
Perencanaan Unit Semen Mill Dua Campartemen dengan Kapasitas 120 Ton / Jam

¹Nazaruddi, ²Misswar Abd, ³Kamarullah

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Iskandarmuda, Indonesia
Jln. Kampus Unida No 15 Surien, 23234, Indonesia

e-mail: nazar@unida-aceh.ac.id, Misswar@unida-aceh.ac.id, kamarishn@gmail.com

Abstrak

Semen yang bersumber dari bahan maneral alam yang merupakan bahan baku yang banyak digunakan dalam pengembangan industri. Salah satu peralatan yang digunakan dalam proses produksi semen adalah cement mill yang berfungsi untuk menggiling klinker dari hasil pembakaran didalam rotatari klin yang ditrasfer melalui blet comveyer ke cement mill.kebutuhan semen dalam proses pembangunan semakain mendingkat, maka begitu pentingnya dalam peralatan yang digunakan untuk menunjang proses produksi.tujuan penelitian ini untuk merencanakan salah satu alat penunjang dalam pross pdoksi yaitu pengiling klinker (sement mill) dengan kapasitas 120 ton/jam pada kondosi temperatur 120 °C yang beroperasi secara continue dan bahan terbuat dari kontuksi baja fine grained (Din 4120) dan baja class MRst 37-2 (Din 17100 no bahan 101125) cement mill yang berbentuk closed circuit dengan dua buah compartement. Dari hasil kajian dapat diperoleh diameter mill sebesar 3,48 m dan panjang 10,86 m untuk shell sebesar 52 mm. cement mill ini juga dikaji buah manhole sebagai perawatan. Monhole dikaji yang berada ditengah dari masing-masin compartement.

Kata kunci— *Proses operasional,, Cement Mill, Putaran kritis Mill, Volime Mill*

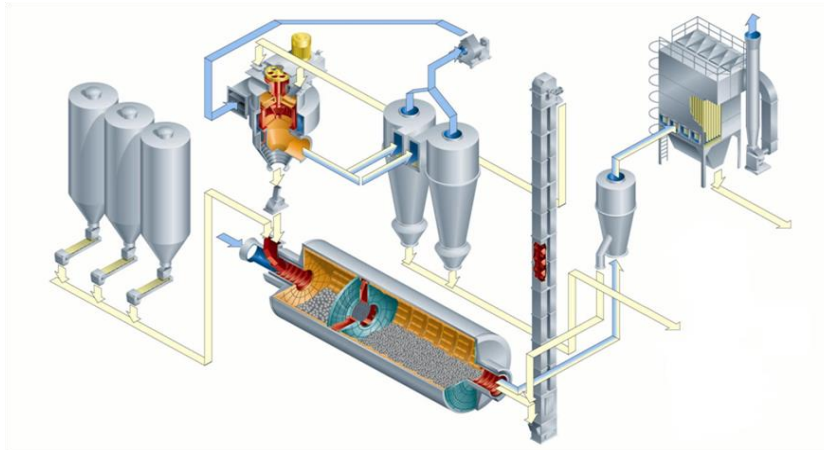
Abstract

Cement is sourced from natural mineral materials which are raw materials that are widely used in industrial development. One of the equipment used in the cement production process is the cement mill which functions to grind clinker from the combustion products in the rotary clincher which is transferred through the comveyer blet to the cement mill. the need for cement in the development process is increasing, so the importance of the equipment used to support the production process. The purpose of this study is to plan one of the supporting tools in the production process, namely the clinker grinder (cement mill) with a capacity of 120 tons / hour at a temperature condition of 120 oC which operates continuously and the material is made of fine grained steel construction (Din 4120) and steel class MRst 37-2 (Din 17100 no material 101125) cement mill in the form of a closed circuit with two compartments. From the results of the study, it can be obtained that the diameter of the mill is 3.48 m and a length of 10.86 m for a shell of 52 mm. This cement mill is also studied manhole as maintenance. The manhole is studied in the center of each compartement.

Keywords— *Operational process, Cement Mill, Mill critical speed, Mill volume*

1. PENDAHULUAN

Tahapan proses akhir pada pengelingan di pabrik semen dengan menggunakan cement mill. Pada saat ini cement mill yang digunakan dengan tipe tube mill / horizontal mill. Pada cement mill clnker digiling bersama deangan gipsum ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) serta bahan additive lain seperti limestone, fly ash, trass, dan pozzolan yang disesuaikan dengan tipe semen yang digunakan.[1]



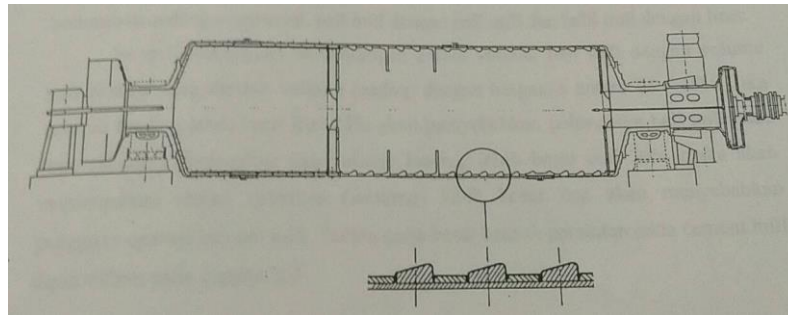
Gambar 1 Proses Penggilingan cement

Cement mill merupakan suatu peralatan penting yang terdapat pada akhir proses pembuatan semen, digunakan untuk menghaluskan terak (klinker) dan terdapat pembentukan semen dengan penambahan gypsum. Penggilingan klinker merupakan langkah operasi yang membutuhkan power yang besar dalam proses pembuatan semen. Konsumsi power tersebut sangat berhubungan dengan kehalusan produk yang diinginkan. Cement mill adalah silinder baja yang berputar dan diisi dengan grinding media (ball mill). Klinker merupakan produk setengah jadi dalam memproduksi semen yang dihasilkan dengan pembakaran bahan baku pada temperatur 1450°C . Klinker yang terbentuk, selanjutnya digiling dalam Cement Mill. Cement Mill merupakan peralatan penggilingan semen pada tahap akhir yang memproses penggilingan klinker ditambahkan dengan gypsum dan material $\frac{3}{4}$ (limestone dan pozzoland) menjadi semen.[2]

Penggilingan terjadi karena adanya tumbukan-tumbukan dari grinding media sampai ketinggian optimum. Kemudian jatuh dan memberikan tumbukan (impact) terhadap material. Proses penggilingan juga terjadi karena efek gesekan (friction) antara sesama grinding media atau mill liner.[3]

Mill yang direncanakan dibagi atas dua kamar (compartement) yang dibatasi oleh serat disebut diaphragma. Diaphragma ini berguna untuk menahan grinding media kecil dan juga bersifat sebagai saringan terhadap material.

Unit cement mill merupakan stage akhir dalam proses penggilingan, dimana teknik dasar yang terpenting adalah bagaimana memproduksi semen yang berkualitas tinggi. Dalam hal ini ada empat faktor yang harus diperhatikan dalam proses penggilingan antara lain kehalusan, yang mempengaruhi kekuatan untuk konstruksi beton, gypsum, mengatur waktu pengerasan atau pengikatan, temperatur, mempengaruhi bereaksinya klinker dan gypsum dan waktu tinggal material pada cement mill.



Gambar 2 Cement Mill dengan dua Compartemen yang direncanakan

Pada saat cement mill beroperasi maka ball mill akan mengikuti bagian dalam bulatan shell mill. Dari proses produksi tersebut akan terjadi dua aksi, pertama aksi cascading yaitu terjadinya pergerakan ball mill ke puncak mill, sehingga grinding ball akan melakukan penggilingan material secara bergilinciran (sliding) antara ball mill dengan ball mill, kedua aksi cataracting yaitu terjadinya pergerakan ball mill ke puncak mill, sehingga grinding ball akan melakukan penggilingan secara bertumbukan antara ball mill dengan material. Cement mill dirancang untuk memproduksi satu jenis produk per hari, sehingga proses flushing dapat terjadi apabila ada peralihan produksi semen.[4]

Selama cement mill berputar, gaya centripugal akan menjaga material bertumbukan dengan material, ball mill dengan ball mill dan ball mill dengan liner. Isi mill merupakan perbandingan antara volume ball mill dengan volume mill efektif yang disebut volume loading dengan harganya antara 25 - 35%. Jika volume loading lebih kecil dari 25% akan menyebabkan peluncuran ball mill pada liner (slinder). Sedangkan jika volume loading lebih besar dari 30% maka akan menimbulkan resiko keletihan (wearing) lebih besar dan akan menyebabkan gangguan operasi cement mill. Secara garis besar bentuk peralatan pada cement mill

2. METODE PENELITIAN

Untuk merencanakan suatu mill perlu diketahui bentuk dan fungsi alat tersebut. Dalam perencanaan ini grinding media yang digunakan berbentuk closed circuit yang diisi oleh bola-bola atau ball mill. Objek penelitian ini dilakukan pada mesin cement mill di PT. Semen Andalas Indonesia dengan mengambil data dan referensi ruang baca PT. Semen Andalas Indonesia.

2.1 Menghitung Spesifikasi Shell Mill

Untuk Menghitung spesifikasi shell mill terlebih dahulu ditetapkan rate bahan baku yang yang dioperasikan. Perencanaan mill berbentuk slinderis dengan dua compartemen dimana panjang shell tiga kali diameter. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{L}{D} = 3 \dots\dots\dots(1) [5]$$

Volume Mill = Volume selindir

$$V_m = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot L^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 (3D) \dots\dots\dots (2) [5]$$

Dimana:

- VM = Volume Mill
- D = Diameter Mill
- L = Panjang Mill

Setelah diperoleh diameter dan panjang mill, pada tabel shell mill maka dapat diperoleh dimensi tebal shell mill.[5]

2. 2. Menghitung Putaran Mill

Menghitung putaran mill dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Nc = \frac{42,3}{D^{1/2}} \dots\dots\dots (3) [5]$$

Dimana:

Nc = Putaran Kritis Mill

D = Diameter Mill

2. 3 Ukuran Grinding Mill

Ukuran bola penghancur ditentukan dengan menggunakan formula bond yaitu:

$$B\phi_{mm} = 20,17 \left(\frac{F}{K} \right)^{1/2} \left(\frac{s, Wi}{Cs \sqrt{D}} \right) \dots\dots\dots (4) [5]$$

Dimana:

B ϕ_{mm} = Diameter grinding ball

F = Ukuran rata partikel masuk mill

Wis = Wosks indeks

Cs = Presentase kecepatan kritis

S = Spesifik grafity

D = Diameter dalam grinding mill

K = Konstantan proportional = 335 untuk dry grinding

2. 4. Menghitung Kebutuhan Daya

Menurut persamaan bord,s

$$W = \frac{10 Wi}{\sqrt{P}} - \frac{10 Wi}{\sqrt{F}} \dots\dots\dots (5) [6]$$

Dimana:

W = Power input (k. w/h)

F = Micronc 80 % untuk produk

P = Micronc untuk passing

2. 5. Perencanaan Mill Drive dan Pinion

Untuk menentukan perencanaan gear pinior, terlebih dahulu ditetapkan diameter dari gear, dimensi gear pinion dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Dg = \frac{Ng.Pc}{\pi} \dots\dots\dots (6) [6]$$

$$Pc .Pd = \pi \dots\dots\dots (7) [6]$$

Dimana:

Dg = Diameter gear

Ng = Jumlah gigi gear

Pc = Circular Pitch

Pd = Rasio jumlah gear terhadap pich diameter

Diameter : 0,5 -1,5 in

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Direncanakan suatu mill yang berfungsi untuk alat penggilingan klier yang berbentuk tube mill yang berputar secara horizontal dan diisi oleh bola-bola mil. Nama alat yang direncanakan cement mill dengan type *closed circuit*, rute bahan yang direncanakan 120.000 kg/jam dan sistem operasi kontinu.

Perencanaan yang dilakukan ciment mill yang berbentuk silinder dengan dua compartement yang panjang shell 3 kali diameter.

$$\frac{L}{D} = 3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume mill} &= \text{volume silinder} \\ &= \frac{\pi \cdot D^3 \cdot L}{4} = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot (3D)}{4} \\ V_m &= 0,78 \cdot \pi \cdot D^3 \end{aligned}$$

Jadi isi didalam mill merupakan perbandingan antara volume ball mill terhadap mill sehingga dapat dihasilkan operasi yang efektif atau disebut dengan volume loading yang diperkirakan 30% (L_x). Maka volume baik media grinding (V_b).

$$\begin{aligned} V_b &= V_m \cdot L_x \\ &= 0,78 \cdot \pi \cdot D^3 (0,30) \\ &= 0,735 D^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan dalam mill (Vbx)} &= \frac{120.000 \text{ kg /Jam}}{1450 \text{ kg/m}^3} \times 0,5 \\ &= 41,379 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan ketentua diatas diperoleh :

Dari tabel 6.1.1[5] maka diperoleh cement raw mix 67% maka dapat dapat ditentukan diameter mill sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{bx} + V_b &= 0,67 + V_m \\ 41,379 \text{ m}^3 + 0,735 D^3 &= 0,67 \times 2,450 D^3 \\ 41,379 \text{ m}^3 + &= 1,641 D^3 \\ 41,379 \text{ m}^3 &= 1,641 D^3 - 0,735 D^3 \\ 41,379 \text{ m}^3 &= 0,906 D^3 \\ D &= 3,48 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Diameter mill (D)} &= 3,48 \text{ m} \\ \text{Panjang Mil (L)} &= 10,86 \text{ m [5]} \\ \text{Tebal Shell Mill} &= 52 \text{ mm[5]} \end{aligned}$$

Panjan mill sebenarnya dikurangi dengan 0,30 antara dinding pemisah satu buah, maka diperoleh setiap compartement sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Compartement I } L_1 &= 0,50 \times 10,56 = 5,28 \text{ m} \\ \text{Compartement I } L_1 &= 0,50 \times 10,56 = 5,28 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada putaran mill dapat dihitung dengan mensubstitusikan harga D maka didapat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Pi_c &= \frac{42,3}{\sqrt{D}} \\ \Pi_c &= \frac{42,3}{\sqrt{3,48}} = 22,6 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan putaran mil maka dapat dikomendasikan untuk proses kering dengan putaran aktual kerkisar diantara 70 – 75% dari kecepatan kritis, maka dapat ditetapkan kecepatan aktual sebesar 72%.

$$\begin{aligned}\Pi &= \Pi_a \cdot \Pi_c \\ &= 0,725 \cdot \Pi_c \\ &= 0,725 \cdot 22,6 \\ &= 16,38 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Untuk menghitung ukuran bola penghancur maka dapat ditentukan ukuran grinding ball dengan menggunakan formula bord dengan mengamsumsi ukuran rata-rata partikel pada compartemen pertama 20.000 micron dan rata-rata partikel pada compartemen pertama 6.000 micron yang memiliki chinker cement. Dari perkiraan partikel pada setiap compartemen maka dapat diketahui work indek sebesar 13,46 dan spesifik grafiti sebesar 3,09.[5]

$$B\emptyset_{\text{mm}} = 20,17 \left(\frac{F}{K}\right)^{1/2} \left(\frac{s, Wi}{Cs \sqrt{D}}\right)$$

$$\begin{aligned}\text{Compartement I } B\emptyset_{\text{mm}} &= 20,17 \left(\frac{6.000}{335}\right)^{1/2} \left(\frac{13,49 \cdot 3,09}{72,5 \sqrt{3,48}}\right)^{1/3} \\ &= 104,32 \text{ mm} \\ &= 100 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Compartement II } B\emptyset_{\text{mm}} &= 20,17 \left(\frac{20.0000}{335}\right)^{1/2} \left(\frac{13,49 \cdot 3,09}{72,5 \sqrt{3,48}}\right)^{1/3} \\ &= 57,16 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}\text{Compartement I : } &100 \text{ mm} = 35\% \\ &90 \text{ mm} = 30\% \\ &80 \text{ mm} = 20\% \\ &70 \text{ mm} = 10\% \\ \text{Compartemen II : } &60 \text{ mm} = 28 \% \\ &50 \text{ mm} = 25 \% \\ &40 \text{ mm} = 20 \% \\ &30 \text{ mm} = 15 \%\end{aligned}$$

Dalam proses operasional bahan baku yang mempunyai kekerasan yang sangat tinggi, maka digunakan jenis grinding ball dari alumina, jadi dapat diketahui berat total grinding ball sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\rho_b &= \text{Densitas bulk alumina} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ \epsilon_b &= \text{Fraksi volume apparent ball} = 30 \% \\ &= 0,78 \cdot \pi \cdot D^3 \\ &= 103,21 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Untuk mengetahui berat grinding ball pada setiap masing-masin compartement sebagai berikut:

$$\begin{aligned}W_b &= 2400 \times 0,30 \times 103,21 \\ &= 74311,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka dapat diketahui pada compartement sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Untuk diameter } 100 \text{ mm} &= 35 \% \text{ ball} \times W_b \\ 100 \text{ mm} &= 0,35 \times 74311,2 \text{ kg} \\ &= 26008,92 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi dengan cara yang sama dapat diperoleh berat masing yang lain baik pada compartement I maupun compartement II.

Untuk menghitung kebutuhan daya maka dapat melihat standar persamaan bond,s
Maka dapat diperoleh :

$$\begin{aligned}W_i &= \text{Indek kerja } 13,49 \text{ (berdasar tabel) [5]} \\F &= \text{Micronc } 80 \% \text{ untuk produk} = 14,300 \text{ (tabel 6.4.5)} \\P &= \text{Micronc } 80 \% \text{ untuk passing} = 37,6 \text{ (tabel 6.4.1)}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}W_i &= 13,49 \times 1,30 \text{ (grinding faktor)} = 17,53 \\W &= \frac{10.17,53}{\sqrt{37}} - \frac{10.17,53}{\sqrt{14,300}} \\&= 28,83 - 1,46 \\&= 27,37 \text{ Kw/h/t}\end{aligned}$$

Produk faktor didapatkan pada tabel (6.4.1) sebesar 1,113 maka dapat diperoleh sebagai berikut:
 $27,37 \times 1,113 = 30,46 \text{ kw/h}$ jadi cement produk 120 ton/jam $\times 30,46 \text{ kw/h}$ maka diperoleh
 $= 3655 \text{ kw} \times 1,341$
 $= 4901,36 \text{ hp}$

Dalam setiap proses produksi, banyak hal yang turut mendukung keberhasilan dari proses tersebut, diantaranya adalah sarana peralatan proses. Bagian dasar yang sangat penting dari peralatan proses, khususnya proses pembuatan semen adalah grinding mill. Dengan berbagai modifikasi. Pada pemisan ini, jenis grinding mill yang direncanakan adalah grinding mill penggilingan klinker dengan kapasitas 120 ton per jam. Bentuk grinding mill yang direncanakan adalah closed circuit dengan dua compartement. Berdasarkan bentuk grinding mill dan kapasitas grinding mill yang telah direncanakan maka diperoleh diameter mill sebesar 3/4 m dan panjang dari mill adalah 10,86 m. Klinker yang digiling pada grinding mill berwujud padatan keras (S), dimana temperatur desain yang direncanakan adalah 120°C, mengingat gypsum akan terurai pada temperatur yang lebih besar dari 120°C, pengisian bahan yang direncanakan 80% dari kapasitas mill. Hal ini dimaksudkan agar adanya faktor keamanan bagi grinding mill mengingat pengisian bahan kedalam mill berlangsung selama 24 jam, dengan laju sebesar 120 ton/jam. Dengan lama penggilingan (residence time) selama 0,5 jam.

Bahan konstruksi yang digunakan adalah baja fine-grained yang sifatnya mudah di las, tidak mudah retak dan tidak mudah aus. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh tebal shell mill yaitu 52 mm dan diasumsikan sama dengan tebal man hole. Hal ini dimaksudkan selain memudahkan penyambungan juga memberikan kekuatan yang sama pada mill. Pada grinding mill ini juga direncanakan dua buah man hole. Man hole yang direncanakan berada ditengah shell di masing masing compartement dipilih diameter nominal 20 inchi akan cukup tersedia ruang atau sarana keluar masuknya manusia untuk melakukan perawatan mill, dimana fungsi man hole itu sendiri adalah untuk memudahkan perawatan dan pemeriksaan mill.

Pada grinding mill ini juga direncanakan flange yang mempermudah bongkar baik untuk man hole pada saat terjadi trouble pada mill. Type flange yang dipilih adalah welding neck dengan sistem penyambungan double welded but joint. Kecepatan putar mill yang diperoleh dari perencanaan ini sebesar 3,38 rpm. Karena bila putaran mill terlalu besar akan mengganggu proses penggilingan klinker sehingga semen yang dihasilkan tidak sesuai dengan kehalusan semen yang diharapkan, demikian pula dengan komposisi dari bola mill untuk menggiling bahan. Bola mill

yang direncanakan terbuat dari bahan alumina dengan kekerasan tinggi, dimana diameter bola penggilingan pada compartement I terdiri dari bola dengan diameter 70 - 100 mm dan pada compartement II terdiri dari bola dengan diameter 30-60 mm.

Power yang tersedia pada unit cement mill yang direncanakan sekitar 4901,36 HP namun pada operasinya power tersebut tidak seluruhnya terpakai dan juga dapat melebihi power yang tersedia. Pemakaian power pada unit cement mill sangat tergantung dari teknik pengoperasian yang benar dari cement mill itu sendiri

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan hasil perhitungan yang dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan yang mana bentuk grinding mill yang direncanakan adalah berbentuk closed circuit dengan dua compartement, mempunyai diameter 3,48, panjang 10,86 m dan tebal shell 52 mm dengan merencanakan grinding mill berkapasitas 120 ton per jam dengan sistem continue, dan open circuit.

Pada kecepatan aktual putar mill dapat mengkomendasikan sebesar 72,5% dari kecepatan kritis maka diperoleh kecepatan putar mill 16,38 rpm. Ukuran partikel masuk pada compartement pertama dan kedua masing-masing 20.000 dan 6.000 micron maka diperoleh diameter bola mill pada compartement pertama dan kedua yaitu 70-100 mm, dan 30 - 60 mm, dengan berat total bola mill 122,61 ton.

Bahan konstruksi yang dipilih adalah baja fine-grained (Din 4120 Standart Jerman) yang memiliki semua sifat yang dibutuhkan penggilingan, seperti mudah dilas, tidak mudah retak dan tidak mudah aus dan untuk memudahkan bongkar pasang maka man hole direncanakan suatu flange dengan type closed circuit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maulana, "Cement Mill," *Media Pengikat Ilmu Dan Berbagi Cerita*, 2013.
<https://maulhidayat.wordpress.com/2013/01/26/cement-mill/> (accessed Jun. 20, 2022).
- [2] H. AHMAD, *Cement Mill*. 2016. [Online]. Available:
<http://scholar.unand.ac.id/8523/2/2.> Bab I %28 Pendahuluan %29.pdf
- [3] N. Nazaruddin, *Laporan Kerja Praktek*. Aceh: PT. Semen Andalas Indonesia, 2001.
- [4] I. K. R. Nilda Tri Putri, "Penjadwalan Cement Mill Berbasis Minimasi Faktor Klinker dalam Proses Pembilasan dan Impor Klinker," *Jur. Tek. Ind. Fak. Tek. Univ. Andalas, Padang*, vol. 15, no. 1, p. 63, 2016, [Online]. Available:
file:///C:/Users/HP/Downloads/Penjadwalan_Cement_Mill_Berbasis_Minimasi_Faktor_K.pdf
- [5] M. D. and E. Duda, WH, *Cement Mill*. London, 1977.
- [6] I. . and Y. Brownell, *Process Equipment Design*. New York, 1985.