

ANALISIS TERJADINYA SCALING SILICA PADA CONDENSER DAN COOLING TOWER

Priskilla Wulandari Polimpung, Heinrich Taunaumang, Jeferson Polii

Prodi Fisika FMIPA Universitas Negeri Manado

email: priskillawp@gmail.com

ABSTRAK. *Silica scaling* pada lapangan produksi panas bumi dapat menyumbat laju aliran fluida. Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui terjadinya *scaling silica* pada *brine*. Metode yang digunakan dalam pengolahan data ini yaitu dengan menggunakan aplikasi berupa *steam tabel* dan *microsoft excel*. Oleh karena itu kajian tentang potensi *silica scaling* pada kegiatan yang memanfaatkan panasbumi ini sangat diperlukan. Dalam penelitian ini telah dilakukan kajian mengenai potensi *silica scaling* di pembangkit listrik tenaga *geothermal* di daerah Lahendong unit 2 cluster 13. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya *scaling silica* pada *condenser* dan *Cooling tower* di lapangan panasbumi. Setelah penelitian dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil dari perhitungan *scaling silica* di lapangan panas bumi Lahendong adalah pada kondensor sebesar 11,2 ppm sedangkan pada *Cooling tower* sebesar 72,5 ppm. Bila konsentrasi silika di lapang ini dibandingkan dengan konsentrasi silika hasil perhitungan maka silika tidak mengendap pada kondensor maupun *Cooling tower*. Hal ini disebabkan karena konsentrasi silika di lapang lebih kecil dibandingkan konsentrasi silika hasil perhitungan sehingga tidak terjadi *silica scaling* pada inlet maupun outlet kondensor dan *Cooling tower*.

ABSTRACT. *Silica scaling* in geothermal production fields can clog the fluid flow rate. Research has been conducted to determine the occurrence of *scaling silica* in *brine*. The method used in processing this data is by using an application in the form of *steam tables* and *Microsoft Excel*. Therefore, a study of the potential for *silica scaling* in activities that utilize geothermal energy is needed. In this study, a study on the potential for *silica scaling* in a geothermal power plant in the Lahendong area unit 2 cluster 13. The purpose of this study was to estimate the possibility of *scaling silica* in the *condenser* and *cooling tower* in the geothermal field. After the research was carried out, it could be concluded that the results of the calculation of *scaling silica* in the Lahendong geothermal field were the *condenser* at 11.2 ppm while *cooling tower* was 72.5 ppm. When *silica* concentration in this field is compared with the calculated *silica* concentration, the *silica* will not settle in the *condenser* or the *cooling tower*. This is because the *silica* concentration in the field is smaller than the calculated *silica* concentration, so there is no *silica scaling* at the inlet or outlet of *condenser* and *cooling tower*.

Kata Kunci: *brine, silica scaling, Condenser, Cooling tower.* Keywords: *brine, silica scaling, Condenser, Cooling tower.*

PENDAHULUAN

Perkembangan energi panas bumi menjadi salah satu konsen utama dalam hal pemanfaatan energi yang dapat diperbaharui dan berkelanjutan. Dalam pemanfaatannya, energi panas bumi di Indonesia sendiri secara umum belum dimanfaatkan secara maksimal. Dengan potensi yang dimiliki Indonesia pemanfaatan panas bumi bisa lebih ditingkatkan agar lebih bermanfaat. Salah satunya adalah sebagai sumber energi alternatif untuk sektor pembangkit listrik.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi memiliki energy yang memanfaatkan uap sebagai penggerak turbin. Namun pada pembangkit listrik panas bumi masih banyak terdapat masalah salah satunya *scaling silica* atau pengendapan silica. *Brine* di lapangan panas bumi mengandung silika yang terdepositasi ketika mengalami penurunan temperatur. Sehingga pemodelan penurunan tekanan sepanjang pipa alir injeksi *brine* akan membantu teknisi dan saintis dalam memprediksi gejala fisis maupun deposisi silika sepanjang pipa injeksi. (Polii, 2017).

Scaling silica sering menjadi masalah yang serius dalam operasi lapangan panas bumi. *Scaling Silica* pada *brine* bisa mengurangi laju alir fluida hingga berakibat tersumbat. Cara yang paling efektif untuk menangani masalah *silica scaling* atau proses pengendapan adalah dengan mencegah terjadinya *silica scaling* tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang perkiraan kemungkinan terjadinya pengendapan pada *condenser* dan *Cooling tower* di lapangan panasbumi.

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) adalah tenaga listrik yang dihasilkan dari gerak turbin yang digerakkan oleh panas bumi. Cara pemanfaatannya adalah dengan membuat sumur yang kedalamannya mencapai titik panas bumi, lalu panas tersebut dialirkan ke lokasi turbin untuk menggerakkan turbin. Potensi tenaga panas bumi yang besar di Indonesia menjadikan pembangunan PLTP sebagai salah satu prioritas nasional bidang energy (Ditjenppi, 2017).

Definisi Cooling tower

Cooling tower adalah alat pendingin yang digunakan untuk memindahkan kalor buangan ke atmosfer. Dari sini, kita dapat mengetahui bahwa *cooling tower* berpotensi untuk merusak atmosfer di bumi. *Cooling tower* biasanya digunakan untuk mendinginkan air yang dialirkan pada pabrik kimia,

kilang minyak, dan pusat pembangkit listrik. Alat ini menggunakan proses penguapan air atau kontak antara udara dan air untuk proses pendinginan (Rochester Mitra Indonesia, 2020).

Kondensor

Kondensor merupakan salah satu komponen atau peralatan utama PLTP yang berfungsi untuk mengondensasikan uap yang keluar dari turbin. Proses yang terjadi dalam kondensor kontak langsung adalah perpindahan panas yang disertai proses kondensasi sesuai dengan hukum kekekalan massa dan energi. Parameter yang perlu diperhatikan pada komponen kondensor adalah tekanan dan temperatur. Supaya menghasilkan daya turbin yang besar, tekanan dan temperatur kondensor perlu dijaga serendah mungkin. Kinerja kondensor dapat dilihat dari keefektifannya. Keefektifan merupakan rasio antara laju perpindahan panas yang terjadi dalam kondensor dengan laju perpindahan panas maksimum yang terjadi pada kondensor tersebut (Sihombing, 2020).

Hydrothermal Brine

Air yang telah dipanaskan oleh magma akan mengalir melalui struktur batuan yang kemudian akan melepaskan dan melarutkan mineral batuan membentuk larutan *brine* panas (*hot brine solution*). Pelarutan ini juga mengakibatkan beberapa mineral mengalami pengkayaan. Kandungan utama *brine* adalah larutan NaCl sebesar 80%. Juga terdapat kalium, kalsium, silika, dan bikarbonat yang merupakan unsur utama (Edward, 1977).

Kelarutan Silika

Variasi temperatur mula-mula dapat menentukan letak *scaling* dapat terbentuk. Namun, fluida yang dihasilkan dari sumur injeksi bersifat netral dan bahkan sedikit basa, maka pengaruh pH terhadap kelarutan amorphous silica dapat diabaikan. Penentuan kelarutan silika berdasarkan besarnya temperatur dapat menggunakan persamaan Fournier-Potter (Nicholson, 1993).

$$4,52 - \frac{731}{t+273}$$

Kelarutan silika (ppm) = 10

Silica Scaling

Scaling didefinisikan sebagai pembentukan endapan atau kerak yang berasal dari mineral garam terlarut dalam air pada suatu media kontak tertentu. Salah satu penyebab terbentuknya *scaling* adalah adanya kandungan *silica* (SiO₂) yang terkandung

dalam *brine*. Sifat-sifat yang mempengaruhi konsentrasi kelarutan *silica* dalam pembentukan *scaling* adalah temperatur, kadar garam (salinitas), dan nilai keasaman (pH). Ketika terjadi perubahan tekanan, temperatur, dan pH pada suatu sistem, keseimbangan ion-ion yang terkandung akan melebihi kelarutannya, sehingga terbentuk suatu endapan (Aziz & Ola, 2019).

METODE

Lokasi Penelitian ini bertempat di wilayah kerja panas bumi yang dikelola oleh unit layanan PLTP lahendong unit pelaksana pengendalian pembangkitan Minahasa, Provinsi Sulawesi utara Sonder yakni unit 2 Cluster 13 yang dikelola oleh PT PLN (PERSERO) PLTP LAHENDONG.

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu alat tulis untuk menulis data dan microsoft excel sebagai alat pengolahan data.

Dilakukan penelitian studi lapangan untuk mengetahui keadaan di lapangan dan menentukan lokasi yang nantinya akan diteliti, setelah itu melakukan perencanaan dan diikuti dengan pengambilan data yang ada di lapangan. Setelah pengambilan data lapangan selesai selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk menentukan tujuan dari penelitian ini, setelah data tersebut diolah selanjutnya data tersebut di analisa dan pembahasan kemudian dilanjutkan dengan penyusunan hasil penelitian, setelah mendapatkan hasil selanjutnya setelah selesai menentukan hasil yang akan dilakukan terakhir adalah membuat laporan.

Variabel dalam penelitian ini adalah *silica saturation index* atau indeks kejenuhan silia. Adapun untuk memperoleh data variabel tersebut maka diperlukan data lapangan untuk sumur x dan y, dengan parameter temperature untuk mencari jumlah kandungan *silica* dalam perhitungan dan jumlah kandungan *silica* dalam *brine*.

Penentuan kelarutan *silica* berdasarkan besarnya temperatur dapat menggunakan rumus Fournier-Potter (Nicholson, 1993).

$$\text{Kelarutan silika (ppm)} = 10^{4,52 - \frac{731}{t+273}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

PLTP Lahendong unit 2 cluster 13 pelaksana pengendalian pembangkitan Minahasa memiliki temperatur pada *inlet condenser* sebesar 29°C, *outlet condenser* sebesar 50°C, *inlet Cooling tower* sebesar

51°C dan *outlet Cooling tower* sebesar 31°C serta memiliki kadar *silica* pada *condenser* 11,2 ppm dan pada *Cooling tower* memiliki kadar *silica* 75,2 ppm.

Setelah melakukan perhitungan pada persamaan Fournier-Potter didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan Kelarutan Silika dalam *Brine*

Lokasi Brine		Temperatur (°C)	Konsentrasi silika berdasarkan hasil perhitungan (ppm)
Condenser	Inlet	29	125,74
	Outlet	50	180,65
Colling Tower	Inlet	51	183,58
	Outlet	31	130,44

Pada bagian *inlet Condenser*, temperature pada bagian tersebut adalah 29°C sehingga konsentrasi *silica* berdasarkan hasil perhitungan di bagian tersebut sebesar 125,74 ppm. Bila dibandingkan dengan konsentrasi *silica* berdasarkan data di lapangan yaitu sebesar 11,2 ppm maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengendapan *silica* di *inlet Condenser*. Pada bagian *outlet Condenser*, temperature pada bagian tersebut adalah 50°C sehingga konsentrasi *silica* berdasarkan hasil perhitungan di bagian tersebut sebesar 180,65 ppm. Bila dibandingkan dengan konsentrasi *silica* berdasarkan data di lapangan yaitu sebesar 11,2 ppm maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengendapan *silica* di *outlet Condenser*. Pada bagian *inlet Cooling Tower*, temperature pada bagian tersebut adalah 51°C sehingga konsentrasi *silica* berdasarkan hasil perhitungan di bagian tersebut sebesar 183,58 ppm. Bila dibandingkan dengan konsentrasi *silica* berdasarkan data di lapangan yaitu sebesar 75,2 ppm maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengendapan *silica* di *inlet Cooling Tower*. Pada bagian *outlet Cooling Tower*, temperature pada bagian tersebut adalah 31°C sehingga konsentrasi *silica* berdasarkan hasil perhitungan di bagian tersebut sebesar 130,44 ppm. Bila dibandingkan dengan konsentrasi *silica* berdasarkan data di lapangan yaitu sebesar 75,2 ppm maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengendapan *silica* di *outlet Cooling Tower*.

Pembahasan

Ketika fluida dua fasa yang dihasilkan sumur-sumur produksi masuk ke dalam separator, fluida

tersebut akan mengalami pemisahan menjadi air (*brine*) dan uap. Komponen-komponen non-volatil seperti silica cenderung akan berada dalam air. Oleh karena itu, silica scaling kemungkinan besar akan terjadi di jalur *brine* dikarenakan konsentrasi silica dalam air (*brine*) meningkat setelah proses pemisahan uap.

Komposisi kimia di jalur *brine* berbeda dengan komposisi kimia fluida dua fasa. Komposisi kimia *brine* dipengaruhi oleh komposisi kimia fluida yang masuk ke separator dan termodinamika proses pemisahannya. Selanjutnya, kelarutan amorphous silica dihitung dan dibandingkan dengan kelarutan *amorphous silica* di lapangan pada kondisi yang sama untuk mengetahui potensi pembentukan *scaling silica* pada tempat-tempat yang dilalui oleh *brine* seperti kondensor dan *Cooling tower*. Bila konsentrasi silica dalam *brine* lebih besar dari pada konsentrasi silica berdasarkan perhitungan maka fluida dalam kondisi supersaturated dan silica akan mengendap dan begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan Tabel 1, Temperature inlet kondensor adalah 29°C sehingga konsentrasi silica pada inlet kondensor berdasarkan hasil perhitungan adalah 125,74 ppm. Temperature outlet kondensor lebih besar dari pada inlet kondensor yakni sebesar 50°C sehingga konsentrasi silica pada inlet kondensor berdasarkan hasil perhitungan adalah 180,65 ppm. Temperature inlet *Cooling tower* adalah 51°C sehingga konsentrasi silica pada inlet kondensor berdasarkan hasil perhitungan adalah 183,58 ppm. Temperature outlet *Cooling tower* lebih kecil dari pada inlet *Cooling tower* yakni sebesar 31°C sehingga konsentrasi silica pada inlet kondensor berdasarkan hasil perhitungan adalah 130,43 ppm.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa konsentrasi silica di lapang pada kondensor sebesar 11,2 ppm sedangkan pada *Cooling tower* sebesar 72,5 ppm. Bila konsentrasi silica di lapang ini dibandingkan dengan konsentrasi silica hasil perhitungan maka silica tidak mengendap pada kondensor maupun *Cooling tower*. Hal ini disebabkan karena konsentrasi silica di lapangan lebih kecil dibandingkan konsentrasi silica hasil perhitungan sehingga tidak terjadi *silica scaling* pada inlet maupun outlet kondensor dan *Cooling tower*. Pengendapan sendiri dapat terjadi apabila kelarutan silica dalam perhitungan lebih rendah dari pada silica di lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan data di lapangan diperoleh bahwa konsentrasi silica di lapang pada kondensor sebesar 11,2 ppm sedangkan pada *Cooling tower* sebesar 72,5 ppm. Bila konsentrasi silica di lapangan ini dibandingkan dengan konsentrasi silica hasil perhitungan maka silica tidak mengendap pada kondensor maupun *Cooling tower*. Hal ini disebabkan karena konsentrasi silica di lapang lebih kecil dibandingkan konsentrasi silica hasil perhitungan sehingga tidak terjadi *silica scaling* pada inlet maupun outlet kondensor dan *Cooling tower*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A. & Ola, K.. (2019). Jurnal Teknologi Lingkungan. Kajian Terbentuknya Scaling pada Komponen Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Skala Kecil, 20(1).
- Ditjenppi.(2017).[Online] tersedia di <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/inovas/358pembangkitlistriktenagapanasbumi#:~:text=Secara%20sederhana%2C%20Pembangkit%20Listrik%20Tenaga,yang%20digerakkan%20oleh%20panas%20bumi.&text=Air%20panas%0inilah%20yang%20digunakan,pembangkit%20>
- Edward, F. (1977). Geothermal Energy Utilization. California: John Wiley & Sons.
- Nicholson, K.. (1993). Geothermal Fluids: Chemistry And Exploration Techniques. Berlin: Springer-Verlag.
- Polii, J. (2017). “Pemodelan penurunan tekanan brine didalam pipa injeksi pada lapangan panasbumi dieng”
- Rochester Mitra Indonesia. (2020). Yang Harus Anda Ketahui Tentang Cooling Tower. [Online] tersedia di :<https://rmc-indonesia.com/yang-harus-anda-ketahui-tentang-cooling-tower/#:~:text=Cooling%20tower%20biasanya%20digunakan%20untuk,dan%20air%20untuk%20proses%20pendinginan>.
- Sihombing, C. (2020). Analisa Efisiensi Termal Turbin, Kondensor dan Menara Pendingin pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Majalah Ilmiah Swara Patra. 10(1).

Sihombing, C. (2020). Analisa Efisiensi Termal Turbin, Kondensor dan Menara Pendingin pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Majalah Ilmiah Swara Patra. 10(1).