

Analisa Perhitungan Keseimbangan Massa Dan Kalor Pada Unit *Rotary Dryer*

Anggi Sagitha Putri^{1*)}, Hablinur Alkindi¹⁾, Sumadi¹⁾

¹⁾Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: anggisagithaputri@gmail.com

ABSTRAK

Pembuatan semen terdiri dari beberapa tahap yaitu penambangan dan penyiapan bahan baku, pengeringan dan penggilingan bahan baku, pembakaran dan penggilingan akhir. Pengeringan dan penggilingan bahan baku dilakukan di *raw mill* unit. Proses ini penting dilakukan untuk mengurangi beban pada *burning unit* dan *finish mill* unit. Pada penelitian ini digunakan *rotary dryer* sebagai alat pengering bahan baku, kemudian *grinding mill* sebagai alat penggilingan dan pengeringan bahan baku. *Rotary dryer* berfungsi untuk menghilangkan/mengurangi kadar air *sandy clay* sebelum masuk *grinding mill*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa input dan output diagram alir massa dan panas, menghitung efisiensi *rotary dryer* dengan kapasitas 34.000 kg/jam dan menghitung panas yang hilang di *rotary dryer*. Metodologi penelitian ini menggunakan Analisa Keseimbangan massa dan panas. Hasil penelitian ini mengenai proses pengeringan bahan baku semen dengan menggunakan *rotary dryer* didapat bahwa masukan ke sistem pengeringan antara lain: *sandy clay* dan gas panas sedangkan keluarannya berupa *sandy clay* produk kering dan gas panas. Efisiensi hasil perhitungan panas dimana *rotary dryer* sebesar 60,76%. Panas yang hilang ketika proses pengeringan di *rotary dryer* sebesar 39.24%.

Kata kunci : Keseimbangan; massa; panas; *rotary dryer*; *sandy clay*

ABSTRACT

Cement making consisting of several mining stages, namely, and the provision of raw materials , drying and grinding raw materials , burning and grinding the end of .Drying and grinding raw materials was conducted in raw mill unit .The process it is important be taken to reduce a load on burning units and crossed the finish line mill unit .To research is used rotary blow dryer as the dryer raw materials , then grinding mill as a means of milling and drying raw materials .Rotary blow dryer serves to dispel / reduce the moisture content of sandy clay prior to entering grinding mill .This study aims to to analyze the input and output mass and heat , counting efficiency rotary blow dryer with the capacity of 34.000 kg per hours and counting heat who went missing in rotary blow dryer .Was used in the study methodology analysis equilibrium mass and heat .The result of the drying cement raw material obtained by using rotary dryer that input to the system include drying: sandy clay and hot gas while output sandy clay products such as dry and the results of hot gas. efficiency where rotary 60,76. dryer by percent. The heat lost when the process in a rotary dryer 39.24. dryer by percent.

Keywords: *Equilibrium; mass; heat; rotary dryer; sandy clay*

PENDAHULUAN

Pembuatan semen terdiri dari beberapa tahap yaitu penambangan dan penyiapan bahan baku, pengeringan dan penggilingan bahan baku, pembakaran dan penggilingan akhir. Pengeringan dan penggilingan bahan baku dilakukan di *raw mill* unit. Proses ini penting dilakukan untuk mengurangi beban pada *burning unit* dan *finish mill* unit. Pada pabrik ini digunakan *rotary dryer* sebagai alat pengering bahan baku, kemudian

grinding mill sebagai alat penggilingan dan pengeringan bahan baku.

Pada plant 3, *limestone*, *sandy clay*, pasir besi dan sand koreksi dikeringkan di dalam *mix rotary dryer*. *Rotary dryer* dialirkan gas panas dari suspension preheater dengan aliran searah (*co-current*). Suhu gas panas masuk pada *mix rotary dryer* sebesar 300-330°C dan suhu gas keluarnya 55-60°C. Produk keluar *rotary dryer* adalah raw material dengan moisture content <1%. Jika target tersebut tidak tercapai maka memperbesar beban kerja pada *grinding mill* dan

unit selanjutnya. Jika kadar air masuk grinding mill masih tinggi bahan akan menjadi lengket dan kemungkinan terjadi gumpalan pada alat lebih besar sehingga steel ball pada grinding mill perlu lebih sering dilakukan penggantian yang artinya biaya perawatan menjadi lebih tinggi.

Untuk mencapai target produk keluaran *rotary dryer* yang diinginkan, diperlukan evaluasi massa dan panas pada *rotary dryer*. Selain itu, diperlukan juga evaluasi mengenai efisiensi thermal pada *rotary dryer* guna mengetahui apakah proses pengeringan berjalan dengan baik.

Pada plant 4 PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk. tahapan proses yang dilakukan dalam pembuatan semen terdiri atas beberapa tahapan unit proses yaitu unit raw mill, unit burning/kiln, unit finish mill, unit coal mill dan unit packing. Unit kerja raw mill merupakan bagian yang mengolah bahan baku menjadi tepung baku (raw meal) yang kemudian diumpamakan ke unit burning/kiln. Unit raw mill umumnya terdiri dari beberapa peralatan utama antara lain *rotary dryer*, hopper, raw grinding mill, bucket elevator, air separator, cyclone dan electrostatic precipitator.

Pada tahap pembuatan tepung baku di *raw mill*, bahan baku diangkat dari *storage* menggunakan *belt conveyor* menuju *hopper* masing-masing bahan baku. Pada unit raw mill plant 4, bahan baku yang mengalami pengeringan adalah *sandy clay* karena kadar airnya paling tinggi diantara bahan baku yang lain. Bahan baku selain *sandy clay* langsung masuk ke *ball mill* bersama *sandy clay* yang sudah dikeringkan untuk digiling sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Rotary dryer pada plant 4 berfungsi untuk menghilangkan/mengurangi kadar air *sandy clay* sebelum masuk *grinding mill*. Jika efisiensi *rotary dryer* rendah dan kadar air masuk grinding mill masih tinggi bahan akan menjadi lengket dan kemungkinan terjadi gumpalan pada alat lebih besar sehingga *steel ball* pada *grinding mill* perlu lebih sering dilakukan penggantian yang artinya biaya perawatan menjadi lebih tinggi. Selain itu, jika *dryer* tidak efisien, kadar air keluar *grinding mill* yang seharusnya kurang dari 1% sulit dicapai sehingga proses berikutnya menjadi tidak efisien. Selain itu, jika kadar air yang keluar *dryer* masih terlalu banyak bisa menyebabkan *cyclone clogging*. Dalam penelitian (Romadhon, Muttaqin, & Sutjahjono,

2020) menunjukkan hasil pengeringan tertinggi didapat pada variasi putaran mesin 15 rpm dan 25 rpm dalam waktu pengeringan 75 menit dengan kadar air 94,81%. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui apakah proses pengeringan yang berlangsung berjalan dengan baik atau tidak.

Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisa *input* dan *output* diagram alir massa dan panas. Menghitung efisiensi *rotary dryer* dengan kapasitas 34.000 kg/jam serta menghitung panas yang hilang di *rotary dryer*.

Neraca Massa

Neraca massa dalam suatu sistem proses dalam industri merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan-bahan yang masuk, yang keluar, yang terakumulasi dan yang terbuang dalam sistem tersebut. Adapun neraca massa merupakan persamaan matematik yang disusun berdasarkan hukum kekekalan massa (*Law Conservation of Mass*) yaitu "*mass can neither be created or destroyed*". Pada perhitungan neraca massa perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Sistem

Bagian dari keseluruhan proses yang dituju dan dibatasi untuk memisahkan antara sistem dan bagian luar sistem. Diluar sistem disebut *surrounding* / lingkungan sedangkan sistem + *surrounding* disebut *Universe*.

2. Proses

Proses merupakan suatu peristiwa dimana bahan mengalami perubahan fisis maupun perubahan kimia ataupun keduanya. Contoh peristiwa fisis adalah pengeringan, destilasi, *screening* dan lain-lain. Adapun perubahan secara kimia pada perubahan yang disertai dengan reaksi kimia, adsorpsi, absorpsi, peristiwa reduksi dan oksidasi.

Proses yang disertai dengan perubahan kimia ataupun perubahan fisis dibedakan menjadi 2 yaitu proses yang *steady state* dan *unsteady state*. *Steady state* adalah proses dimana semua variable yang ditinjau, baik untuk keseluruhan sistem maupun pada suatu bagian / titik dalam sistem tidak berubah terhadap sistem. Adapun adalah proses yang tidak ajeg yang mana semua variabel proses pada keseluruhan sistem ataupun bagian dari sistem berubah terhadap waktu. Variabel proses tersebut bisa berupa tekanan, suhu, konsentrasi, kecepatan aliran, konveksi dan lain sebagainya

Rumus neraca massa :

$$Input - output + generation - consumption = accumulation.$$

Akumulasi untuk proses *steady state* = 0, sedangkan untuk proses akumulasi harus ada. Sedangkan untuk proses kimia yang *steady state* untuk input yang bereaksi = output produk yang dihasilkan.

Neraca Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai transportasi energi dari suatu tempat ke tempat lain, sebagai dampak dari perbedaan temperatur pada sistem yang dialiri panas tersebut. Pada perhitungan neraca panas maka digunakan perhitungan termodinamika I yang merupakan hukum kekekalan energi, yaitu : “ meskipun energi kalor (panas) telah berubah menjadi bentuk energi lain (usaha luar), jumlah seluruh energi tersebut selalu tetap”.

Menurut hukum diatas dapat dirumuskan secara umum :

$$Q = \Delta U + W$$

Keterangan :

Q = kalor yang dilepas/ diserap oleh sistem

W = usaha luar/kerja

ΔU = perubahan energi dalam

Catatan : Jika sistem melepas kalor nilai Q bertanda negatif ataupun sebaliknya dan sistem melakukan kerja maka nilai W bertanda positif ataupun sebaliknya.

Rumus neraca panas :

$$energi\ input - energi\ output + energi\ generation - energi\ consumption = accumulation$$

Rotary dryer

Rotary dryer atau bisa disebut *drum dryer* merupakan alat pengering berbentuk sebuah drum yang berputar secara kontinyu. *Rotary dryer* umumnya dipakai untuk proses pengeringan suatu bahan dengan kadar air yang cukup rendah. Media panas yang digunakan untuk *rotary dryer* umumnya berupa gas atau udara panas.

Pengering putar ini terdiri dari *shell*, berbentuk silinder dengan sudut kemiringan tertentu yang berputar horizontal. Umpam basah masuk dari ujung silinder, bahan kering keluar dari ujung lain. Panjang silinder berkisar 4 - 10 kali lebih besar dari diameter, dimana diameter berkisar antara 0,3 - 3 meter. Gerakan maju pada

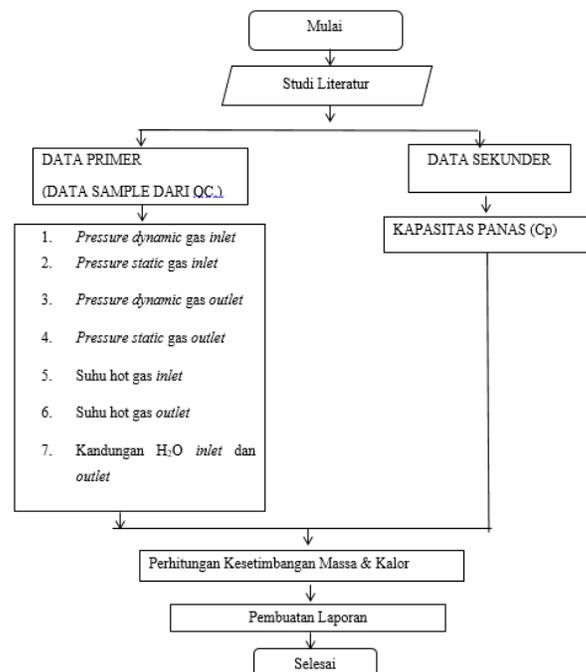
rotary dryer diakibatkan oleh gaya gravitasi, putaran silinder, kemiringan silinder dan adanya *flight*. *Flight* berfungsi untuk mengangkat padatan granul didasar kemudian ditumpahkan lagi pada posisi *flight* berada diatas.

Alat pengering yang terdapat pada *plant 3*, Citeurep Bogor adalah *rotary dryer* sistem aliran *co-current* yang artinya adalah material dan gas panas memasuki *dryer* satu arah. Pengeringan berlangsung akibat kontak material yang memiliki suhu rendah dengan gas panas dari SP yang masuk searah ke dalam *dryer* sehingga akan terjadi penguapan air dari material tersebut.

Karena jenisnya *co-current* maka akan lebih banyak air yang teruapkan di *inlet* proses drying. Gas panas yang masuk juga berfungsi sebagai pendorong material dalam *dryer*, disamping adanya kemiringan dan putaran *dryer* yang membantu mendorong material keluar. Material yang masuk akan berputar mengikuti arah putaran *dryer* sehingga material akan jatuh bila berada di posisi atas. Gas panas yang keluar masih mengandung debu, sehingga sebelum keluar gas dialirkan ke dalam *cyclone* terlebih dahulu kemudian ke EP untuk ditangkap debunya. Kemudian dari EP diumpun ke *grinding mill* pada proses berikutnya.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah ini adalah dengan analisis Uji Neraca Panas ASTM dan analisis Uji Neraca Massa ASTM untuk mendapatkan nilai hasil pengujian berdasarkan hukum Termodinamika I.

Pengambilan Data Untuk Perhitungan

Data yang dipakai di dalam perhitungan dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Dibawah ini merupakan matrik untuk pengambilan data pada analisis Neraca Massa dan Neraca Panas.

Data Primer

Data primer adalah data yang langsung diperoleh dari suatu percobaan atau yang berkaitan langsung dengan kondisi operasi suatu proses. Beberapa data diambil dari Central Control Room dan Quality Control dan pengambilan sampel secara langsung. Yaitu:

1. Pressure dynamic gas inlet
2. Pressure static gas inlet
3. Pressure dynamic gas outlet
4. Pressure static gas outlet
5. Suhu hot gas inlet
6. Suhu hot gas outlet
7. Kandungan H2O inlet dan outlet

Data langsung diberikan oleh operator CCP untuk temperatur di inlet maupun outlet. Kemudian data untuk beberapa gas parameter selanjutnya dilakukan dengan mengambil sampel material untuk diuji kadar H2O (moisture content) pada material tersebut. Untuk menguji berapa banyak air yang terkandung didalam material, maka material yang sudah diambil sampel nya tersebut dibawa ke laboratorium instrument untuk diuji kadar airnya.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari literatur atau studi pustaka. Data – data yang diperlukan adalah kapasitas panas (Cp).

Tabel 1. Senyawa kandungan bahan baku semen

Senyawa	A	B	C
SiO ₂	10,87	0,008712	-241200
Al ₂ O ₃	22,08	0,008971	-522500
Fe ₂ O ₃	24,72	0,01604	-423400
CaO	10	0,00484	-108000
MgO	10,86	0,001197	-208700
CaCO ₃	19,68	0,01189	-307600
MgCO ₃	16,9	0	0

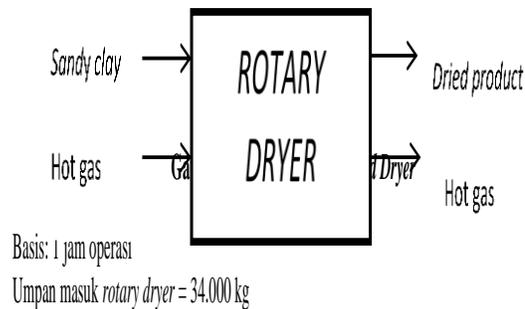
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data *pressure dynamic* dan *pressure static* diambil menggunakan alat ukur pitot tube mendapatkan data penelitian pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengambilan data

DATA	SATUAN	NILAI	Keterangan
<i>Sandyclay</i> masuk	ton/jam	34	Daily Report CCP
<i>Sandyclay</i>			
SiO ₂	% w/w	59,21	data QC
Al ₂ O ₃	% w/w	16,74	data QC
Fe ₂ O ₃	% w/w	5,51	data QC
MgO	% w/w	1,61	data QC
CaO	% w/w	2,84	data QC
SO ₃	% w/w	1,00	data QC
Komposisi <i>Kiln Feed</i>			
CaO	% w/w	42,39	data QC
Al ₂ O ₃	% w/w	3,53	data QC
Fe ₂ O ₃	% w/w	2,08	data QC
SiO ₂	% w/w	13,19	data QC
MgO	% w/w	2,14	data QC
SO ₃	% w/w	0,56	data QC
K ₂ O	% w/w	0,39	data QC
Na ₂ O	% w/w	0,13	data QC
<i>Moisture content (wb)</i>	%	13	data QC
<i>Moisture content out (db)</i>	%	8,38	data QC
Suhu <i>raw material (open yard)</i>	°C	28	Pengukuran
Suhu <i>raw material (out)</i>	°C	50	Pengukuran
Suhu <i>hot gas in</i>	°C	300	Pengukuran
Suhu <i>hot gas out</i>	°C	50	Pengukuran
Pressure Statis <i>hot gas in</i>	mmH ₂ O	60,13	Pengukuran
Pressure Dinamik <i>hot gas in</i>	mmH ₂ O	4,60	Pengukuran
Pressure static <i>hot gas out</i>	mmH ₂ O	103,93	Pengukuran
Pressure Dinamik <i>hot gas out</i>	mmH ₂ O	7,6	Pengukuran
<i>Diameter duct inlet</i>	M	2	Pengukuran
<i>Diameter duct outlet</i>	M	1.8	Pengukuran

Neraca keseimbangan massa pada *rotary dryer* terdiri dari input dan output. Input yang masuk ke dalam rotary dryer berupa sandy clay dan gas panas sedangkan output yang keluar *rotary dryer* adalah sandy clay yang sudah dikeringkan dan hot gas. Perhitungan neraca masa meliputi massa air sebelum dan sesudah masuk ke dalam rotary, massa air yang menguap, massa hot air, dan kebocoran udara. Gambar 1 menunjukkan diagram keseimbangan massa



Gambar 2. Digaram neraca kesembangan massa pengering rotary

Sand clay yang dimasukkan ke rotary seberat 34.000 kg. Massa air yang masuk menggunakan perhitungan massa basis basah 13%. Sehingga massa air yang masuk sebesar 4.420 kg. Massa air yang keluar dari rotary menggunakan basis kering 8.38% sehingga massa air yang keluar sebesar 2478 kg per jam. Massa air yang menguap adalah massa air yang masuk dikurangi massa air yang keluar *rotary dryer* yaitu sebesar 1941 kg per jam.

Massa jenis gas panas masuk sebesar $0,62 \text{ kg/m}^3$ sedangkan massa jenis gas keluar sebesar $0,63 \text{ kg/m}^3$. Sehingga massa gas panas yang masuk sebesar 71 kg/jam dan massa gas panas yang keluar sebesar 99 kg/jam. Kebocoran udara dalam proses pengeringan dihasilkan dengan mengurangi massa udara panas keluar dengan massa udara panas dan massa udara yang menguap. Massa udara yang terbawa oleh debu diasumsikan $1/9$ dari massa gas masuk atau sebesar 7933 kg per jamnya.

Suhu material masuk sebesar 28°C dan keluar sebesar 50°C . Sedangkan suhu gas masuk 300°C dan suhu gas keluar 50°C . Energi gas panas yang masuk sebesar 6.475.507,41 kkal. Panas material yang masuk sebesar 33.660 kkal. Panas yang untuk menguapkan air sebesar 2.707.250 kkal. Panas yang digunakan untuk memanaskan material 2.125,19 kkal. Panas yang hilang pada gas keluar adalah 905.256,5418 kkal. Panas yang hilang dari casing dryer 245,9754 kkal. Efsiensi termal sebesar 55.5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian ini mengenai proses pengeringan bahan baku semen dengan menggunakan *rotary dryer* didaapat bahwa masukan ke sitem pengeringan antara lain: *sandy clay* dan gas binas sedangkan keluaranya berupa *sandy clay* produk kering dan gas panas.
2. Efisiensi hasil perhitungan panas dimana *rotary dryer* sebesar 60,76%
3. Panas yang hilang ketika proses pengeringa di *rotary dryer* sebesar 39.24%

Saran

1. Suhu udara keluar *rotary dryer* dijaga di atas *wet bulb temperature* untuk mencegah kondensasi.
2. Memperbaiki isolasi *connecting duct* gas yang masuk *dryer* agar tidak ada kebocoran dan panas yang hilang secara konveksi minimum sehingga udara panas masuk *dryer* suhunya bisa dijaga tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Duda, W.H., 1985, "Cement Data Book International Process Engineering in Cement Industry", 3rd edition, Wiesbaden.
- Leitner, J., et al, 2003, "Estimation of Heat Capacities of Solid Mixed Oxides", *Thermochemica Acta*, vol.395.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1999, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 7th ed., McGrawHill Companies, Inc., New York.
- Sinnot, R.K., 2005, "Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design", Vol.6, 4th edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Romadhon, R., Muttaqin, A. Z., & Sutjahjono, H. (2020, Februari). PENGARUH PUTARAN ROTARY DRYER DAN WAKTU PROSES TERHADAP LAJU PENDINGINAN DAUN TEH HIJAU. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 4(2), 12-18.