

INTISARI

Hingga kini pemanfaatan mineral yang mengandung TiO₂ di Indonesia belum dilakukan secara maksimal. Padahal kebutuhan akan TiO₂ semakin meningkat di industri pigmen, industri fotokatalitik, dan sel surya. Mineral sumber titanium paling banyak di Indonesia merupakan mineral ilmenit dengan kadar TiO₂ yang relatif rendah. Diperlukan metode baru untuk mengekstraksi dan mensintesis titanium dioksida dari bahan baku mineral ilmenit kadar rendah. Salah satu metode alternatif adalah fusi kaustik yang menggunakan alkali seperti natrium hidroksida (NaOH). Proses sintesis menggunakan alkali relatif lebih ekonomis karena *reagent* asam yang diperlukan lebih sedikit. Melalui proses dekomposisi terlebih dahulu ini maka dimungkinkan untuk mengolah dan memurnikan jenis mineral ilmenit yang lebih beragam yang selama ini jarang digunakan seperti *titanomagnetites*, *titanohematites*, dan *pseudobrookite*.

Penelitian ini difokuskan pada karakterisasi sumber mineral ilmenit (ilmenit kadar tinggi dan kadar rendah) serta proses dekomposisi menggunakan NaOH (fusi kaustik) untuk memecah pengotor yang terdapat pada konsentrat pasir besi agar menghasilkan TiO₂ dengan kemurnian tinggi. Variabel yang berpengaruh dalam proses dekomposisi adalah rasio berat alkali:ilmenite, temperatur fusi, waktu fusi, dan ukuran partikel. Pemurnian titanium dioksida dilakukan menggunakan proses pelindian dengan asam klorida yang dilanjutkan proses pencucian air, pengendapan, dan kalsinasi. Model kinetika dikembangkan untuk merepresentasikan kinetika proses dekomposisi konsentrat pasir ilmenit.

Hasil karakterisasi mineral menunjukkan bahwa pada bijih ilmenit kadar rendah asal Banten memiliki senyawa yang dominan adalah ilmenit (FeTiO₃), magnetit (Fe₃O₄), dan coesit (SiO₂). Distribusi magnetisasi untuk setiap ukuran partikel $\geq 85\%$ bersifat magnetis. Pada ilmenit Bangka, senyawa yang dominan adalah ilmenit (FeTiO₃), rutil (TiO₂), kasiterit (SnO₂), rhodonit (MnSiO₃), dan kuarsa (SiO₂) dengan $\geq 97\%$ bersifat magnetik. Hasil analisis metalografi menunjukkan bahwa sampel magnetik banyak mengandung unsur logam sedangkan pada yang tidak magnetik banyak mengandung unsur bukan logam.

Hasil data TGA dan DTG menunjukkan bahwa dekomposisi berlangsung melalui tiga tahap penurunan berat. Parameter kinetik untuk dekomposisi ilmenit, yaitu energi aktivasi dan faktor pra-eksponensial, diperoleh dengan metode isokonversi konvensional (dua integral [KAS dan FWO] dan satu metode diferensial [Friedman]). Energi aktivasi dan faktor pra-eksponensial yang dihitung dengan metode yang dihitung pada rentang derajat konversi (0,1-1) menunjukkan tren yang serupa dan menunjukkan mekanisme reaksi yang *multistep*. Metode KAS dan FWO menghitung profil energi aktivasi dari nilai konversi dengan hasil mulai dari 8,7 - 149,11 kJ/mol. Analisis XRD produk fusi mengungkapkan bahwa suhu minimum untuk pembentukan natrium besi titanat dalam jumlah besar adalah 850°C.

Seiring meningkatnya temperatur fusi, rasio NaOH:Ti (b/b), dan waktu fusi maka semakin banyak pengotor yang terlarut pada proses pelindian air. Ukuran partikel tidak begitu berpengaruh terhadap komposisi unsur-unsur pengotor pada padatan hasil fusi. Variabel yang paling berpengaruh secara berurutan adalah rasio NaOH: Ti (b/b), waktu fusi, dan ukuran partikel.

Kondisi optimal hasil penelitian adalah rasio NaOH:Ti (b/b)=2:1, waktu fusi 60 menit, temperatur fusi 850°C, dan ukuran partikel -100+150 mesh. Produk TiO₂ yang dihasilkan memiliki kemurnian $\geq 92\%$, *recovery* Ti berkisar $\pm 70\%$ dan pengurangan Fe berkisar $\pm 98\%$.

Kata kunci: fusi kaustik, ilmenit, nano-partikel, titanium dioksida, yield.

ABSTRACT

Until now, utilization of TiO₂-containing minerals in Indonesia has not been carried out optimally. Even though demand for TiO₂ in industries such as pigments, photocatalysis, and solar cells is increasing. In Indonesia, low-grade ilmenite is the most abundant mineral source of titanium. As a result, new developments in the extraction and synthesis of titanium dioxide from more abundant raw materials, specifically the low-grade ilmenite mineral, are required. Caustic fusion is another method that uses alkalis like sodium hydroxide (NaOH) and potassium hydroxide (KOH). Because less acid reagent is required, the alkali synthesis process is relatively inexpensive. This prior decomposition process allows for the processing and purification of previously unutilized ilmenite minerals such as titanomagnetites, titanohematites, and pseudobrookite.

This research focused on the characterization (high and low grade) of ilmenite and the caustic fusion decomposition to break down impurities found in iron sand concentrate to produce high-purity TiO₂. Variables that influence the decomposition process are the weight ratio of alkali: ilmenite, decomposition/fusion temperature, decomposition time, and particle size. Titanium dioxide purification is carried out using a leaching process with hydrochloric acid followed by water washing, precipitation, and calcination processes. The kinetic model was developed to represent the kinetics of the ilmenite sand concentrate decomposition process.

The mineral characterization results revealed that the dominant compounds in low-grade ilmenite ore from Banten were ilmenite (FeTiO₃), magnetite (Fe₃O₄), magnesioferrite (Fe₂MgO₄), and coesite (SiO₂). Magnetization distribution by particle size; more than 85% of particles are magnetic. The dominant compounds in Bangka ilmenite are ilmenite (FeTiO₃), rutile (TiO₂), cassiterite (SnO₂), rhodonite (MnSiO₃), and quartz (SiO₂), with ≥97% being magnetic. The metallographic analysis revealed that the magnetic samples contained a high concentration of metal elements, whereas the non-magnetic samples contained a high concentration of non-metallic elements.

The results of the TGA and DTG data show that the decomposition proceeds through three stages of weight loss. The activation energy and pre-exponential factor were obtained by conventional isoconversion methods (two integral [KAS and FWO] and one differential method [Friedman]). This method calculates the activation energy profile from conversion values with yields ranging from 8.7 - 149.11 kJ/mol. XRD analysis of the fusion products revealed that the minimum temperature for the formation of large quantities of sodium iron titanate is 850°C.

As the fusion temperature increases, the NaOH: Ti ratio (w/w) and the fusion time increase, and more impurities are dissolved in the water-leaching process. Particle size does not really affect the composition of the impurities in the fusion solid. The levels of impurities tend to be the same for each particle size with almost the same decrease in levels. The most influential variables sequentially are the ratio of NaOH: Ti (w/w), fusion time, and particle size.

The optimal conditions of the research results are the ratio of NaOH: Ti (w/w)=2:1, fusion time of 60 minutes, fusion temperature of 850°C, and particle size of -100+150 mesh. The resulting TiO₂ product has a purity of ≥92%, the recovery of Ti is around ±70% and the reduction of Fe is around ±98%.

Keywords: caustic fusion, ilmenite, nanoparticles, titanium dioxide, yield.