

ANALISIS KONDISI RESERVOIR PANAS BUMI DENGAN MENGGUNAKAN DATA GEOKIMIA DAN MONITORING PRODUKSI SUMUR ELS-02 LAPANGAN ELSA

Nabilla Elsaphira Putri, Onnie Ridaliani, dan Widia Yanti

Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti,
Jl.Kyai Tapa No.1, Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia

ABSTRAK

Manajemen reservoir yang baik diperlukan dalam menjaga kualitas produksi fluida panas bumi. Seiring dengan berlangsungnya eksploitasi, terdapat beberapa perubahan yang terjadi pada parameter reservoir yang dapat menyebabkan penurunan kualitas reservoir. Proses *mixing*, *boiling* ataupun *cooling* yang mungkin terjadi di dalam reservoir panas bumi selama eksploitasi berlangsung dapat ditandai dengan adanya perubahan komposisi kimia fluida produksi lapangan panas bumi. Pada hal ini konsentrasi unsur kimia fluida dapat bertambah maupun berkurang. Mengacu dengan apa yang terjadi pada sumur ELS-02 Lapangan Elsa, hasil monitoring tiap sumur dari tahun terhadap aliran fluida, nilai entalpi, temperatur reservoir, dan konsentrasi unsur kimia reservoir mengindikasikan terjadinya proses geokimia dan fisika terjadi di dalam reservoir. Proses tersebut yakni masuk dan bercampurnya fluida permukaan ke dalam sumur akibat kerusakan casing dan *re injection breakthrough* di dalam reservoir. Selain itu potensi scaling juga dapat terprediksi. Hal ini menjadi isyarat kepada *reservoir engineer* untuk mempersiapkan kemungkinan masalah yang terjadi dan merencanakan pengembangan lapangan selanjutnya.

Kata kunci: Reservoir Panas Bumi, Geokimia Fluida, *Monitoring* Produksi

ABSTRACT

A good reservoir management is needed to maintain the availability and quality of geothermal production fluid. When producing geothermal fluids, there are some changes in reservoir parameters such as declining of reservoir pressure and temperature, chemical composition of geothermal fluids, and states of fluid that would affect the quality of reservoir by mixing, boiling, or cooling processes that may be happened because of those changes. It is becoming a concern on reservoir management. In this case, chemical concentrations of fluids monitoring is one of methods that can perform to reach a well reservoir management of geothermal field. With chemical monitoring process, current reservoir condition and processes that occurred during exploitation can be defined. In ELS-02 by monitoring and analyzing its enthalpy changes, chloride concentration changes, and NCG concentration changes and supported by its calcium, sulphate, and carbonate concentration profile, two processes could be defined: mixing with surface cooler water and reinjection breakthrough. Other than that, casing leak that causing surface water enter the well could be detected. These become a sign to reservoir engineer to prepare for problems that may occur in near time term relating to well problem such as scaling and long time problem like massive cooling or drying of reservoir. After all, further development scenario of Elsa field can be made to improve its performance in producing fluids and heats.

Keywords: *Geothermal Reservoir, Geochemical of Fluids, Production Monitoring*

CATATAN KAKI :

Penulis untuk korespondensi (*corresponding author*):

E-mail: nabelsaphira@gmail.com

PENDAHULUAN

Selama proses eksploitasi berlangsung, karakteristik fluida dapat mengalami perubahan dari

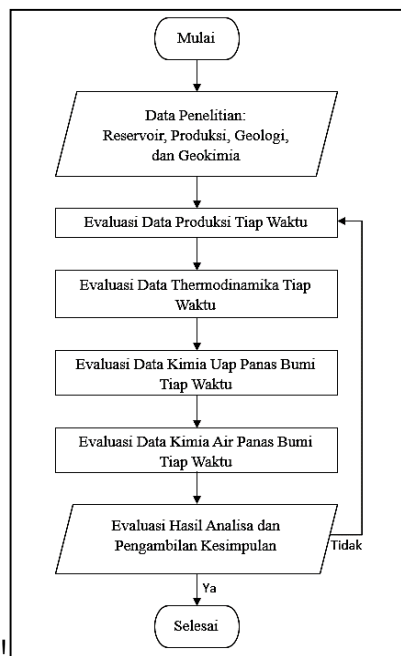
waktu ke waktu. Untuk itu perlu dilakukannya monitoring atau pengawasan perubahan kondisi reservoir selama proses eksploitasi berlangsung.

Dengan dilakukannya monitoring perubahan karakteristik fluida reservoir yang menyebabkan penurunan produksi, kemungkinan masalah yang terjadi, dan juga proses-proses yang terjadi selama eksploitasi berlangsung dapat terdeteksi.

ELS-02 merupakan sumur berarah dengan titik belok (KOP) di 215 mKU serta sudut kemiringan sebesar 20° ke arah utara dan selesai di bor pada tahun 2009. Sumur ini terletak di Sumatera Selatan, Indonesia dan memiliki sistem reservoir dominan air dengan pH netral. Kedalaman puncak reservoir diperkirakan terletak pada elevasi -100 hingga -1300 m dpl, ELS-02 mengalami pendinginan setelah dilakukan penutupan sumur untuk perawatan fasilitas.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian seperti yang ada pada Gambar 1.



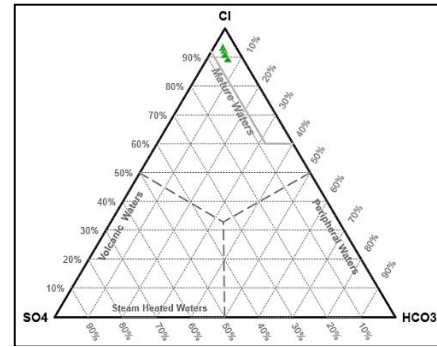
Gambar 1. Prosedur penelitian

HASIL DAN ANALISIS

Sebelum melakukan analisa mengenai perubahan kondisi reservoir lapangan Elsa pasca eksploitasi berlangsung, perlu diketahui terlebih dahulu karakteristik fluida reservoir tersebut. Karakteristik fluida reservoir panas bumi dapat diketahui dari hasil analisa kimia fluida yang terproduksi.

Tipe Fluida

Jenis fluida panas bumi suatu reservoir dapat dilihat dengan menggunakan diagram ternary Cl-HCO₃-SO₄. Gambar 2 memperlihatkan data persebaran air dari sumur ELS-02 lapangan Elsa berkumpul pada daerah klorida. Untuk itu air pada lapangan ini tergolong ke dalam jenis air klorida atau *mature water*.



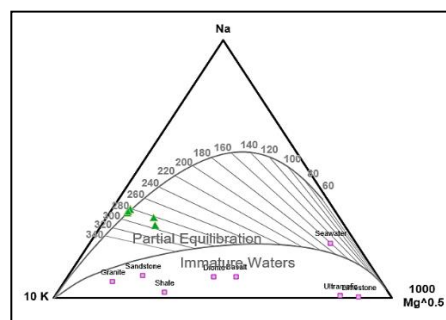
Gambar 2. Diagram Ternary Cl-HCO₃-SO₄

Kesetimbangan Fluida

Fluida yang memiliki kesetimbangan yang utuh menandakan bahwa fluida tersebut dapat mencerminkan fluida reservoir di dalamnya. Kesetimbangan fluida dapat dilihat dengan membaca hasil plot pada diagram ternary Na-K-Mg.

Gambar 3 memperlihatkan hasil plot fluida produksi ELS-02 dari tahun 2012 hingga 2017. Data pada tahun 2012 hingga 2014 memperlihatkan bahwa fluida dari semua sumur berada pada zona *partial equilibration* sedangkan data tahun 2015 hingga 2017 berada pada zona *fully equilibrium*. Jika dilihat sekilas memang terjadi perbedaan yang sangat jelas antara kesetimbangan fluida periode waktu 2012-2014 dengan fluida pada periode waktu 2015-2017.

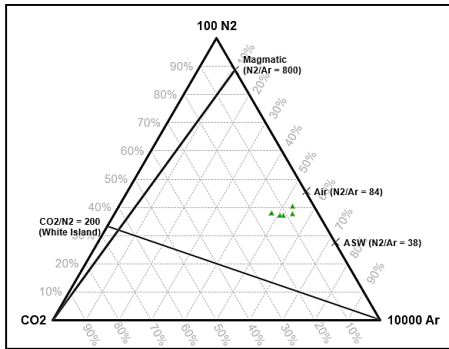
Tetapi berdasarkan sejarahnya, terjadi perbedaan kualitas alat pendeteksi magnesium (Mg) pada dua periode waktu tersebut. Pada tahun 2012-2014 limit deteksi magnesium pada alat hanya sebesar 0.1 ppm, sedangkan di tahun 2015-2017 limit deteksi sudah lebih teliti yakni sebesar 0.01 ppm. Untuk itu terdapat perbedaan hasil plot pada dua periode waktu tersebut walaupun sebenarnya tidak ada perbedaan di dalamnya.



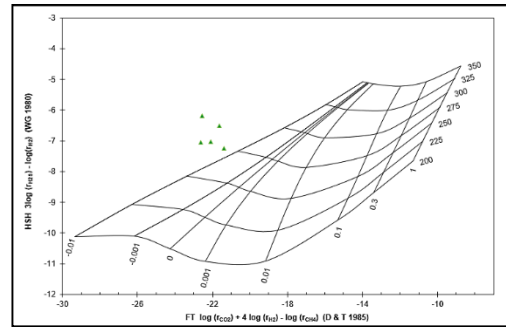
Gambar 3. Diagram Ternary Na-K-Mg

Sumber Fluida

Jenis sumber air reservoir sumur ELS-02 dilihat dalam diagram ternary N₂-Ar-CO₂. Gambar 4 memperlihatkan bahwa penyebaran data air sumur ELS-02 berada pada daerah dekat udara (*air*) dengan perbandingan nilai N₂/Ar sekitar 84 yang artinya air pada reservoir ini berasal dari air meteorik yang terpanaskan.



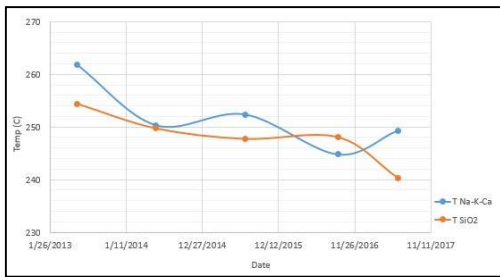
Gambar 4. Diagram Ternary N₂-Ar-CO₂



Gambar 7. Geotermometer HSH

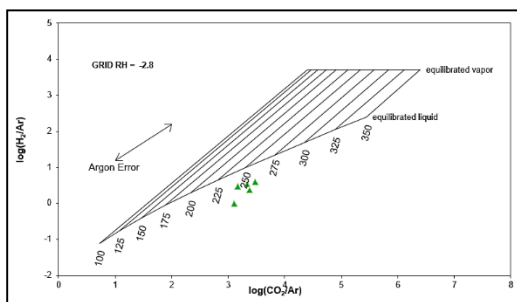
Geotermometer

Dengan menggunakan analisa geotermometer air (NaKCa dan silica) dan gas (CO₂/Ar - H₂/Ar dan HSH). Pada ELS-02, temperature reservoir yang dihasilkan sebesar 245-262°C dengan menggunakan geotermometer Na-K-Ca dan sebesar 240-254°C dengan geotermometer silica.



Gambar 5. Grafik geotermometer air ELS-02

Sedangkan dengan menggunakan geotermometer gas ELS-02, temperature reservoir yang diperoleh sebesar 225-250°C jika menggunakan geotermometer CO₂/Ar - sesuai yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Geotermometer CO₂/Ar - H₂/Ar

Berdasarkan beberapa metode geotermometer yang telah dilakukan, maka dapat di simpulkan nilai temperatur reservoir pada Tabel 1.

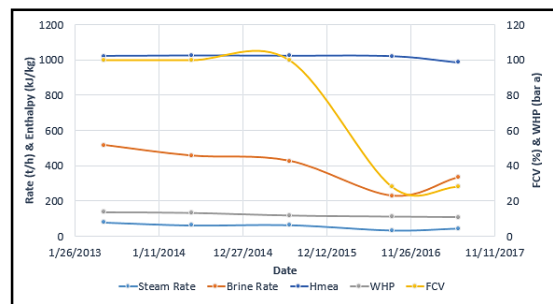
Tabel 1. Hasil temperatur reservoir ELS-02

Gas	CARHAR	175-225°C	250-260°C
	HSH	200-250°C	
Liquid	Na-K-Ca	245-262°C	240-254°C
	SiO2	240-254°C	

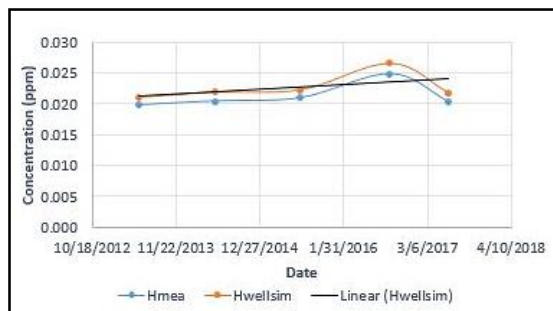
Monitoring Nilai Entalpi dan NCG

Berdasarkan data monitoring produksi sumur Y tahun 2013 hingga tahun 2017 diperoleh nilai entalpi pengukuran rata-rata sebesar 1000 kJ/kg dan cenderung menurun dari kondisi awal seperti yang terlihat pada Gambar 8. Besarnya nilai laju alir uap rata-rata produksi sumur Y sebesar 70 t/h dan laju alir rata-rata produksi air sebesar 150 t/h.

Nilai NCG sumur cenderung konstan dan mengalami puncak kenaikan pada tahun 2016 sseperti yang terlihat pada Gambar 9.



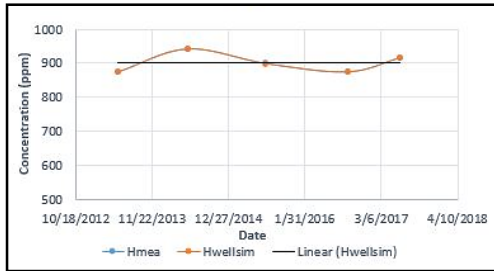
Gambar 8. Grafik Parameter Produksi



Gambar 9. Grafik Konsentrasi NCG vs Waktu

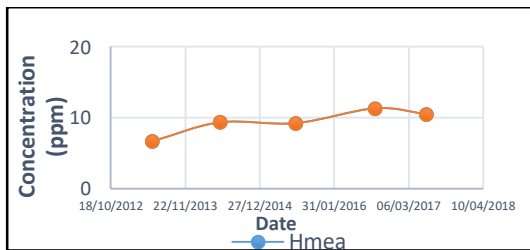
Monitoring Konsentrasi Unsur Kimia

Nilai konsentrasi unsur kimia pertama yang menjadi perhatian adalah klorida dengan hasil yang cenderung meningkat hingga awal tahun 2014 lalu menurun seperti pada Gambar 10 hingga awal tahun 2017 dan meningkat kembali di penghujung tahun 2017. Perubahan yang terjadi di dalam grafik ini dapat menjadi indikasi tidak hanya satu proses yang terjadi di dalam reservoir. Proses tersebut dapat ditelusuri lebih lanjut dengan melihat nilai konsentrasi mineral-mineral lain tiap waktunya seperti Ca, SO_4^{2-} , dan HCO_3^- .



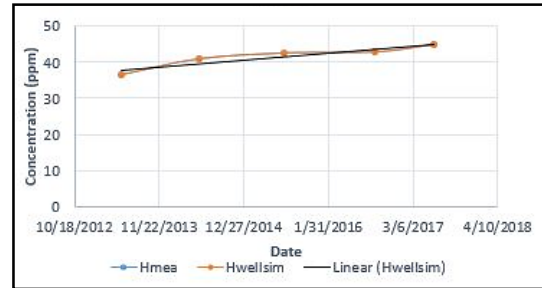
Gambar 10. Grafik konsentrasi klorida vs waktu

Gambar 11 memperlihatkan peningkatan konsentrasi Ca yang menjadi tanda bahwa adanya fluida lain dengan nilai kalsium yang tinggi masuk ke dalam reservoir lapangan Elsa. Analisa awal mengindikasikan adanya fluida yang mengandung semen masuk dan bercampur dengan air produksi di dalam sumur karena semen umumnya memiliki kadar kalsium yang tinggi.



Gambar 11. Grafik konsentrasi Ca vs waktu

Untuk lebih meyakinkan dugaan terjadinya pencampuran fluida luar yang tercampur semen masuk ke dalam sumur maka dapat dilihat nilai konsentrasi SO_4^{2-} vs waktu dan juga konsentrasi HCO_3^- vs waktu. SO_4^{2-} dan HCO_3^- merupakan ion pnciri fluida permukaan. Apabila diperoleh peningkatan dalam nilai konsentrasi ion-ion tersebut maka dapat diasumsikan bahwa terjadi pencampuran fluida di dalam sumur dengan fluida permukaan karena adanya kebocoran casing atau semen. Berdasarkan grafik pada Gambar 12 dan Gambar 13, dapat dilihat terjadi kenaikan konsentrasi SO_4^{2-} dan HCO_3^- .



Gambar 12. Grafik konsentrasi SO_4^{2-} vs Waktu



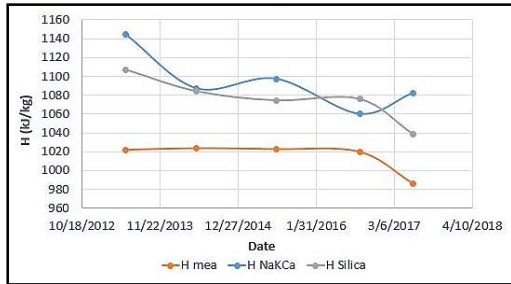
Gambar 13. Grafik konsentrasi HCO_3^- vs Waktu

Namun tidak hanya itu, seperti yang dapat dilihat di penghujung tahun 2017 konsentrasi klorida mulai mengalami peningkatan seperti apa yang terjadi di awal tahun 2013. Selain itu konsentrasi NCG dan entalpi juga mulai mengalami penurunan. Hal ini menjadi tanda-tanda bahwa terdapat proses lain yang terjadi di dalam reservoir.

Dengan ciri-ciri seperti tersebut, ini menjadi tanda bahwa terjadi proses yang biasa disebut dengan *re injection breakthrough* di dalam sumur atau air dari sumur injeksi masuk dan bercampur dengan sumur produksi sebelum mengalami pemanasan dengan sempurna. Pada umumnya *re injection breakthrough* dapat terjadi akibat jarak antara sumur produksi dan sumur injeksi terlalu dekat ataupun laju injeksi pada sumur injeksi terlampaui tinggi.

Perbandingan Nilai Entalpi

Secara keseluruhan dapat dilihat terjadi penurunan nilai entalpi pada ELS-02 baik itu nilai entalpi hasil pengukuran, entalpi dari geotermometer Na-K-Ca, maupun nilai entalpi dari geotermometer silika. Pada kondisi awal dapat terlihat bahwa nilai entalpi dari hasil geotermometer Na-K-Ca memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai entalpi geotermometer silika dan nilai entalpi dari geotermometer silika lebih besar dari nilai entalpi pengukuran seperti yang dapat terlihat pada Gambar 14. Begitu pula yang terjadi pada kondisi akhir yakni tahun 2017 tidak terjadi perubahan urutan nilai entalpi dari berbagai metode, hanya saja nilai dari tiap metodenya mengalami kecenderungan menurun dibandingkan nilai pada tahun 2013.

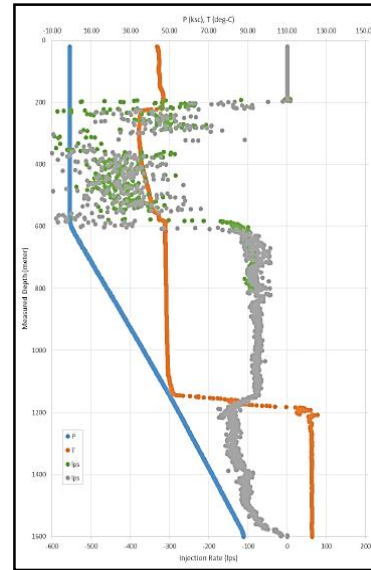


Gambar 14. Perbandingan Nilai Entalpi ELS-02

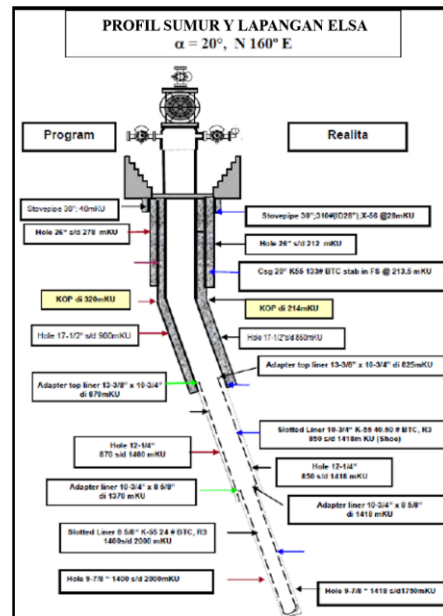
Menurut Truessdell 1973, urutan besar nilai entalpi seperti diatas mengindikasikan terjadinya pencampuran fluida yang lebih dingin di dalam sumur. Hal tersebut terjadi karena geotermometer silika lebih sensitif terhadap perubahan temperatur dibandingkan dengan geotermometer Na-K-Ca. Nilai silika akan cenderung menurun jika terjadi pencampuran dengan *dilute water* yang mana akan menurunkan pembacaan nilai entalpi saat pengukuran. Hal ini menjadi pendukung dugaan proses-proses yang terjadi di dalam reservoir.

Uji PTS Pendukung

Data uji *Pressure-Temperature-Spinner* kemudian muncul untuk mendukung dugaan proses yang terjadi. Terlihat dari grafik laju alir pada Gambar 15 bahwa terjadi aliran pada kedalaman kurang lebih 190 meter. Dari data casing tally, kebocoran terjadi di area receptacle yakni aksesoris casing yang memungkinkan penyemenan casing produksi dilakukan dua tahap (tie back). Dengan menggunakan sistem tie back, terdapat overlap casing 13-3/8” dengan receptacle 18-1/2” sepanjang kurang lebih 2 meter yang ditahan dengan semen. Kemungkinan kerusakan tersebut mengakibatkan terjadinya komunikasi antara sumur dengan air permukaan yang masuk dari casing shoe 20”. Untuk lebih jelasnya mengenai penampang sumur dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 15. Hasil pengukuran PTS sumur Y



Gambar 16. Profil sumur Y Lapangan Elsa

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan analisa pada sumur ELS-02 Lapangan Elsa maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis fluida yang terdapat pada reservoir panas bumi Lapangan Elsa adalah air klorida yang berada pada kesetimbangan *Fully Equilibrium*.
2. Air yang terdapat pada sumur ELS-02 berasal dari air meteorik yang terpanaskan dan memiliki nilai $\frac{N_2}{Ar}$ berkisar di 84.
3. Proses yang terjadi di dalam sumur ELS-02 dapat diambil kesimpulan adalah *reinjection breakthrough* dan pencampuran fluida produksi di dalam sumur dengan air permukaan yang lebih dingin akibat terjadinya kerusakan semen dan kebocoran casing ditandai dengan terjadinya penurunan nilai entalpi secara umum,

fluktuasi nilai konsentrasi klorida, fluktuasi nilai NCG, serta peningkatan nilai konsentrasi mineral-mineral air permukaan seperti Ca sebesar 10% tiap tahun, SO_4 sebesar 4.4% tiap tahun, dan HCO_3 sebesar 16% tiap tahun.

4. Melihat indikasi terjadinya *reinjection breakthrough* pada sumur ELS-002 maka disarankan untuk mengevaluasi jarak lokasi sumur injeksi atau mengevaluasi rate injeksi yang digunakan pada sumur-sumur tersebut di kemudian hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada PT. Pertamina Geothermal Energi Jakarta Divisi Reservoir yang telah memberikan data dan materi yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnorsson, S., Angcoy, E., Bjarnason, J. Ö., Giroud, N., Gunnarsson, I., Kaasalainen, H., Karingithi, C. W., and Stefánsson, A. (2010): Gas chemistry of volcanic geothermal systems, *World Geothermal Congress, Bali, Indonesia*, (April), 25–29.
- Barragan, R. M., Arellano, V. M., and Nieva, D. (2016): Analysis of Geochemical and Production Well Monitoring Data, *Intech Open*, 2, 64.
- BP (2018): 2018 BP Energy Outlook, *BP Energy Outlook*, 125.
- Dickson, M. A., and Fanelli, M. (2011): *what is Geothermal Energy?* *International Geothermal Association*.
- Easily, E. (2018): Geochemistry Method for Geothermal Exploration, *Indonesia International Geothermal Convention and Exhibition Pre-Conference Workshop 2018*, Thermochem, Jakarta.
- Ebtke (n.d.): ebtke.esdm.go.id.
- Ellis, A. J. dan W. A. J. M. (1997): *Chemistry and Geothermal System*, Academic Press, New York.

- Facca, G. (1997): *The Structure and Behavior of Geothermal Fields*, Paris.
- Fridriksson, T., and Ármannsson, H. (2007): Application of geochemistry in geothermal resource assessments, *Short Course on Geothermal Development in Central America Resource Assessment and Environmental Management, El-Salvador*.
- Grant, M. A., and Bixley, P. F. (2011): *Geothermal Reservoir Engineering* (Second Edi), Elsevier inc., Barlington.
- Malimo, S. J. (2013): *Geochemical Monitoring Practices*.
- Nicholson, K., and Techniques, E. (1993): *Geothermal Fluids: Chemistry and Exploration Techniques*, Aberdeen.
- Saptadi, N. M. (n.d.): *Catatan Kuliah: Teknik Panas Bumi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Satiyawira Bayu. 2018. Evaluasi Hole Cleaning Sumur Panas Bumi Terhadap Produksi Uap Padda Sumur Z Di Lapangan S. Petro, Vol 7 No 3: Desember.
- Seal, K. E. (n.d.): *The Geothermal Potential of Indonesia*, New Zealand, 8.
- Shah, M., Sircar, A., Sahajpal, S., Sarkar, P., Sharma, D., Garg, S., Mishra, T., and Shukla, Y. (2017): Geochemical Analysis for Understanding Prospectivity of Low Enthalpy Geothermal Reservoirs of Dholera.
- Suryatini (n.d.): *Introduction to Geothermal System and Technology: Manifestation and Geothermal Fluid*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Truesdell, A., Lippmann, M., Quijano León, J. L., and D'Amore, F. (1995): Chemical and physical indicators of reservoir processes in exploited high-temperature, liquid-dominated geothermal fields, *Proceedings of the World Geothermal Congress*, 3, 1933–1938.
- Untung, S. (2015): *Eksplorasi Panas Bumi*, Penerbit Ombak, Yogyakarta.
- Wanjie, C. (2012): Geochemical monitoring of reservoir response to production, *Short Course on Exploration for Geothermal Resources*.