

PRINSIP DAN PROSES FISIKA DALAM PENAMBANGAN MANGAN (MN) DI KABUPATEN TIMOR TENGAH SELATAN, PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR

Yohanes Engge¹, Lilik Hendrajaya²

¹Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung

E-mail: yohanes@yohanes@yahoo.com

Abstrak: Dilakukan penelitian pada bulan Desember 2015-Januari 2016 tentang “Prinsip dan Proses Fisika dalam Penambangan Mangan (Mn) di Kabupaten Timor Tengah Selatan, Provinsi Nusa Tenggara Timur”. Ilmu fisika merupakan salah satu ilmu yang dapat menjelaskan proses terjadi atau terbentuk hingga pada proses penambangan dan pemanfaatan SDA-ESDM. Pemahaman tentang ilmu fisika itu sendiri yang terjadi selama ini, terkesan sangat sulit dan susah untuk dipahami, oleh karena itu belajar fisika kontekstual penambangan SDA-ESDM merupakan salah satu cara belajar fisika yang baik. Dengan cara belajar tersebut selain kita dapat memahami ilmu fisika itu sendiri, kita juga dapat memahami proses penambangan SDA-ESDM yang ada di daerah untuk dimanfaatkan. Adapun tujuan dari penulisa ini adalah Memahami prinsip dan proses fisika dalam penambangan mangan (Mn) dan menyusun bahan ajar fisika kontekstual pada proses penambangan Mangan (Mn). Penelitian ini dilakukan dengan metode studi lapangan (data visual), wawancara, dan kajian literatur. Adapun hasil yang akan di capai adalah bahan ajar yang disesuaikan dengan kurikulum STKIP-Weetebula, Sumba Barat Daya-NTT.

Kata Kunci: Fisika Mangan, Fisika ESDM, Prinsip Pengolahan Mangan

PENDAHULUAN

Penting bagi kita untuk memahami dan mengetahui proses penambangn hasil bumi khususnya yang di daerah tempat kita berada. Salah satu cara untuk mengetahui keberadaan serta manfaat SDA-ESDM yang ada di suatu daerah khususnya dalam proses penambangannya adalah melalui bidang pendidikan. Salah satu ilmu yang dapat digunakan yakni ilmu fisika, karena dari proses terjadi atau terbentuk hingga pada proses penambangan dan pemanfaatan SDA-ESDM tersebut dapat di pahami dari hukum-hukum fisika yang berlaku.

Pemahaman tentang ilmu fisika itu sendiri yang terjadi selama ini, baik dari kalangan siswa dan mahasiswa maupun kaum awam atau masyarakat terkesan sangat sulit dan susah untuk dipahami. Hal tersebut adalah benar, karena fisika tidak terlepas dari pengukuran, memahami konsep (bukan menghafal), belajar berfikir logis dan sistematis serta memahami matematika atau kalkulus untuk menerapkan perumusan hukum-hukum fisika yang berlaku.

Belajar fisika kontekstual penambangan SDA-ESDM merupakan salah satu cara belajar yang baik, karena cara belajar tersebut selain kita dapat memahami ilmu fisika itu sendiri kita juga dapat memahami proses pengolahan Sumber Daya Alam yang ada di daerah untuk dimanfaatkan. Cara tersebut dapat dilaksanakan dalam dunia pendidikan melalui proses belajar-mengajar serta pembuatan bahan ajar fisika yang bersifat kontekstual khususnya pada proses penambangan Sumber Daya Alam. Beberapa modul praktikum fisika laboratorium alam juga dapat dikembangkan dan dipraktekkan. Sehingga selain belajar fisika menjadi lebih mudah dan nyata dalam aplikasinya, keberadaan serta proses penambangan dan manfaat Sumber Daya Alam yang ada di daerah dapat di pahami untuk kebutuhan hidup.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penulisan ini penulis melakukan penelitian dengan judul “ Prinsip dan Proses Fisika Dalam Penambangan Mangan Di Kabupaten Timor Tengah Selatan, Provinsi Nusa Tenggara Timur”. Adapun tujuan dari penulisa ini adalah Memahami prinsip dan proses fisika dalam penambangan mangan (Mn) dan menyusun bahan ajar fisika kontekstual pada proses penambangan Mangan (Mn).

Setelah membaca dan memahami tulisan ini diharapkan para pelajar mampu mengaplikasikan ilmu fisika dalam kehidupan nyata, khususnya pada proses penambangan Sumber Daya Alam Mangan (Mn) yang ada di kabupaten Timor Tengah Selatan-NTT.

Endapan Mineral Mangan

Roy (1969 dan 1976) dalam Harben *et al.*, (1996) dan Rampacek (1981) mengklasifikasikan endapan menjadi empat tipe yaitu endapan sedimenter atau stratiform, endapan *hypogen* dan ekshalatif, endapan metamorf dan endapan residual atau permukaan. Mangan tipe sedimenter dan hidrotermal yang banyak diproduksi di pulau Timor (<http://goo.gl/SfRILk>).

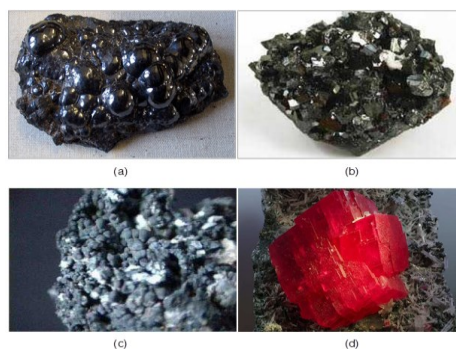
Endapan mangan sedimenter merupakan hasil dari pengendapan material-material eksogenik yaitu hasil pelapukan baik karena pengaruh fisik, kimia dan biologi. Pengaruh fisik terutama akibat pengaruh suhu dan tekanan. Pengaruh kimia meliputi oksidasi, reduksi dan hidrolisis, sedangkan pengaruh biologi berupa pengaruh dari proses kegiatan organisme. Stanton (1972) menyebutkan bahwa terdapat tiga batuan sumber yang utama dalam menghasilkan mangan yaitu abu vulkanik (manganiferous volcanic ash), batuan beku basa terutama tipe batuan vulkanik dan batuan sedimen yang kaya unsur mangan.

Endapan mangan *hypogene* dan *ekshalatif*, disebut juga endapan hidrotermal dan terbentuk di bawah pengaruh aktivitas vulkanik dan hidrotermal (Rampacek dkk, 1981). Endapan hypogene adalah endapan primer dimana unsur mangan yang terdapat pada endapan ini merupakan hasil langsung dari magma yang terbawa oleh air panas (hidrotermal). Endapan bijih ini merupakan hasil proses akhir dari pendinginan magma dimana masih tersisa larutan magma sisa yang belum membeku dan masih mengandung berbagai unsur termasuk unsur mangan.

Larutan hidrotermal yang menuju permukaan akan mengalami perubahan suhu, tekanan dan komposisi kimia serta bereaksi dengan batuan dinding di sekitarnya. Larutan ini akan mengendapkan sebagian unsur/komposisi kimianya sepanjang celah yang dilaluinya sambil mengambil unsur-unsur lain sehingga akan menghasilkan endapan urat pada rekahan-rekahan dan penggantian endapan yang biasanya berasosiasi dengan batuan intrusi dan vulkanik. Sumber air dan komponen mineral terlarutnya bisa dari pengkristalan batuan beku atau air tanah yang terpanaskan dan memperoleh kandungan mineral ketika bersirkulasi melalui upper mantle dan crustal rocks. Tempat-tempat yang mungkin terisi oleh endapan hidrotermal yaitu pori-pori atau lubang kecil pada batuan beku, rekahan-rekahan pada batuan beku akibat pendinginan (misalnya kekar tiang), rekahan akibat tektonisme yaitu pada kekar ataupun pada sesar, pengisian pada pori breksi vulkanik, serta pengisian pada bidang perlapisan. Mineral mangan yang terbentuk berupa mineral mangan karbonat dan mangan oksida bersama mineral hidrotermal lain seperti barit, fluorit dan sulfida. Ekshalatif bawah laut yang berhubungan dengan dasar laut dari larutan hidrotermal *manganese bearing* dianggap mempunyai kontribusi pada akumulasi nodul mangan di dasar laut (Rampacek *et al.*, 1981). Komponen mineral mangan hidrotermal adalah rodokrosit, rodonit, serta hausmanit (Harben *et al.*, 1996).

Mineral Mangan

Mangan atau disingkat Mn adalah unsur kimia dengan nomor atom 25 dan massa atom 54,9380.



Gambar 1. Contoh-contoh mineral Mn : (a) *Pyrolusite*, (b) *Braunite*, (c) *Psilomelane* (d) *Rhodocrosite* (M. Z. Mubarak, *Lecture slide*, TA-5222-ITB-2015)

Mangan merupakan unsur logam berwarna abu-abu kehitaman dengan kilap metalik sampai submetalik dan kemerahan. Mangan mempunyai titik lebur 1.245°C dan titik didih 2.097°C . Konfigurasi elektron mangan dengan nomor atom 25 adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$. Mangan juga mempunyai kekerasan 2 – 6, berat jenis 4.8 dan massa jenis 7.21 g/cm^3 , berbentuk *massif*, *reuniform*, *botryoidal*, stalaktit, serta kadang-kadang berstruktur *fibrous* (Gambar 2).

Biji mangan yang paling penting dan paling banyak dieksploitasi adalah *pyrolusite* (MnO_2) yang berada pada valensi +4. Selain itu mangan juga didapatkan dalam bentuk *braunite* ($Mn_2Mn_6SiO_{12}$), *rhodocrosite* ($MnCO_3$), *psilomelane* ($BaMn_9O_{16}(OH)_4$), dan bentuk-bentuk lain yang jumlahnya minor seperti selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis-jenis mineral mangan (Mn) serta persentase mangan (Mn) di dalamnya.

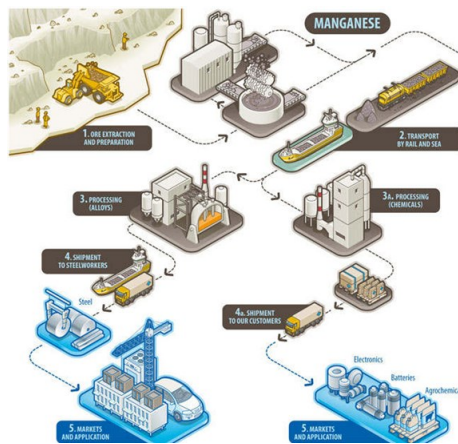
Mineral	Formula	% Mn	Density (g/cm³)
<i>Bementite</i>	$Mn_8Si_6O_{15}(OH)_{10}$	43.2	3.5
<i>Rhodonite</i>	$MnSiO_3$	42	3.5
<i>Rhodochrosite</i>	$MnCO_3$	47.8	3.3-3.6
<i>Psilomelane</i>	$BaMn_9O_{16}(OH)_4$	45-60	4.4-4.7
<i>Pyrolusite</i>	MnO_2	63.2	5
<i>Manganite</i>	$Mn_2O_3 \cdot H_2O$	62.5	4.3
<i>Braunite</i>	$Mn_2Mn_6SiO_{12}$	66.6	4.8
<i>Hausmannite</i>	Mn_3O_4	72	4.7-5.0
<i>Cryptomelane</i>	KMn_8O_{16}	60	4.3
<i>Jacobsite</i>	Fe_2MnO_4	23.8	3.8
<i>Bixbyite</i>	$Mn_2Fe_2O_3$	30-40	5

Deposit mangan dikategorikan sebagai biji mangan bila kandungan Mn adalah lebih besar dari 35%. Berdasarkan pemanfaatannya untuk industry, biji mangan umumnya dikalsifikasikan menjadi 2 (dua) kategori yaitu biji mangan berkadar tinggi ($Mn > 40\%$) dan biji mangan berkadar rendah ($Mn < 40\%$). Mangan berkadar tinggi biasanya diolah dengan jalur pirometalurgi yaitu paduan antara Fe-Mn dan Si-Mn. Biji mangan berkadar rendah umumnya diproses dengan jalur hidrometalurgi untuk menghasilkan produk-produk seperti MnO_2 , Mn logam murni, produk-produk senyawa kimia berbasis mangan.

Selain dalam bentuk ferromangan (Fe-Mn) yang diproduksi dengan jalur pirometalurgi, Mn juga diproduksi dalam bentuk MnO_2 (untuk baterai), Mn logam katoda dan dalam bentuk senyawa-senyawa kimia untuk berbagai keperluan, seperti kalium permanganate ($KMnO_4$) dan mangan sulfat ($MnSO_4$) sebagai bahan baku pupuk.

Mekanika Penambangan Mangan

Banyak sistem mekanika yang dapat teramati dalam sebuah proses penambangan di antaranya adalah mekanika batuan, mekanika selama proses pengerukan bahan tambang, mekanika fluida dalam proses pengolahan, dan mekanika gerak selama proses pengangkutan (distribusi).



Gambar 3. Rute proses ekstraksi biji mangan (M. Z. Mubarak, *Lecture slide*, TA-5222-ITB-2015)

Dalam penambangan mangan secara umum, rute proses penambangan ekstraksi biji mangan terlihat pada Gambar 3, di mana terdapat banyak proses mekanika yang dapat dikaji dan dikembangkan sebagai bahan pembelajaran dalam memahami hukum-hukum fisika yang berlaku dalam proses penambangan mangan tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Desember 2015-Januari 2016.



Gambar 4. Peta lokasi penelitian

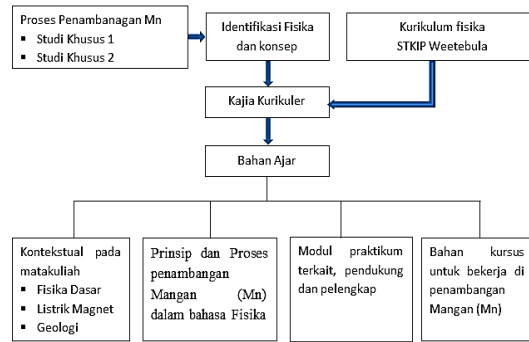
Penelitian ini dilakukan di PT HAN yang berada di kabupaten Timor Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur (Gambar 4).

Studi Lapangan dan Kajian Literatur

Dalam penulisan ini, penulis akan melakukan studi lapangan untuk meninjau secara langsung proses penambangan mangan (Mn) di kabupaten Timor Tengah Selatan-NTT. Dari hasil studi lapangan tersebut akan dikaji prinsip dan proses fisika dalam penambangan tersebut. Kajian literatur diperlukan untuk memahami secara mendalam teori dan proses fisika yang berlaku dalam proses penambangan Mangan (Mn) itu sendiri.

Teknik Penyusunan Bahan Ajar

Penyusunan bahan ajar Prinsip dan Proses Fisika Dalam Penambangan Mangan Di Kabupaten Timor Tengah Selatan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) akan disesuaikan dengan kurikulum serta silabus pembelajaran yang berlaku di STKIP Weetebula-Sumba Barat Daya. Adapun sistematika penyusunan bahan ajar dapat dilihat pada Gambar 5.



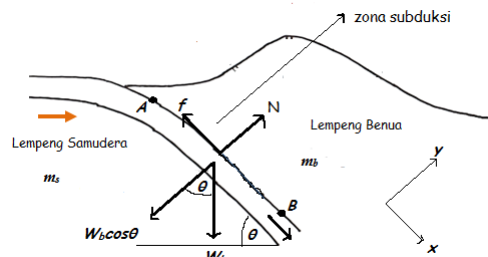
Gambar 5. Skema strategi penulisan bahan ajar fisika kontekstual SDA-ESDM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan kajian literatur, maka dapat diperoleh hasil dan pembahasan proses fisika dalam penambangan mangan di pulau Timor berikut.

Mangan di Pulau Timor

Keberadaan mangan dipulau Timor erat kaitannya dengan peristiwa tektonik. Berdasarkan kajian tektonik lempeng, pulau Timor berada di dekat daerah subduksi. Karen adanya gesekan antara lempeng Eurasia dan Indo-Australia terbentukla magma di daerah subduksi. Secara fisika proses terbentuknya magma dapat dijelaskan berikut :



Gambar 6. Peristiwa terbentuknya magma di daerah subduksi

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa besarnya gaya gesekan yang terjadi antara kedua lempeng tektonik adalah:

$$f_k = \mu_k N \quad \text{dengan} \quad N = m_b g \cos \theta$$

$$\text{sehingga diperoleh} \quad f_k = \mu_k m_b g \cos \theta \quad (1)$$

Dengan :

f_b : gaya gesekan kinetic lempeng (N)

m_b : massa benua (kg)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Sehingga dapat diperoleh usaha yang dilakukan oleh gaya gesekan tersebut adalah

$$W_f = f_k s \cos 180^\circ$$

$$W_f = -f_k s = -\mu_k s m_b g \cos \theta \quad (2)$$

Tanda negatif pada Persamaan (2), menandakan bahwa usaha yang dilakukan gaya gesekan berlawanan dengan arah pergerakan lempeng samudera. Untuk mengetahui jumlah energi akibat pergerakan lempeng di daerah subduksi maka, dapat dilihat dari hukum kekekalan energi mekanik dan telah diketahui bahwa :

$$EM_B - EM_A = W_{nk} = W_f$$

$$EM_B - EM_A = -f_k s \quad (3)$$

Energi mekanik saat elemen massa lempeng berada di titik B lebih kecil dibandingkan energi mekanik elemen massa lempeng ketika di titik A (Gambar 6) akibat adanya gaya gesekan (f_s). Artinya bahwa dalam proses mekanika tersebut ada energi yang hilang, energi yang hilang tersebut yang dikonversi menjadi panas (energi panas) akibat adanya gesekan antar lempeng. Energi panas tersebut dapat melelehkan batuan (material) sekitarnya sehingga terbentuklah cairan batuan bersuhu tinggi yang disebut magma.

Adanya magma tersebut yang nantinya menghasilkan hidrotermal. Telah diketahui salah satu proses terbentuknya mangan adalah melalui peristiwa hidrotermal. Peristiwa ini yang menyebabkan terdapatnya mangan di pulau Timor.

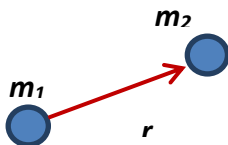
Eksplorasi Geofisika Dalam Penentuan Cebakan Akumulasi Mangan

Dalam penambangan mangan perlu diketahui seberapa besar potensi mangan yang terdapat di suatu daerah. Karena keberadaan mangan pada umumnya berada di bawah permukaan bumi maka sangatlah sulit untuk di ketahui keberadaannya secara langsung. Hal tersebut dapat di atasi dengan melakukan eksplorasi geofisika. Beberapa metode eksplorasi geofisika dalam penambangan mangan yang dapat digunakan adalah metode potensial gravitasi, potensial listrik, medan elektromagnetik dan penjalaran gelombang seismik.

Dalam penulisan ini hanya akan dibahas 2 metode eksplorasi geofisika secara sederhana dalam penentuan cebakan mineral mangan yaitu:

Potensial Gravitasi. Berangkat dari kaidah yang mengatur tarikan antar massa yang dirumuskan melalui hukum Newton :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (4)$$



Dengan :

F : gaya interaksi antara m_1 dan m_2 (N)

G : konstanta gravitasi

m_1 dan m_2 : massa antara 2 benda (Kg)

R : jarak antara kedua massa tersebut (m)

Anomali gravitasi dapat dicari. Besaran g dapat dihitung melalui prinsip pengukuran sederhana, misalnya ayunan sederhana. Periode dari suatu ayunan sederhana dapat dituliskan sebagai :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{atau} \quad g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} \quad (5)$$

Dengan menghitung panjang tali (l) periode (T) di beberapa tempat kita dapat melihat perbedaan besar gravitasi.

Potensial Listrik. Apabila arus listrik diinjeksikan kedalam bumi, maka potensial yang teramati akan ditentukan oleh sifat kelistrikan dari batuan yang ada. Potensial listrik pada jarak r dari arus listrik I dapat dinyatakan oleh

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (6)$$

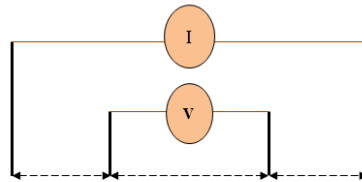
Dengan :

ρ : resistivitas bawah permukaan (Ohm)

R : jarak (m)

I : arus listrik (A)

Berdasarkan prinsip di atas dapat diturunkan bahwa resistivitas bawah permukaan dapat diperoleh dari data potensial dan arus melalui Persamaan (7).



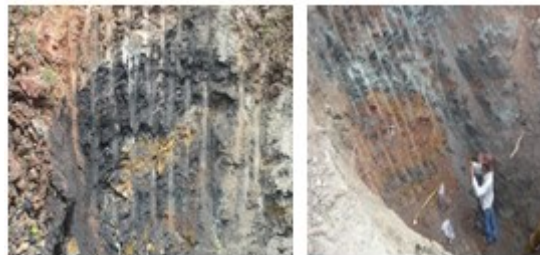
Gambar 7. Konfigurasi sederhana elektroda geolistrik

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (7)$$

Dengan $K = \frac{2\pi a^2}{a}$ adalah faktor geometri. Untuk konfigurasi sederhana diperlihatkan pada Gambar 7.

Penambangan Mangan di Pulau Timor

Ada dua tipe endapan mangan yang ditambang di pulau Timor yaitu mangan sedimenter (Gambar 8) dan mangan endapan hidrotermal (gambar 9).



Gambar 8. Endapan mangan sedimenter

Hingga penulisan ini tambang mangan yang beroperasi di pulau Timor khususnya di kabupaten Timor Tengah Selatan ada 2, yaitu yaitu PT Hampan Alam Nusantara (HAN) dan PT Soe Makmur Resources (SMR).



Gambar 10. Mangan hasil endapan hidrotermal

Tipe endapan mangan yang ditambang oleh kedua PT adalah berbeda. PT HAN melakukan penambangan mangan yang berasal dari endapan hidrotermal (mangan primer) yang merupakan lokasi pelaksanaan penelitian

ini. Sedangkan PT. SMR melakukan penambangan mangan yang berasal dari endapan sedimenter (mangan sekunder). Penambangan mangan di PT HAN masih tergolong sederhana (Gambar 11).



Gambar 11. Peralatan tambang di PT HAN (a) Crusher (b) Dump Truck (c) Ekskavator

Mangan hasil penambangan dari PT. HAN tersebut berupa raw material. Prosesnya adalah bongkahan mangan (mangan primer) yang terdapat di sekitar daerah penambangan baik yang ada di permukaan maupun pada kedalaman tertentu, digali dengan menggunakan ekskavator. Hasil galian bongkahan mangan tersebut diangkut dengan menggunakan dump truck ke unit alat crusher untuk dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil (raw material). Raw material tersebut akan didistribusikan keluar pulau Timor untuk diproses lebih lanjut (smelter).

Penerapan Konsep Fisika Dalam Proses Penambangan Mangan di PT HAN

Penerapan hukum Pascal pada bagian ekskavator (Gambar 12.a). Hukum Pascal menyatakan “gaya yang diberikan oleh fluida dalam ruang tertutup tersebar merata kesedala arah dan sama besar”.

Prinsip ini yang digunakan dalam system kerja hidrolik ekskavator sehingga dapat mengeruk dan mengangkat bongkahan-bongkahan mangan yang berat. Dapat jelaskan sebagai berikut :

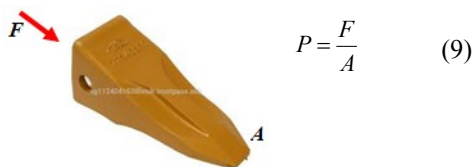
$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_2 \\
 \frac{F_1}{a} &= \frac{F_2}{A} \\
 F_2 &= \frac{F_1 A}{a}
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Persamaan tersebut terlihat bahwa dengan gaya F_1 yang kecil pada penampang a , dapat menghasilkan F_2 yang besar pada penampang A .



Gambar 12. Proses fisik pada ekskavator. (a) penerapan hukum Pascal, (b) penerapan prinsip tekanan.

Pada Gambar (b) dapat dilihat bahwa prinsip fisika yang digunakan dalam proses penambangan, yaitu penerapan konsep tekanan pada gigi *bucket excavator* (Gambar 13).



Gambar 13. Gaya F yang bekerja pada gigi *bucket excavator* dengan luas penampang A .

Dengan P , F dan A berturut-turut adalah tekanan (N/m²), gaya (N) dan luas permukaan gigi bucket excavator (m²). Dari persamaan tekanan tersebut terlihat bahwa, semakin kecil A , maka tekanan (P) semakin besar. Hal ini digunakan untuk mengeruk singkapan bongkahan mangan dengan lebih mudah yaitu walaupun dengan gaya yang kecil dapat memperoleh tekanan yang besar.

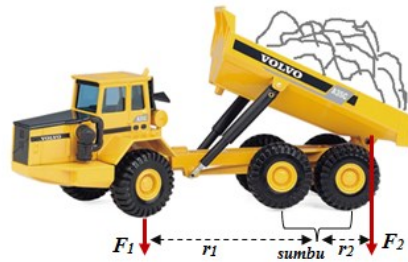
Prinsip gaya gesek pada roda *dump truck* (Gambar 14). Pada saat *dump truck* bergerak akan terjadi gaya gesekan antara ban dengan jalan. Secara matematik dapat dirumuskan berikut.

$$f_s = \mu_k N \quad (10)$$

Dengan
 f_s adalah gaya gesek (N)
 N adalah gaya normal (N)
 μ_k adalah koefisien gesekan kinetik



Gambar 14. Penerapan gaya gesek pada ban *dump truck*
 Prinsip momen gaya saat *dump truck* menurunkan material mangan dapat dijelaskan berikut.



Gambar (15). Sejumlah gaya yang bekerja pada dump truck saat menurunkan material (<http://goo.gl/D9JOFO>)

Momen gaya didefinisikan sebagai

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (11)$$

Dengan \vec{r} adalah vector dari sumbu rotasi ke titik tempat gaya bekerja dan \vec{F} adalah gaya yang bekerja pada benda tersebut. Momen gaya total yang dihasilkan beberapa gaya adalah

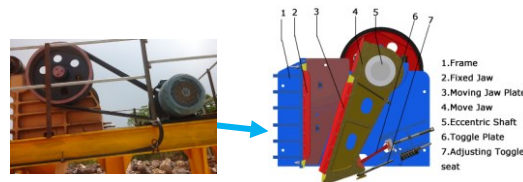
$$\vec{\tau} = \sum_{i=1}^N \vec{\tau}_i \quad (12)$$

$$\vec{\tau} = \sum_{i=1}^N \vec{r}_i \times \vec{F}_i$$

Untuk menjaga dump truck (Gambar 15) tetap setimbang sehingga tidak terbalik maka momen gaya $\vec{\tau}_1$ harus lebih besar atau sama dengan momen gaya $\vec{\tau}_2$ ($\vec{\tau}_1 \geq \vec{\tau}_2$).

Proses terakhir penambangan mangan di PT. HAN ada menghancurkan bongkahan mangan dengan menggunakan *crusher*. Adapun prinsip fisika yang berlaku dalam proses pengolahan ini adalah berikut:

Vektor gaya atau resultan gaya yang bekerja pada proses penghancuran mangan di dalam mesin *jaw crusher* (Gambar 16).

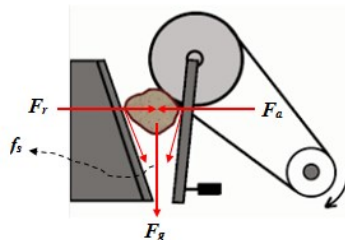


(<http://goo.gl/srwXVF>)

Gambar 16. *Jaw crusher* yang digunakan di PT. HAN dan bagian-bagiannya.

Agar material atau batuan mangan tetap dalam rahang *jaw crusher* maka resultan gaya pada material tersebut haruslah mengarah kebawah (Gambar 17).

$$F_g > F_a - F_r + 2f_s \quad (13)$$



Gambar 17. Resultan gaya oleh *jaw crusher* pada bongkahan Mn (<https://goo.gl/DLA4Iq>)

Gaya-gaya yang ada pada *jaw crusher*, adalah :

- Gaya tekan (aksi) (F_a)
- Gaya gesek (f_s)
- Gaya gravitasi (F_g)

- Gaya yang menahan (reaksi) (F_r)

Eatimasi kapasitas Jaw Crusher dapat dirumuskan (<https://goo.gl/Npldas>):

$$Q = \frac{\rho A W_j N_j (1 - \varepsilon)}{60}$$

- Q : kapasitas jaw crusher (kg/h)
A : area pembuangan (m²)
W_j : jaw width (m)
N_j : jumlah pembuangan per menit (min-1)
 ρ : massa jenis material (kg/m³)
 ε : porositas partikel (material)

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penambangan mangan di Pulau Timor, kabupaten timor tengah selatan, PT. HAN merupakan tambang mangan terbuka dengan alat utama adalah ekskavator, *truck dump* dan *unit crusher*. Adapun jenis mangan yang ditambang adalah mangan yang terbentuk dari proses hidrotermal (mangan primer).

Saran

Diharapkan bagi para pembaca yang ingin mendalami pengetahuannya tentang mangan untuk merujuk pada daftar referensi penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Harben, P. W., Kuzvart, M., 1996, *A Global Geology; Industrial Minerals*, Industrial Minerals Information, Ltd., New York.
<http://goo.gl/SfRILk>
<http://goo.gl/D9JOFO>
<https://goo.gl/DLA4Iq>
<https://goo.gl/Npldas>
Rampacek, C., 1981, *Manganese Reserve and Resources of the World and Their Industrial Implications*, Publication NMAB-374 National Academy Press Washington D.C., 334 p