



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam – macam proses pembuatan

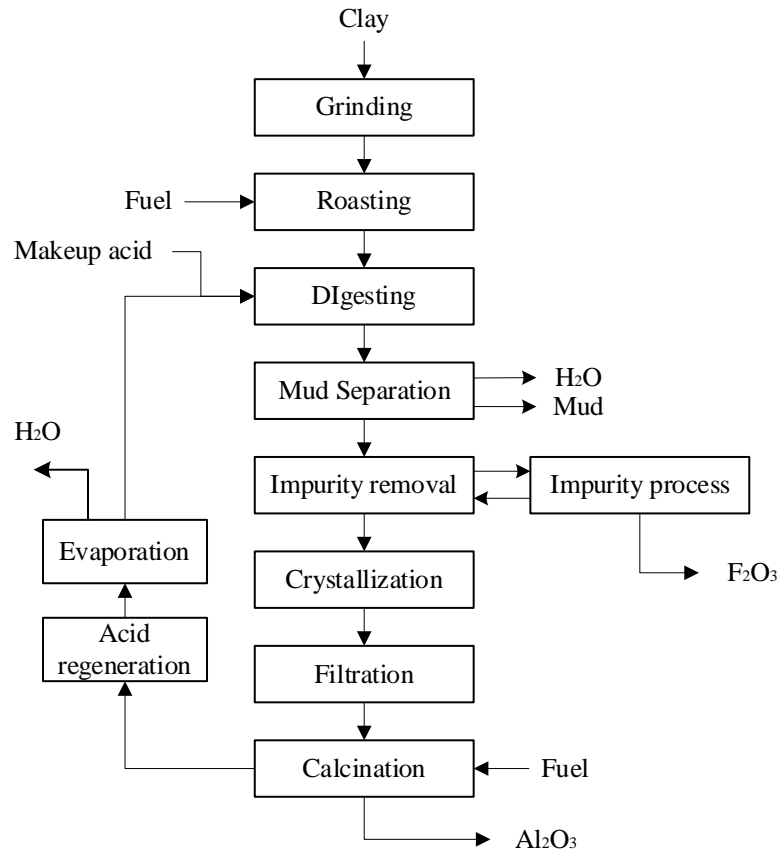
Proses produksi alumina pada dasarnya terdiri dari dua tahapan utama, yaitu kristalisasi dan netralisasi. Tahap kristalisasi melibatkan ekstraksi alumina dari bauksit menggunakan senyawa alkali, yang menghasilkan larutan supersaturasi yang kemudian mengkristal. Sementara itu, tahap netralisasi melibatkan reaksi bauksit dengan senyawa asam, menghasilkan alumina dalam bentuk gelatin yang kemudian dicuci. Meskipun kedua metode ini dapat digunakan, proses kristalisasi lebih umum diterapkan karena proses netralisasi memerlukan pencucian kristal alumina dari larutan utama yang kompleks dan memakan banyak energi (Seecharran, 2010).

II.1.1 Proses Asam

Proses asam mulai dikembangkan antara tahun 1910 dan 1930 dengan menggunakan bahan baku non-bauksit seperti anortosit, kaolin, dan tanah liat. Metode ini mencapai popularitas signifikan pada periode 1970 hingga 1980, terutama disebabkan oleh inflasi harga bauksit. Prinsip utama dari proses ini adalah acid-leaching untuk mengekstraksi alumina, di mana asam sulfat sering digunakan karena efektivitasnya yang tinggi dan biaya yang ekonomis. Namun, proses ini menghasilkan crude alumina yang terkontaminasi oleh besi, yang kemudian harus dimurnikan lebih lanjut (Seyuta, 2013). Dalam proses asam larutan yang dihasilkan selain mengandung pengotor besi juga mengalami kendala saat presipitasi alumina karena menghasilkan presipitat berbentuk gelatin yang sulit disaring dan dicuci. Kelebihan dari proses ini adalah kemampuannya untuk mengekstraksi alumina dengan tingkat kemurnian 98,35% (Yusheng, 2014). Namun, proses ini memiliki kelemahan, yaitu kompleksitas dalam pencucian kristal alumina dari mother liquor yang memerlukan energi yang besar (Sun, 2023).



PRA RENCANA PABRIK
PABRIK SGA (SMELTER GRADE ALUMINA) DARI BAUKSIT
MENGGUNAKAN PROSES BAYER



Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Asam

(Hudson,2002)

II.1.2 Proses Sinter

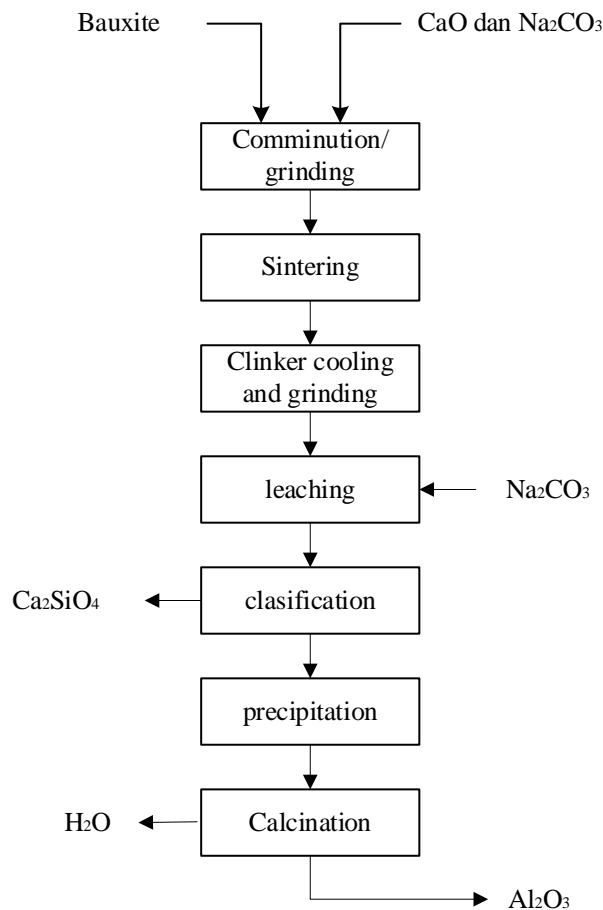
Proses sinter awalnya ditemukan oleh Henry Louis Le Chatelier dari Prancis, proses ini memiliki keuntungan dapat memproduksi alumina dari bauksit kualitas rendah yaitu bauksit dengan kadar silika yang tinggi. Proses sintering diawali dengan proses pencampuran padatan didalam rotary furnance pada temperatur 950 °C antara bauksit dan limestone (CaO) dan sodium karbonat (Na₂CO₃). Dimana limestone bereaksi dengan silika membentuk kalsium silikat (CaSiO₃) sedangkan alumina bereaksi dengan sodium karbonat membentuk sodium aluminat (NaAlO₂). Pada proses berikutnya yakni proses leaching menggunakan larutan Na₂CO₃, sodium aluminat terlarut sedangkan kalsium silikat mengendap. Alumina trihidrat (Al₂O₃.3H₂O) diperoleh dengan menginjeksikan gas CO₂ pada larutan sodium aluminat. Kemudian tahap



PRA RENCANA PABRIK
PABRIK SGA (SMELTER GRADE ALUMINA) DARI BAUKSIT
MENGGUNAKAN PROSES BAYER

kalsinasi mengubah sepenuhnya $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ menjadi Al_2O_3 . Proses sinter ini dapat mengekstraksi alumina sebesar 88% (sun 2023).

Proses sinter memiliki keuntungan dalam mengolah bahan baku berkualitas rendah, dan dalam pengembangannya, dapat menggunakan bahan non-bauksit seperti batu kapur dan tanah liat (clay). Namun, proses ini juga memiliki kekurangan, terutama jika menggunakan bahan baku dengan alkalinitas rendah, yang dapat mengakibatkan penurunan yield produksi. Proses sinter juga memerlukan konsumsi energi yang besar, dan pada saat ini, biaya natrium karbonat (Na_2CO_3) juga kurang ekonomis (Senyuta, 2013).



Gambar II. 2 Diagram alir proses sinter

(Hudson,2002)



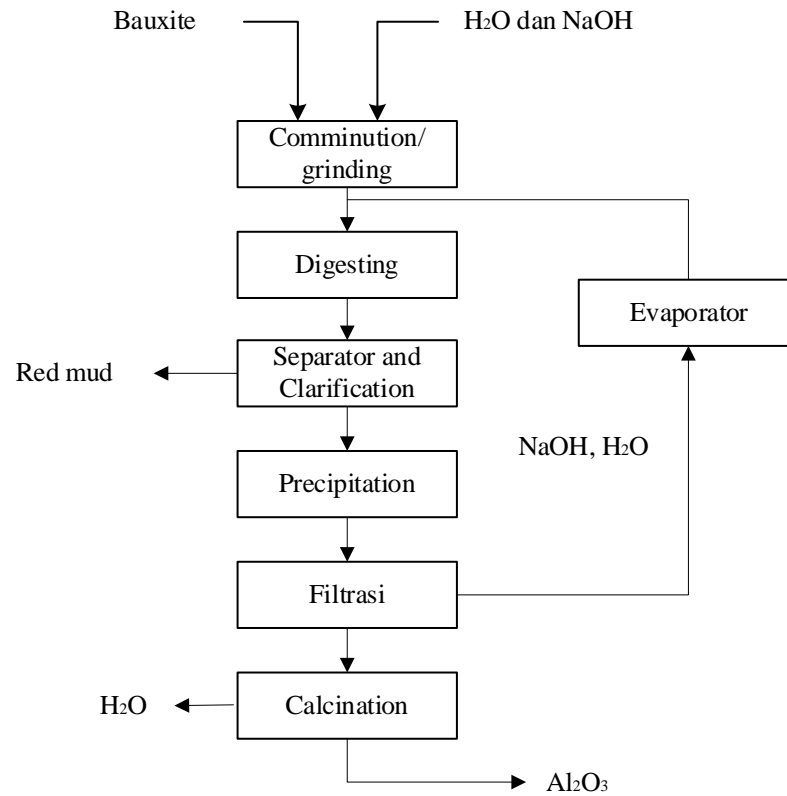
PRA RENCANA PABRIK
PABRIK SGA (SMELTER GRADE ALUMINA) DARI BAUKSIT
MENGGUNAKAN PROSES BAYER

II.1.3 Proses Bayer

Proses Bayer ditemukan oleh Karl Bayer (Rusia) pada tahun 1887 dengan menggunakan soda kaustik. Proses ini menjadi umum digunakan dan lebih menguntungkan dalam memproduksi alumina murni (Al_2O_3) dari bauksit karena dapat dioperasikan pada suhu yang lebih rendah dan endapan yang dihasilkan mudah disaring dan dicuci (Habashi, 2005). Bauksit jenis gibsit memerlukan suhu reaksi sekitar 140°C , sementara jenis bohmit membutuhkan suhu yang lebih tinggi antara $200\text{-}240^\circ\text{C}$. Meskipun peningkatan suhu dapat meningkatkan ekstraksi, namun hal ini juga dapat menyebabkan masalah korosi pada peralatan dan kemungkinan oksida selain alumina juga larut dalam soda kaustik. Proses Bayer memiliki kelebihan dalam konsumsi energi yang relatif rendah yaitu sekitar 12 GJ/ton alumina (Alton, 2014). Proses Bayer dimulai dengan pemecahan dan penggerusan bauksit. kemudian bauksit dicampur dengan larutan NaOH (digestion) menggunakan media pemanas berupa uap pada tekanan sekitar (4 - 4,6 atm) dan suhu $140\text{-}150^\circ\text{C}$. Proses Bayer dapat mengekstraksi alumina sekitar 90%. Konsentrasi NaOH yang digunakan berkisar antara 200-350 g/L. Proses ini berlangsung selama sekitar 45 menit dan menghasilkan larutan sodium aluminat yang dapat dipisahkan dari red mud (Bagashaw, 2017; Reijkeboer, 1999). Bauksit yang akan diproses menggunakan metode Bayer harus memiliki kadar alumina yang tinggi, yaitu lebih dari 45% Al_2O_3 , dan kandungan silika reaktifnya harus rendah. Hal ini disebabkan karena silika reaktif akan larut bersama NaOH, yang menyebabkan peningkatan kebutuhan NaOH seiring dengan peningkatan kandungan silika reaktif dalam bijih bauksit. Secara umum, jika bijih bauksit mengandung silika reaktif lebih dari 7% (berdasarkan berat kering), penggunaan metode Bayer menjadi tidak ekonomis (Smith, 2009).



PRA RENCANA PABRIK
PABRIK SGA (SMELTER GRADE ALUMINA) DARI BAUKSIT
MENGGUNAKAN PROSES BAYER



Gambar II. 3 Diagram alir proses bayer

(Hudson,2002)



PRA RENCANA PABRIK
PABRIK SGA (SMELTER GRADE ALUMINA) DARI BAUKSIT
MENGGUNAKAN PROSES BAYER

II.2 Seleksi Proses

Berikut adalah tabel seleksi proses pada proses pembuatan Al_2O_3 berdasarkan pertimbangan kelebihan dan kekurangan dari berbagai macam proses:

Tabel II. 1 Pemilihan Proses Pembuatan Smelter Grade Alumina

Kriteria	Proses Asam	Proses Sinter	Proses Bayer
Bahan Baku utama	Non bauxite (Anortosit, kaolin, tanah liat)	Bauksit (dapat menggunakan bauksit kualitas rendah)	Bauksit (Kadar silika kurang dari 7%)
Bahan Baku pendukung	HCl	Na_2CO_3 NaOH	NaOH
Konversi digester	98,35%	88-92%	90%
Produk samping	Red mud	Red mud	Red mud
Konsumsi energi	43 GJ/ton alumina	34-45 GJ/Ton alumina	12 GJ/ Ton alumina
Waktu reaksi	90-120 min	90 min	30-40 min
Sumber	Ethal (1966) Yusheng (2014)	Sun (2023) Alton (2014) Maghami (2022)	Rejkeboer (1999) Alton(2014)

II.3 Uraian Proses Terpilih

Proses pembuatan Smelter Grade Alumina dari bauksit menggunakan proses Bayer. Proses bayer di pilih karena bahan baku yang digunakan adalah bauksit dengan kadar silika kurang dari 7 % dan proses bayer membutuhkan enegi yang lebih rendah dari proses lain

Proses Bayer dibagi menjadi tiga tahap utama:

1. Tahap Digestion
2. Tahap Precipitation
3. Tahap Calcination

II.3.1 Tahap Digestion

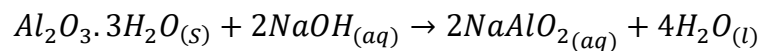
Tahap digestion dimulai dengan proses penggilingan bauksit yang diangkut oleh bucket elevator (J-122) dari belt conveyor (J-121) dan kemudian dihancurkan oleh ball mill (C-123) menjadi bagian-bagian kecil dengan ukuran



PRA RENCANA PABRIK
PABRIK SGA (SMELTER GRADE ALUMINA) DARI BAUKSIT
MENGGUNAKAN PROSES BAYER

sekitar 20 mesh. Natrium Hidroksida dengan kadar 48% dari supplier diumpankan ke tangki pengenceran (M-112). Pada tangki pengenceran Natrium hidroksida yang kadarnya semula 48% diencerkan hingga kadarnya 24% dengan penambahan air proses dari utilitas.

Setelah persiapan bahan baku, bauksit dari ball mill (C-123) diumpankan kedalam reaktor digester (R-130), secara bersamaan dengan natrium hidroksida yang telah diencerkan konsentrasinya. Sebelum memasuki reaktor digester (R-130) larutan NaOH dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu 140 °C. Di dalam reaktor terjadi reaksi antara alumina yang terkandung dalam bauksit dengan natrium hidroksida membentuk natrium aluminat dengan air dan inert. Reaksi yang terjadi :



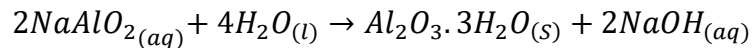
Reaksi tersebut berlangsung pada suhu 140 °C dan tekanan 4 atm. Reaksi terjadi secara kontinyu dan pengadukan dilanjutkan selama 1 jam, dan konversi reaksi pada reaktor digester sebesar 90%. Produk natrium aluminat kemudian di pompakan ke flash tank (H-132), pada flash tank terjadi penurunan tekanan menjadi tekanan atmosferik. Kemudian larutan natrium aluminat di alirkan menuju clarifier (H-133). Pada clarifier padatan inert atau yang disebut red mud dipisahkan dengan larutan natrium aluminat. Larutan natrium aluminat yang overflow di umpan kan ke tangki presipitator (H-210). Inert atau red mud yang telah di pisahkan kemudian di tampung pada tangki penampungan (H-134) dan di treatment terlebih dahulu sebelum di buang ke disposal. Larutan natrium aluminat di dinginkan terlebih dahulu menggunakan Cooler (E-157) hingga suhu 65 °C sebelum dipompa ke tangki presipitator (H-210) (Hudson, 2002).

II.3.2 Tahap Precipitation

Tahap precipitation dimulai dengan mendinginkan larutan natrium aluminat hingga suhu 65 °C kemudian di umpankan ke tangki presipitator (H-210) Setelah masuk tangki presipitator larutan dikristalkan hingga terbentuk bijih kristal alumina trihidrat, reaksi yang terjadi :



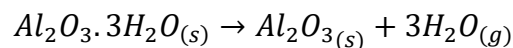
PRA RENCANA PABRIK
PABRIK SGA (SMELTER GRADE ALUMINA) DARI BAUKSIT
MENGGUNAKAN PROSES BAYER



Hasil pembentukan kristal alumina trihidrat dengan larutan NaOH dipompa ke hydrocyclone (H-212) untuk di pisahkan dari cairan yang banyak mengandung NaOH. Cairan tersebut kemudian dialirkan menuju mixer (M-114) untuk diencerkan hingga 24%. Kristal yang masih dalam bentuk hidrat dipompakan dan diproses dalam rotary drum vacuum filter (H-220) untuk mendapatkan kristal hidrat yang lebih padat dengan mencuci cake yang telah terbentuk menggunakan air proses yang kemudian akan dibawa oleh screw conveyor (J-222) menuju tahap kalsinasi. Sedangkan cairan hasil dari rotary vacuum filter (H-220) yang mengandung seed atau bibit alumina trihidrat di endapkan terlebih dahulu di clarifier sebelum dipompakan ke tangka precipitator (H-210). Fungsi dari bibit alumina trihidrat tersebut adalah untuk memicu terbentuknya kristal alumina (Featherston,1972)

II.3.3 Tahap Calcination

Proses selanjutnya adalah proses kalsinasi yang dilakukan pada rotary kiln (B-310) yang berlangsung pada suhu sekitar (950-1100) °C dengan tujuan untuk membentuk alumina dengan kualitas *high grade* dengan cara menguapkan kandungan airnya. Reaksi yang terjadi:



Setelah melalui proses kalsinasi, produk kemudian didinginkan menggunakan Rotary Cooler (J-315) untuk menurunkan suhu alumina hingga 50°C. Setelah itu produk alumina dibawa oleh bucket elevator (J-316) menuju ball mill (C-317) untuk menyeragamkan ukuran partikel hingga ukuran 48 mesh. Produk alumina yang telah seragam akan keluar dan di simpan pada tangki penyimpanan (F-320) (Mohri, 1996).