

## Evaluasi Kinerja *Crushing Plant* di PT X Desa Cipinang, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat

M. Hafizh Eliansyah\*, Sriyanti

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*[hafizheliansyah@gmail.com](mailto:hafizheliansyah@gmail.com), [sriyanti.tambang@yahoo.com](mailto:sriyanti.tambang@yahoo.com)

**Abstract.** With a total area of  $\pm 100$  Ha. The purpose of this study is to determine the obstacles that occur during production, to determine the availability and work efficiency of mechanical equipment, and to determine the production tonnage of crushing plant equipment. Processing of andesite minerals at the crushing plant unit of PT X consists of three stages, namely primary crushing using a jaw crusher (Metso C-140), secondary crushing using cone crusher 1 (CMC PCC4A) and tertiary crushing using cone crushers 2 & 3 (NH-400). Data processing activities and research results at PT X consist of field activity procedures, crushing plant work cycles, crushing plant working time, crushing plant productivity, actual conveyor belt calculations, and calculation of conveyor belt production losses. Based on data on human barriers and mechanical devices, the value of mechanical availability is 94.77% and work efficiency is 94.83%. Lossing materials that occur during the processing are divided into 5 stages, namely, primaru crushing = 0.25 tons/hour, secondary crushing = 0.16 tons/hour, teriary crushing = 0.14 tons/hour, sizing 1 = 0.07 tons /hour and sizing 2 = 0.03 ton/hour. Production results of jaw crusher = 384.86 tons/hour, cone crusher 1 = 384.70 tons/hour, cone crusher 2 = 163.37 tons/hour and cone crusher 3 = 163.65 tons/hour. The products produced by this company consist of 6 types of products including split 12, split 23, screening, stone ash, and base course. The results of the crushing plant performance evaluation could not meet the production target of 380 tons/hour with a product production of 377.37 tons/hour.

**Keywords:** Primary Crushing, Secondary Crushing, Tertiary Crushing.

**Abstrak.** Luas wilayah keseluruhan  $\pm 100$  Ha. Tujuan penelitian yaitu mengetahui hambatan-hambatan yang terjadi saat produksi, mengetahui nilai ketersediaan dan efisiensi kerja alat mekanis, lossing materials selama proses produksi dan mengetahui tonase produksi alat crushing plant. Pengolahan bahan galian andesit pada unit crushing plant PT X terdiri dari tiga tahap yaitu primary crushing dengan menggunakan jaw crusher (Metso C-140), secondary crushing menggunakan cone crusher 1 (CMC PCC4A) dan tertiary crushing menggunakan cone crusher 2 &3 (NH-400). Kegiatan pengolahan data dan hasil penelitian pada PT X terdiri prosedur kegiatan lapangan, siklus kerja crushing plant, waktu kerja crushing plant, produktivitas crushing plant, perhitungan belt conveyor secara aktual, dan perhitungan losses produksi belt conveyor. Berdasarkan data hambatan manusia dan alat mekanis didapatkan nilai ketersediaan mekanis 94,77% dan efisiensi kerja sebesar 94,83%. Lossing materials yang terjadi selama proses pengolahan terbagi menjadi 5 tahapan yaitu, primary crushing = 0,25 ton/jam, secondary crushing = 0,16 ton/jam, teriary crushing = 0,14 ton/jam, sizing 1 = 0,07 ton/jam dan sizing 2 = 0,03 ton/jam. Hasil Produksi jaw crusher = 384,86 ton/jam, cone crusher 1 = 384,70 ton/jam, cone crusher 2 = 163,37 ton/jam dan cone crusher 3 = 163,65 ton/jam. Produk yang dihasilkan perusahaan ini terdiri dari 6 jenis produk diantaranya yaitu split 1-2, split 2-3, screening, abu batu, dan base course. Hasil evaluasi kinerja crushing plant tidak dapat memenuhi target produksi sebesar 380 ton/jam dengan produksi produk yang diperoleh sebesar 377,37 ton/jam.

**Kata Kunci:** Primary Crushing, Secondary Crushing, Tertiary Crushing.

## A. Pendahuluan

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), pertumbuhan ekonomi Indonesia pada tahun 2021 berada pada angka sebesar 7,07%, sehingga menyebabkan Indonesia masih termasuk kedalam katagori negara berkembang. Indonesia sebagai negara berkembang terus melakukan upaya dalam bidang pembangunan infrakstruktur seperti, pembangunan jalan tol, jembatan, bandara, kereta cepat dan lain sebagainya. Pembangunan infrakstruktur tersebut menyebabkan kebutuhan akan batu andesit yang semakin meningkat dikarenakan agregat batu andesit dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan beton.

PT X merupakan perusahaan yang bergerak dalam sektor industri pertambangan bahan galian batuan andesit. PT X melakukan kegiatan tambang terbuka dengan metode tambang terbuka (*quarry*) dengan target produksi ROM 400 ton/jam dan target produksi *crushing plant* 380 ton/jam. Produk yang dihasilkan berupa *split 1-2, split 2-3, screening, base course, abu batu* yang sesuai dengan kebutuhan industri.

Kemampuan kerja dari unit *crushing plant* sangat mempengaruhi besarnya produksi, untuk meningkatkan kualitas andesit dilakukan evaluasi kinerja *crushing plant* dengan memperhatikan hambatan-hambatan yang terjadi pada alat *crushing plant* seperti faktor alat dan faktor manusia, hambatan tersebut tentunya akan menurunkan efisiensi kerja alat dan dapat menyebabkan tidak tercapainya target produksi yang diinginkan oleh perusahaan. Sehingga perlu dilakukan evaluasi kinerja *crushing plant* agar target produksi yang diharapkan oleh perusahaan dapat tercapai. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sebagai berikut.

1. Mengetahui hambatan-hambatan yang terjadi pada saat produksi *crushing plant*.
2. Mengetahui nilai ketersediaan mekanis, efisiensi kerja alat mekanis dan fisik dari mesin crusher.
3. Mengetahui loosing materials selama proses operasional unit *crushing plant*.
4. Mengetahui produksi produk *crushing plant*.

## B. Metodologi Penelitian

*Crushing plant* merupakan rangkaian proses pengolahan bahan galian yang bertujuan untuk menghancurkan bongkah besar menjadi fragmen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. *Crushing plant* terdapat beberapa alat yaitu mesin *crusher, sizing, hopper, dan belt conveyor*, setiap alatnya mempunyai kesinambungan dalam suatu sistem kerja. Untuk dapat mencapai target produksi terdapat faktor yang berpengaruh yaitu *feed, open side setting, close side setting* jenis material, proses pengumpulan, spesifikasi alat *crusher*, kecepatan *belt conveyor* dan kapasitas alat *crusher*. Metodologi penelitian terbagi menjadi sebagai berikut :

1. Teknik Pengambilan Data  
Teknik pengambilan data dapat dilakukan dengan data primer dan data sekunder, rincian data primer dan data sekunder meliputi :
  - a. Data primer, terdiri waktu produktif, jenis hambatan, durasi hambatan, ritase alat angkut, *fill factor*, kapasitas *bucket*, lebar *hooper*, open set, close set, *density insitu*, kecepatan *belt* dan data *belt cut*.
  - b. Data sekunder, terdiri dari spesifikasi alat, peta-peta dasar, data curah hujan, profil perusahaan, dan target produksi perusahaan.
2. Teknik Pengolahan Data  
Teknik pengolahan data untuk mengevaluasi kinerja *crushing plant* dalam mengetahui produksi mesin *crusher*, data yang dibutuhkan meliputi, menghitung waktu efektif, efisiensi kerja, *belt cut* dan produksi alat angkut.
3. Teknik Analisis Data  
Teknik analisis data dilakukan dengan cara memperhitungkan lebih rinci studi teknis yang dilakukan dengan beberapa parameter yang mempengaruhi optimalisasi produksi dari kegiatan *crushing plant* yang digunakan dengan metode *belt cut*.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### **Volume Hopper**

*Hopper* adalah alat penampung material ROM yang diperoleh dari site penambangan sebelum diolah pada unit *crushing plant*. Untuk ukuran dari *hopper* pada PT X didapatkan ukuran dengan panjang 8.93 m, lebar 5.58 m dan tinggi 4.58 m. Volume *hopper* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Dimensi *Hopper*

Alat	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m3)
<i>Hopper</i>	8.93	5.58	4.58	228.21
Toal Volume (m3)				228.21

#### **Volume Surge Bin**

*Surge bin* pada PT X berfungsi sebagai penampung material dari tahapan *secondary crusher* sehingga dapat didistribusikan menuju tahap *tertiary crusher*. Ukuran *surge bin* pada PT X yaitu, panjang 7,1 m, lebar 5,38 m dan tinggi 4,87 m. Volume *surge bin* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Dimensi *Surge Bin*

Alat	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m3)
<i>Surge Bin</i>	7.1	5.38	4.87	186.02
Toal Volume (m3)				186.02

#### **Belt conveyor**

*Belt conveyor* digunakan untuk mengangkut dan memindahkan feed serta produkta pada tahapan *crushing plant*. Terdapat 19 rangkaian *belt conveyor* di PT X dengan kegunaan yang berbeda. Spesifikasi *belt conveyor* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi *Belt conveyor*

Belt conveyor	Panjang (m)	Lebar (m)	Kemiringan (o)	Daya HP	Jumlah lapisan Belt
BC 00	6	0.75	10	10	4
BC 01	23	0.75	10	10	4
BC 01A	21	0.75	10	10	4
BC 02	10	1.05	5	20	5
BC 03	35	1.05	17	40	5
BC 04	28	1.05	3	25	5
BC 05	33	1.2	10	40	4
BC 06	34	0.9	10	30	4
BC 07	34	0.9	10	30	4
BC 08	6	0.75	10	20	4
BC 08A	5	0.75	14	30	4
BC 07A	34	0.75	10	25	4
BC 09	26	0.8	10	15	4
BC 10	26	0.8	10	20	4
BC 11	26	0.8	10	20	4
BC 12	32	0.8	10	25	4
BC 13	32	0.75	10	20	4

BC 14	23	0.6	10	10	4
BC 15	23	0.6	10	10	4

### Waktu Kerja Produktif

Waktu kerja produktif dilakukan di PT X dilakukanya penelitian selama 30 hari yang dilakukan pada tanggal 08 November 2021 – 04 Desember 2021, waktu produktif kerja yang diperoleh selama 7,8 jam/hari. Jadwal kerja PT X dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Jadwal Kerja PT X

Kegiatan	Waktu			
	Senin-Kamis dan Sabtu	Menit	Jum'at	Menit
Masuk Kerja	07.00	0	07.00	0
Persiapan Kerja	06.30 – 07.00	30	06.30 – 07.00	30
Kerja Produktif 1	07.00 - 12.00	300	07.00 - 11.00	240
Istirahat	12.00 - 13.00	60	11.00 - 13.00	60
Kerja Produktif 2	13.00 - 16.00	180	13.00 - 16.00	180
Waktu Kerja Tersedia		570		570
Waktu Kerja Produktif		480		420
WP (menit/hari)		470		
WP (jam/hari)		7.83		

### Waktu Efektif

Waktu kerja efektif merupakan waktu yang didapatkan dari waktu produksi dan waktu hambatan yang terjadi selama proses produksi berlangsung. Nilai rata-rata waktu *repair* sebesar 0,40 jam/hari dan waktu stand by 0.10 jam/hari sehingga total rata-rata waktu efektif sebesar 7.32 jam/hari. Nilai waktu efektif tahapan *crushing plant* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Waktu Efektif *Crushing plant*

Tahapan	Waktu Produktif Jam/Hari	Repair Jam/Hari	Stand By Jam/Hari	Waktu Efektif Jam/Hari
<i>Primary crushing</i>	7.83	0.46	0.13	7.23
<i>Seccondary Crushing</i>	7.83	0.35	0.16	7.33
<i>Tertiary crushing</i>	7.83	0.40	0.02	7.41
Rata-Rata	7.83	0.40	0.10	7.32

### Efisiensi Kerja

Perhitungan waktu efisiensi kerja *crushing plant* menggunakan waktu produktif (Senin - Sabtu) mempunyai rata-rata sebesar 439,36 jam/hari dan waktu efektif rata-rata sebesar 470 jam/hari, didapatkan nilai efisiensi kerja rata-rata 93,48%. Nilai efisiensi kerja *crushing plant* dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Efisiensi Kerja *Crushing plant*

Hasil	Rata-Rata Tahapan	Primary <i>crushing</i>	Seccondary <i>Crushing</i>	<i>Tertiary</i> <i>crushing</i>
waktu efektif (we) menit/hari	439.36	433.89	439.57	444.61
waktu profuktif (wp) menit/hari	470	470	470	470
efesiensi kerja (E) %	93.48	92.32	93.53	94.60

### Avaibility Crushing Plant

Berdasarkan data waktu efektif, waktu repair dan waktu stand by masing-masing alat *primary crusher*, *secondary crusher*, dan *tertiary crushing* didapatkan rata-rata nilai *mechanical availability* 94,77%, *physical availability* 94,83%, *use of availability* 98,62% dan *efective of utilization* 93,52%. Nilai *availability crushing plant* dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Avaibility Crushing Plant

Tahapan Pengolahan	Machanical Availability (%)	Physical Availability (%)	Use of Availability (%)	Efeective of Utilization (%)
<i>Jaw crusher</i>	93.96	94.06	98.19	92.36
<i>Cone crusher I</i>	95.47	95.56	97.92	93.57
<i>Cone crusher II dan III</i>	94.87	94.88	99.75	94.64
Rata-Rata	94.77	94.83	98.62	93.52

### Produksi Alat Angkut

Produksi alat angkut diperoleh dari hasil perhitungan, ritase alat angkut (Hino dan Tonly), rata-rata pemuatan (Excavator Kobelco SK-330), *fill factor*, *density loose*, dan kapasitas *bucket* (Excavator Kobelco SK-330) diperoleh produksi 400.77 ton/jam, Nilai produksi alat angkut dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Produksi Alat Angkut

Parameter	Nilai	Satuan
Rata-Rata Ritase	167.59	rit
Rata-Rata Pemuatan	10	kali
<i>Fill Factor</i>	0.71	%
<i>Density Loose</i>	1.65	ton/LCM
Kapasitas Bucket (Kobelco SK-330)	1.6	LCM
Produksi	400.77	ton/jam

### Produksi Belt Cut

Perhitungan produksi menggunakan metode *belt cut* dari data perkalian antara berat sampel dalam 1 meter dan kecepatan *belt conveyor* yang dilakukan sebanyak 19 kali. Perhitungan *belt conveyor* secara aktual dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Produksi Belt Cut

<i>Belt Cut</i>	SPEED		BERAT	KAPASITAS	
	m/menit	m/jam	kg	kg/jam	t/jam
BC 00	120.2	7212	2.43	17525	17.53
BC 01	118.01	7080.6	2.4	15152	16.99
BC 01A (Sirdam)	118.04	7082.4	2.21	15652	15.65
BC 02	117.5	7050	54.59	384860	384.86
BC 03	117.8	7068	54.4	384711	384.71
BC 04	118.1	7086	54.31	384841	384.84
BC 05	118.23	7093.8	54.23	384697	384.70
BC 06	120	7200	22.69	163368	163.37
BC 07	119.95	7197	22.6	162652	162.65
BC 8 (Return)	118.59	7115.4	3.2	22769	22.77
BC 08A (bypass 1)	119.5	7170	8.2	65964	58.78

BC 07A (bypass 2)	122	7320	8	58560	58.56
BC 9 (Split 23)	120.5	7200	10.7	77040	77.04
BC 10	117	7020	19.99	140330	140.33
BC 11	119	7140	20.22	144371	144.37
BC 12 (Split 12)	119.5	7185	23.2	166692	166.69
BC 13 (screening)	121.4	7284	6.26	45598	45.60
BC 14 (Abu batu)	125	7500	4.75	35625	35.63
BC 15 (Abu batu)	125.29	7517.4	4.89	36760	36.76

### Material Balance

Lossing materials dihitung berdasarkan jumlah *feed* masuk dan produkta hasil pengolahan, perhitungan *loose* dibagi berdasarkan dari tahapan *crushing plant*. *Lossing materials primary crushing* sebesar 0,25, *secondary crushing* 0,16, *tertiary crushing* 0,14, *sizing 1* sebesar 0,07 dan *sizing 2* sebesar 0,03. Perhitungan *losing materials* dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Material Balance

Tahapan Pengolahan	Umpam Masuk (Ton/Jam)	Umpam Keluar (Ton/Jam)	Jumlah <i>losses</i> Material (Ton/Jam)	% Loose Terhadap Feed
<i>Primary crushing</i>	385.11	384.86	0.25	0.065
<i>Seccondary</i>	384.84	384.70	0.14	0.037
<i>Tertiary</i>	384.70	384.58	0.12	0.030
<i>Return</i>		22,77		
<i>Sizing 1</i>	384.58	22.77	0.07	0.018
		361.74		
<i>Split 2-3</i>		77.04		
<i>Sizing 2</i>	361.74	77.04	0.03	0.008
		284.67		

### Production Rate Index

*Production rate index* (PRI) diperoleh dari produksi aktual (tph) dan nilai kapasitas produksi (tph). Berdasarkan tahapan pengolahan mesin *primary crusher* (*jaw crusher*) mempunyai nilai PRI sebesar 90 %, *secondary crusher* (*cone crusher* 01) 85%, *tertiary crusher* (*cone crusher* 01 dan *cone crusher* 02) 74%. Nilai *production rate index* dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Production Rate Index

PRODUCTION RATE INDEX				
Tahapan Pengolahan	Mesin Crusher	Produksi Asumsi (tph)	Kapasitas Produksi (tph)	PRI
<i>Primary crushing</i>	<i>Jaw crusher</i>	384.86	430	90%
<i>Secondary Crusher</i>	<i>Cone crusher</i> 1	384.70	450	85%
<i>Tertiary Crusher</i>	<i>Cone crusher</i> 2	163.37	220	74%
	<i>Cone crusher</i> 3	162.65	220	74%

### Reduction Ratio

*Reduction ratio* merupakan rasio perbandingan antara ukuran *feed* dan ukuran produkta pada

JRTP is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

mesin *crusher* berdasarkan data spesifikasi *open side setting* dan *close side setting* pada alat *crusher*. Berdasarkan tahapan pengolahan *primary crusher* mempunyai nilai *reduction ratio* sebesar 8,2 %, *secondary crusher* 3,1, *tertiary crusher* 2.0. Nilai *reduction ratio* dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. *Reduction Ratio*

<b>Reduction Ratio</b>				
Tahapan Pengolahan	Open Side Setting (cm)	Close Side Setting (cm)	Reduction Ratio	Kategori
<i>Primary Crushing</i>	140	17	8,2	Sangat Baik
<i>Secondary crushing</i>	17	5,5	3,1	Baik
<i>Tertiary crushing</i>	5,5	2,8	2,0	Baik

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Hambatan terbagi menjadi *repair* dan *stand by*, rata-rata waktu *stand by* pada tahapan *primary crushing* sebesar 0,13 jam/hari, *secondary crushing* 0,16 jam/hari dan *tertiary crushing* 0,019 jam/hari. Waktu rata-rata waktu *repair* pada tahapan *primary crushing* sebesar 0,46 jam/hari, *secondary crushing* 0,35 jam/hari dan *tertiary crushing* 0,40 jam/hari.
2. *Mechanical availabillity* didapatkan nilai kondisi alat mekanis sebesar 94,77%, keadaan fisik dari alat (*physical availability*) sebesar 94,83 %, dan nilai efisiensi kerja (*efective utilization*) sebesar 93,52%.
3. *Primary crushing losses materials* sebesar 0,25 dengan persentase 0,066%, *secondary crushing* sebesar 0,16 persentase 0,042 %, *tertiary crushing* sebesar 0,14 dengan persentase 0,038%, *sizing 1* sebesar 0,07 dengan persentase 0,019%, dan *sizing 2* sebesar 0,03 dengan persentase 0,009%
4. Produksi produk yang dihasilkan dari unit *crushing plant* yaitu 77,04 ton/jam split 2-3, 166,69 ton/jam split 1-2, 45,60 ton/jam *screening*, 35,63 ton/jam abu batu 1, 36,79 ton/jam abu batu 2 dan 15,65 ton/jam *base course*, total keseluruhan produk sebesar 377,37 ton/jam.

#### Acknowledge

Terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Prodi, Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si.,S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Prodi, Ibu Sriyanti, S.T., M.T. selaku Pembimbing, Ibu Elfida Moralista, S.SI., M.T. selaku Co-Pembimbing sekaligus wali dosen serta semua Dosen dan Staff yang senantisa memberikan doa, dukungan, motivasi kepada penyusun. Terima kasih kepada kedua orang tua, Ir. Elyadi dan Endang Juwita, terimakasih selalu memberikan doa maupun dukungan terbaik. Adik tercinta, M. Rezaldy Eliansyah, Farah Fatarissa Eliansyah, M. Ikshan Eliansyah, M. Iqbal Eliansyah dan M. Nazriel Eliansyah yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penyusun. Terima kasih kepada PT X yang sudah memberikan kesempatan penulis untuk melaksanakan penelitian. Terima kasih karena tidak pernah lelah menjadi dukungan terbaik, semangat tertinggi dalam menjalani kuliah selama ini. Hidup Tambang, Kuat Tambang, Jaya Tambang.

#### Daftar Pustaka

- [1] Anonim, 2003, "Conveyor Belt Design Manual, Bridgestone Corporation" Tokyo, Japan.
- [2] Anonim, 2018, "Basic in Mineral Processing" Metso, Corporation.
- [3] A.R.L. 1960, "Geology Of The Industrial Rocks And Minerals" Harper and Raw Publisher, New York
- [4] Anonim, 2021, "Kecamatan Rumpin Dalam Angka" Badan Pusat Statistik (BPS), Kecamatan Rumpin.

- [5] Bates, R.L. 1960, "Geology Of The Industrial Rocks And Minerals" Harper and Raw Publisher, New York
- [6] Blatt, H. and Tracy, R.J., 1996, "Petrology" Freeman.
- [7] Gaudin. 1939, "Crushing and Grinding, Butterworth's", London, England.
- [8] Gustav, Tarjan, 1981, "Mineral Processing Technology", Akademia Kiado, Budapest.
- [9] Harris, J.W., Stockker, 1988, "Handbook of Mathematics and Computational Science", Springer, New York.
- [10] Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, Jakarta, Indonesia.
- [11] Peraturan Daerah Kabupaten Bogor Nomor 19 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bgor Tahun 2005-2025, Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor, Indonesia.
- [12] Prodjosumarto, Partanto, 1993, "Pemindahan Tanah Mekanis", Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- [13] Soewarno, 2015, "Seri Hidrologi Klimatologi", Graha Ilmu, Yogyakarta, Indonesia
- [14] Taggart, Arthur F, 1944, "Handbook of Mineral Dressing", Wiley-Interscience Publication, New York.