

INTISARI

Fosfat merupakan komponen esensial dalam produksi pupuk yang berperan penting dalam mendukung produktivitas pertanian dan ketahanan pangan global. Optimalisasi produksi asam fosfat melalui wet process memerlukan pemahaman kinetika pelarutan batuan fosfat yang melibatkan reaksi heterogen antara batuan fosfat dan asam sulfat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinetika pelarutan batuan fosfat asal Mesir, Senegal, dan Aljazair pada suhu 50°C dan 90°C dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 sebesar 15%, 25%, dan 50%. Eksperimen dilakukan dalam reaktor batch berpengaduk, dan konsentrasi fosfat terlarut dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk menentukan perkembangan konversi terhadap waktu. Analisis kinetika dilakukan menggunakan Shrinking Core Model (SCM) untuk mengidentifikasi mekanisme pengendali reaksi, serta model Avrami termodifikasi dengan parameter plateau untuk memperoleh representasi kinetika yang lebih komprehensif melalui pendekatan global fitting berbasis persamaan Arrhenius. Hasil menunjukkan bahwa kondisi terbaik dicapai pada 50% H_2SO_4 dan 90°C dengan konversi maksimum masing-masing 68,17% (Mesir), 59,62% (Senegal), dan 57,95% (Aljazair). Evaluasi menggunakan SCM menunjukkan mekanisme dominan berupa difusi melalui lapisan produk dengan nilai ARE 21–23%. Model Avrami memberikan kecocokan yang lebih baik dengan nilai ARE 5–9% dan energi aktivasi sebesar 8000 J/mol. Nilai eksponen $n < 1$ mengindikasikan bahwa proses pelarutan dikendalikan oleh hambatan difusi yang meningkat akibat pembentukan lapisan gipsium selama reaksi berlangsung, sedangkan penambahan parameter plateau diperlukan untuk merepresentasikan kecenderungan sistem menuju batas konversi maksimum akibat pembentukan lapisan produk dan fenomena pasivasi. Secara keseluruhan, peningkatan suhu dan konsentrasi asam sulfat meningkatkan konversi reaksi, namun sistem pelarutan batuan fosfat dalam kondisi yang diteliti lebih dominan dikendalikan oleh hambatan difusi dibandingkan oleh reaksi kimia pada permukaan partikel.

Kata kunci: Batuan Fosfat; Asam Sulfat; Kinetika Reaksi; Shrinking Core Model; Model Avrami.

ABSTRACT

Phosphate is an essential component in fertilizer production and plays a critical role in supporting agricultural productivity and global food security. Optimization of phosphoric acid production via the wet process requires a comprehensive understanding of the dissolution kinetics of phosphate rock, which involves a heterogeneous reaction between solid phosphate rock and sulfuric acid. This study aims to evaluate the dissolution kinetics of phosphate rocks originating from Egypt, Senegal, and Algeria at temperatures of 50°C and 90°C with sulfuric acid concentrations of 15%, 25%, and 50%. Experiments were conducted in a stirred batch reactor, and dissolved phosphate concentration was analyzed using UV–Vis spectrophotometry to determine conversion as a function of time. Kinetic analysis was performed using the Shrinking Core Model (SCM) to identify the rate-controlling mechanism, and a modified Avrami model with a plateau parameter was applied through global fitting based on the Arrhenius equation to obtain a more comprehensive kinetic representation. The results indicate that the best condition was achieved at 50% H₂SO₄ and 90°C, yielding maximum conversions of 68.17% (Egypt), 59.62% (Senegal), and 57.95% (Algeria). SCM evaluation suggests that diffusion through the product layer is the dominant mechanism, with ARE values of 21–23%. The modified Avrami model provides better agreement with experimental data, showing ARE values of 5–9% and an activation energy of 8000 J/mol. The Avrami exponent ($n < 1$) indicates progressive diffusion limitation due to gypsum layer formation and the tendency toward a maximum conversion limit. Overall, increasing temperature and acid concentration enhances conversion; however, the system is predominantly controlled by diffusion resistance rather than surface chemical reaction.

Keywords: *phosphate rock; sulfuric acid; reaction kinetics; Shrinking Core Model; Avrami model.*