

## Penentuan Energi Ball Mill dengan Menggunakan Metode Indeks Kerja Bond

<sup>1</sup>Teja Sukmana

<sup>1</sup>Prodi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116  
email: <sup>1</sup>Teja\_crborneo@yahoo.com

**Abstrak.** Indeks-kerja giling adalah energi yang dibutuhkan untuk menggiling satu ton bahan galian yang nyatakan dalam satuan kilowatt-jam dengan standar Bond Ball Mill. Tujuan penghancuran dan penggerusan bijih ini yaitu untuk memisahkan mineral berharga dari batuan induknya. Melalui indeks kerja Bond, maka akan didapat berapa besarnya energi yang dikeluarkan oleh alat penggerus tersebut dengan standar Bond. Hasil analisis mineragrafi dan XRF (X-Ray Fluorescence) terhadap 3 jenis sampel batuan menunjukkan unsur-unsur utamanya. Pertama bijih besi yaitu Fe 57,4 %, kedua bijih emas oksida berkadar Si 26,2 % dan Fe 18 %, dan ketiga bijih galena berkadar Pb 31,8 %, Fe 19,3 % dan Zn 16,6 %. Setelah digiling, hasilnya diamati pengamatan berdasarkan 2 fraksi ukuran -150+105 $\mu$ m dan -105 $\mu$ m. Indeks kerja Bond pada kondisi -149 $\mu$ m (P80=100 mesh) untuk bijih besi yaitu 16,945 kWjam/ton, untuk bijih emas yaitu 10,579 kWjam/ton dan bijih galena yaitu 11,607 kWjam/ton. Sedangkan pada kondisi -73 $\mu$ m (P80=200 mesh) dengan 3 fraksi ukuran -149+105 $\mu$ m, -105+73 $\mu$ m, dan -73 $\mu$ m didapat indeks kerja Bond untuk bijih besi yaitu 20,926 kWjam/ton, untuk bijih emas yaitu 16,449 kWjam/ton, dan untuk bijih galena yaitu 16,876 kWjam/ton. Angka ini menunjukkan besarnya kenaikan energi yang dibutuhkan apabila tingkat kehalusan hasil giling dinaikkan dari -150 $\mu$ m menjadi -73 $\mu$ m.

**Kata Kunci :** Indeks Kerja Bond, Kekerasan Batuan, Peremuk Bola, Energi Peremuk

### A. Pendahuluan

#### 1. Latar Belakang

Mineral pada umumnya terdapat dalam ukuran halus yang tersebar dan berikatan kuat dengan pengotornya, sehingga harus dilepaskan atau dibebaskan sebelum dilakukan pemisahan (Wills, 1992).

Keberadaan mineral di alam biasanya ditemukan dalam bentuk gabungan dari sifat fisik dan sifat kimia diantara mineral-mineral. Tergabungnya sifat-sifat mineral tersebut akibat dari pembentukannya di alam secara bersamaan dengan batuan induknya (Gupta and Yan, 2006).

Untuk memisahkan mineral yang bernilai ekonomis dari batuan induknya dibutuhkan metode fisika dan kimia. Kebanyakan mineral ditambang dalam bentuk bongkahan, walaupun ada sebagian yang berbentuk butir pasir atau bahkan sudah terlapukan seperti bijih laterit. Untuk menemukan mineral dari batuan induknya harus dilakukan penggalian bahkan penghancuran. Proses penghancuran tersebut bertujuan untuk membebaskan mineral-mineral berharga dari pengotornya atau batuan induknya.

Proses penghancuran atau kominusi itu sendiri bertujuan untuk memperkecil ukuran batuan sehingga diperoleh butiran mineral dengan ukuran tertentu, sesuai dengan persyaratan yang diperlukan, baik sebagai bahan baku industri (mineral industri) maupun untuk diolah lebih lanjut dalam proses metalurgi juga mengekstraksi logamnya (mineral logam) dan untuk melepaskan / membebaskan mineral berharga (liberasi) dari ikatan mineral pengotornya, menjadi butiran yang bebas sempurna (Tobing, 2005).

Dalam proses kominusi itu memerlukan banyak energi, bahkan untuk menggerakkan mesinnya saja memerlukan energi yang sangat besar. Selama bertahun-

tahun banyak peneliti telah berusaha untuk menentukan besarnya energi yang dibutuhkan untuk menghancurkan suatu mineral. Mulai dari menggerakkan alat peremuk (crusher) sampai ke penggerusan menggunakan mesin penggerus laju giling. Oleh karena itu diperlukan suatu cara untuk menentukan energi dalam peremuk dan penggilingan dari Ball Mill. Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses penggilingan yaitu diameter bola giling, putaran per menit, perbandingan padatan-cairan, waktu penggilingan, distribusi media giling, dan kecepatan putaran ball mill (Pulungan, 1999).

Pada penelitian ini diarahkan pada penentuan besarnya energi dengan metode Indeks Kerja Bond (Bond Work Index). Cara penentuan ini juga telah dipakai dalam merencanakan suatu pabrik pengolahan bijih emas (Pramusanto and Nuryadi, Tekmira 2012).

## 2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari kegiatan ini adalah untuk menentukan besarnya energi dari pengecilan ukuran terhadap 3 macam mineral yaitu bijih besi, bijih emas dan bijih galena.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya energi melalui metode indeks kerja bond dari ketiga jenis mineral tersebut setelah mencapai ukuran lolos 100 mesh (149  $\mu\text{m}$ ) dan 200 mesh (73  $\mu\text{m}$ ).

### B. Landasan Teori

#### 1. Indeks Kerja Giling

Indeks-kerja giling adalah energi yang dibutuhkan untuk menggiling satu ton bahan galian yang dinyatakan dalam satuan kilowatt-jam dengan standar Bond Ball Mill. Beban sirkulasi giling (circulating load) adalah umpan balik dari seluruh ukuran contoh hasil giling yang tidak lolos lubang ayakan P1  $\mu\text{m}$  ke Ball Mill seperti terlihat pada gambar 3.1

Perbandingan beban sirkulasi giling (circulating load ratio) adalah berat contoh hasil giling tidak lolos ayakan P1 = 149  $\mu\text{m}$ , dibagi dengan berat penambahan umpan baru dikalikan seratus persen. Penentuan indeks-kerja giling didasarkan pada standar Bond dengan cara menggiling contoh bahan galian dengan system aliran tertutup (closed circuit) secara berulang.

#### 2. Prinsip

Penentuan indeks-kerja giling didasarkan pada standar Bond dengan cara menggiling contoh bahan galian dengan system aliran tertutup (closed circuit) secara berulang. Uji giling pertama dimulai dengan jumlah putaran Ball Mill secara bebas. Pada akhir putaran Ball Mill, keluaran hasil giling harus diayak memakai standar lubang ayakan P1.

Keluaran hasil giling tidak lolos ayakan P1 dikembalikan sebagai umpan Ball Mill dengan ditambah sejumlah umpan baru dengan berat total sama dengan berat umpan awal. Pada tahap uji giling berikutnya jumlah putaran Ball Mill harus dihitung. Demikian seterusnya hingga diperoleh berat hasil giling (Gbp) konstan. Penentuan indeks kerja giling ini memerlukan 7-10 kali penggilingan. Dari data penggilingan, nilai indeks-kerja giling dan energi listrik yang diperlukan dapat dihitung.

**3. Persyaratan**

Persyaratan yang harus dipenuhi adalah :

- a. Spesifikasi alat giling Bond Ball Mill seperti pada gambar 3.2
- b. Bahan galian yang akan digiling berukuran 100 % lolos lubang ayakan 3360  $\mu\text{m}$ (- 6 mesh).
- c. Kecepatan putar alat Bond Ball Mill harus konstan 70 putaran per menit (rpm).
- d. Volume umpan Ball Mill harus 700 ml.
- e. Komposisi bola penggiling dari bahan besi bearing. Seperti pada table dibawah ini.

**C. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

**1. Distribusi Ukuran Partikel Bijih Besi Percobaan sebelum dan sesudah proses penggerusan.**

Tabel berikut merupakan data-data yang telah didapatkan pada saat melakukan analisa ayakan pada saat sebelum dan sesudah dilakukan proses penggerusan.

**Tabel 1.1**  
Distribusi Ukuran Sebelum Digiling Bijih Besi

Ukuran Lubang Ayakan		Berat Tertahan (Gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Kumulatif Tertahan (Gram)	Berat Kumulatif Tertahan (%)	Berat Kumulatif Lolos (Gram)	Berat Kumulatif Lolos (%)
Mesh	Mikron						
-6+8	- 3360 + 2360	36	10.695	36	10.695	164	100
-8+10	- 2360 + 2000	26	5.347	62	16.042	138	89.305
-10+20	- 2000 + 850	55	34.759	117	50.801	83	83.958
-20+40	- 850 + 425	28	18.717	145	69.518	55	49.199
-40+60	- 425 + 250	17	9.091	162	78.608	38	30.482
-60+100	- 250 + 150	14	6.417	176	85.026	24	21.392
-100	150	24	14.973	200	100	0	14.974

**Tabel 1.2**  
Distribusi Ukuran Produk Giling Tahap Akhir Bijih Besi Percobaan ke-1 Dengan 2 Fraksi Ukuran

Ukuran Lubang Ayakan		Berat Tertahan (%)	Berat Kumulatif Tertahan (%)	Berat Kumulatif Lolos (%)
Mesh	Mikron			
-100+140	-150+106	21	21	100
-140	-106 + 73	79	100	79

**Tabel 1.3**  
Distribusi Ukuran Produk Giling Tahap Akhir Bijih Besi Percobaan Ke-2 Dengan 3 Fraksi Ukuran

Ukuran Lubang Ayakan		Berat Tertahan (%)	Berat Kumulatif Tertahan (%)	Berat Kumulatif Lolos (%)
Mesh	Mikron			
-100+140	-150+106	21	21	100
-140	-106 + 73	30	51	79
-200	-73	49	100	49

**Tabel 1.4**  
Hasil Uji Giling Bijih Besi

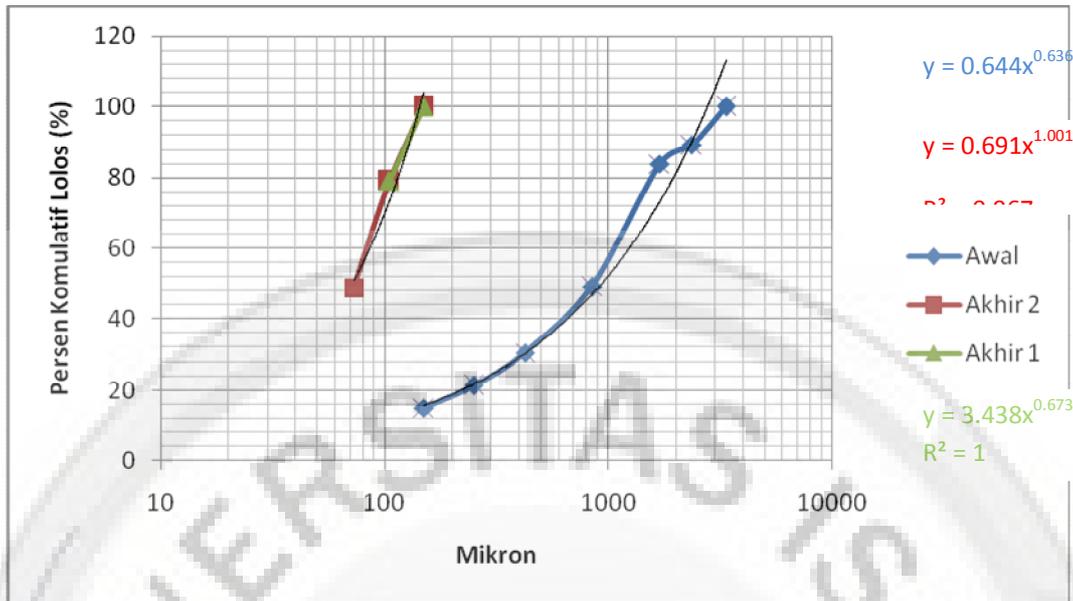
Tahap Uji Giling	Jumlah Putaran Ball Mill	Hasil Giling Tidak Lolos (gr)	Penambahan Umpan Baru (gr)	Jumlah Lolos (P1) Sebelum digiling pada Tahap ini (gr)	Perkiraan Jumlah Lolos (P1) sblm digiling tahap berikutnya	Jumlah Contoh Lolos P1 Setelah digiling (gr)	Perkiraan Hasil Giling Lolos P1 (gr)	Perkiraan Hasil Giling Lolos P1 (gr)
	1	2	3	4	5	6	7	8
	N	a	W-a		$3 \times u$	$(3) - (4)$	$W/3.5 - (5)$	$(2) - (7)$
1	400	850	582	200.48	81.48	381.52	327.663	
2	344	977	455	81.48	63.70	373.52	345.443	
3	318	933	499	63.70	69.86	435.3	339.283	
4	248	1041	391	69.86	54.74	321.14	354.403	
5	274	1022	410	54.74	57.40	355.26	351.743	
6	271	1023	409	57.40	57.26	351.6	351.883	
<b>Nilai Rata-Rata</b>					<b>64.073</b>	<b>369.723</b>	<b>345.070</b>	

Catatan :  
 $W$  (gr) = 1432  
 $U$  = 0.14  
 $P1$  = 149 Micron  
 Putaran Ball Mill = 73 Putaran/Menit

## 2. Hasil Indeks Kerja Bond

Percobaan penentuan indeks kerja Bond dilakukan terhadap 2 sampel bijih besi, 2 sampel bijih emas dan 1 sampel bijih galena. Berikut grafik hasil dari percobaan tersebut pada tabel penentuan indeks kerja Bond bijih besi percobaan ke-1

### Indeks kerja Bond Biji Besi



**Grafik 1.1**  
Grafik Hasil Analisa Saringan Biji Besi Percobaan ke-1

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa material sebelum penggerusan pada grafik sebelah kanan yang tertahan paling besar berada pada 850 mikron dan 425 mikron, sedangkan untuk persen tertahan paling kecil yaitu pada 1700 mikron dan 149 mikron. Untuk produk setelah penggerusan terlihat pada grafik sebelah kiri dan persen lolos terbesar terdapat pada 73 mikron.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan 2 fraksi ukuran dan 3 fraksi ukuran terdapat suatu perbedaan energi giling yang dihasilkan, dimana enegi 2 titik lebih kecil dibandingkan dengan energi dengan 3 fraksi ukuran. Hal ini disebabkan semakin banyak menambahkan variable ukuran dalam penggerusan, semakin banyak juga energi yang dikeluarkan Ball Mill. Oleh karna itu produk yang dihasilkan dengan menggunakan 3 fraksi ukuran lebih halus dibandingkan dengan 2 fraksu ukuran yang termasuk produk kasar.

Dengan menggunakan 3 fraksi ukuran, akan terjadi pergeseran nilai P80 terhadap ukuran partikel halus yang dihasilkan. Nilai P80 pada 2 fraksi ukuran yaitu 107,369 mikron, sedangkan P80 pada 3 fraksi ukuran yaitu 115,226 mikron.

- Cara 2 fraksi ukuran :
  - Gbp = 1,296
  - F80 = 1962,338 μm
  - P80 = 107,369 μm
  - Wi = 16,945 kWjam/ton

$$\begin{aligned}
 Wi &= \frac{44,5}{F1^{(0,23)} \times Gbp^{(0,82)} \times \left[ \frac{10}{\sqrt{P80}} - \frac{10}{\sqrt{F80}} \right]} \times 1,10 \\
 &= \frac{44,5}{149^{(0,23)} \times 1,296^{(0,82)} \times \left[ \frac{10}{\sqrt{107,369}} - \frac{10}{\sqrt{1962,338}} \right]} \times 1,10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{44,5}{3,909 \times 0,735} \times 1,10 \\
 &= 15,404 \times 1,10 \\
 &= 16,945 \text{ kWjam/ton}
 \end{aligned}$$

- Cara 3 fraksi ukuran :
- P80 = 115,226  $\mu\text{m}$   
 Wi = 20,926 kWjam/ton

$$\begin{aligned}
 W_i &= \frac{44,5}{P_1^{(0,23)} \times G_{bp}^{(0,82)} \times \left[ \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} \right]} \times 1,10 \\
 &= \frac{44,5}{73^{(0,23)} \times 1,296^{(0,82)} \times \left[ \frac{10}{\sqrt{115,226}} - \frac{10}{\sqrt{115,226}} \right]} \times 1,10 \\
 &= \frac{44,5}{3,318 \times 0,703} \times 1,10 \\
 &= 19,023 \times 1,10 \\
 &= 20,926 \text{ kWjam/ton}
 \end{aligned}$$

**Tabel 1.5**

Perbandingan Energi Bijih Besi, Bijih Emas dan Bijih Galena Dengan menggunakan metode 2 Fraksi Ukuran dan 3 Fraksi Ukuran

Jenis Bijih	2 Fraksi Ukuran (kwjam/ton)	3 Fraksi Ukuran (kwjam/ton)	Perbedaan (kwjam/ton)
Bijih Besi Percobaan ke-1	16,945	20,926	3,981
Bijih Besi Percobaan ke-2	17,822	21,657	3,835
Bijih Emas Percobaan ke-1	10,579	16,449	5,87
Bijih Emas Percobaan k-2	11,551	16,637	5,086
Bijih Galena	11,607	16,876	5,269

#### D. Kesimpulan

Hasil pengamatan dan analisis data terhadap penelitian indeks kerja Bond untuk bahan galian bijih besi, bijih galena dan bijih emas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai indeks kerja Bond contoh bahan galian sebagai berikut :
  - a. Menggunakan 2 fraksi ukuran :

- Nilai indeks kerja Bond untuk bijih besi percobaan ke-1 dan percobaan ke-2 yaitu 16,945 kWjam/ton dan 17,822 kWjam/ton
  - Nilai indeks kerja Bond untuk bijih galena yaitu 11,607 kWjam/ton
  - Nilai indeks Kerja Bond untuk bijih emas percobaan ke-1 dan percobaan ke-2 yaitu 10,579 kWjam/ton dan 11,551 kWjam/ton.
- b. Menggunakan 3 fraksi ukuran :
- Nilai indeks kerja Bond untuk bijih besi percobaan ke-1 dan percobaan ke-2 yaitu 20,926 kWjam/ton dan 21,657 kWjam/ton.
  - Nilai indeks kerja Bond untuk bijih galena yaitu 16,876 kWjam/ton
  - Nilai indeks kerja Bond untuk bijih emas percobaan ke-1 dan percobaan ke-2 yaitu 16,449 kWjam/ton dan 16,637 kWjam/ton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardha, N. 1993. SNI SPU 209.1993 Cara penentuan indeks-kerja giling contoh bahan galian. Bandung : Laporan Interen Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Berry, L.G & Mason, Brian. 1959. Mineralogy, W.H Freeman and Company, San Francisco.
- Dana, J.D., Palche, C., Berman, H., dan Frodel, C. 1944. The System of Mineralogy. 7<sup>th</sup> ed, Vol. I. New York : John Wiley and Sons.
- Gupta, A and Yand, D.S. 2006. Mineral Processing Design and Operations An Introduction. Pert, Australia.
- Kelly, Errol G. and Spottiswood, David J. 1982. *Introduction to mineral processing*. New York : Wiley
- Klien, C and C.S. Hurbut, 1985. Manual of Mineralogy. New York : John Wiley and sons.
- Kirk-Othmer. 1969. Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley & sons.
- Narayanan S.S and Whiten, Transaction Inst. Of Mining and Met, 97 (1988) C115.
- Pramusanto and Nuryadi. 2012. Metallurgical Test Bijih Emas Untuk Menentukan Perancangan Proses Pengolahan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Prof. Prodjosoemarto, Partanto. Editor. 2000. *Ensiklopedi Pertambangan, Edisi 3*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Pulungan, L. 1999. Studi Optimasi Laju Giling Mineral Sulfida Dalam Bijih Emas Asal Cineam. Skripsi Magister. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Tobing, S.L. 2005. Prinsip Dasar Pengolahan Bahan Galian (Mineral Dressing). Bandung.
- Wills. 1992. Mineral Processing Technology, 5<sup>th</sup> edition, Pergamon Press.