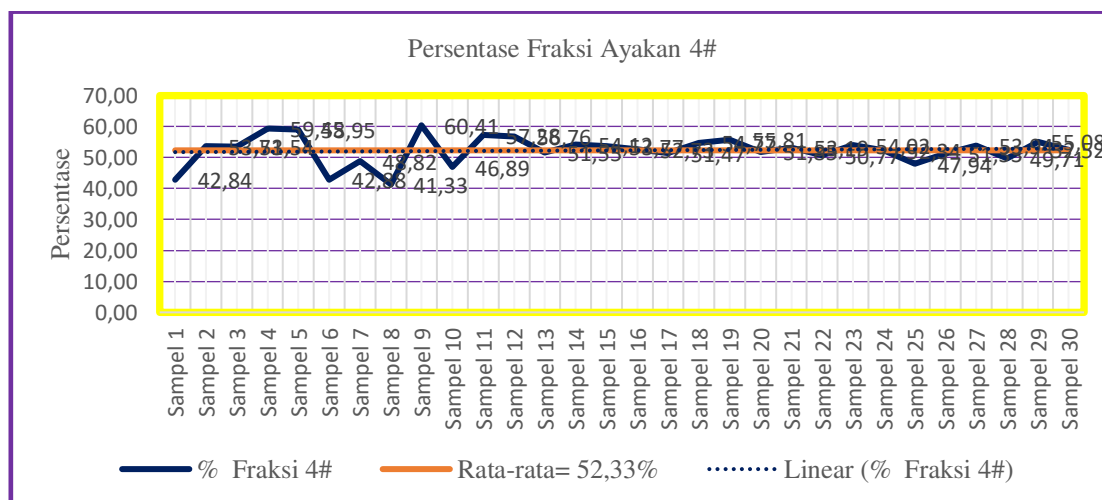
### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Hasil

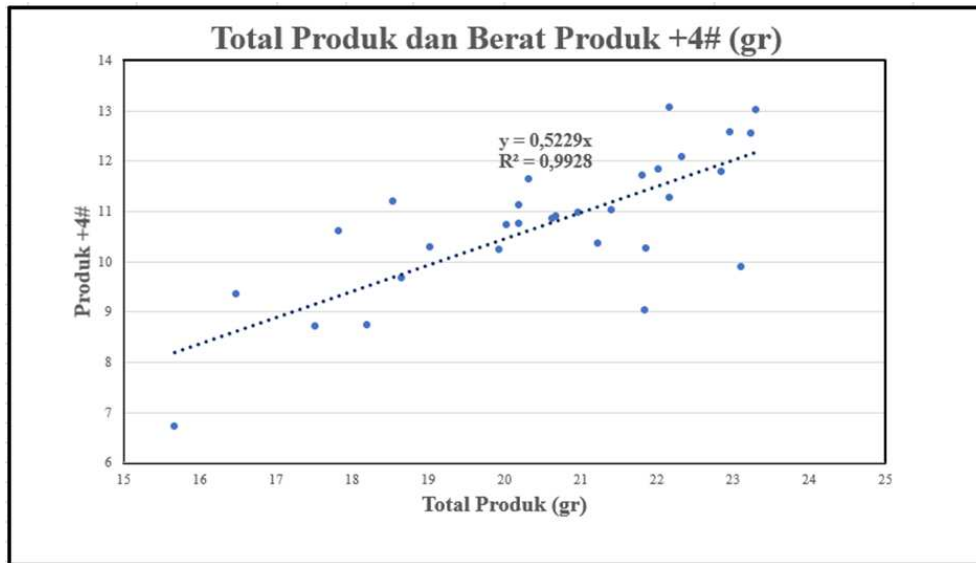
Tabel 1. menunjukkan persentase fraksi pada ayakan ukuran 4 #, perhitungan dilakukan dengan membandingkan antara berat produk pada ayakan berukuran 4 # dengan jumlah berat total produk pada masing-masing sampel. Gambar 5. Menunjukkan grafik persentase fraksi ayakan 4 #. Gambar 6. Menunjukkan grafik total produk vs produk 4 #.

**Tabel 1. Persen Fraksi 4# (gram)**

|                  | Ukuran Ayakan<br>(mesh) | Berat Produk (gr) | Total Produk (gr) | % Fraksi 4#  |
|------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| Sampel 1         | + 4#                    | 9,9               | 23,11             | 42,84        |
| Sampel 2         | + 4#                    | 11,72             | 21,82             | 53,71        |
| Sampel 3         | + 4#                    | 10,73             | 20,04             | 53,54        |
| Sampel 4         | + 4#                    | 10,6              | 17,83             | 59,45        |
| Sampel 5         | + 4#                    | 13,07             | 22,17             | 58,95        |
| Sampel 6         | + 4#                    | 6,72              | 15,67             | 42,88        |
| Sampel 7         | + 4#                    | 10,37             | 21,24             | 48,82        |
| Sampel 8         | + 4#                    | 9,03              | 21,85             | 41,33        |
| Sampel 9         | + 4#                    | 11,2              | 18,54             | 60,41        |
| Sampel 10        | + 4#                    | 10,25             | 21,86             | 46,89        |
| Sampel 11        | + 4#                    | 11,64             | 20,32             | 57,28        |
| Sampel 12        | + 4#                    | 9,36              | 16,49             | 56,76        |
| Sampel 13        | + 4#                    | 11,78             | 22,85             | 51,55        |
| Sampel 14        | + 4#                    | 12,09             | 22,34             | 54,12        |
| Sampel 15        | + 4#                    | 11,84             | 22,02             | 53,77        |
| Sampel 16        | + 4#                    | 10,91             | 20,69             | 52,73        |
| Sampel 17        | + 4#                    | 11,02             | 21,41             | 51,47        |
| Sampel 18        | + 4#                    | 12,58             | 22,97             | 54,77        |
| Sampel 19        | + 4#                    | 13,01             | 23,31             | 55,81        |
| Sampel 20        | + 4#                    | 9,67              | 18,65             | 51,85        |
| Sampel 21        | + 4#                    | 10,74             | 20,19             | 53,19        |
| Sampel 22        | + 4#                    | 11,26             | 22,18             | 50,77        |
| Sampel 23        | + 4#                    | 10,28             | 19,03             | 54,02        |
| Sampel 24        | + 4#                    | 10,98             | 20,98             | 52,34        |
| Sampel 25        | + 4#                    | 8,73              | 18,21             | 47,94        |
| Sampel 26        | + 4#                    | 10,23             | 19,93             | 51,33        |
| Sampel 27        | + 4#                    | 12,54             | 23,25             | 53,94        |
| Sampel 28        | + 4#                    | 8,71              | 17,52             | 49,71        |
| Sampel 29        | + 4#                    | 11,12             | 20,19             | 55,08        |
| Sampel 30        | + 4#                    | 10,84             | 20,64             | 52,52        |
| <b>Rata-rata</b> |                         |                   |                   | <b>52,33</b> |



**Gambar 5.** Grafik Persentase Fraksi Ayakan 4 #

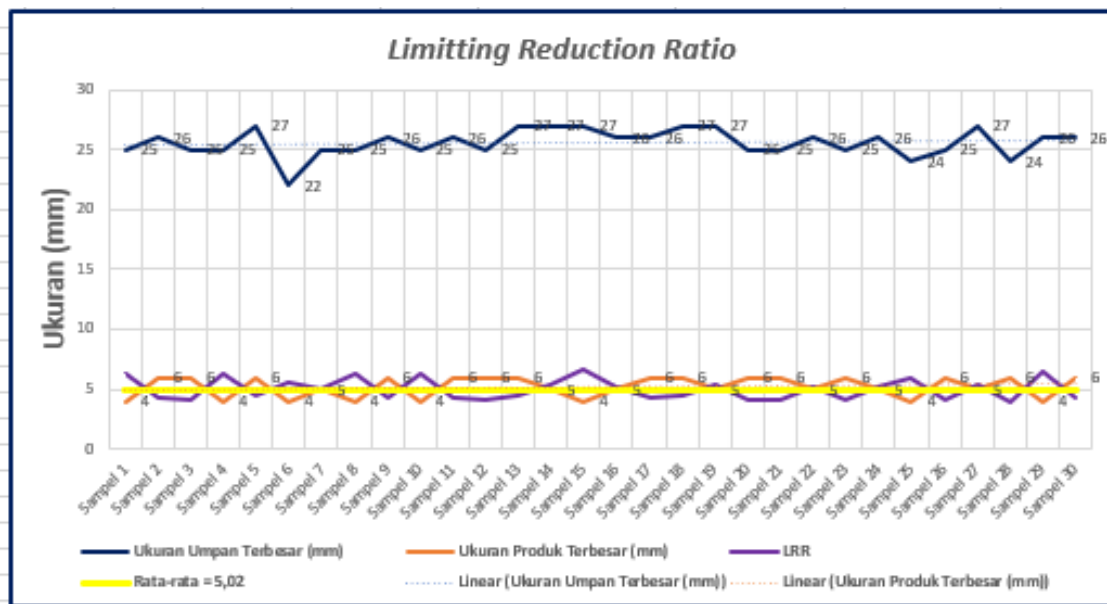


**Gambar 6.** Grafik Total Produk Vs Produk + 4 #

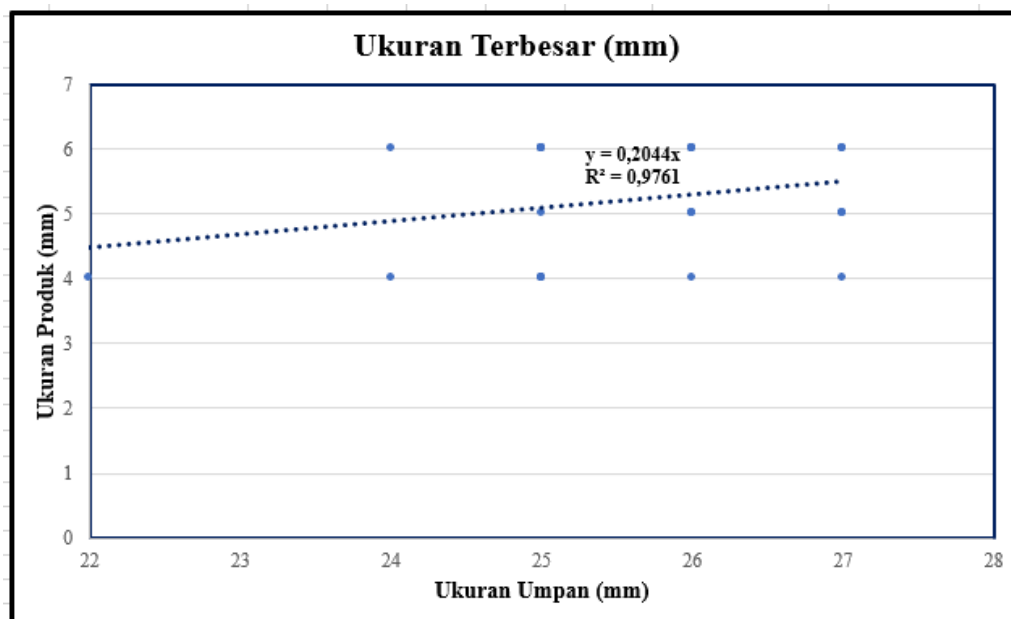
Tabel 2. Menunjukkan perhitungan *Limiting Reduction Ratio* (LRR) masing-masing sampel. Sebanyak 30 sampel, masing-masing diukur ukuran umpan terbesar dan ukuran produk terbesar (tiap sampel), sehingga didapatkan hasil perhitungan *Limiting Reduction Ratio* (LRR). Gambar 7. menunjukkan grafik perhitungan *Limiting Reduction Ratio* dan nilai rata-rata LRR dari 30 sampel dan Gambar 8. Menunjukkan ukuran umpan terbesar yang dimasukkan ke dalam *single toggle crusher* dan ukuran produk terbesar yang dihasilkan.

**Tabel 2.** *Limiting Reduction Ratio* (LRR) Sampel 1 s/d 30

|           | Ukuran Umpan Terbesar (mm) | Ukuran Produk Terbesar (mm) | LRR  |
|-----------|----------------------------|-----------------------------|------|
| Sampel 1  | 25                         | 4                           | 6,3  |
| Sampel 2  | 26                         | 6                           | 4,3  |
| Sampel 3  | 25                         | 6                           | 4,2  |
| Sampel 4  | 25                         | 4                           | 6,3  |
| Sampel 5  | 27                         | 6                           | 4,5  |
| Sampel 6  | 22                         | 4                           | 5,5  |
| Sampel 7  | 25                         | 5                           | 5,0  |
| Sampel 8  | 25                         | 4                           | 6,3  |
| Sampel 9  | 26                         | 6                           | 4,3  |
| Sampel 10 | 25                         | 4                           | 6,3  |
| Sampel 11 | 26                         | 6                           | 4,3  |
| Sampel 12 | 25                         | 6                           | 4,2  |
| Sampel 13 | 27                         | 6                           | 4,5  |
| Sampel 14 | 27                         | 5                           | 5,4  |
| Sampel 15 | 27                         | 4                           | 6,8  |
| Sampel 16 | 26                         | 5                           | 5,2  |
| Sampel 17 | 26                         | 6                           | 4,3  |
| Sampel 18 | 27                         | 6                           | 4,5  |
| Sampel 19 | 27                         | 5                           | 5,4  |
| Sampel 20 | 25                         | 6                           | 4,2  |
| Sampel 21 | 25                         | 6                           | 4,2  |
| Sampel 22 | 26                         | 5                           | 5,2  |
| Sampel 23 | 25                         | 6                           | 4,2  |
| Sampel 24 | 26                         | 5                           | 5,2  |
| Sampel 25 | 24                         | 4                           | 6,0  |
| Sampel 26 | 25                         | 6                           | 4,2  |
| Sampel 27 | 27                         | 5                           | 5,4  |
| Sampel 28 | 24                         | 6                           | 4,0  |
| Sampel 29 | 26                         | 4                           | 6,5  |
| Sampel 30 | 26                         | 6                           | 4,3  |
| Rata-rata |                            |                             | 5,02 |



Gambar 7. Limiting Reduction Ratio (LRR)



Gambar 8. Ukuran Umpan Terbesar vs Ukuran Produk Terbesar

## B. Diskusi

Penelitian ini menggunakan *jaw crusher* dengan tipe *single toggle jaw crusher* pada skala laboratorium. Material yang digunakan adalah batulempung sebanyak 30 sampel. Material tersebut dimasukkan ke dalam *jaw crusher* sebagai umpan (feed) untuk menghasilkan produk peremukan. Produk peremukan dipisahkan berdasarkan ukuran materialnya melalui ayakan (*sieve*). *Sieve* yang digunakan memiliki ukuran +4#, 10#, 20#, 40#, 60#, 100#, 200# sehingga material terdistribusi pada ukuran +4#, -4#+10#, -10#+20#, -20#+40#, -40#+60#, -60#+100#, -100#+200# dan -200#. Distribusi ukuran tertentu pada *sieve* sebenarnya juga menunjukkan bahwa pada ukuran tersebut terdistribusi ukuran terbesar dan ukuran terkecil untuk produk pada ukuran ayakan tertentu tersebut.

*Limiting Reduction Ratio* merupakan suatu angka tertentu yang menggambarkan perbandingan antara ukuran umpan terbesar dengan ukuran produk terbesar. Nilai LRR secara teori telah ditentukan, menurut J. M. Currie (1973) yaitu berkisar antara 4-7, tetapi dalam penelitian ini, uji coba dilakukan dengan

menggunakan batulempung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, persentase produk peremukan yang dihasilkan masih terdapat pada ukuran *sieve* terbesar yaitu 4#, dengan jumlah rata-rata sebesar 52,33 %. Ukuran umpan terbesar berkisar antara 24 mm s/d 27 mm dan ukuran produk terbesar berkisar antara 4 mm s/d 6 mm. Hubungan antara total berat umpan dan total berat produk dapat dinyatakan dalam persamaan  $Y = 0,5229 X$  dan  $R^2 = 0,9228$ , sedangkan hubungan ukuran umpan terbesar dengan ukuran produk terbesar dinyatakan dalam persamaan  $Y = 0,2044 X$  dan  $R^2 = 0,9761$ . Perhitungan *limitting reduction ratio* berkisar antara 4,2 s/d 6,8, dengan nilai rata-rata sebesar 5,02. Nilai LRR material tentunya berbeda-beda, karena banyak faktor yang menentukan terjadinya fragmentasi batuan menjadi ukuran yang lebih kecil, sedangkan batuan memiliki sifat fisik, sifat mekanik dan karakteristik tertentu yang menyertai proses pembentukan batuan (geneses)

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan untuk menghitung nilai *Limitting Reduction Ratio* sebagai batas reduksi ukuran material pada *single toggle jaw crusher* memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Produk yang dihasilkan dari operasi peremukan *single toggle jaw crusher* masih terdapat pada ukuran terbesar, dengan nilai persentase rata-rata sebesar 52,33%, pada ukuran ayakan terbesar (4#). Hal tersebut berarti dalam batas nilai LRR, jumlah produk material yang dihasilkan masih berada pada ukuran terbesar dalam batas nilai LRR.
2. Hubungan antara total berat umpan dan total berat produk dapat dinyatakan dalam persamaan  $Y = 0,5229 X$  dan  $R^2 = 0,9228$ , sedangkan hubungan ukuran umpan terbesar dengan ukuran produk terbesar dinyatakan dalam persamaan  $Y = 0,2044 X$  dan  $R^2 = 0,9761$

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai melalui dana penelitian dari Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY). Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian Masyarakat dan Inovasi (LPPMI), Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. Currie, *Unit Operation in Mineral Processing*, Coulombia : CSM Press, 1973.
- [2] B. M. Olaleye, "Influence of Some Rock Strength Properties on Jaw Crusher Performance in Granite Quarry", *Mining Science and Technology*, vol. 20, no. 2, pp. 204-208, Maret 2010. doi.org/10.1016/S1674-5264(09)60185-X
- [3] G. Asbjörnsson, "Crushing Plant Dynamics", Thesis for The Degree of Doctor Philosophy in Product and Production Development, Department of Product and Production Development, Chalmers, University of Technology, Göthenborg, Sweden, 2015.
- [4] B. H. G. Brady dan E.T. Brown, *Rock Mass Structure*. In: *Rock Mechanics*, Springer, Dordrecht, 1985. doi: doi.org/10.1007/978-94-011-6501-3\_3
- [5] P. N. Mwangi, O. M. Muvengei, and T. O. Mbuya, "Review of Discrete Element Modelling in Optimisation of Energy Consumption of a Single-Toggle Jaw Crusher", *Proceeding of the Sustainable Research and Innovation Conference, JKUAT Main Campus, 2-4 May 2018, Kenya*, 2018.
- [6] M. Lindqvist dan C. M. Evertsson, "Liner Wear in Jaw Crusher", *Minerals Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 1-12, Januari 2003. doi: doi.org/10.1016/S0892-6875(02)00179-6
- [7] J. Drzymala, *Mineral Processing, Foundation of Theory and Practice of Minerallurgy*, 1<sup>st</sup> English Edition, Wroclaw University of Technology, p. 122, 2007.
- [8] C. Okechukwu, et al., "Design and Operation Challenges of a Single Toggle Jaw Crusher : a Review", *Nigerian Journal of Technology (NIJOTEC)*, vol. 36, no. 3, pp. 814-821, Juli 2017. doi: dx.doi.org/10.4314/njt.v36i3.22
- [9] B. A. Wills and T. J. Napier-Munn, *Will's Mineral Processing Technology*, an Introduction to the Practical Aspect of Ore Treatment and Recovery. Queensland : 7<sup>th</sup> Edition, Elsevier Science & Technology Books, pp. 119-120, 2006.
- [10] M. Evertsson, "Cone Crusher Performance", Ph.D Thesis, Department of Machine and Vehicle Design, Chalmers, University of Technology, Göthenborg, Sweden, 2000.
- [11] E. Lee, "Optimization of Compressive Crushing", Ph.D Thesis, Department of Product and Production Development, Chalmers, University of Technology, Göthenborg, Sweden, 2012.
- [12] S. R. Krogh, *Crushing Characteristic*. Powder Technology: 27. @Elsevier Sequola S.A. Lausanne-Printed in Netherlands, 1980.

- [13] B. B. V. L. Deepak, "Optimum Design an Analysis of (the) Swinging Jaw Plate of a Single Toggle Jaw Crusher", Tesis, Department of Mechanical Engineering, National Institute Rourkela, p.3, 2010.
- [14] G. Kirankumar, *Optimization of Jaw Crusher*, Advance Research and Innovations in Mechanical, Material Science, Industrial Engineering and Management-ICCARMMEIEM-2014, p. 238, 2014.
- [15] C. Okechkwu, O. A. Dahunsi, P. K. Oke, I. O. Oladele, M. Dauda, and B. M. Olaleye, "Design and Operations Challenges of a Single Toggle Jaw Crusher : a Review", *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, vol. 36, no. 3, pp. 814-815, July 2017. doi: [dx.doi.org/10.4314/njt.v36i3.22](https://doi.org/10.4314/njt.v36i3.22)
- [16] I. I. I. Beloglazov and A. Dmitrii, "Computer Simulation Methods for Crushing Process in an Jaw Crusher", *VII International Scientific Practical Conference Innovative Technologies in Engineering, IOP Publishing*, p. 2, 2016.
- [17] D. Legendre and Zevenhoven, *Assesing the Energy Efficiency of a Jaw Crusher.*, Article in Press, Elsevier, p.12, 2014.
- [18] A. Refahi, Mohandesi, J. Aghazadeh, and B. Rezai, "Comparison between Bond Crushing Energy and Fracture Energy of Rocks in a Jaw Crusher using Numerical Simulation", *The Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, p. 709, 2009.
- [19] M. S. Oduri, D. M. Munyasi, and S. W. Mutuli, "Analysis of the Single Toggle Jaw Crusher Force Transmissiion Characteristic", *Journal of Engineering*, vol. 2016.



©2025. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).