

INTISARI

Pengembangan *green low-carbon technologies* mendorong peningkatan permintaan litium yang signifikan. Peningkatan permintaan litium dalam negeri juga didorong oleh penetapan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 dan pembangunan *Indonesia Battery Corporation* (IBC). Permintaan yang tinggi menghasilkan kesenjangan dengan kapasitas historikal produksi litium sehingga diperlukan peningkatan produksi litium. *Brine* merupakan sumber litium terbesar dimana *brine* geotermal menjadi sumber produksi litium potensial seiring peningkatan pemenuhan energi terbarukan dan kandungan mineral didalamnya. Potensi pemanfaatan *brine* geotermal di Indonesia besar, namun konsentrasi litium yang rendah dan keberadaan ion lain baik monovalen (Na dan K) maupun divalen (Ca) menjadi tantangan dalam memperoleh konsentrat litium. Metode *electro-nanofiltration* (ENF) merupakan metode modifikasi membran nanofiltration bermuatan positif dengan mengaplikasikan medan listrik secara langsung sehingga proses pemisahan didorong oleh perbedaan tekanan dan medan listrik. Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, kinerja proses pengkonsentrasian litium dari *brine* sintetis berbagai komposisi akan dikaji menggunakan metode *electro-nanofiltration* pada sistem *crossflow* dengan variasi kondisi operasi berupa tegangan listrik. Selain itu, pemodelan permeasi ion yang dipisahkan akan dievaluasi. Proses penelitian diawali dengan karakterisasi membran nanofiltrasi menggunakan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). *Brine* sintetis kemudian disiapkan dengan variasi komposisi yaitu sistem larutan tunggal, biner dan *brine* geotermal sintetis. Proses pengkonsentrasian dilakukan dengan variasi tegangan listrik 0, 2, 3, dan 4 V untuk sistem larutan tunggal dan biner selama 15 menit, sedangkan untuk *brine* geotermal sintetis proses pengkonsentrasian dilakukan selama 2 jam dengan variasi tegangan listrik 0; 2; dan 2,5 V. Peningkatan tegangan listrik menyebabkan penurunan rejeksi Li, peningkatan fluks Li, dan peningkatan faktor pemisahan Li terhadap divalen, sedangkan fluks permeat dan faktor pemisahan Li terhadap monovalen tidak terpengaruh signifikan. Pada variasi *brine* geotermal sintetis dengan tegangan listrik konstan selama 2 jam diamati penurunan fluks permeat, penurunan rejeksi Li, penurunan fluks Li, dan peningkatan faktor pemisahan Li terhadap divalen. Faktor pemisahan Li terhadap monovalen tidak mengalami perubahan signifikan. Peningkatan kehadiran ion baik jumlah maupun jenis ion dalam sistem mengakibatkan penurunan fluks permeat dan penurunan rejeksi Li. Penurunan fluks Li juga diamati pada sistem, namun pada sistem larutan biner Ca-Li terlihat peningkatan fluks Li dibandingkan sistem larutan tunggal. Pada konsentrasi Li konstan, terlihat peningkatan fluks Li dengan penurunan konsentrasi ion lain pada sistem larutan biner. Perubahan faktor pemisahan Li terhadap monovalen tidak signifikan, sedangkan faktor pemisahan Li terhadap divalen meningkat signifikan pada sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Li dan Ca dapat dipisahkan dengan cukup baik, sedangkan Li dan ion monovalen tidak dapat dipisahkan. Pemodelan DSPM-DE yang diusulkan menghasilkan kesesuaian profil rejeksi. Mekanisme transpor Li pada sistem tunggal dan biner (Na – Li dan K – Li) mengalami penurunan difusi dan peningkatan konveksi, sedangkan pada sistem biner (Ca – Li) dan *brine* geotermal sintetis mengalami profil sebaliknya dengan peningkatan tegangan listrik yang diaplikasikan. Profil c_x dan ψ_m mengalami tren penurunan, sedangkan profil ξ mengalami tren peningkatan dengan peningkatan tegangan listrik yang diaplikasikan. Profil yang sama diamati pada variasi komposisi, namun terlihat perbedaan nilai parameter yang diamati.

Kata kunci: litium; *brine*; geotermal; membran nanofiltrasi; *electro-nanofiltration* (ENF)



ABSTRACT

The development of green, low-carbon technologies has driven a significant increase in lithium demand. The domestic surge is propelled by the enactment of Presidential Regulation Number 55 of 2019 and the establishment of the Indonesia Battery Corporation (IBC). High demand has resulted in a disparity with historical lithium production capacities. Brine is the largest lithium resource, with geothermal brine emerging as a potential lithium source alongside the rising demand for renewable energy and mineral content. The low lithium concentration and the presence of other ions pose challenges in obtaining lithium concentrate. The electro-nanofiltration (ENF) method modifies positively charged nanofiltration membranes by applying an electric field directly, driving the separation process through pressure and electric field differences. Based on previous research, the performance of the lithium concentration process from synthetic brines of various compositions will be examined using the electro-nanofiltration method in a crossflow system, with variations in operating conditions such as electric voltage. Additionally, the modeling of separated ion permeation will be evaluated. The research begins with the nanofiltration membranes' characterization. Synthetic brines, including single, binary, and synthetic geothermal brine systems, are prepared. The concentration process is conducted with variations in electric voltage (0, 2, 3, and 4 V) for single and binary systems over 15 minutes. For synthetic geothermal brines, the concentration process takes 2 hours with electric voltage variations of 0, 2, and 2.5 V. An increase in electric voltage leads to a decrease in Li rejection, an increase in Li flux, and Li separation factor from divalent ions. However, permeate flux and Li separation factor from monovalent ions are not significantly affected. In synthetic geothermal brines with constant electric voltage over 2 hours, a decrease in permeate flux, Li rejection, and Li flux, and an increase in Li separation factor from divalent ions are observed. The Li separation factor from monovalent ions does not experience significant changes. The increase in the presence of ions decreases permeate flux and Li rejection. Li flux decreases are also observed but inversely proportional in the binary Ca-Li system. At constant Li concentration, Li flux increases with a decrease in the concentration of other ions in the binary system. Changes in the Li separation factor from monovalent ions are insignificant, while the Li separation factor from divalent ions increases significantly in the system. The research results indicate that Li and Ca can be separated quite well, while Li and monovalent ions cannot be effectively separated. The proposed DSPM-DE modeling produces a fitting rejection profile. The Li transport mechanism in single and binary systems (Na – Li, and K – Li) experiences a decrease in diffusion and an increase in convection, while in the binary system (Ca – Li) and synthetic geothermal brine, the opposite profile occurs with the application of increased electric voltage. The c_x and ψ_m profiles experience a decreasing trend, while the ξ profile shows an increasing trend with the applied increase in electric voltage. Similar profiles are observed in composition variations, but differences in the observed parameter values are apparent.

Keywords: lithium; brine; geothermal; nanofiltration membrane; electro-nanofiltration (ENF)