

ANALISA PERPINDAHAN PANAS DALAM ROTARY KILN UNIT III PT. ANTAM, TBK (PERSERO) UBPN SULTRA

Indriatma

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin S1 Universitas Halu Oleo
Kampus Hijau Bumi Tridarma Anduonohu, Kendari 93232
E-mail: Indriatmast@gmail.com

Abstrak

Perpindahan panas adalah proses berpindahnya energi dari suatu tempat ke tempat yang lain dikarenakan adanya perbedaan suhu di tempat-tempat tersebut, perpindahan panas juga dapat berlangsung dengan beberapa cara konveksi, konduksi dan radiasi. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran dan informasi mengenai proses perpindahan panas dalam rotary kiln PT. ANTAM Tbk, (Persero) dan menghitung panas yang terbuang ke lingkungan dari proses operasi rotary kiln. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju perpindahan panas dari dalam ke dinding rotary kiln dipengaruhi oleh perbedaan temperatur dimana temperature dalam tertinggi berada pada tyre 1-2 pada beban 115 T/H sebesar 1275 K, temperature dinding sebesar 775 K dan temperature lingkungan sebesar 328 K. Besarnya panas yang terbuang berada pada tyre 3-4 dimana beban 40 t/h 153.549 Joule. Pada beban 70 t/h sebesar 155.330 Joule pada charge 115 t/h sebesar 222.036 Joule.

Kata kunci: *PT.Antam,Tbk (Persero), Rotary kiln, Perpindahan panas.*

Abstract

Heat transfer is migration process energy from a place to the others, because of differences in temperature in these places, the heat transfer can take place in several ways convection, conduction and radiation. Objectives of this research are to provide an overview and information on the heat transfer process in a rotary kiln PT. ANTAM Tbk (Persero) and calculate the wasted heat to the environment of the rotary kiln operation. The results showed that the rate of heat transfer to the walls of the rotary kiln is influenced by the temperature difference where the highest temperature in the tire is at 1-2 on the load 115 T / H at 1275 K, the temperature of the walls at 775 K and ambient temperature of 328 K. The amount the waste heat is at 3-4 where the tire load of 40 t / h 153 549 at load 70 t / h on a charge amounting to 155 330 115 t / h of 222 036 joules.

Keyword: *PT.Antam,Tbk (Persero), Rotary kiln, Heat transfer.*

1. Pendahuluan

Penggunaan perpindahan panas dalam sebuah industri sangat penting. Dalam sebuah industri perpindahan panas dapat berupa pemanasan dan saat pengolahan bahan baku dan saat pengeringan. Pengaturan untuk melakukan pindah panas dalam industri diperlukan untuk menjaga mutu dari bahan itu sendiri. PT. ANTAM Tbk, (persero) merupakan salah satu

industri *FeroNikel* yang menggunakan proses perpindahan panas pada *rotary Kiln*.

Rotary Kiln merupakan sebuah perangkat *pyroprocessing* yang digunakan untuk menaikkan material sampai pada suhu tinggi (kalsinasi) dalam suatu proses berkelanjutan. Material yang biasanya diproduksi menggunakan *rotary kiln* meliputi: Semen, Kapur, Refraktori, Titanium dioksida, Alumina, Bijih besi.

Rotary kiln dilengkapi dengan burner yang terpasang pada ujungnya, udara panas yang

dihembuskan berlawanan arah dengan laju material yang masuk untuk proses kalsinasi. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar LOI (*Lost of Ignation*) $\leq 0,01$. Kadar LOI yang tinggi mengganggu kestabilan dalam *tanur* yang dapat mengakibatkan goncangan yang kuat di dalam *tanur*. *Rotary Kiln* memiliki dimensi panjang 90 m untuk unit 1 dan unit 2, sedangkan unit 3 memiliki panjang 110 m.

2. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Untuk memberikan gambaran dan informasi mengenai proses perpindahan panas dalam rotary kiln PT. ANTAM Tbk, (Persero).
- Menghitung panas yang terbuang kelilingkungan dari proses operasi rotary kiln

3. Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah

- Proses berlangsung *steady state*
- Rotary Kiln* berlangsung normal
- Pembakaran batubara berlangsung sempurna.
- Perpindahan panas dari *flame burner* diabaikan
- Perhitungan dititik beratkan pada perpindahan panas dari dinding ke lingkungan.
- Perpindahan radiasi diabaikan.

4. Teori dasar

4.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah proses berpindahnya energi dari suatu tempat ketempat yang lain dikarenakan adanya perbedaan suhu di tempat – tempat tersebut. Perpindahan panas dapat berlangsung dengan beberapa cara seperti:

- Konveksi
- Konduksi
- Radiasi

A. Konveksi

Proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, dan proses mencampur. Proses ini terjadi pada permukaan padat, cair dan gas. Perpindahan panas konveksi tergantung dari viskositas fluida. Disamping ketergantungan nya terhadap sifat-sifat termal fluida, seperti: konduktivitas termal, kalor spesifik, dandensitas. Hal ini disebabkan karena viskositas mempengaruhi laju perpindahan energi di daerah dinding. Seperti persamaan dibawah ini.

$$q = h \cdot A \cdot (T_W - T_\infty)$$

ada dua jenis perpindahan panas konveksi yaitu :

1) Konveksi alami

Gerakan fluida dalam konveksi bebas, baik fluida gas maupun cair, terjadi karena gaya apung yang alami apabila densitas fluida di dekat permukaan perpindahan kalor berkurang sebagai akibat proses pemanasan. Gaya apung ini tidak akan terjadi apabila fluida itu tidak mengalami sesuatu gaya dari luar seperti gaya gravitasi, walaupun gravitasi bukan satu-satunya gaya luar yang dapat menghasilkan arus konveksi bebas.

2) Konveksi paksa

Konveksi paksa disebabkan karena adanya gaya pemaksa yang menyebabkan fluida bergerak dan mempunyai kecepatan. yang menyebabkan fluida bergerak dan mempunyai kecepatan. Pada umumnya peralatan untuk memindahkan panas pada industry maupun otomotif menggunakan sisitem konveksi paksa.

B. Konduksi

Definisi konduksi atau pengertian hantaran konduksi yaitu perpindahan kalor melalui suatu bahan, yang tidak disertai perpindahan bahan itu. Proses hantaran kalor ini disebabkan oleh molekul-molekul bahan logam yang suhunya lebih tinggi akan bergetar lebih cepat dan membentur molekul-molekul lain yang suhunya lebih rendah. Seperti persamaan dibawah ini.

$$q = -k \left(\frac{d}{dx} \right)$$

C. Radiasi.

Merupakan proses transport panas dari benda bersuhu tinggi kebenda bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah didalam suatu ruangan bahkan bila terdapat diruang hampa diantara benda-benda tersebut, seperti pada persamaan dibawah ini.

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju perpindahan kalor secara radiasi

- 1) Tetapan Stefan Boltzmann
- 2) Luas permukaan A , makin besar luas permukaan makin cepat perpindahan kalor.
- 3) Suhu, makin besar beda suhu makin cepat perpindahan kalor
- 4) Emisivitas

Bilangan Reynold

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat digunakan untuk menentukan jenis aliran, apakah aliran tergolong aliran laminar atau aliran turbulen. Bilangan Reynolds sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida dan kekentalan fluida. Bilangan Reynolds terbagi dua, yaitu :

1) Internal Flow

Merupakan aliran fluida yang mengalir didalam pipa. Untuk aliran internal, jenis aliran yang terjadi dapat diketahui dengan mendapatkan bilangan Reynolds dari persamaan :

$$R = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

2) Eksternal Flow

Merupakan aliran fluida diluar atau aliran fluida yang mengalir pada permukaan suatu benda. Untuk menentukan jenis aliran, dapat diketahui dengan menentukan nilai Reynolds dengan persamaan :

$$R = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

4.2 Bilangan Nusselt

Bilangan Nusselt adalah rasio pindah panas konveksi dan konduksi normal terhadap batas dalam kasus pindah panas pada permukaan fluida; bilangan nusselt adalah satuan tak berdimensi yang dinamai menggunakan nama Wilhelm Nusselt. Aliran panas konduksi dan konveksi sifatnya sejajar satu sama lainnya dan terhadap permukaan normal terhadap bidang batas, sehingga

$$Nu_L = \frac{hL}{k_f}$$

4.3 Konduktivitas Termal

Konduksi termal adalah suatu fenomena transport di mana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada

temperatur yang lebih rendah. Panas yang di transfer dari satu titik ke titik lain melalui salahsatu dari tiga metoda yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

konduktivitas termal = laju aliran panas $\times$ jarak / (luas $\times$ perbedaan suhu).

$$k = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{A \times \Delta T}$$

4.4 Rotary Kiln

Rotary Kiln adalah sebuah perangkat *pyroprocessing* yang digunakan untuk menaikkan temperatur material sampai pada suhu tinggi (kalsinasi) dalam suatu proses berkelanjutan.

Rotary Kiln memiliki tiga penyangga / support untuk dapat menahan berat kiln tersebut, penyangga ini sangat berperan penting untuk menahan tanur kiln agar tidak jatuh dan di salah satu support tersebut terdapat satu motor yang berfungsi untuk memutar kiln saat beroperasi, seperti pada gambar 1 berikut ini.



(Sumber: PT.Antam, 2015)

4.5 Komponen Rotary Kiln

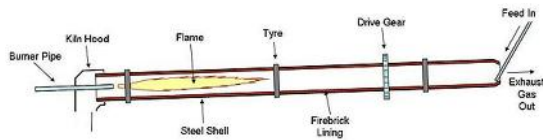
Komponen dari rotary kiln sebagai berikut :

- a) Shell
- b) Refractory
- c) Tyre
- d) Roller
- e) Thruster
- f) Gear Box
- g) Burner
- h) Blower

4.6 Prinsip Kerja Rotary Kiln

Karena kiln berputar, maka material secara bertahap bergerak menuju ujung bawah, dan tentunya akan mengalami sejumlah pengadukan dan pencampuran. Gas panas melewati sepanjang kiln, kadang-kadang dalam arah yang searah dengan material yang diproses (co-current), tetapi biasanya dalam arah yang berlawanan (counter-current). Gas panas dapat dihasilkan dalam tungku

eksternal, atau dapat dihasilkan oleh api di dalam tungku. Api yang dihasilkan dari burner-pipe (atau firing pipe) berperan seperti bunsen-burner yang besar. Bahan bakar untuk pembakaran ini bisa berasal dari bubuk.



Gambar 2. Prinsip kerja Rotary Kiln

(Sumber <http://www.cementkilns.co.uk/>)

5. Metodologi penelitian

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian adalah bulan november–desember 2015. Tempat pelaksanaan penelitian di rotary kiln unit 3 PT. ANTAM Tbk, (Persero) UBPN Sultra.

B. Alat dan bahan

Penelitian ini menggunakan data yang ada pada computer unstuck memonitor kondisi rotary kiln yang ada pada central control room (CCR) dan Thermometer Infrared.

C. Prosedur pengambilan data

Dalam melaksanakan penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan menggabungkan data sistem komputer pada ruang kontrol dan data pengukuran langsung.

1. Data sistem komputer ruang control meliputi :

- Kapasitas material yang masuk (T/H)
- Putaran rotary kiln (Rpm)
- Temperatur dalam rotary kiln (°C)
- Pressure air primary (m3/min)
- Pressure air secondary (m3/min)

2. Data pengukuran langsung meliputi:

- Spesifikasi rotary kiln
- Temperatur dinding rotary kiln (oC)
- Temperatur lingkungan (oC)
- Temperatur masuk material (°C)

6. Hasil dan pembahasan

Pengambilan data dilakukan pada saat rotary kiln unit 3 beroperasi dengan melihat proses pada sistem komputer untuk mengatur / mengontrol agar proses produksi berjalan sesuai standar operation prosedur (SOP) yang berlaku pada PT. Antam, (persero) Tbk. dan pengukuran secara langsung Seperti pada gambar dan tabel hasil pengamatan dibawah ini.



Gambar 3. Monitor control operasi rotary kiln. (Sumber: PT. Antam, 2015)



Gambar 4. Pengukuran langsung operasi rotary kiln. (Sumber: PT. Antam, 2015)

NO	KILN				Temperatur (°C)		Tekanan (m3/min)	
	Tyre	Panjang(m)	Beban t/h	Putaran (rpm)	T1	Kalsine	P1	P2
1	1-2	11,5	90	0,8	855	743	100	200
2	2-3	21,5	90	0,8	790	743		
3	3-4	33,5	90	0,8	634	743		
4	4-5	34,5	90	0,8	290	743		

Tabel 1. Data pengamatan system komputer rotary kiln.

No	Tyre	Panjang (m)	Temperatur (°C)		
			Dinding	Lingkungan	Feed
1	2-Jan	11,5	430	43	32
2	3-Feb	21,5	340	40	32
3	3-4	31,5	185	37	32
4	5-Apr	34,5	104	35	32

Tabel 2. Data Pengukuran dengan termometer infra merah.

- Diameter dalam = 5,3 m
- Diameter luar = 5,75 m
- Konduktivitas termal beton = 0,8 w/m.K
- Konduktivitas bahan baja = 50 w/m.K
- Panjang tyre 1-2 = 11,5 m
- Tahanan Termal A = $0,0014 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$
- Tahanan Termal B = $4,69 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$

- Laju perpindahan panas (q)

$$q = \frac{(T - T')}{R + R}$$

$$= \frac{(1 \text{ K} - 6 \text{ K})}{0,0 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 4,6 \frac{1}{\text{W}} - 5 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}}$$

$$= 276.751 \text{ W/m}$$

Laju perpindahan panas dari dalam ke permukaan dinding rotary kiln unit 3 pada tyre 1-2 dengan beban 40 t/h adalah 276.751 W/m

- Suhu limbak

$$T_f = (T_w + T_b) / 2$$

$$= (701.66 + 306) / 2$$

$$= 503,83 \text{ K}$$

(dibulatkan menjadi 504 K)

- Interpolasi temperatur dan densitas

T	p
500	0.7048
504	x
550	0.6423

Cara melakukan interpolasi :

$$X = \rho_a + (T_b - T_a) / (T_c - T_a) \cdot (\rho_c - \rho_a)$$

$$= 0,7048 + (0,8) \times (-0,625)$$

$$= 0.6998 \text{ kg/m}^3$$

Berdasarkan hasil interpolasi

p	Cp	μ	ν	k	p_r
kg/m ³	(kJ/kg.°C)	(kg/m.s)	(m ² /s)	(W/m.K)	
0.6998	1.0303	2.685×10^{-5}	38.42×10^{-6}	0.04064	0.68

- Bilangan Reynold = 276.271,13
- Bilangan prandalt = 133.879
- Koefisien perpindahan panas(h)

$$h = \frac{k}{D} N_{Ud}$$

$$= \frac{0.0}{5,3} \frac{\text{W/m.K}}{\text{m}} \times (133.879)$$

$$= 1,206 \text{ W/m. K}$$

- Laju perpindahan panas

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$= h \cdot 2\pi L \cdot (T_1 - T_3)$$

$$= 1,206 \text{ W/m. K} \times 2 \times 3,14 \times 11,5$$

$$(1090 \text{ K} - 320 \text{ K})$$

$$= 57.087 \text{ joule}$$

Panas yang terbuang kelingkungan pada tyre 1-2 beban 40 t/h adalah 57.087 joule

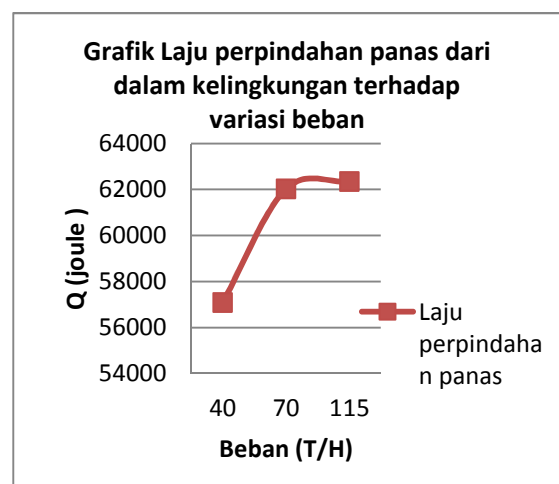
Dengan cara yang sama maka didapatkan hasil perhitungan pada lamiran 4-7

- Grafik



Grafik 1 : laju perpindahan panas dari dalam ke permukaan dinding terhadap variasi beban

Grafik diatas menunjukkan laju perpindahan panas dari dalam ke permukaan dinding kiln pada tyre 1-2 dengan variasi beban. Dari grafik terlihat bahwa laju perpindahan panas meningkat berdasarkan besarnya beban yang masuk kedalam rotary kiln. Pada beban 40 t/h laju perpindahan panas sebesar 276.751 W/m, pada beban 70 t/h laju perpindahan panas sebesar 321.592 W/m dan pada charge 115 t/h perpindahan panas sebesar 350.318 W/m.



Grafik 2 : laju perpindahan panas dari dalam kelingkungan terhadap variasi beban

Grafik diatas menunjukkan laju perpindahan panas dari dalam ke lingkungan rotary kiln pada tyre 1-2 dengan variasi beban 40 t/h, 70 t/h dan 115 t/h. Dari grafik terlihat bahwa panas yang terbuang meningkat berdasarkan besarnya bebanyang masuk kedalam rotary kiln. Pada charge 40 t/h laju perpindahan panas sebesar 57.087joule, pada charge 50 t/h perpindahan panas sebesar 62.021joule dan pada charge 115 t/h perpindahan panas sebesar 62.351joule.

7. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini :

1. Proses perpindahan panas pada rotary kiln unit secara konduksi dan konveksi paksa, panas merambat dari dalam sampai keluar kelingkungan hal ini terjadi dengan adanya perbedaan temperatur dimana temperatur dalam tertinggi berada pada tyre 1-2 pada beban 115 T/H sebesar 1275 K, temperatur dinding sebesar 775 K dan temperatur lingkungan sebesar 328 K.
2. Berdasarkan perhitungan panas yang terbuang kelingkungan terbesar pada tyre 3-4dengan beban 40 t/h 153.549 joule dengan luas permukaan (A) 210.38 m, koefisien perpindahan panas (h) 1,0828 W/m.k, bilangan reynold (Re) 319.863 aliran turbulen, bilangan nusselt (Nu) 151.442. Pada beban70 t/h sebesar 155.330 joule dengan luas permukaan (A) 210.38 m, koefisien perpindahan panas (h) 1,0825 W/m.k, bilangan reynold (Re) 322.893 aliran turbulen, bilangan nusselt (Nu) 152.112 dan pada beban 115 t/h sebesar 222.036 jouledengan luas permukaan (A) 210.38 m, koefisien perpindahan panas (h) 0,911 W/m.k, bilangan reynold (Re) 239.568 aliran turbulen, bilangan nusselt (Nu) 119.791.

Daftar Pustaka

- R.W. Serth, "Process Heat Transfer Copyright", UK: Elsevier Ltd, 2007.
- Dr. Eduardo Cao, "Heat Transfer in Process Engineering" , New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2010.
- Adrian Bejan & Allan D. Kraus, "Heat Transfer Handbook", New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- T. Kuppan, "Heat Exchanger Design Handbook", New York: Marcel Dekker, Inc, 2000.
- Geankoplis, C.J. 1987. Transport Process and Unit Operations. A11yn and Bacon Inc.
- Hartono, Rudi. 2008. Penukar Panas. Cilegon, Banten: Penerbit Camelia.
- Holman, J.P. 1987. Heat Transfer. New York: Mc Graw Hill.
- Kern, D.Q. 1950. Process Heat Transfer. New York: Mc Graw Hill.
- Masyithah, Z dan Haryanto, B. 2006. Perpindahan Panas. Medan: USU
- Sholeh, Muhamad. 2009. Perpindahan Panas. (<http://www.mohammadsholeh.wordpress.com/2009/08/18/amphp-ampp-5/>) [8 Mei 2011]
- Kern, D.Q., "Process Heat Transfer", International Student Edition, McGraw Hill Kogakusha, Ltd., New York.