

Salah satu elemen pendukung produksi bahan bakar reaktor nuklir adalah zirkonium. Zirkonium dapat digunakan untuk kelongsong bahan bakar nuklir dan berpotensi menggantikan SiC sebagai pelapis bahan bakar reaktor bentuk kernel karena sifat material zirkonium yang kuat, titik leleh tinggi, tahan korosi, serta mempunyai luas tampang serapan neutron rendah. Sebagai persyaratannya zirkonium harus berderajat nuklir yakni memiliki kandungan hafnium kurang dari 100 ppm. Salah satu metode yang populer untuk memisahkan zirkonium dan hafnium adalah dengan ekstraksi cair – cair. Umpan zirkonium – hafnium dalam larutan asam nitrat 3 M dan campuran TBP + kerosin masing – masing dengan variasi konsentrasi tertentu dikontakkan menggunakan *mechanical shaker* berkecepatan 100 rpm selama 90 menit. Setelah didiamkan selama 24 jam fasa organik dan fasa air dipisahkan. Konsentrasi zirkonium – hafnium dalam rafinat (fasa air) dianalisis menggunakan seperangkat alat ICP – OES, sedangkan konsentrasi pada ekstrak dihitung menggunakan neraca massa. Tujuan dari penelitian ini adalah menyusun model kesetimbangan cair – cair untuk memprediksi distribusi zirkonium dan hafnium pada sistem larutan asam nitrat encer – TBP + kerosin.

Lima model kesetimbangan cair – cair diajukan untuk mendekati data kesetimbangan zirkonium dan hafnium pada sistem larutan asam nitrat encer – TBP + kerosin. Kesetimbangan zirkonium dan hafnium pada sistem larutan asam nitrat encer – TBP + kerosin dapat didekati dengan Model 3 dan Model 4. Model 3 memasukkan penyimpangan hukum distribusi Nerst yang berasal dari interaksi fisis antara molekul – molekul dalam sistem. Penyimpangan tersebut dinyatakan dengan nilai koefisien aktivitas ( $\gamma$ ). Untuk mempermudah perhitungan diasumsikan larutan yang terjadi adalah ideal dengan nilai  $\gamma$  sama dengan satu. Model 4 melakukan pendekatan kesetimbangan kimia dengan konsep kesetimbangan fisis, sehingga stoikhiometri reaksi kimia tidak diperlukan lagi. Model 3 mampu mencakup kisaran konsentrasi TBP yang lebih luas (0,7284 – 2,1853 M), namun perhitungannya menjadi lebih rumit jika Model 3 memperhatikan ketidak-idealan sistem larutan karena perlu ada modifikasi perhitungan koefisien aktifitas. Model 4 perhitungan sangat sederhana, lebih presisi namun berlaku untuk kisaran konsentrasi TBP yang lebih sempit (1,2748 – 2,1853 M). Ralat relatif rata – rata untuk zirkonium : hafnium pada Model 3 dan Model 4 berturut – turut adalah 12,37% : 12,24%, dan 10,69% : 12,09%.

**Kata Kunci:** kesetimbangan cair – cair, ekstraksi, distribusi, zirkonium, hafnium, asam nitrat, TBP, kerosin

## ABSTRACT

*One of the supporting elements of nuclear reactor fuel production is zirconium. Zirconium can be used for nuclear fuel cladding and potentially replace SiC as a kernel reactor fuel coating because of the zirconium properties which is strong, high melting point, corrosion resistance, and have a low surface area of neutron absorption. As nuclear degree requirements zirconium must contain hafnium less than 100 ppm. One popular method for separating zirconium and hafnium is by liquid-liquid extraction. The feed of zirconium-hafnium in 3 M solution of nitric acid and mixtures of TBP + kerosene with a particular concentration variation and be contacted using a mechanical shaker with speed of 100 rpm for 90 minutes. After being settling for 24 hours and the organic phase and water phase was separated. The concentration of zirconium - hafnium in the raffinate (water phase) was analyzed using a set of tools named ICP - OES, while the concentration of the extract is calculated using a mass balance. The aim of this study was to develop a model of liquid - liquid equilibrium to predict the zirconium and hafnium distribution in the system nitric acid solution - TBP + kerosene.*

*Five liquid - liquid equilibrium models were proposed to approximate equilibrium data of zirconium and hafnium in nitric acid solution system - TBP + kerosene. Equilibrium of zirconium and hafnium in solution system of nitric acid - TBP + kerosene can be approximate by using 3<sup>rd</sup> Model and 4<sup>th</sup> Model. 3<sup>rd</sup> Model involving the deviation of Nerst distribution law derived from physical interactions between molecules in the system. The deviation is expressed by activity coefficient( $\gamma$ ). To simplify the calculation it is assumed that the solution is an ideal solution with  $\gamma$  value equal to one. 4<sup>th</sup> Model was performing approximation of chemical equilibrium with the concept of physical equilibrium, so that the stoichiometry of the chemical reaction is no longer required. 3<sup>rd</sup> Model can cover a range of wider concentrations of TBP (from 0.7284 to 2.1853 M), but the calculations is more complicated if 3<sup>th</sup> Model take notice to the nonideality factor because it requires modification of activity coefficient calculation. 4<sup>th</sup> Model is very simple calculation, more precise but can be applied to narrower range concentration of TBP (1.2748 to 2.1853 M). average relative error for zirconium: hafnium in 3<sup>rd</sup> Model and 4<sup>th</sup> Model are 12,37%: 12.24%, and 10.69%: 12.09% respectively.*

**Keywords:** *liquid - liquid extraction equilibrium, distribution, zirconium, hafnium, nitric acid, TBP, kerosene*