

## Percobaan Pendahuluan Pengaruh Variasi Temperatur pada Proses Ekstraksi Lithium dengan Metode Adsorpsi dari *Geothermal Brine* PT Geo Dipa Energi Unit Dieng Menggunakan $\text{LiMn}_2\text{O}_4$

Muhammad Ikmal Hikmatullah\*, Linda Pulungan, Noor Fauzi Isniarno

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\* muhammadikmal713@gmail.com, lindatambang93@gmail.com,  
noor.fauzi.isniarno@gmail.com

**Abstract.** The use of lithium for batteries in the world has increased recently, especially with the emergence of substitutes for fossil fuel based vehicles. The main source of lithium currently comes from brine salar mining which is mostly produced from Chile, Argentina to Australia. However, lithium production from mining is considered ineffective and has a negative impact on the environment. The discovered of other potential sources of lithium from brine geothermal, there are many studies on direct lithium extraction in order to shorten the production time. One method of direct lithium extraction is the adsorption method. Geothermal sources in Dieng area, Karang Tengah, Banjarnegara Regency, Central Java Province have lithium content in the range of 17-99 ppm (Suprpto, 2020). Therefore, a study was conducted on the direct extraction of lithium from brine taken from the Wellpad 30 of Geodipa Geothermal Plant Dieng unit with a concentration of 77.31 ppm. The study was carried out with variations in room temperature, 70°C and 95°C on brine using  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  adsorbent, which aims to determine the optimal temperature for extraction and the location of brine taking when production is going to be seen from the temperature. From the results, it was found that the optimal temperature for extraction using the Adsorption method occurred in samples treated at room temperature (26°C). These results indicate an adsorption efficiency of 43.32% with a lithium uptake of 8.37 mg/g adsorbent.

**Keywords:** *Lithium, Brine Geothermal, Extraction, Adsorption, Temperature*

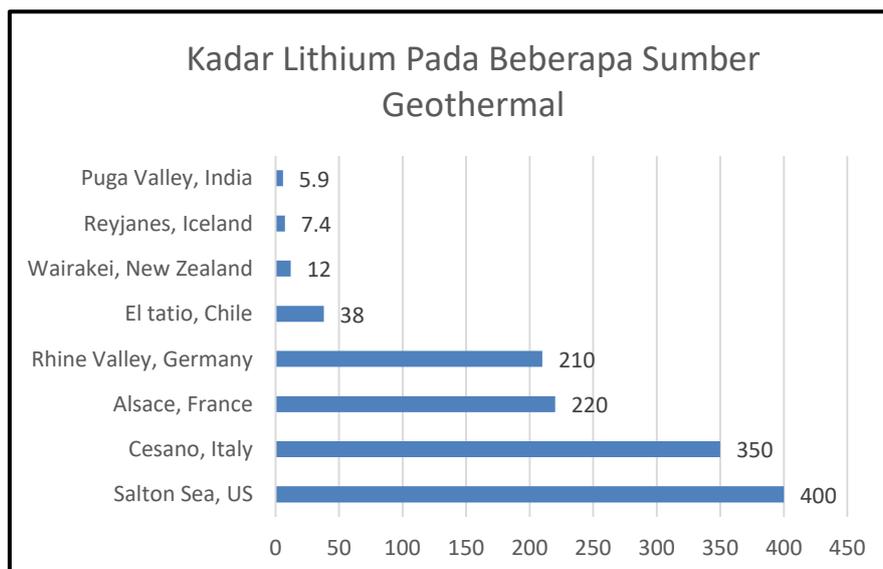
**Abstrak.** Penggunaan lithium untuk baterai di Dunia meningkat belakangan ini, terlebih dengan mulai bermunculannya pengganti kendaraan berbahan bakar fossil. Sumber utama lithium saat ini berasal dari pertambangan brine salar yang banyak dihasilkan dari negara Chile, Argentina hingga Australia. Namun produksi lithium dari penambangan tersebut dirasa kurang efektif dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Dengan diketahuinya sumber potensial lithium lainnya yang berasal dari brine geothermal, banyak penelitian mengenai ekstraksi lithium secara langsung agar dapat mempersingkat waktu produksi. Salah satu metode ekstraksi lithium secara langsung adalah dengan metode adsorpsi. Sumber geothermal di daerah Dieng, Desa Karang Tengah, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah memiliki kandungan lithium direntang 17-99 ppm (Suprpto, 2020). Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai ekstraksi lithium secara langsung dari brine yang diambil pada Wellpad 30 PLTP Geodipa unit Dieng dengan kadar sebesar 77,31 ppm. Penelitian dilakukan dengan variasi suhu ruang, 70°C dan 95°C pada brine menggunakan adsorben  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  yang bertujuan mengetahui suhu optimal untuk dilakukan ekstraksi dan lokasi pengambilan brine apabila akan dilakukan produksi dilihat dari suhunya. Dari hasil pengujian didapatkan suhu optimal untuk melakukan ekstraksi menggunakan metode Adsorpsi terjadi pada sampel dengan perlakuan suhu ruang (26°C). Hasil tersebut menunjukkan efisiensi adsorpsi sebesar 43,32% dengan lithium uptake sebanyak 8,37 mg/g adsorben.

**Kata Kunci:** *Lithium, Brine Geothermal, Ekstraksi, Adsorpsi, Suhu*

## A. Pendahuluan

Dewasa ini penggunaan lithium semakin meningkat seiring dengan kemajuan teknologi pada berbagai bidang terutama elektronik dan beberapa industri lain seperti otomotif. Berdasarkan survey USGS pada tahun 2014 dalam (Erdoğan, 2015)<sup>[3]</sup> diketahui bahwa penggunaan lithium paling banyak ada pada industri keramik dan kaca sebesar 35% disusul oleh penggunaan lithium sebagai komponen baterai sebesar 31%. Lithium diperoleh dari berbagai sumber di alam mulai dari mineral seperti spodumene, hectorite dan zebuyelite hingga dari brine salar maupun fluida geothermal (USGS, 2014)<sup>[16]</sup>. Perolehan terbesar lithium di dunia dihasilkan dari penambangan pada brine salar dan spodumene yang berlokasi di Chile (26.000 ton), Argentina (6.200 ton) hingga Australia (55.000 ton) dan China (14.000 ton) (USGS, 2022). Dengan perkembangan teknologi yang telah disebutkan, diperkirakan penggunaan baterai akan semakin meningkat terutama untuk gawai dan kendaraan elektrik. Perkiraan peningkatan permintaan lithium pada tahun 2030 dapat mencapai 3 juta ton dari sebelumnya 500.000 ton pada tahun 2021. Apabila dilihat dari kegiatan produksinya yang telah tersedia di dunia, ketersediaan lithium masih dirasa kurang terlebih lagi dengan pengolahannya dari beberapa sumber memakan waktu cukup lama.

Mengacu pada proses ekstraksi brine salar di beberapa tambang lithium dunia yang menggunakan metode konvensional seperti evaporasi dan presipitasi, diketahui memakan waktu yang cukup lama hingga 10-12 bulan (Erdoğan, 2015)<sup>[3]</sup>. Selain itu metode penambangan tersebut telah memicu beberapa polemik terutama isu lingkungan dan diperkirakan banyak lithium yang terbuang selama proses berlangsung. Dengan begitu dikembangkan teknologi untuk mengekstraksi lithium secara langsung pada brine yang berasal dari sumber geothermal, diantaranya dengan menggunakan solvent extraction, Adsorpsi hingga electrochemical separation (Stringfellow & Dobson, 2021)<sup>[15]</sup>. Untuk ekstraksi menggunakan metode adsorpsi dapat digunakan metal kristalin solid sebagai adsorben anorganik seperti senyawa AlOx, MnOx dan TiOx. Keterdapatannya lithium pada geothermal di beberapa negara dunia cukup banyak meskipun pada beberapa negara nilai kadarnya tergolong sedikit dan kurang ekonomis apabila dilakukan ekstraksi lebih lanjut seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**. terutama menggunakan metode konvensional seperti presipitasi dan evaporasi. Indonesia dikenal sebagai negara nomor 2 dengan potensi geothermalnya berada di bawah Amerika Serikat pada posisi pertama (KESDM,2018). Dengan potensi geothermalnya yang tersebar luas di seluruh pulau, menarik beberapa peneliti untuk mengetahui kandungan lithium di dalamnya.



Sumber: Garret, 2004

**Gambar 1.** Kadar Lithium pada beberapa sumber Geothermal

Dari hasil beberapa penelitian didapatkan nilai kadar terbesar lithium pada fluida geothermal atau brine geothermal di Indonesia mencapai 99 dan 183 ppm (Yuda Kencana et al., 2019)<sup>[7]</sup>. Beberapa sumber geothermal yang memiliki potensi tersebut diantaranya adalah wilayah Wayang Windu, Jawa Barat dengan kandungan 33 ppm (Mahon et al., 2000)<sup>[11]</sup>, pada wilayah geothermal di Dieng, Jawa Tengah yang memiliki kadar pada rentang 77,31 hingga 99,4 ppm (Joko Suprpto, 2020)<sup>[14]</sup> dan tertinggi pada daerah Bledug Kuwu dengan kadar 138,64 ppm (Sulistiyono et al., 2018) dan pada fluida geothermal lumpur Sidoarjo sebesar 5 hingga 15 ppm (Iqbal Muharrom et al., 2018). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai kandungan lithium pada brine geothermal di Kawasan Dieng, dilakukan penelitian mengenai pengaruh suhu pada ekstraksi lithium secara langsung dari brine geothermal menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  yang dilakukan pada interval temperatur ruang hingga  $95^\circ\text{C}$ . Perbedaan perlakuan suhu dilakukan agar dapat mengetahui perbandingan efisiensi dan didapat keadaan optimal untuk proses ekstraksi berdasarkan penelitian yang dilakukan. Penelitian ditunjang dengan pengujian XRD dan AAS pada adsorben maupun brine geothermal yang digunakan untuk mengetahui karakteristik hingga kandungan Lithium pada brine dan adsorben.

**Tabel 1.** Sebaran Lithium pada Sumber Geothermal Indonesia

Location	Area	Li (mg/L)	Sources
Kadidia	Sulawesi	1,37	Kurniawan, 2015
Sajau, Sebakis	North Borneo	<3,2	Meiliani, 2018
Limbong	Sulawesi	0,4-8,3	PSDG, 2017
Bituang	Sulawesi	7,10-11	PSDG, 2017
Salak	West Java	12,4	Mahon, et al., 2000
Wayang Windu	West Java	33	Mahon, et al., 2000
Tampomas	West Java	21,4	Rahayudin, et al., 2018
Dieng	Central Java	77,31 - 99,4	Suprpto, et al., 2020
Lawu	East java	3 - 12,5	Fathoni, 2016
Geureudong	Aceh	25,3	PSDG, 2017
Rajabasa	Sumatera	1,3 - 7,5	Mussofan, et al., 2015
Donotasik	Nort Sumatera	4,4 - 7,4	Gunderson, et al.,
Silangkitang	Nort Sumatera	6,3 - 6,5	Gunderson, et al.,
Lahendong	Sulawesi	0,8 - 5,2	Permana, 2016

Sumber : Kencana Yuda, 2019

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh suhu brine terhadap proses adsorpsi yang dilakukan.
2. Untuk mengetahui suhu optimal brine untuk melakukan proses adsorpsi

## B. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan melakukan perbandingan dari hasil pengujian pada sampel dalam beberapa keadaan suhu (suhu ruang,  $70^\circ\text{C}$  dan  $95^\circ\text{C}$ ) di laboratorium menggunakan adsorben  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ . Sampel yang digunakan dalam penelitian merupakan *brine geothermal* yang diambil dari *Wellpad 30 PLTP* milik PT. Geo Dipa Energi di Kawasan Dieng, Desa Karangtengah, Kecamatan Batur, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa tengah.

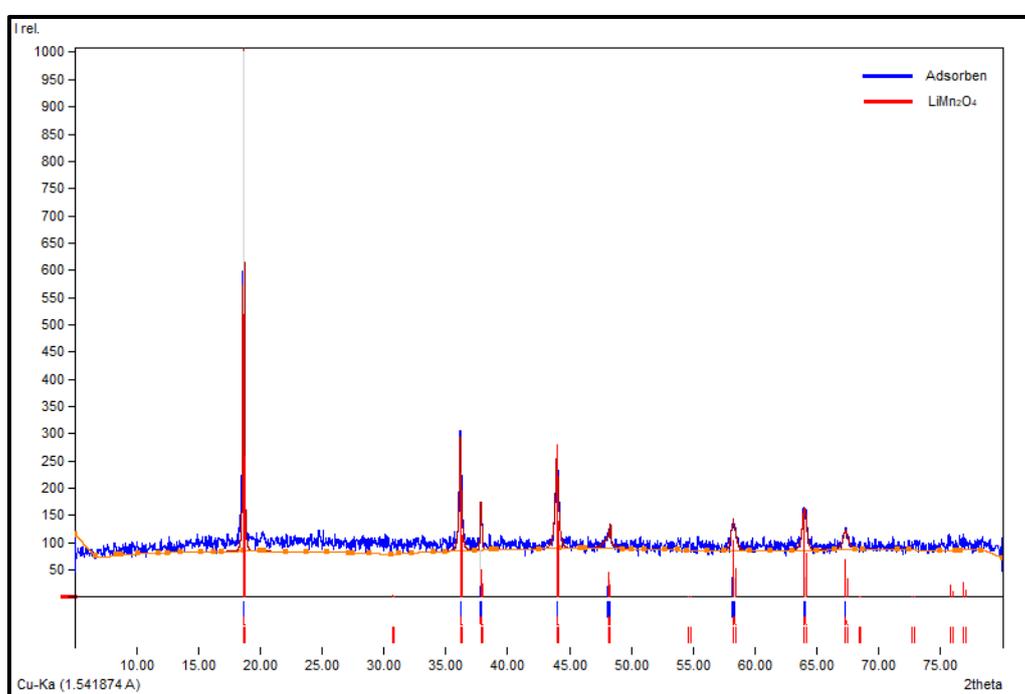
Adsorben dibuat dengan metode *Solid-State Reaction* (SSR) antara senyawa  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$  dengan  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  dalam 2 tahap penggerusan dan pemanasan. Saat dilakukan proses adsorpsi, adsorben dimasukkan kedalam kantung terbuat dari *tissue kimtech* yang diharapkan dapat memfilter ion-ion selain lithium selama proses adsorpsi berlangsung. Sampel *Brine* yang telah melalui proses adsorpsi selama 24 jam dipisahkan dari adsorben dan diuji menggunakan metode AAS untuk mengetahui kandungan lithium yang tersisa di dalam *brine*. Hasil uji setiap

sampel kemudian dibandingkan untuk mengetahui penurunan lithium terbanyak terdapat pada suhu berapa dan dihitung pula nilai efisiensi adsorpsi pada setiap sampel serta banyaknya lithium yang terambil per gram adsorben (*lithium uptake*).

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Karakteristik Adsorben

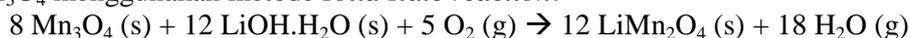
Setelah dilakukan karakterisasi menggunakan uji XRD, adsorben menunjukkan memiliki pola difraksi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.. Pada software match! dilakukan analisis dengan menandai setiap puncak dari pola difraksi yang ada dan diketahui karakteristik adsorben memiliki kemiripan dengan data senyawa  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  pada database dengan nomor 96-151-4009 dengan perbedaan nilai intensitas disetiap posisi puncak. Selain itu posisi puncak dari hasil uji XRD dicocokkan juga dengan Kartu ICDD No.35-0782 untuk kembali meyakinkan kecocokan adsorben dengan senyawa yang diinginkan. Perbandingan setiap pola difraksi menunjukkan adanya pergeseran nilai  $2\theta$  pada adsorben yang dibuat, hal ini menunjukkan adanya perubahan struktur maupun komposisi dari senyawa adsorben terhadap senyawa acuan.



Sumber : Data Hasil Pengujian XRD, 2022

**Gambar 2.** Perbandingan Pola Difraksi Adsorben dengan  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$

Kecocokan dilihat dari samanya letak puncak pola difraksi pada sudut  $2\theta$  dengan besar  $18^\circ$ ,  $36^\circ$ ,  $37^\circ$ ,  $43^\circ$ ,  $48^\circ$ ,  $58^\circ$ ,  $63^\circ$  dan  $67^\circ$ . Hal tersebut menunjukkan adsorben yang dibuat berhasil membentuk senyawa  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  berdasarkan reaksi kimia antara padatan  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  menggunakan metode *solid state reaction*.



Adsorben yang dilakukan karakterisasi merupakan adsorben yang telah melalui proses acid treatment pada larutan HCL selama 24 jam. Proses acid treatment ini dimaksudkan agar ion  $\text{Li}^+$  yang ada pada adsorben mengalami perpindahan menuju larutan karena adanya pertukaran ion. Dari pertukaran tersebut menyebabkan terdapatnya ruang kosong (vacant) pada adsorben yang sebelumnya diisi oleh ion  $\text{Li}^+$ , dan akan digunakan kembali untuk masuknya ion  $\text{Li}^+$  dari brine pada proses adsorpsi. Pertukaran ion berlangsung secara topotaktis atau tidak adanya perusakan maupun perubahan pada struktur kristal adsorben meskipun adanya pergerakan dari ion-ion didalamnya. Banyaknya ion  $\text{Li}^+$  yang terpindahkan tidak diketahui

secara pasti namun perbedaan dari intensitas seperti pada puncak sudut  $18,67^\circ$  cukup besar dari 1.000 pada sampel dengan 777,4 pada acuan.

### Proses Adsorpsi dan Kadar Lithium

Proses adsorpsi dilakukan dalam 3 keadaan berbeda berdasarkan tinggi rendahnya perlakuan suhu yang diberikan. Perbedaan suhu tersebut diberikan sebagai penyesuaian dengan kondisi brine yang berasal dari sistem geothermal dan bertujuan untuk mengetahui suhu optimum untuk dilakukan ekstraksi (Adsorpsi) sehingga diharapkan dengan hasil tersebut dapat ditentukan kondisi optimal brine untuk diekstraksi secara langsung. Suhu yang digunakan ada pada rentang  $26^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$  dan  $95^\circ\text{C}$ , dimana suhu  $26^\circ\text{C}$  menyesuaikan dengan suhu ruangan saat dilakukan pengujian dan diperkirakan tidak akan terpaut jauh dengan kondisi akhir brine pada kolam pengendapan di sistem PLTP. Sementara suhu lain yang digunakan sebesar  $70^\circ\text{C}$  dan  $95^\circ\text{C}$  menyesuaikan dengan kondisi brine dari sistem PLTP.

### Efisiensi Adsorpsi dan Pengaruh Suhu Terhadap Adsorpsi

Dari nilai kadar akhir setiap sampel setelah proses adsorpsi yang telah dilakukan dan kadar awal brine dapat diketahui nilai efisiensi adsorpsi dan *lithium uptake* dari pengujian dengan menggunakan persamaan berikut.

$$E = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

$$\text{Lithium Uptake} = \frac{(C_0 - C) \times V}{m}$$

Dimana :

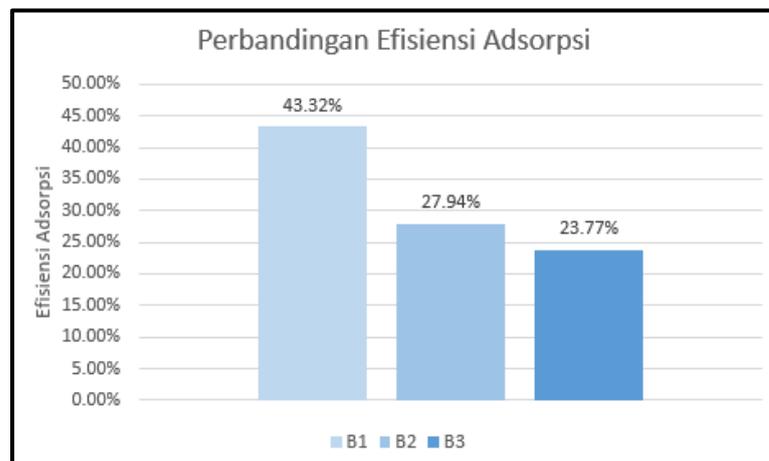
E = Efisiensi Adsorpsi (%)

$C_0$  = Kadar awal (mg/L)

C = Kadar Akhir (mg/L)

V = Volume Larutan

m = massa Adsorben

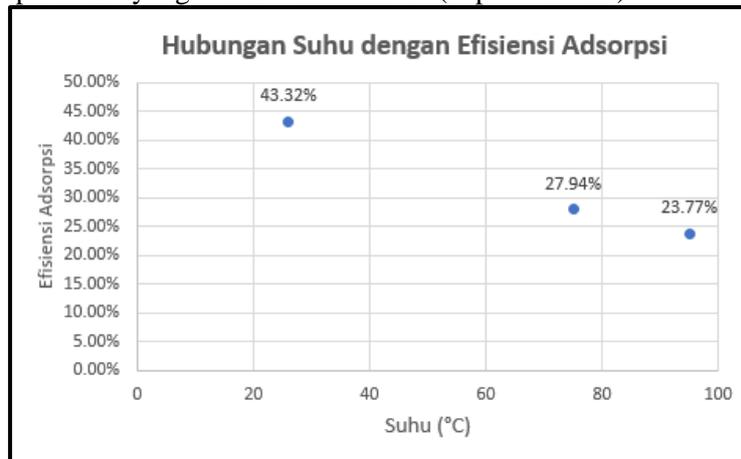


Sumber : Data Hasil Pengujian, 2022

**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Efisiensi Adsorpsi

Dilihat dari hasil-hasil tersebut, suhu diyakini dapat mempengaruhi banyaknya ion  $\text{Li}^+$  yang dapat teradsorpsi dari brine sehingga menunjukkan proses akan lebih optimal apabila dilakukan pada suhu disekitar  $26^\circ\text{C}$  atau mungkin lebih rendah. Suhu dalam proses adsorpsi ini berperan diduga karena pada prosesnya suhu dapat mempengaruhi cepat gerak dari partikel atau ion-ion yang ada didalam larutan brine geothermal tersebut. Karena proses adsorpsi yang terjadi diperkirakan adalah adsorpsi fisika, maka prosesnya berpengaruh terhadap gaya tarik menarik antar ion. Dengan semakin cepatnya pergerakan dari ion-ion adsorbat maka akan semakin sulit pula penyerapan atau penarikan adsorben terhadap adsorbatnya. Selain itu dengan semakin tingginya suhu dapat mempengaruhi reaksi yang terjadi, dimana proses

desorpsi akan semakin cepat terjadi pada suhu yang tinggi. Pada pengujian ini proses desorpsi dapat terjadi apabila suhu yang diberikan terlalu tinggi karena proses adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi fisika yang bersifat irreversible (dapat berbalik).



Sumber : Data Hasil Pengujian, 2022

**Gambar 4.** Grafik Hubungan suhu Efisiensi Adsorpsi

Diketahuinya peran suhu pada proses adsorpsi, maka dapat ditentukan letak brine dalam kondisi optimal apabila ingin melakukan ekstraksi lithium secara langsung dari brine geothermal pada sistem PLTP. Lokasi pengambilan brine dalam kondisi optimal diperkirakan ada pada kolam pengendapan karena di dalam kolam pengendapan brine mengalami pendinginan secara alami dalam kondisi terbuka sehingga suhu akan lebih rendah dibandingkan dengan brine yang ada dalam saluran maupun baru keluar dari saluran sistem PLTP. Selain itu dengan pengambilan brine dari kolam pengendapan tidak akan mengganggu proses kerja sistem PLTP yang telah terpasang karena kolam pengendapan merupakan tujuan akhir brine sebelum diinjeksikan kembali kedalam permukaan tanah setelah beberapa saat didiamkan.

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan pembahasan dalam penelitian ini, didapatkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Suhu berpengaruh terhadap proses adsorpsi ini karena dengan diketahuinya adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi fisika, maka semakin tinggi suhu dari brine akan mempengaruhi cepatnya pergerakan ion-ion di dalamnya. Sehingga pada suhu tinggi adsorbat akan lebih sukar untuk diadsorpsi oleh adsorben dibandingkan pada suhu rendah.
2. Dari 3 variasi suhu yang diberikan pada pengujian (26°C, 70°C dan 95°C), didapatkan bahwa adsorpsi pada suhu 26°C merupakan yang paling optimal dan termasuk dalam suhu yang cukup rendah.

#### Acknowledge

1. Dosen dan Staff Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung, kepada Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Prodi, Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si., S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Prodi dan Co-Pembimbing, Bapak Rully Nurhasan, S.T., M.T selaku wali dosen, Ibu Ir. Linda Pulungan, M.T. selaku Pembimbing serta semua Dosen dan Staf yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, motivasi kepada peneliti.
2. Terima kasih banyak kepada Bapak Budi Santoso sebagai General Manager PT Geo Dipa Energi yang telah mengizinkan peneliti melakukan penelitian di lingkungan PLTP milik PT Geo Dipa Energi, Ibu Dinda Augestina yang telah membantu perihal proses administrasi dan pengajuan perizinan dari kegiatan penelitian kepada PT Geo Dipa

- Energi serta kepada Mas Bima, Mas Hendrik dan Mas Fernando atas bimbingan maupun ilmu yang diberikan selama kegiatan penelitian di lapangan berlangsung.
3. Orang Tua dan Keluarga Penyusun, kepada kedua Orangtua, Bapak Ir. Eden Kurnia dan Ibu Titing Permanasari, terima kasih selalu menjadi penyemangat dan selalu memberikan doa dan dukungan terbaik. Kakak dan Adik tercinta Sarah Nurul Qolbie dan Hanum Nurul Khotimah yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penyusun.
  4. Peneliti mengucapkan terima kasih yang tiada hentinya kepada teman-teman terbaik, Noufal, Maya, Heri, Nabil, Rahmat, Dinda dan teman-teman “Sama-sama belajar” maupun “Guntoro Clan” yang telah memberikan waktu, tempat, dukungan serta bantuannya kepada peneliti sehingga terselesaikannya skripsi ini.
  5. Keluarga Besar Tambang 2018, terima kasih kepada teman-teman angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan, motivasi, waktu, dan ilmu selama perkuliahan kepada penyusun.

### Daftar Pustaka

- [1] Alfath, M. Hafizh.2011.”Listrik dari Geothermal”.(Skripsi, Universitas Indonesia, 2011).
- [2] Donald, E. Garrett.2004.”Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride”.Elsevier.
- [3] Erdogan, B.2015.”Separation of Lithium From Brines”.(Thesis, Middle East Technical University,2015).
- [4] Haty, Intan Paramita.2021.”Geologi dan Potensi Panas Bumi di Kompleks Vulkanik Dieng”.Yogyakarta:LPPM UPN Veteran Yogyakarta.
- [5] Kasbani.2009.”Tipe Sistem Geothermal di Indonesia dan Estimasi potensi Energinya”. Bandung:PMG-Badan Geologi.
- [6] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.2018.”Kini Indonesia Menjadi Produsen Listrik Geothermal Terbesar Kedua Dunia”.esdm.go.id. Diakses pada tanggal 25 Februari 2022.
- [7] Kencana, Aditya Y.2019.”Lithium in Brine Waters from The Indonesian Geothermal Systems : Could It Meet The National Needs of Making Lithium batteries?”.Researchgate.net. Diakses pada tanggal 3 Januari 2022.
- [8] Kurniawan, Y.2014.”Pengaruh Variasi Temperatur Hidrothermal pada Sintesis Lithium Mangan Oksida (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Spinel Terhadap Efisiensi Adsorpsi dan Desorpsi Ion Lithium dari Lumpur Sidoarjo”.(Skripsi,Institut Teknologi Sepuluh November,2014).
- [9] K. Ooi, Y. Miyai and S. Katoh. 1986.”Recovery of Lithium from Seawater by Manganese Oxide Adsorbent”.Separation Science And Technology, 21(8), 755-766.
- [10] Lalasari, Latifah Hanum.2018. “Study of lithium extraction from brine water,Bledug Kuwu, Indonesia by the precipitation series of oxalic acid and carbonate sodium”.AIP Proceeding 1964,020007.
- [11] Mahon, T..2000.”The Chemistry of Geothermal Fluids in Indonesia and Their Relationship to Water and Vapour Dominated Systems”.Proceeding World Geothermal Congress,1389-1394.
- [12] Saptadji, Ir. Nenny Miryani Ph.D.2010.”Teknik Panasbumi.Bandung”:FITB-ITB.
- [13] Setiabudi, Agus.2012.”Karakterisasi Material : Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia”. Bandung:UPI PRES.
- [14] Suprpto, S. J.2020.”Potensi Kandungan unsur Kimia Ekonomis Pada Larutan Geothermal dengan Studi Kasus di PLTP Dieng, Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah”.Buletin Sumber Daya Geologi,15(2),89-100.
- [15] T.Stringfellow, W & F.Dobson, P.2021.”Technology for the Recovery of Lithium from Geothermal Brines”.Energies 2021, 14, 6805.
- [16] USGS.2014.”Mineral Commodity Summaries 2014”.USGS Report.

- [17] Utami, P..1998."Energi Geothermal(Gambaran Umum)".ENERGI,2,39-42.