

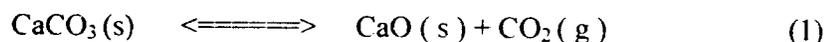
II. TINJAUAN PUSTAKA

Batu gamping banyak terdapat di alam. Jenis batuan ini bermacam-macam tergantung pada banyak sedikitnya kalsium yang dikandungnya. Batu gamping dengan bentuk kristal *hexagonal-rhombohedral* dan bersifat sedikit larut dalam air merupakan batu gamping yang mempunyai kandungan kalsium karbonat cukup tinggi. Karena kelarutannya kecil dalam air maka batu gamping ini harus dikalsinasi terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan lebih jauh (Elfil, 2001).

Kalsinasi batu gamping menghasilkan CaO atau dikenal kapur tohor. Kapur tohor berwarna putih atau abu-abu berbentuk gumpalan atau bubuk yang tidak berbau dan bersifat sangat kaustik. Kapur tohor meleleh pada 2572 °C dan mendidih pada 2850 °C (NOSB, 2002).

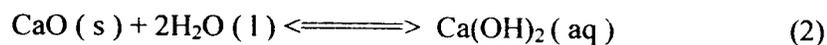
Berdasarkan hasil analisa kimia yang telah dilakukan, batu gamping asal Propinsi Riau mempunyai kandungan CaCO₃ sebesar 52,17 % - 53,95 % (Dinas Pertambangan Daerah Tingkat I Propinsi Riau, 2001). Dari data tersebut disimpulkan batu gamping ini termasuk kualitas baik untuk bahan baku pembuatan kapur tohor.

Menurut Zevenhoven (1996), dalam rentang suhu 800⁰C - 1200⁰C dan tekanan 1 atm, kalsinasi batu gamping berlangsung mengikuti persamaan reaksi,



yang menghasilkan gumpalan CaO dan gas CO₂. Kenaikan tekanan cenderung mengganggu proses kalsinasi. Kalsinasi sebaiknya dilaksanakan pada kondisi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi *over burned* dan *under burned*. Sifat fisik dan kimiawi CaO yang terbentuk sangat spesifik yang tergantung pada komposisi umpan CaCO₃ dan pengotor yang terikut. Tidak disebutkan tentang bagaimana kondisi optimum proses kalsinasi ini.

CaO dapat larut dalam air membentuk kalsium hidroksid atau dikenal dengan kapur padam dan menghasilkan panas.



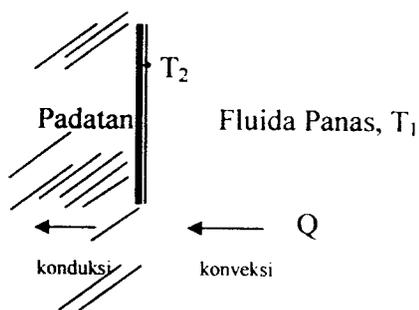
Bila kalsinasi dilakukan dalam kalsinator fluidisasi *vertikal kiln* yang dilengkapi penangkap gas, selain diperoleh gumpalan kapur tohor, akan dapat dipungut pula gas CO_2 yang memiliki nilai ekonomi yang juga tinggi (Kirk-Othmer, 1991a).

Dalam kalsinator fluidisasi, konveksi panas mengalir dari bawah tungku. Suhu proses sangat tergantung pada distribusi dan tingkat pemanasan dari bawah tungku. Kontak antara konveksi panas dengan batu gamping terjadi dalam kisi-kisi batuan, dengan demikian batu gamping juga bertindak sebagai unggun yang memperluas kontak perpindahan dan distribusi panas. Semakin luas permukaan kontak perpindahan panas maka akan semakin baik proses kalsinasi.

Brian dkk, (Shah, 1994) menyatakan bahwa untuk diameter partikel yang kecil, koefisien perpindahan massa bertambah dengan berkurangnya ukuran partikel. Harriot ((Shah, 1996) menyatakan untuk diameter partikel > 1000 mikrometer koefisien perpindahan massa berkurang dengan bertambahnya ukuran partikel.

Besar kecilnya temperatur berpengaruh pada harga koefisien kecepatan reaksi yang mengikuti persamaan Arrhenius. Jika temperatur dinaikkan, harga maka harga koefisien kecepatan reaksi maupaun perpindahan massa akan bertambah besar. Pada kondisi atmosferik, bila temperatur dinaikkan sebesar sepuluh derajat celcius mengakibatkan kenaikan harga konstanta kecepatan reaksi dua kali lipat atau lebih, hal ini mengindikasikan umumnya reaksi kimia mengontrol proses.

Proses konveksi panas dapat diasumsikan sebagai perpindahan panas antar fasa yang terjadi pada fluida dengan permukaan padatan didekatnya (Sediawan, 1997). Dalam hal ini dibayangkan ada suatu lapisan film fluida pada permukaan padatan yang mengontrol perpindahan panas.



Gambar 1. Skema Perpindahan Panas Dari Fluida panas (T_1) ke Permukaan Padatan (T_2)

Hukum Newton menyatakan bahwa:

$$Q = - h.A.(T_2 - T_1) = h.A.(T_1 - T_2)$$

dengan Q = transfer panas/waktu

T = Suhu

A = luas permukaan kontak

h = koefisien perpindahan panas.

Jika luas permukaan sukar dievaluasi, persamaan tersebut dapat diubah ke bentuk

$$Q = - \text{volume} \times h.a.(T_2 - T_1)$$

dengan a adalah luas persatuan volume, dan $h.a.$ dianggap sebagai satu kesatuan (koefisien perpindahan volumetris).

Dari permukaan batuan, aliran panas kemudian berkonduksi ke bulk batuan. perpindahan konduksi merupakan perpindahan panas yang tidak disebabkan gerak makroskopik medianya, tetapi oleh gerak molekul medianya. Hukum yang banyak dipakai untuk konduksi adalah hukum Fourier:

$$Q = - k.A. dT/dx$$

dengan x = jarak (posisi)

k = konduktivitas panas.

Sistem pemanasan konveksi dalam kalsinator fluidisasi biasanya terjadi secara *steady state*, sedangkan konduksi dalam batuan terjadi secara *unsteady state* terhadap waktu.

Bila diasumsikan batuan gamping seragam berbentuk bola pejal, dengan densitas ρ , kapasitas panas C_p dan konduktivitas panas k , maka konduksi dalam batuan gamping dapat dihitung dari neraca panas dan diperoleh distribusi suhu untuk tiap posisi dalam batuan dan waktu kalsinasi.

Neraca panas pada elemen volume bola setebal Δr , luas permukaan bola $A=4\pi r^2$ dan arah aliran panas dari permukaan ke dalam batuan maka,

Rate of input - Rate of output = Rate of Accumulation

$$\left[-k.(4\pi r^2) \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r+\Delta r} \right] - \left[-k.(4\pi r^2) \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_r \right] = (4\pi r^2) \cdot \Delta r \cdot \rho \cdot C_p \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\frac{r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_r - r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r+\Delta r}}{\Delta r} = \frac{r^2 \cdot \rho \cdot C_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t}$$

bila limit $\Delta r \longrightarrow 0$, maka

$$\frac{\rho \cdot C_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right] = \frac{1}{r^2} \left[r^2 \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + 2r \frac{\partial T}{\partial r} \right]$$

$$\boxed{\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{\rho \cdot C_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t}}$$

Dari gambaran tersebut kalsinasi diperkirakan dipengaruhi terutama oleh suhu dan ukuran butir. Dalam penelitian ini akan dicari pengaruh variabel suhu dan ukuran butir, sehingga diperoleh kondisi operasi yang optimum dalam proses kalsinasi batu gamping asal Kabupaten Indragiri Hulu Propinsi Riau.