

Analisis Penurunan Tekanan Fluida di Dalam Pipa antara Hotwell Pump (Hwp) dan Menara Pendingin pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit-2

I Wayan Rikiawan*, Rolles Palilingan, Alfrie Rampengan

Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95619, Indonesia

*email: iwayanrikiawan@gmail.com

Diterima 28 April 2022; Disetujui 30 April 2022

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan fluida panas bumi sebagai sumber energi utamanya. Fluida yang mengalir pada komponen PLTP mengalami suatu perubahan besaran yang sangat penting diketahui salah satunya adalah penurunan tekanan. Penurunan tekanan merupakan istilah penting yang dapat menggambarkan penurunan tekanan pada titik di dalam pipa yang diakibatkan oleh gesekan partikel dalam fluida, akselerasi fluida dan elevasi pipa alir. Dilakukan analisis penurunan tekanan di dalam pipa antara hotwell pump (HWP) dan menara pendingin menggunakan metode Harriston-Freeston yang dibuat pada Pressure Drop Modeling dengan menggunakan program modul dan visual basic. Program ini dapat mengkaji penurunan tekanan pada pipa dari hotwell pump (HWP) hingga menara pendingin yang dituangkan dalam bentuk grafik yang dimana penurunan tekanan disepanjang pipa baik antara hotwell pump A dan hotwell pump B maupun hotwell pump B dan menara pendingin yang mengalami penurunan tekanan yang secara signifikan. Pada jalur pipa antara hotwell pump A dan hotwell pump B yang pada saat tekanan dari 3,6 bar hingga 3,4 bar. Begitu juga pada jalur pipa antara hotwell pump B dan menara pendingin juga mengalami penurunan tekanan yang sama yaitu pada keadaan tekanan 3,4 bar hingga tekanan 1 bar. Hal ini dipengaruhi oleh diameter pipa, karena pada jalur pipa tertentu terjadi pengecilan diameter dan gesekan partikel dalam fluida, akselerasi gerak fluida, dan elevasi pipa alir.

Kata kunci : Penurunan Tekanan, Panas Bumi, Pembangkit Listrik, Pipa Alir.

ABSTRACT

A geothermal power plant (PLTP) is a power plant that utilizes geothermal fluid as its primary energy source. The fluid flowing in the PLTP component undergoes a change in magnitude which is very important to know, one of which is the pressure drop. Pressure drop is an essential term that can describe the pressure drop at a point in the pipe caused by particle friction in the fluid, fluid acceleration, and flow pipe elevation. An analysis of the pressure drop in the pipe between the hot well pump (HWP) and the cooling tower was carried out using the Harriston-Freeston method, which was made on Pressure Drop Modeling using a module program and visual basic. This program study the pressure drop in the pipe from the hot well pump (HWP) to the cooling tower as outlined in the form of a graph where the pressure drop along the pipe, both between hot well pump A and hot well pump B, as well as hot well pump B and cooling towers having a significant pressure drop. In the pipeline between hot well pump A and hot well pump B, the pressure is from 3.6 bar to 3.4 bar. Likewise, the pipeline between hot well pump B and the cooling tower also experiences the same pressure drop, namely at a pressure of 3.4 bar to a pressure of 1 bar. This thing is influenced by the pipe diameter. There is a reduction in diameter and particle friction in the fluid, fluid motion acceleration, and flow pipe elevation in certain pipelines.

Keywords : Pressure Drop, Geothermal, Power Plant, Flow Pipe.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas bumi sebagai sumber energi utamanya. Ada beberapa komponen dalam pembangkit listrik tenaga panas bumi yaitu berupa sumur produksi geothermal, separator, dan turbin di mana tiap

komponen ini dihubungkan dengan pipa. Fluida panas bumi yang berasal dari sumur produksi bergerak menuju separator yang akan dipisahkan menjadi uap kering. Fluida berupa uap kering ini yang berasal dari separator bergerak kembali menuju turbin dan dikonversi menjadi listrik. Uap kering yang merupakan uap murni dapat menjadi faktor

penting dalam menjaga keandalan, ketersediaan, dan efisiensi pembangkit listrik tenaga panas bumi. (Richardson, Addison, & Thompson, 2013).

Fluida yang mengalir dari sumur produksi hingga ke turbin tersebut akan mengalami suatu perubahan-perubahan besaran yang sangat penting diketahui, di mana salah satu di antaranya adalah penurunan tekanan. Penurunan tekanan merupakan istilah penting yang dapat menggambarkan suatu penurunan tekanan dari titik di dalam pipa. (Mulyana, 2019).

Pressure drop berupa elevation loss adalah kehilangan tekanan hidrostatik fluida yang dipengaruhi oleh densitas fluida dan tinggi kolom fluida. (Ahmad Riadi S. Hasibuan., DKK, 2014). Penurunan tekanan fluida juga dapat terjadi di sepanjang pipa karena diakibatkan oleh gesekan partikel dalam fluida, akselerasi fluida dan elevasi pipa alir. (Polii, 2017).

Pada salah satu jalur pipa pada PLTP yaitu jalur pipa antara hot well pump dengan menara pendingin dimana hotwell pump (HWP) adalah pompa yang berfungsi memompakan air dari kondenser menuju cooling tower untuk didinginkan. (Fitriyono dkk, 2020) Sedangkan menara pendingin sendiri memiliki fungsi untuk melakukan proses air panas menjadi air dingin sehingga bisa digunakan kembali untuk sprint pada maen condenser dan dapat diinjeksikan kembali. (Fauzi & Rudiyanto, 2016). Jalur pipa ini yang bertugas menyalurkan fluida yang bersifat satu fasa saja yaitu fluida fasa uap. Dan karena begitu banyak masalah yang disebabkan oleh penurunan tekanan sehingga penurunan tekanan sangat penting diketahui karena merupakan perancangan awal PLTP agar tekanan yang akan masuk ke tiap-tiap komponen PLTP sesuai dengan tekanan yang telah dirancang (Mulyana, 2019). Tujuan dilakukannya penelitian ini dengan menggunakan metode Harrison-Freeston dapat menentukan nilai penurunan tekanan pada pipa dari hotwell pump (HWP) hingga menara pendingin yang diharapkan dapat membantu para teknisi dan saintik untuk memprediksi gejala fisis maupun deposisi pada pipa.

Fluida Panas Bumi pada Pembangkitan Listrik

Fluida panas bumi bertemperatur tinggi ($>225^{\circ}\text{C}$) telah lama digunakan di beberapa negara untuk pembangkitan listrik, namun beberapa tahun terakhir ini perkembangan teknologi telah memungkinkan digunakannya fluida panas bumi bertemperatur sedang ($150-225^{\circ}\text{C}$) untuk pembangkit listrik. Pada lapangan panas bumi Lahendong dimiliki dan dioperasikan oleh PT Pertamina Geothermal Energy yang memiliki kapasitas terpasang 80 MWe yang dialiri oleh 8.300 ton uap per hari yang diproduksi oleh 10 sumur produksi selama 12 tahun terakhir. Karena perkiraan potensi masih jauh di luar produksi saat ini (kira-kira 120 MWe) maka direncanakan untuk memperbesar sistem dengan mengebor sumur baru. Oleh karena itu, perlu untuk mengkarakterisasi reservoir dan untuk mengidentifikasi kontrol utama aliran fluida untuk mengoptimalkan laju injeksi dan produksi dan akhirnya ke lokasi sumur baru. (Brehme Dkk, 2014).

Hotwell Pump (HWP)

Hotwell Pump (HWP) adalah pompa dengan ukuran dan kapasitas yang besar yang berfungsi untuk memompakan air kondensasi dalam *condenser* menuju *cooling tower* untuk didinginkan. *Hotwell pump* (HWP) juga berfungsi menjaga level air di dalam *condenser* agar tetap stabil. Proses pengaturan kesetabilan *condenser* sangat berpengaruh terhadap tingkat kevakuman dan temperatur di dalam *condenser* tersebut.

Untuk mencapai besarnya debit fluida yang dipompakan dapat menggunakan hukum kesebangunan pompa. Hal ini dapat berlaku apabila diameter pompa tetap, namun putaran pompa bervariasi, sehingga dapat berlaku persamaan:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(N_1)^2 \times (D_1)^2}{(N_2)^2 \times (D_1)^2} \quad (1)$$

dengan:

- Q^1 = Debit Fluida 1 (m^3/s)
- Q^2 = Debit Fluida 2 (m^3/s)
- N_1 = Putaran 1 (Rpm)
- N_2 = Putaran 2 (Rpm)
- D_1 = Diameter Impeller (m^3/s)

(Fitriyono dkk, 2020)

Sistem Pendingin

Banyaknya air pendingin yang dibutuhkan oleh kondenser. Air dapat berasal dari mana saja namun sumbernya harus berada di dekat lapangan panas bumi yang umumnya tidak besar untuk menyerap panas. Cara yang paling banyak digunakan dengan menggunakan cooling tower (menara pendingin). Menara pendingin memiliki dua jenis yaitu mechanical draft cooling tower dan natural draught cooling tower.

Perhitungan Penurunan Tekanan

Persamaan dasar untuk penurunan tekanan (*pressure drop*) adalah
Dimana :

$$\left(\frac{dp}{dz}\right) = \left(\frac{dp}{dz}\right)_f + \left(\frac{dp}{dz}\right)_g + \left(\frac{dp}{dz}\right)_{acc} \quad (2)$$

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_f = \text{kehilangan tekanan karena gesekan} \\ = 5 - 10\% \text{ dari } \left(\frac{dp}{dz}\right)_{total}$$

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_g = \text{kehilangan tekanan karena elevasi} \\ = 80 - 95\% \text{ dari } \left(\frac{dp}{dz}\right)_{total}$$

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_{acc} = \text{kehilangan tekanan karena akselerasi (kecil, sehingga sering diabaikan)}$$

Metode Harisson-Freeston

Untuk memprediksi penurunan tekanan gesekan pada pipa, digunakan korelasi dari Freeston (1980). Korelasi ini telah diterapkan dalam desain pipa panas bumi dua fase untuk diameter pipa ukuran kecil dan besar. Metode Freeston (1980) ditentukan untuk rezim aliran annular dan kisaran laju aliran yang lebar (Mubaro, Zarrouk dan Cater, 2018).

Pada buku Teknik Panasbumi karya Nenny Saptadji (2001:X-20) di jelaskan bahwa prosedur perhitungan penurunan tekanan yaitu: Pertama, besarnya tekanan titik awal harus dicatat terlebih dahulu yang berarti tekanan pada *hotwell pump* (HWP) harus diketahui kemudian selanjutnya akan ditentukan sifat fluida v_s , μ_s , h_f , h_g , h_{fg} , dengan menggunakan Excel. Kemudian, hitung kecepatan fraksi uap air (*dreyness*) dengan rumus:

$$x = \frac{h - h_f}{h_{fg}} \quad (3)$$

Kemudian, mencari *void fraction* α dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{1}{1 + \left(\frac{1-x}{x}\right)^{0.8} \left(\frac{v_f}{v_g}\right)^{0.515}} \quad (4)$$

Dan selanjutnya menghitung kecepatan fase cair, *Reynold number*, faktor friksi, secara berturut-turut.

Kecepatan fase cair :

$$v_f = \frac{M(1-x)v_f}{(1-\alpha)A} \quad (5)$$

dengan :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (6)$$

M = Laju massa

Reynold number :

$$Re = \frac{M(1-x)D}{\mu_f A} \quad (7)$$

Faktor fraksi :

$$\lambda = \frac{8 \left[\left(\frac{8}{Re}\right)^{12} + \frac{1}{\left(\frac{A+B}{2}\right)^3} \right]^{\frac{1}{12}}}{12} \quad (8)$$

dengan :

$$A = \left[2.457 \ln \frac{1}{\left(\frac{7}{Re}\right)^{0.9} + \frac{0.27\varepsilon}{D}} \right]^{16} \quad (9)$$

$$B = \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16} \quad (10)$$

Untuk ε atau kekasaran pipa merupakan faktor penyebab besar atau kecilnya gesekan fluida dengan dinding pipa. Dan untuk menentukan *pressure drop* karena gesekan dan akselerasi berdasarkan persamaan :

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_g = \frac{4T\omega}{D(1-A_l)} \quad (11)$$

Acc adalah *acaleration term*.

dengan:

$$T\omega = C_f 1/2 \frac{\overline{v_f^2}}{v_f} \quad (12)$$

$$C_f = \frac{\lambda}{4} \quad (13)$$

$$AC = \frac{m^2 x^2 v_g}{PA^2 \alpha} \quad (14)$$

Dan selanjutnya dihitung penurunan tekanan karena elevasi:

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_g = \bar{\rho} \bar{g} \sin \theta \quad (15)$$

dengan:

$$\bar{\rho} = \alpha \rho_g + (1 - \alpha) \rho_f$$

$$\bar{g} = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

$$\sin \theta = \frac{P.t}{\Delta z_n}$$

$P.t$ = perbedaan ketinggian antara dua titik

Δz_n = jarak kedua pipa secara horizontal

Selain itu menghitung :

$$\Delta P_{total} = \left(\frac{dp}{dz}\right)_{total} \times z_{total} \quad (16)$$

Selanjutnya, hitung tekanan pada P_{i+1} :

$$P_{i+1} = P_i - \Delta P_{total} \quad (17)$$

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di PLTP Lahendong Unit-2 khususnya pipa pada bagian antara hotwell pump (HWP) dan menara pendingin dengan menggunakan data pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi tanggal 20 September 2020. Berdasarkan koordinat GPS Coordinator, lokasi penelitian ini berada pada titik koordinat X:1.2544270, Y: 124.8217416 serta elevasi menunjukkan angka 933.5 m dan bujur :124.8217, lintang :1.254427.

Pengolahan data dilakukan menggunakan Pressure Drop Modeling yang dirancang oleh Rivaldo Tambahani yang dibuat berdasarkan program modul dan visual basic yang dapat membantu memodelkan penurunan tekanan fluida yang terjadi di dalam pipa. Selain berdasarkan program modul dan visual basic Pressure Drop Modeling dibuat berdasarkan pada persamaan (2) yaitu persamaan dasar penurunan tekanan (Pressure Drop). Beberapa variabel ukur seperti data tekanan baik tekanan keluar hotwell pump (HWP) maupun tekanan masuk menara pendingin dan data-data pendukung lainnya seperti diameter luar pipa, diameter dalam pipa, perbedaan ketinggian dan jarak dimana semua data ini diinput kedalam Pressure Drop Modeling. Setelah semua data-data dioperasikan ke dalam Pressure Drop Modeling yang bentuknya berupa Excel dari pengoperasian ini di dapat nilai kekasaran pipanya. Data-data ini diinput kembali sampai mendapatkan hasil yang tepat kemudian, diplot dalam bentuk grafik yang merupakan hasil dari analisis penurunan tekanan fluida di dalam pipa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan penurunan tekanan fluida berikut pada tabel (1) merupakan tabel hasil perhitungan penurunan tekanan fluida dalam pipa antara hotwell pump A dan hotwell pump B dan tabel (2) merupakan tabel hasil perhitungan penurunan tekanan fluida dalam pipa antara hotwell pump B.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Penurunan Tekanan Fluida Di Dalam Pipa Antara *Hotwell Pump A* Dan *Hotwell Pump B* Pada PLTP Lahendong Unit-2

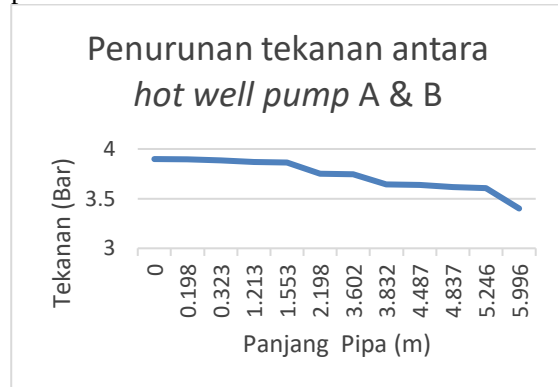
No	ℓ	M	D_o	D_i	P. t.	z	jarak	L_e	g	h	ϵ	P_{i+1}
1	0	40.14	0.965	0.508	0	0.198	0.198	0	9.80	640	1.092	3.898
2	0.1	32.50	0.914	0.457	0	0.125	0.125	0	9.80	640	1.092	3.897
3	0.3	32.49	0.914	0.457	0	0.89	0.89	0	9.80	640	1.092	3.886
4	1.2	32.42	0.914	0.457	0	0.34	0.34	0.975	9.80	640	1.092	3.871
5	1.5	32.31	0.914	0.457	0	0.645	0.645	0	9.80	640	1.092	3.863
6	2.1	32.26	0.914	0.457	0	1.404	1.404	8.229	9.80	640	1.092	3.748
7	3.6	31.49	0.914	0.457	0	0.23	0.23	0	9.80	640	1.092	3.745
8	3.8	31.48	0.914	0.457	0	0.655	0.655	7.315	9.80	640	1.092	3.644
9	4.4	30.84	0.914	0.457	0	0.35	0.35	0	9.80	640	1.092	3.640
10	4.8	3.423	0.609	0.152	0	0.409	0.409	0.975	9.80	640	1.092	3.616
11	5.2	30.66	0.914	0.457	0	0.75	0.75	0	9.80	640	1.092	3.606
12	5.9	30.59	0.914	0.457	0	1.97	1.97	13.41	9.80	640	1.092	3.400

Tabel 2. Hasil Pehitungan Penurunan Tekanan Fluida Di Dalam Pipa Antara *Hotwell Pump B* Dan Menara Pendingin Pada PLTP Lahendong Unit-2

N o	ℓ	P _i	M	D _o	D _i	P. t.	z	jara k	K	L _e	g	ε	P _{i+1}
1	0	4	41.90	0.96	0.50	0	0.19	0.19	0	0	9.80	0.01	3.99
2	0.1	3.99	33.94	0.91	0.45	0	0.12	0.12	0	0	9.80	0.01	3.99
3	0.3	3.99	33.58	0.91	0.45	0.55	3.4	0.55	0	0	9.80	0.01	3.98
4	3.7	3.98	33.90	0.91	0.45	0	0.34	0.34	0.04	0.97	9.80	0.01	3.98
5	4.0	3.98	33.89	0.91	0.45	0	0.64	0.64	0	0	9.80	0.01	3.98
6	4.7	3.98	33.88	0.91	0.45	0	1.40	1.40	-	8.22	9.80	0.01	3.95
7	6.1	3.95	32.58	0.91	0.45	1.9	0.23	1.9	0	0	9.80	0.01	3.95
8	6.3	3.95	33.80	0.91	0.45	0	0.23	0.23	-	7.31	9.80	0.01	3.93
9	6.5	3.93	33.74	0.91	0.45	0	0.65	0.65	0	0	9.80	0.01	3.93
10	7.2	3.93	33.74	0.91	0.45	0	0.35	0.35	0.04	0.97	9.80	0.01	3.93
11	7.5	3.93	3.590	0.60	0.15	2.2	0.93	2.2	0	0	9.80	0.01	3.92
12	8.5	3.92	3.587	0.60	0.15	2.2	0.93	2.2	0.75	13.4	9.80	0.01	3.77
13	9.4	3.77	3.689	0.60	0.15	0	0.74	0.74	0	0	9.80	0.01	3.76
14	10	3.76	3.686	0.60	0.15	0	1.35	1.35	0.75	13.4	9.80	0.01	3.60
15	11	3.60	3.628	0.60	0.15	0	1.38	1.38	0	0	9.80	0.01	3.59
16	12	3.59	32.60	0.91	0.45	0	3.11	3.11	0.75	13.4	9.80	0.01	3.55
17	16	3.55	32.45	0.91	0.45	0	1.81	1.81	0	0	9.80	0.01	3.54
18	17	3.54	32.44	0.91	0.45	0	5.85	5.85	0.75	13.4	9.80	0.01	3.49
19	23	3.49	31.20	0.91	0.45	1.9	4.22	1.9	0	0	9.80	0.01	3.48
20	27	3.48	32.21	0.91	0.45	0	0.5	0.5	0.75	13.4	9.80	0.01	3.44
21	28	3.44	31.79	0.91	0.45	0.55	0.3	5.5	1	4.57	9.80	0.01	3.43
22	28	3.43	31.74	0.91	0.45	0.55	0.3	5.5	0	0	9.80	0.01	3.43
23	29	3.43	32.04	0.91	0.45	0	0.72	0.72	0	0	9.80	0.01	3.42
24	29	3.42	30.99	0.91	0.45	1.9	0.42	1.9	0	0	9.80	0.01	3.42
25	30.	3.42	27.49	0.91	0.45	7.82	3.62	7.82	0	0	9.80	0.01	3.41
26	33	3.41	31.99	0.91	0.45	0	1.8	1.8	0.45	8.22	9.80	0.01	3.39
27	35	3.39	15.90	0.91	0.45	1.54	1.54	1.54	1	4.57	9.80	0.01	3.38
28	37	3.38	15.89	0.91	0.45	1.54	0.8	1.54	-	17.3	9.80	0.01	3.35
29	37	3.35	15.85	0.91	0.45	1.54	1.8	1.54	0	0	9.80	0.01	3.35
30	39	3.35	17.40	0.91	0.45	0	5.85	5.85	0	0	9.80	0.01	3.34
31	45	3.34	17.39	0.91	0.45	0	0.93	0.93	0	0	9.80	0.01	3.34
32	46	3.34	17.38	0.91	0.45	0	1.8	1.8	0.45	4.87	9.80	0.01	3.34
33	48	3.34	17.37	0.91	0.45	0	5.85	5.85	0.45	4.87	9.80	0.01	3.33
34	54	3.33	17.36	0.91	0.45	0	2	2	0	0	9.80	0.01	3.33
35	56	3.33	17.35	0.91	0.45	0	1.8	1.8	15	1.95	9.80	0.01	3.32
36	57	3.32	17.35	0.91	0.45	0	5.85	5.85	0	0	9.80	0.01	3.32
37	63	3.32	17.34	0.91	0.45	0	1.23	1.23	2	48.7	9.80	0.01	3.28
38	65	3.28	17.26	0.91	0.45	0	1.27	1.27	0	0	9.80	0.01	3.28
39	66	3.28	0.016	0.76	0.01	0	0.37	0.37	0.45	4.87	9.80	0.01	2.83
40	66	2.83	0.013	0.76	0.01	2.8	5.85	2.8	1	0.14	9.80	0.01	2.33
41	72	2.33	0.014	0.76	0.01	0	3.36	3.36	0.17	0.97	9.80	0.01	1.80
42	75	1.80	0.012	0.76	0.01	0	1.19	1.19	0	0	9.80	0.01	1.60
	77	1.60	0.012	0.76	0.01	0	0.61	0.61	0	0	9.80	0.01	1.49
44	77	1.49	0.012	0.76	0.01	0	1.42	1.42	0	0	9.80	0.01	1.20
45	79	1.20	0.011	0.76	0.01	0	0.17	0.17	0	0	9.80	0.01	1.16
46	79	1.16	0.010	0.76	0.01	0	0.4	0.4	0	0	9.80	0.01	1.05

Penurunan Tekanan Fluida Pada *Hotwell Pump A* Dan *Hotwell Pump B*

Berdasarkan tabel (1) maka diperoleh grafik yang menyatakan penurunan tekanan fluida di dalam pipa antara *hotwell pump A* dan *hotwell pump B* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

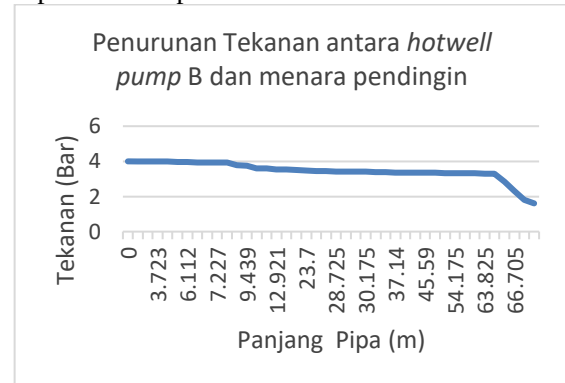


Gambar 1. Penurunan Tekanan Fluida Dalam Pipa Antara *Hotwell Pump* (HWP) A & B

Gambar 1, memperlihatkan penurunan tekanan fluida di dalam pipa antara *hotwell pump A* dan *hotwell pump B* yang merupakan perbandingan antara tekanan fluida dalam satuan bar dan panjang pipa dalam satuan meter. Jika dilihat dari grafik menunjukkan nilai tekanan yang berdasarkan data lapangan di *pressure gauge* yaitu 3,9 bar, nilai tekanan di *hotwell pump B* 3,4 bar dan nilai tekanan tepat setelah *hotwell pump A* adalah 3,9 bar. Jika ditinjau pada keadaan tekanan berada pada *pressure gauge* yang perbandingannya dengan panjang pipa antara 0,198 m hingga 1,553 m mengalami penurunan tekanan yang terjadi tidak terlalu signifikan, dan pada keadaan panjang pipa 1,552 m hingga 3,832 m mengalami penurunan tekanan yang secara teratur pada keadaan tekanan 3,5 bar hingga tekanan 3,6 bar, kemudian selanjutnya pada keadaan tekanan dari 3,6 hingga 3,4 mengalami penurunan tekanan yang terjadi sangat signifikan. Penurunan tekanan yang terjadi sepanjang jalur pipa antara *hotwell pump A* dan *hotwell pump B* ini dipengaruhi oleh diameter pipa, karena pada jalur-jalur pipa tertentu terjadi pengecilan diameter pipa. Diameter pipa sangatlah berpengaruh karena jika diameter pipa diperbesar maka nilai tekanan diujung pipa akan semakin kecil sedangkan semakin kecil diameter pipa maka akan semakin rendah nilai tekanan yang berada diujung pipa (Tambahani, 2020).

Penurunan Tekanan Pada *Hotwell Pump B* Hingga Menara Pendingin

Berdasarkan Tabel 2, maka diperoleh grafik yang menyatakan penurunan tekanan fluida di dalam pipa antara *hotwell pump* (HWP) B dan menara pendingin seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penurunan Tekanan Fluida Dalam Pipa Antara *Hotwell Pump B* Hingga Menara Pendingin

Gambar 2, menunjukkan penurunan tekanan fluida di dalam pipa khususnya pada *hotwell pump B* hingga menara pendingin yang merupakan perbandingan antara tekanan fluida dalam satuan bar dan panjang pipa dalam satuan meter. Jika dilihat dari grafik menunjukkan nilai tekanan yang berdasarkan data lapangan di *pressure gauge* yaitu 4 bar, nilai tekanan di menara pendingin 1 bar dan nilai tekanan tepat setelah *hotwell pump B* adalah 4 bar juga. Keadaan yang terjadi pada Gambar 2 hampir sama dengan keadaan yang terjadi pada Gambar 1, dimana tekanan yang terdapat di lapangan berdasarkan dari *pressure gauge* yang perbandingannya dengan panjang pipa mengalami penurunan tekanan secara teratur namun, pada tekanan 3,4 bar hingga tekanan 1 bar mengalami penurunan tekanan yang signifikan. Penurunan tekanan yang terjadi sepanjang jalur pipa antara *hotwell pump B* dan menara pendingin ini juga dipengaruhi oleh diameter pipa, karena pada jalur-jalur pipa tertentu terjadi pengecilan diameter pipa. Selain diameter pipa penurunan tekanan di sepanjang pipa diakibatkan oleh gesekan partikel dalam fluida, akselerasi gerak fluida dan elevasi pipa alir (Polii, 2017). Sehingga perlu dilakukannya pengaturan sistem pemipaan khususnya di tempat-tempat dengan perubahan elevasi yang cukup besar serta selalu memperhatikan perubahan tekanan, temperatur fraksi uap dan pola aliran

4. KESIMPULAN

Penurunan tekanan yang terjadi di dalam pipa baik pipa antara hotwell pump A dan hotwell pump B maupun dari hotwell pump B dan menara pendingin mengalami penurunan tekanan secara signifikan. Pada jalur pipa antara hotwell pump A dan hotwell pump B yang pada saat tekanan dari 3,6 bar sampai 3,4 bar. Begitu juga pada jalur pipa antara hotwell pump B dan menara pendingin juga mengalami penurunan tekanan yang sama yaitu pada keadaan tekanan 3,4 bar sampai tekanan 1 bar itu dipengaruhi oleh diameter pipa, karena pada jalur pipa tertentu terjadi pengecilan diameter dan gesekan partikel dalam fluida, akselerasi gerak fluida, dan elevasi pipa alir.

5. REFERENSI

- Brehme, M., Moeck, I., Kamah, Y., Zimmermann, G., & Sauter, M. (2014). *A Hydrotectonic Model Of A Geothermal Reservoir-A Study In Lahendong Indonesia*, University Of Gottingen, Applied Geology Gold Schmidtstr.3,37077 Gottingen, Germany. 228-239.
- Fauzi, A. Daniel., & Rudiyanto, Bayu (2016) *Analisa Performa Menara Pendingin Pada Pt. Geo Dipa Energi Unit Dieng* Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember. (ISSN 2540-8704)
- Fitriyono, Azis. Azis & Santoso Agus (2020) *Studi Pengaturan Kecepatan Motor Hotwell Pump (HWP) Terhadap Efisiensi Penggunaan Daya Listrik PT PLN (PERSERO) PLTP Ulubelu*. Prodi Teknik Electro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung, Jurnal Ilmiah, 2746- 1750
- Hasibuan, S. Riadi Ahmad, Bahruddin, & Fadli Ahmad J (2014) *Evaluasi Pressure Drop Pada Sumur Injeksi Uap Di Lapangan Duri Dengan Persamaan Beggs-Brill Dan Moody*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Mulyana, C., & Riyandi, N. (2019). *Model Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Pressure Drop Pada Pipa Pltp Dominasi Uap*, Departemen Fisika Fakultas Mipa Universitas Padjadjaran.26-32.
- Polii, J. (2017). *Pemodelan Penurunan Tekanan Brine Di Dalam Pipa Injeksi Pada Lapangan Panas Bumi Dieng*, Universitas Negeri Manado Fmipa Jurusan Fisika. 32-35.
- Richardson, I., Addison, S., & Thompson, G. (2013). *Steam Purity Considerations In Geothermal Power Generation*.
- Saptadji, N. M. (2001).. *Teknik Panasbumi*. Institut Teknologi Bandung
- Saptadji, N. M. (2020).. *Teknik Geothermal 2nd edition* Institut Teknologi Bandung
- Tambahani, R. M. (2020). *Pemodelan Penurunan Tekanan Fluida Di Dalam Pipa Antara Demister Dan Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit-2*. Universitas Negeri Manado Fmipa Jurusan Fisika. Skripsi