Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel Penelitian

Pengaruh Sudut Kemiringan *Armour Ring* Terhadap Aliran Udara Pada *Vertical Raw Mill*

Berry Yuliandra, Agip Zainuranda

Departemen Teknik Mesin, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 09 Desember 2024
Revisi Akhir: 23 Desember 2024
Diterbitkan *Online*: 30 Desember 2024

KATA KUNCI

Sudut kemiringan

Armour ring

Vertical raw mill

KORESPONDENSI

E-mail: berry@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

Cement industry has an important role in driving national economic growth, especially in the construction sector. PT X is one of the national cement producers that uses a vertical raw mill machine in their production process. This study aims to determine the effect of *armour ring* inclination angle on the air flow in the vertical raw mill machine, in order to determine the optimal inclination angle. The simulation approach is used to study this effect. The simulation results show that the smaller the inclination angle, the heat flow can go directly to the classifier. However, the heat flow is also increasingly difficult to reach the grinding table. The greater the inclination angle, the greater the turbulence that occurs and the heat that reaches the grinding table area becomes wider. However, the heat flow is also increasingly hampered, so it is not optimally flow into the classifier. The optimal inclination value is obtained at an angle of 35°.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur sebagai penyumbang PDB yang cukup besar memiliki peran signifikan dalam mendorong pertumbuhan perekonomian Indonesia [1]. Sebagai salah satu sub sektor industri manufaktur, industri semen juga memiliki peranan penting dalam perkembangan sektor konstruksi nasional. Industri semen merupakan salah satu sektor esensial bagi usaha pembangunan infrastruktur nasional [2]. Jumlah konsumsi semen dapat dijadikan indikator kesejahteraan masyarakat dalam bidang sosial ekonomi [3].

PT X merupakan salah satu produsen semen di Indonesia. Produksi semen pada pabriknya dilakukan dengan proses kering. Proses penggilingan bahan baku menggunakan mesin *vertical raw mill*. Salah satu komponen penting dari mesin tersebut adalah *armour ring*, yang memiliki pengaruh penting terhadap pengaturan aliran gas dan udara di dalam *vertical raw mill.* Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan *armour ring* terhadap aliran udara pada mesin *vertical raw mill*, sehingga pada akhirnya dapat diketahui sudut kemiringan yang optimal. Hal tersebut diharapkan dapat berkontribusi dalam usaha untuk mengoptimalkan proses produksi semen di PT X.

https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.67-72.2024
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

2. METODOLOGI

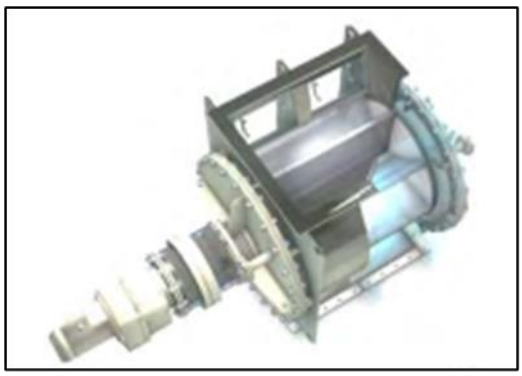
Pengaruh sudut kemiringan *armour ring* terhadap aliran udara pada *vertical raw mill* dilihat melalui pendekatan simulasi. Tahap pertama diawali dengan tinjauan lapangan di unit pemeliharaan mesin *vertical raw mill* area pabrik bersangkutan. Tinjauan awal ini bertujuan untuk memahami kondisi *existing* sistem pada mesin terkait. Tahap kedua adalah pengambilan data terkait gambar komponen dan material yang akan diolah serta melakukan wawancara dengan pekerja yang menangani komponen dan unit tersebut. Unit pemeliharaan mesin *vertical raw mill* terdiri dari 2 orang kepala urusan, 4 orang karyawan, dan 15 orang tenaga *outsourcing*, dimana setiap pembagian kerja dibagi menjadi beberapa kelompok yang dipimpin oleh 1 orang karyawan lalu 5–6 orang tenaga *outsourcing* yang memiliki tugas berbeda di setiap penugasannya. Wawancara dilakukan dengan seluruh pegawai operasional tersebut. Tahap ketiga adalah simulasi dan analisis untuk mendapatkan pengaruh kemiringan *armour ring* terhadap aliran udara. Nilai sudut kemiringan optimal juga diperoleh melalui tahap ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Vertical Raw Mill

Vertical raw mill merupakan mesin yang berfungsi sebagai penggiling campuran *lime stone, silica stone, clay dan iron sand* sebelum dimasukkan ke dalam *kiln mill* [4]. Penggilingan dilakukan dengan menggunakan *roller* dan *Grinding table* serta memanfaatkan tekanan tinggi dan *separator* untuk proses separasi. Material mentah mengalami proses penghalusan ukuran butiran sehingga menghasilkan *raw mix.* Beberapa komponen utama *Vertical raw mill* antara lain [5]:

1. *Rotary feeder*, berfungsi sebagai pembawa material masuk sambil meminimasi udara luar yang ikut terbawa ke dalam *roller mill*. Udara luar memiliki temperatur relatif lebih rendah dibandingkan temperatur di dalam *roller mill*, sehingga dapat mengganggu pengeringan material pada saat proses penggilingan dilakukan di dalam *roller mill*. *Rotary feeder* diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Rotary Feeder*

2. *Grinding table*, berfungsi sebagai media penggilingan dan penampungan material mentah yang telah digiling sebelum dipisahkan menggunakan *classifier*. Selain itu, *Grinding table* juga berfungsi sebagai media untuk menerima aliran gas panas yang dialirkan dari *kiln mill*. *Grinding table* diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Grinding Table*

3. *Roller*
   Roller digunakan untuk menghancurkan dan menghaluskan material mentah. Penggunaan *roller* meminimasi waktu penggilingan dan debu yang telah dihisap oleh *separator* membantu dalam meningkatkan kualitas produk dengan menghasilkan material yang

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.67-72.2024

lebih halus dan seragam. *Roller* diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Roller*

4. *Hydraulic roller spring assy* dan *rocker arm* berfungsi untuk menjaga kestabilan operasi. Sistem hidrolik ini dilengkapi dengan *absorber* dalam bentuk tabung N_2 sehingga *roller* bisa bergerak naik atau turun sedikit tanpa mempengaruhi tekanan hidrolik. Kondisi tersebut penting untuk mengantisipasi ukuran dan kekerasan material yang bervariasi. *Hydraulic roller spring assy* dan *rocker arm* diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Hydraulic Roller Spring Assy* dan *Rocker Arm*

5. *Louvre ring* berada pada posisi di antara *mill body* dan *grinding table*, serta berfungsi untuk memberi efek putaran pada aliran udara yang masuk ke dalam *mill*. Kondisi tersebut menciptakan turbulensi pada aliran udara di dalam *mill* sehingga perpindahan panas menjadi lebih efektif. *Louvre ring* dapat dilihat pada Gambar 5.

6. *Dam ring* berfungsi untuk menjaga ketebalan material di atas *Grinding table*. *Grinding bed* memiliki peranan signifikan dalam menjaga kestabilan serta efektivitas selama proses penggilingan. *Dam ring* diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Louvre Ring* dan *Dam Ring*

7. Classifier terdiri dua bagian: stator dan rotor. Stator berfungsi untuk mengarahkan aliran gas yang masuk ke dalam rotor. Beberapa jenis stator bisa diatur luas dan arah bukaannya untuk memperoleh produk dengan tingkat kehalusan tertentu. Rotor dilengkapi dengan motor yang bisa diatur laju putarnya. Dalam operasinya Laju putar rotor yang paling mudah dan sering diatur untuk mendapatkan tingkat kehalusan produk serta menjaga kestabilan operasi.

8. *Ducting* merupakan saluran logam yang digunakan untuk mengalirkan gas panas dari *kiln mill* ke *raw mill*. Komponen ini biasanya terbuat dari baja dan dilapisi dengan bahan tahan panas untuk mencegah kerusakan yang

diakibatkan oleh temperatur tinggi. *Ducting* pada *vertical raw mill* yang menjadi subjek penelitian ini dilapisi r*ockwool* sebagai bahan tahan panasnya. *Ducting* diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Ducting*

9. Motor penggerak berfungsi untuk mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik, penyuplai daya untuk memutar *grinding table* dan *roller*. Motor penggerak diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Motor Penggerak

10. *Gearbox* berfungsi untuk memperlambat putaran motor dan meningkatkan torsi. Pengaturan tersebut penting karena putaran yang lambat dan torsi yang tinggi dibutuhkan untuk menggiling bahan baku. *Gearbox* tersusun dari beberapa roda gigi yang terhubung satu sama lain. Roda gigi dengan diameter lebih besar berputar lebih lambat daripada roda gigi dengan diamater yang lebih kecil. Torsi meningkat saat putaran menurun. *Gearbox* diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Gearbox*

11. *Armour ring* merupakan komponen *vertical raw mill* yang berbentuk cincin dengan ketebalan tertentu. Secara umum *armour ring* dapat terbuat dari baja mangan untuk memberikan ketahanan aus dan benturan, atau paduan krom yang tahan korosi dan memiliki ketahanan aus lebih tinggi dari baja mangan. Desain dan jenis material tersebut dapat bervariasi tergantung pada: Jenis material yang digiling, kapasitas *vertical raw mill*, dan kecepatan putaran *roller*. *Armour ring* dapat dilihat pada Gambar 9.



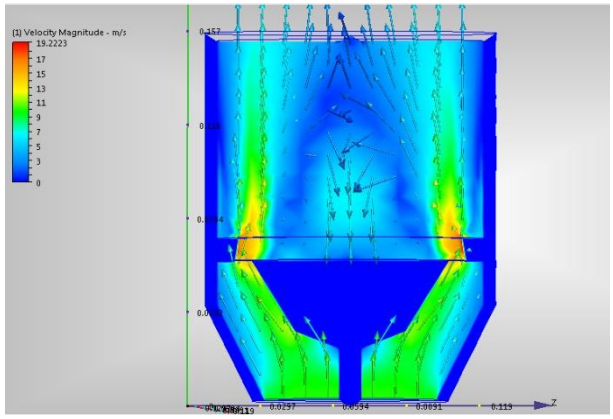
Gambar 9. *Armour ring*

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.67-72.2024

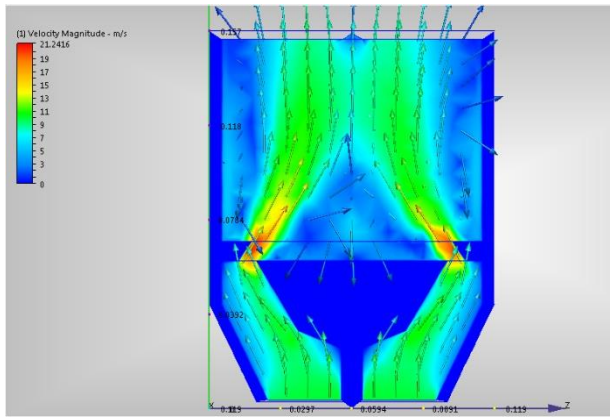
Secara umum *armour ring* berfungsi melindungi dan memperpanjang umur dari bagian dalam *vertical raw mill*, untuk menahan benturan dan keausan yang disebabkan oleh *roller* saat proses penggilingan material. Desain dari *armour ring* dapat meningkatkan turbulensi aliran udara panas di dalam *vertical raw mill*, sehingga membantu pencampuran material dengan lebih baik serta meningkatkan kontak antara *roller* dan material. Kondisi tersebut akan mempercepat dan meningkatkan efisiensi penggerusan. *Armour ring* juga mengoptimalkan aliran udara di dalam *vertical raw mill*. Aliran udara yang seragam membantu menghilangkan material halus, mencegah penumpukan material di area tertentu, serta meningkatkan efisiensi penggerusan. *Armour ring* juga berfungsi untuk mengendalikan aliran balik. Aliran balik terjadi ketika material halus terbawa kembali ke ruang penggilingan. *Armour ring* dirancang untuk meminimalkan aliran balik dengan mengatur kecepatan dan arah aliran udara, menahan material halus di area tertentu, serta meningkatkan efisiensi penggerusan.

3.2. Simulasi

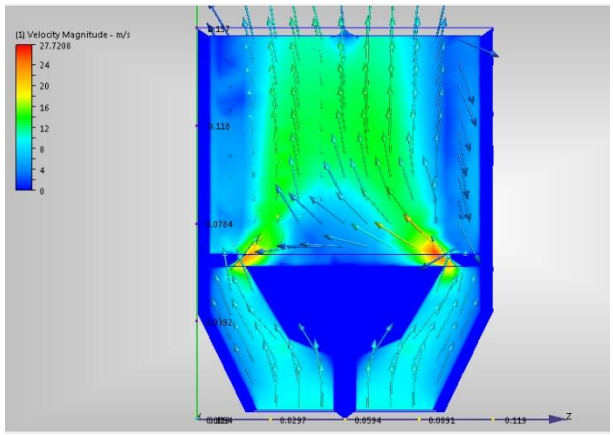
Perhitungan variasi nilai sudut kemiringan *Armour ring* dilakukan dalam rentang 10-90 derajat kemiringan. Perhitungan diambil berdasarkan sudut kemiringan saja karena nilai variabel lain dijaga konstan. Hasil simulasi aliran udara untuk beberapa contoh sudut kemiringan dapat dilihat pada Gambar 10.



(a)



(b)



(c)

Gambar 10. Simulasi Aliran Udara Pada: (a) Variasi 10 Derajat, (b) Variasi 35 Derajat, dan (c) Variasi 60 Derajat

Rekapitulasi hasil simulasi untuk setiap variasi nilai kemiringan sudut *armour ring* dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh bahwa nilai optimal dari kemiringan sudut *armour ring* ada pada 35°.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Simulasi

Variasi Sudut Kemiringan			
Sudut (°)	***ep***	***ae***	**Nilai Optimal**
10	0,9848	0,1736	1,1064
20	0,9397	0,3420	1,1791
28	0,8829	0,4695	1,2116
30	0,8660	0,5000	1,2160
32	0,8480	0,5299	1,2190
34	0,8290	0,5592	1,2205
35	0,8192	0,5736	1,2207
36	0,8090	0,5878	1,2205
37	0,7986	0,6018	1,2199
45	0,7071	0,7071	1,2021
60	0,5000	0,8660	1,1062
70	0,3420	0,9397	0,9998
80	0,1736	0,9848	0,8630
90	0,0000	1,0000	0,7000

Berdasarkan simulasi yang dilakukan juga diperoleh bahwa semakin kecil nilai sudut kemiringan maka aliran panas dapat langsung menuju *classifier*. Akan tetapi, aliran panas tersebut semakin sulit untuk mencapai *grinding table*. Semakin besar sudut kemiringan maka turbulensi yang terjadi semakin besar dan jangkauan panas ke area *grinding table* menjadi lebih luas. Akan tetapi, aliran panas juga semakin terhambat sehingga panas yang mencapai *classifier* menjadi tidak maksimal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin kecil nilai sudut kemiringan maka aliran panas dapat langsung menuju *classifier*. Akan tetapi, aliran panas tersebut semakin sulit untuk mencapai *grinding table*. Semakin besar sudut kemiringan maka turbulensi yang terjadi semakin besar dan jangkauan panas ke area *grinding table* menjadi lebih luas. Akan tetapi, aliran panas juga semakin terhambat, sehingga tidak maksimal menuju *classifier*. Nilai kemiringan yang optimal diperoleh pada sudut 35°.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. A. P. Harahap, F. Al Qadri, D. I. Y. Harahap, M. Situmorang, S. Wulandari "*Analisis Perkembangan Industri Manufaktur Indonesia*", El-Mal: Jurnal Kajian Ekonomi & Bisnis Islam, Vol. 4, No. 5, pp. 1444–1450, 2023.

[2] D. Permatasari, M. Nasra, A. Delfa, Firdaus, "Managing the Environmental and Societal Life as Part of the Cement-Padang Manufacturing's Contribution in West Sumatra amid the COVID-19 Pandemic", in *E3S Web of Conferences 349*, 2022.

[3] R. R. Suwarma, "*Pemetaan Struktur, Perilaku, Dan Kinerja Pada Industri Semen Indonesia*", Jurnal Manajemen Indonesia, Vol. 12, No. 4, pp. 249–264, 2012.

[4] I Santoso. *Raw mill.* PT Semen Padang, 1995.

[5] R. T. Kurniawan. *Analisis Kegagalan Komponen Spring Rod dalam Spring Suspension Assembly pada Coal Mill Tuban I PT. Semen Indonesia TBK*. Teknik Industri: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.67-72.2024