

Analisis Kinerja *Crushing Plant* pada Tambang Andesit Berdasarkan Target Produksi di PT Buana Nur Barokah Desa Batujajar Timur, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat

Crushing Plant Performance Analysis on Andesit Mine Based on Target Production in PT Buana Nur Barokah East Batujajar Village, Regency of Batujajar, West Bandung District, West Java Province

¹Dityanto Muhammad Taufik, ²Sriyanti, ³Linda Pulungan

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung
Jl. Tamansari NO. 1 Bandung 40116

Email : ¹dityantomt@gmail.com, ²sriyanti.tambang@yahoo.com, ³linda.lindahas@gmail.com

Abstract. The andesite processing unit consist of several equipment including hopper, primary crushing, secondary crushing, screening and belt conveyor. Each equipment in a processing unit has continuity with each other equipment. Initial stages of the process of andesite is crushing and then the process of separation of size. PT Buana Nur Barokah has one crushing plant with production capacity for jaw crusher with 200 tons per hour and production capacity for cone crusher with 150 ton per hour. PT Buana Nur Barokah produces split 1, split 2, split 3 and stone ash. During the production process there are some constraints that become obstacles and that will affect the production, consequently production targets are not achieved. Based on research the production capacity for jaw crusher is 141,40 ton per hour with 70,55% appliance efficiency and production capacity for cone crusher is 139,57 ton per hour with 79,10% appliance efficiency. In the primary crushing stage, Mechanical Availability (MA) = 85,51%, Physical Availability (PA) = 88,05%, Use of Availability (UA) = 80,12%, Effective of Utilization (EU) = 70,55 %. In the secondary crushing stage, Mechanical Availability (MA) = 88,82%, Physical Availability (PA) = 90,04%, Use of Availability (UA) = 87,85%, Effective of Utilization (EU) = 79,10 %. In the crushing plant unit there is a material that is lost at 1.01 tons per hour or equal to 0.72% of total incoming feed.

Keywords : Crushing Plant, Obstacles, Production Target , Production Capacity.

Abstrak. Pada unit pengolahan batuan andesit terdiri dari beberapa alat diantaranya tempat penampungan (hopper), alat peremuk tahap pertama (primary crushing), alat peremuk tahap kedua (secondary crushing), alat sizing (screening), serta belt conveyor. Tiap alat pada suatu unit pengolahan memiliki kesinambungan dengan tiap alat lainnya. Tahapan awal dari proses pengolahan batuan andesit yakni proses penghancuran batuan (crushing) kemudian dilakukan proses pemisahan ukuran (sizing). PT Buana Nur Barokah memiliki satu unit crushing plant dengan kapasitas produksi untuk alat jaw crusher sebesar 200 ton/jam serta untuk alat cone crusher sebesar 150 ton/jam. PT Buana Nur Barokah menghasilkan produk akhir split 1, split 2, split 3 dan abu batu. Pada kegiatan produksi berlangsung terjadi beberapa hambatan yang terjadi yang akan berpengaruh pada jumlah produksi yang dihasilkan sehingga target produksi yang ditetapkan tidak tercapai. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan kapasitas produksi untuk alat jaw crusher sebesar 141,40 ton/jam dengan efisiensi kerja alat sebesar 70,55% dan untuk alat cone crusher sebesar 139,57 ton/jam dengan efisiensi kerja alat sebesar 79,10%. Pada tahap primary crushing diperoleh hasil Mechanical Availability (MA) = 85,51%, Physical Availability (PA) = 88,05%, Use of Availability (UA) = 80,12%, Effective of Utilization (EU) = 70,55%. Pada tahap secondary crushing diperoleh hasil Mechanical Availability (MA) = 88,82%, Physical Availability (PA) = 90,04%, Use of Availability (UA) = 87,85%, Effective of Utilization (EU) = 79,10%. Pada unit crushing plant terdapat material yang hilang sebesar 1,01 ton per jam atau 0,72% dari hasil jumlah umpan yang masuk.

Kata Kunci : Pengolahan Bahan Galian, Hambatan, Target Produksi, Kapasitas Produksi.

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman kebutuhan akan permintaan bahan galian tambang semakin meningkat secara signifikan. Salah satu bahan galian tambang yang dibutuhkan untuk saat ini yakni batuan andesit. Permintaan akan batuan andesit akan

terus mengalami peningkatan dengan banyaknya pembangunan infrastruktur yang dilakukan saat ini. Salah satu perusahaan tambang andesit yang berperan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah PT. Buana Nur Barokah.

Dari segi teknis kegiatan pengolahan bahan galian khususnya untuk pengolahan bahan galian andesit memiliki hal yang menarik untuk dikaji, mulai dari metoda yang digunakan maupun permasalahan aktual yang ada di lapangan. Proses penambangan batuan andesit dimulai dari proses pembongkaran baik menggunakan dengan alat gali muat (excavator) maupun dengan kegiatan peledakan, proses pengangkutan dengan dump truck serta proses pengolahan pada crushing plant. Pada proses pengolahan batuan andesit memiliki dua tahapan proses penghancuran yakni penghancuran tahap pertama (primary crushing) dan penghancuran tahap kedua (secondary crushing). Pada unit pengolahan batuan andesit ditunjang dengan berbagai alat seperti hopper, grizzly, feeder, crusher, screen, dan belt conveyor.

PT Buana Nur Barokah memiliki satu unit crushing plant dengan produksi aktual sebesar 139,31 ton per jam dari target produksi perusahaan yang harus dicapai sebesar 150 ton per jam dengan menghasilkan produk berupa split ukuran 2-3 mm, split ukuran 1-2 mm, split ukuran ½ mm dan abu batu. Permasalahan yang dialami oleh unit crushing plant adalah tidak tercapainya produksi yang disebabkan berbagai faktor. Suatu crushing plant terdiri dari rangkaian beberapa alat yang digunakan dan setiap alatnya memiliki kesinambungan dalam suatu sistem kerja. Hal-hal tersebut dapat dikaji guna dapat mengoptimalkan kinerja dari crushing plant agar memenuhi target produksi yang diinginkan. Hasilnya dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan dalam menangani masalah pada crushing plant untuk kedepannya.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui hambatan atau permasalahan yang dihadapi unit crushing plant.
2. Menganalisis kinerja crushing plant terhadap efisiensi alat berdasarkan target produksi perusahaan dan parameter yang digunakan serta mengetahui produksi optimal yang bisa dicapai
3. Mengetahui losses materials dalam proses pengolahan.
4. Mengetahui pemilihan alat untuk memenuhi target produksi.

B. Landasan Teori

Pengolahan Bahan Galian

Pengolahan bahan galian adalah suatu proses dalam industri pertambangan yang meliputi proses pemisahan konsentrat dari pengotornya berdasarkan perbedaan sifat fisik, tanpa merubah karakteristik kimiawi dan fisiknya. Tujuannya adalah untuk dipisahkan menjadi produk-produk berupa satu macam atau lebih bagian mineral yang dikehendaki atau yang tidak dikehendaki. Mineral yang dikehendaki disebut juga mineral yang berharga karena memiliki nilai ekonomi, sedangkan mineral yang tidak dikehendaki disebut juga mineral buangan (*tailing*).

Berikut ini adalah tahapan dari pengolahan bahan galian:

1. Kominusi
2. *Sizing*
3. Konsentrasi
4. *Dewatering*

Crushing Plant

Tahap penghancuran (*crushing*) adalah salah satu proses dari bagian hasil

penambangan yang berupa andesit yang di olah menjadi bahan produk untuk di pasarkan, yang lebih dikenal dari produk ini adalah bahan konstruksi. Dari alat-alat penghancuran ini biasanya memakai alat jaw crusher, hopper, feeder, belt conveyer, screening, cone crusher dan lainnya.

1. *Hopper*

Hopper adalah suatu alat untuk menampung material sebelum material dimasukkan ke dalam alat peremuk batu (*crusher*). Tujuannya adalah agar material yang diangkut alat muat/alat angkut dapat tertampung semuanya kepada *hopper*. Dengan menggunakan rumus di bawah ini volume suatu hopper dapat ditentukan sebagai berikut :

$$V = P \times \frac{A_1 + A_2}{2} \times H$$

Keterangan :

V : Volume
P : Panjang Atas
A1 : Lebar Bawah
A2 : Lebar Atas
H : Tinggi

2. *Feeder*

Feeder adalah suatu alat yang berfungsi untuk memberikan umpan (*feed*) kepada *jaw crusher* secara teratur dan kontinyu.

3. *Jaw Crusher*

Jaw crusher adalah alat peremuk tingkat pertama (*primary crusher*) yang memberikan batuan yang berasal dari tambang. *Jaw crusher* terdiri dari dua plat (*crushing face*) yang terbuat dari pelat baja yang berhadap-hadapan, membentuk sudut kecil ke arah bawah, dimana salah satu pelat diam dan yang satu lagi dapat bergerak membuka dan menutup seperti rahang binatang (*jaw*). *Jaw Crusher* bekerja mengandalkan kekuatan motor . Melalui roda motor, poros eksentrik digerakkan oleh sabuk segitiga dan *slot wheel* untuk terdiri dari *jaw plate*, *jaw plate* yang bergerak dan *side-lee board* dapat dihancurkan dan diberhentikan membuat *jaw plate* bergerak seirama. Oleh karena itu, material dalam rongga penghancuran yang melalui pembukaan pemakaian. Kerja alat ini adalah dengan menggerakkan salah satu jepit, sementara jepit yang lain diam. Tenaga yang dihasilkan oleh bagian yang bergerak mampu menghasilkan tenaga untuk menghancurkan batuan yang keras. Kapasitas *jaw crusher* ditentukan oleh ukuran *crusher*.

4. *Cone Crusher*

Cone crusher adalah suatu alat untuk mengecilkan ukuran batuan atau material karena untuk menambah daerah penghalusan (*fine crushing zone*) dan memperbesar tempat pengeluaran yang nantinya diharapkan gaya yang bekerja terhadap material jadi lebih besar, sehingga jumlah dan kapasitas *cone* menjadi lebih besar pula. Ketika bekerja, *cone crusher* berputar *exentric* atau membuat kisaran sehingga celah antara *cone* dan *bowl (mantle)* akan melebar dan menyempit pada setiap putaran. Pelebaran dan penyempitan inilah yang dipakai untuk memecahkan material.

5. *Screen*

Screen sendiri merupakan alat pengayakan yang permukaannya memiliki celah atau lubang yang mana tingkat efisiensinya ditentukan berdasarkan kesempurnaan yang diinginkan di atas permukaan *screen* tersebut. Hasil produk dari proses screening dibagi menjadi dua yaitu *oversize* (ukuran lebih besar daripada ukuran lubang ayakan) dan *undersize* (ukuran yang lebih kecil daripada ukuran lubang ayakan).

6. *Belt Conveyor*

Belt conveyor adalah salah satu alat yang mendukung kelancaran proses produksi serta memiliki peran dalam meningkatkan dan mencapai sasaran produksi yang diinginkan. Untuk itu, pemilihan *belt conveyor* harus sesuai dengan kondisi peralatan lainnya. Agar kapasitas dapat tercapai dengan baik, hal paling penting yang harus diperhatikan dalam pemilihan *belt conveyor* adalah kecepatan dan lebar *belt*.

Menurut buku “*Belt Conveyor For Bulk Material*” Untuk menghitung besar produktivitas *belt conveyor* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q (\text{Produksi}) = W (\text{Ton/m}) \times V (\text{m/det}) \times 3600$$

Keterangan :

Q = Kapasitas Conveyor (ton/jam)

W = Berat material dalam panjang 1 m (ton)

V = Kecepatan Belt (m/det)

Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja efektif terhadap waktu yang tersedia. Waktu yang digunakan adalah waktu untuk produksi, yang mana dalam waktu tersebut terdapat waktu kehilangan karena hampatan-hambatan selama bekerja.

Waktu efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$W_e = W_p - (W_n + W_u)$$

Keterangan :

W_e = Waktu Kerja Efektif

W_p = Waktu Kerja Produktif

W_n = Waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor alat

W_u = Waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor manusia

Waktu produksi efektif yang diperoleh, digunakan untuk menghitung efisiensi kerja dengan rumus :

$$E = W_e / W_p \times 100\%$$

Keterangan :

E = Efisiensi

W_e = Waktu Kerja Efektif

W_p = Waktu Kerja Produktif

Availability

Availability dipengaruhi oleh beberapa hal seperti keterampilan operator, perbaikan dan penyetulan alat, keterlambatan kerja dan sebagainya. dalam hubungan dengan efisiensi kerjanya, maka perlu juga diketahui mengenai kesediaan dan penggunaan alat mekanis.

Kesediaan Mekanis (*Mechanical of Availability*)

Merupakan perhitungan yang menunjukkan ketersediaan alat dengan memperhitungkan waktu yang hilang karena perbaikan kerusakan alat/mesin, dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$MA = We/(We+R) \times 100\%$$

Kesediaan Fisik (Physical of Availability)

Physical availability merupakan penghitungan untuk menunjukkan hilangnya waktu kerja alat yang diakibatkan oleh hal selain kerusakan alat / mesin. Kesediaan fisik pada umumnya selalu lebih besar daripada kesediaan mekanis, dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$PA = (We+S)/(We+R+S) \times 100\%$$

Kesediaan Penggunaan (*Use of Availability*)

Kesediaan penggunaan menunjukkan berapa persen (%) waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan (tidak rusak), dinyatakan dengan persamaan:

$$UA = We/(We+S) \times 100\%$$

Penggunaan Efektif (Effective of Utilization)

Penggunaan efektif menunjukkan berapa persen (%) dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dipergunakan untuk kerja produktif, dinyatakan dengan persamaan:

$$EU = We/(We+R+S) \times 100\%$$

Keterangan:

We = Waktu efektif yaitu waktu yang benar-benar digunakan untuk bekerja termasuk dari tempat kerja, dinyatakan dalam jam.

R = *Repair* (waktu perbaikan), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan dikarenakan kerusakan alat, dinyatakan dalam jam.

S = *Standby* (waktu menunggu), yaitu waktu di mana suatu alat tersedia untuk dioperasikan, tetapi tidak digunakan karena selain kerusakan alat, dinyatakan dalam jam.

Reduction Ratio

Reduction ratio adalah rasio antara ukuran umpan (*feed*) dengan ukuran produk hasil penghancuran (*crushing*).

Perhitungan *reduction ratio* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Reduction Ratio} = (\text{Ukuran Feed})/(\text{Ukuran Produkta})$$

dimana :

RR = Reduction Ratio

C. Hasil Penelitian

Pengambilan Sampel *Belt Conveyor*

PT Buana Nur Barokah memiliki 10 *belt conveyor*. *Belt conveyor* 1 merupakan *belt conveyor* yang membawa material berupa *base coarse*. *Belt conveyor* 2 dan *belt conveyor* 3 membawa material hasil permukaan oleh *jaw crusher* yang berasal dari *hopper*. Selanjutnya material ditransportasikan menggunakan *belt conveyor* 4 menuju *surge bin*. Material yang dari *surge bin* kemudian diangkut oleh *belt conveyor* 4 menuju alat *cone crusher*. Material hasil *cone crusher* kemudian diangkut oleh *belt conveyor* 5 dan *conveyor* 6 menuju alat *screening*. *Cone crusher* akan menghasilkan produk berupa split dan abu batu. Produk split akan diangkut menggunakan *belt conveyor* 7, 8 dan 9 sedangkan produk abu batu akan diangkut menggunakan *belt conveyor* 10.

Tabel 1. Data Pengambilan Sampel *Belt Conveyor*

Unit	Produk	Berat Sampel <i>Belt Cut</i> (kg)
BC 01	Screening 30 mm	1,47
BC 02	Hasil <i>Jaw Crusher</i>	23,70
BC 03	Dari Conveyor 02	22,10
BC 04	Berasal dari <i>Surge Bin</i>	20,30
BC 05	Hasil Cone Crusher	18,57
BC 06	Dari Conveyor 05	17,40
BC 07	Vibtraring Screen 1	4,40
BC 08	Vibrating Screen 2	4,97
BC 09	Vibrating Screen 3	3,23
BC 10	Vibrating Screen 4	4,20

Sumber: Hasil Pengamatan Kegiatan Tugas Akhir

Perhitungan Produksi *Belt Conveyor*

Untuk menghitung besar produktivitas belt conveyor digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q \text{ (Produksi)} = W \text{ (Ton/m)} \times V \text{ (m/det)} \times 3600$$

Keterangan :

Q = Kapasitas Conveyor (ton/jam)

W = Berat material dalam panjang 1 m (ton)

V = Kecepatan Belt (m/det)

Beltcut belt conveyor 01 = 1,47 kg/meter

V belt conveyor 01 = 6.448,72 meter/jam

Produksi Base Coarse = Beltcut beltconveyor 01 x V beltconveyor 01

= 1,47 kg/meter x 6.448,72 meter/jam

= 9.459,12 kg/jam

= 9,46 ton/jam

Tabel 2. Produksi *Belt Conveyor*

UNIT	Produk	Kapasitas		Jumlah (Ton)
		kg/jam	ton/jam	
BC- 01	Screening 30 mm	9.458,12	9,46	9,46
BC- 02	Hasil <i>Jaw Crusher</i>	141.401,48	141,40	141,40
BC- 03	Dari Conveyor 02	140.983,52	140,98	140,98
BC- 04	Berasal dari <i>Surge Bin</i>	140.318,07	140,32	140,32
BC- 05	Hasil Cone Crusher	139.574,59	139,57	139,57
BC- 06	Dari Conveyor 05	140.178,00	140,18	140,18
BC- 07	Vibtraring Screen 1	37.720,62	37,72	139,31
BC- 08	Vibrating Screen 2	41.704,68	41,70	
BC- 09	Vibrating Screen 3	25.680,17	25,68	
BC- 10	Vibrating Screen 4	34.202,96	34,20	

Perhitungan Loosing Materials

Loosing adalah hilangnya material selama proses peremukan dan penyeragaman batuan. Perhitungan *loosing materials* dimulai dari surge bin sebagai pengumpan untuk proses *secondary crushing* dan *sizing*.

Untuk menghitung losses pada sebuah rangkaian pengolahan, digunakan rumus material balance (Sils S.R.,1996).

$$\text{Losses} = Q_{in} - Q_{out}$$

Keterangan :

Losses = Faktor Kehilangan (ton/jam).

Q_{in} = Material Masuk (ton/jam).

Q_{out} = Material Keluar (ton/jam).

$$\begin{aligned} \text{Feed } (Q_{in} \text{ BC4}) - \text{Produk } (Q_{out} \text{ BC5}) &= 140,32 \text{ ton/jam} - 139,57 \text{ ton/jam} \\ &= 0,74 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Tabel 3. Perhitungan *Material Loose*

Proses	Umpan Masuk	Umpan Keluar	Loosing			
			Total (Ton/jam)	%	Total (Ton/Jam)	Total (%)
<i>Secondary Crushing</i>	140,32	139,57	0,74	0,53%	1,01	0,72%
<i>Sizing</i>	140,18	139,91	0,27	0,19%		

D. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan di lapangan terhadap unit crushing plant di PT Buana Nur Barokah dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Masalah yang terjadi selama kegiatan produksi berlangsung dapat disebabkan oleh faktor alat, alam dan manusia.
 - a) Faktor manusia dapat disebabkan oleh terjadinya penyumbatan material di dalam hopper yang dikarenakan kesalahan operator dump truck pada saat memasukkan material ke dalam hopper dengan waktu hambatan sebesar 0,12 jam per hari.
 - b) Faktor alam dapat disebabkan oleh cuaca atau terjadinya hujan dengan waktu hambatan sebesar 0,02 jam per hari.
 - c) Faktor alat dapat disebabkan oleh terjadinya kerusakan alat seperti kerusakan bearing pada jaw crusher, penggantian deck screening dan perbaikan roller dan karet belt conveyor dengan waktu hambatan sebesar 0,82 jam per hari.
Waktu hambatan pada primary crushing terjadi selama 2,01 jam/hari, untuk secondary crushing sebesar 1,43 jam/hari. Pada primary crushing, hambatan paling besar terjadi pada menunggu alat angkut dengan waktu sebesar 0,99 jam per hari sedangkan untuk secondary crushing hambatan paling besar terjadi pada menunggu material dari surge bin dengan waktu sebesar 0,67 jam per hari.
2. Efisiensi kerja alat pada unit crushing plant adalah nilai efisiensi kerja untuk primary crushing sebesar 70,55% dengan produksi sebesar 141, 40 ton per jam sedangkan untuk secondary crushing sebesar 79,10% dengan produksi sebesar 139,57 ton per jam.

3. Pada proses crushing dan sizing terdapat loosing materials atau material return sebesar 1,01 ton/jam atau sebesar 0,72% dari hasil jumlah umpan yang masuk dengan jumlah produkta total.
4. Berdasarkan nilai Availability diketahui bahwa pemilihan alat crusher unit pengolahan sudah sesuai.

Saran

Dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan di PT Buana Nur Barokah, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan oleh pihak perusahaan seperti beberapa poin berikut ini:

1. Memperhatikan ukuran umpan yang masuk ke dalam hopper sehingga tidak terjadinya selip pada mulut jaw crusher dan penyumbatan pada bagian dalam hopper.
2. Diperlukan pemeriksaan kondisi alat yang digunakan sehingga tidak terjadi masalah saat kegiatan produksi berlangsung.
3. Diperlukan upaya untuk meningkatkan efisiensi kerja untuk crushing plant dikarenakan banyaknya hambatan yang terjadi, khususnya pada saat proses menunggu alat angkut.
4. Diperlukan upaya untuk mengurangi hambatan pada proses primary crushing agar pada proses pengolahan selanjutnya bisa berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- Agustiar, Taufan, 2015, "Analisis Kinerja Alat Crushing Plant Pada Tambang Andesit Untuk Meningkatkan Produksi 125.000 Ton/Bulan Di Pt Mandiri Sejahtera Sentra, Desa Sukamulya, Kecamatan Tegal Waru, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat ". Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung.
- B.A.Wills 2006, "Mineral Processing Technology: An Introduction To Partical Aspect of Ore Recovery,Pergamon Press", New York
- CEMA, 2007, "Belt Conveyor For Bulk Material", Conveyor Equipment Manufacture Association, United State Of America.
- Currie, John M, 1973, "Operation Unit in Mineral Processing", CSM Press, Columbia.
- Firmansyah, Rd. Pirlan, 2016, "Analisis Kinerja Crushing Plant A Dan Hubungannya Dengan Production Rate IndexDi Pt Lotus Sg Lestari Kampung Pabuaran Desa Cipinang, Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat ". Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung.
- Gustav, Tarjan, 1981, "Mineral Processing Technology", Akademia Kiado, Budapest.
- Prodjosumarto, P., 1993, "Pemindahan Tanah Mekanis", Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- Restu, M.Shadiq Dwipa, 2018, "Evaluasi Kinerja Crushing Plant Untuk Mencapai Target Produksi Andesit Di PT Lotus SG Lestari, Desa Cipinang, Kecamatan Rumpin Selatan, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat". Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung.
- Tobing, Ir. H. S. L., 2005. " Prinsip Dasar Pengolahan Bahan Galian ", Bandung.