ANALISA PERBANDINGAN *PRESSURE DROP* METODE LOCKHART MARTINELLI, HOMOGENOUS DAN HARRISTON FREESTON DARI DEMISTER KE TURBIN PADA UNIT 2 PLPT LAHENDONG

Rigitha Petrisia Raco, Rolles Nixon Palilingan, Jeferson Polii
Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Manado
email: rigitharaco@gmail.com

ABSTRAK. Perkembangan teknologi, populasi dan inovasi dari hari kehari semakin meningkat hal ini menyebabkan kebutuhan energi dunia semakin meningkat juga. Hal ini menyebabkan baik negara maju maupun negara berkembang termasuk Indonesia untuk memanfaatan setiap alternatif sumber daya energi yang ada baik energi terbaharui dan energi tidak terbaharui. Salah satu pemanfaatan energi terbaharui untuk kecukupan energi nasional adalah sumber daya panas bumi, letak Indonesia yang strategis menyebabkan Indonesia memiliki banyak potensi sumber daya panas bumi sehingga sumber daya panas bumi ini harus di olah se efisien mungkin untuk dapat membantu memenuhi kebutuhan energi nasional. Salah satu penyebab penurunan efiesiensi pengolahan sumber daya panas bumi adalah penurunan tekanan yang terjadi dari demister menuju turbin, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan tekanan yang terjadi dari demister menuju turbin pada *PLTP-2* Lahendong dengan menggunakan 3 metode yaitu *Lockhart Martinelli*, *Homogenous* dan *Harrison Freeston*. Hasil perhitungan dari 3 metode ini kemudian dibadingkan dengan data real yang ada di lapangan untuk mengetahui metode mana yang paling tepat dan paling mendekati untuk digunakan. Berdasarkan penelitian tekanan masuk turbin dari metode Homogenous, Lockhart Martinelli dan Harisson Freeston berturut turut adalah 6,59bar, 7,25bar dan 7,84 bar dan tingkat akurasi dibanding dengan data real berturut turut adalah 92%, 97% dan 90%.

Kata Kunci: Geothermal,Penurunan Tekanan, *Homogenous, Lockhart Martinelli Harrison Freeston*

ABSTRACT. *The development of technology, population and inovation from day to day is increasing. This causes the world's energy needs to increase as well. This causes both developed and developing countries including Indonesia to take advantage of every alternative available energy resource, both renewable energy and non-renewable energy. One of the uses of renewable energy for national energy sufficiency is geothermal resources, Indonesia's strategic location causes Indonesia to have a lot of potential geothermal resources and because of that these geothermal resources must be processed as efficiently as possible to help meet national energy needs. One of the causes of the reduction in the efficiency of processing geothermal resources is the pressure drop that occurs from the demister to the turbine, this study aims to determine the pressure drop that occurs from the demister to the turbine at PLTP-2 Lahendong using 3 methods, namely Lockhart Martinelli, Homogenous and Harrison Freeston. . The results of the calculation of these 3 methods are then compared with real data in the field to find out which method is the most aaccurate and closest to use. Based on research, the turbine inlet pressure from the Homogenous method, Lockhart Martinelli and Harisson Freeston are 6.59bar, 7.25bar and 7.84 bar respectively and the level of accuracy compared to real data is 92%, 97% and 90%, respectively.*

Keywords: Geothermal, *Pressure Drop, Homogenous, Lockhart Martinelli Harrison Freeston*

PENDAHULUAN

Letak Indonesia yang sangat strategis membuat Indonesia mampu mengelolah dan memanfaatkan energi panas bumi untuk di konversikan menjadi energi listrik. Pada tahun 2008 total kapasitas/daya PLTP yang telah terpasang di Indonesia berjumlah total 1052 MW dan kapasitas/daya total terpasang pada tahun 2017 berjumlah total 1699 MW, namun jumlah ini masih sangat jauh dengan tujuan pemerintah yang sebelumnya, perencanaan pemerintah pada tahun 2008 mencatat bahwa Indonesia bertujuan untuk memiliki jumlah kapasitas/daya total PLTP yang terpasang sebesar 4773 MW pada tahun 2014 dan 9100 MW pada tahun 2025. Hal membuktikan bahwa Indonesia telah gagal mencapai tujuannya pada tahun 2014 dan kemungkinan besar juga akan gagal pada tahun 2025 dalam mencapai tujuannya perihal jumlah kapasitas/daya total PLTP yang terpasang. Tidak tercapainya tujuan pemerintah dalam hal ini disebabkan oleh 2 faktor umum yaitu tidak optimalnya pembangunan PLTP baru dan tidak optimalnya pengoperasian PLTP yang sudah ada. Dalam hal ini tidak optimalnya suatu pembangkit dalam menghasilkan daya listrik dapat disebabkan dari beberapa hal, salah satunya adalah *pressure drop*/penurunan tekanan.

Dalam suatu pembangkit listrik, fluida yang masuk dari sumur yang kemudian di alirkan menuju turbin dengan tujuan mengonversikan energi kinetik fluida menjadi energi listrik tidak akan memiliki properti yang sama. Pada sepanjang proses pengaliran fluida dari sumur ke turbin fluida akang mengalami *pressure drop*/penurunan tekanan, semakin rendah tekanan fluida maka semakin rendah daya listrik yang akan di produksi oleh suatu PLTP, oleh karena itu sangatlah penting untuk menjaga tekanan fluida. Salah satu proses untuk menjaga dan mengoptimalkan tekanan fluida adalah dengan menghitung penurunan tekanan sebelum PLTP dibangun. Perhitungan perkiraan penurunan tekanan fluida dalam suatu PLTP dapat diketahui dengan beberapa metode perhitungan yang berbeda, beberapa dari metode yang ada adalah metode Lockart Martinelli, Homogenous dan Harrison Freeston.

Sistem Panas Bumi di Indonesia

Karakteristik prospek-prospek panas bumi di Indonesia dijelaskan sebagai berikut. Prospek-prospek panas bumi yang terletak pada jalur gunung api di Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusatenggara, Maluku dan ujung utara Pulau Sulawesi umumnya mempunyai temperatur yang cukup tinggi yang berkaitan dengan kegiatan gunung api muda. Pada daerah ini, prospek panas bumi dapat diklasifikasikan kedalam 2 katagori: prospek panas bumi yang berkaitan dengan gunung api aktif saat sekarang (resen) dan prospek panas bumi yang berkaitan dengan gunung api kuarter yang sudah tidak aktif dan berumur lebih tua (Lenzi, A., Bonciani, R, 2013).

Prospek panas bumi yang berkaitan dengan gunung api aktif saat sekarang umumnya mempunyai temperatur tinggi dan kandungan gas magmatik yang cukup besar serta permeabilitas bawah permukaan yang relatif kecil.Pelamparan daerah prospek tidak terhampar luas dan hanya terbatas di sekitar cerobong gunung apinya (Bromley, C., 2014).

Prospek panas bumi pada katagori kedua yang berasosiasi dengan aktifitas vulkanik kuarter mempunyai pelamparan prospek yang luas dan permeabillitas reservoir yang lebih besar yang diakibatkan oleh perkembangan struktur geologi yang sudah matang (*mature*).

Letak Indonesia yang strategis tersebut menyebabkan banyaknya potensi sumber daya energy panas bumi yang di manfaatkan di Indonesia tersebar dari Pulau Sumatera hingga Pulau Sulawesi. Potensi listrik dengan tenaga panas bumi di Indonesia mencapai 2.7 GW, dengan potensi spekulatif 9290MW, potensi hipotesis 4048MW, terduga 10835MW, mungkin 1050MW, dan terbukti 2287MW. Sehingga kapasitas PLTP yang terpasang pada 2008 sendiri mencapai 1052MW, maka dengan besarnya potensi energy panas bumi yang ada di Indonesia, pemerintah menetapkan peningkatan pemanfaatan energy panas bumi yang ada di Indonesia secara bertahap dengan tujuan pada tahun 2025 kapasitas yang terpasang

mencapai 9500MWe dan direncanakan pada tahun 2014 kapasitas mencapai 4733MWe namun hingga tahun 2017 sendiri kapasitas total yang terpasang hanya mencapai 1699Mwe (Ruus, M., 2019).

Metode Homogenous

Dalam model ini uap dan air dianggap tercampur sempurna, sehingga campuran ini berkelakuan seperti fluida satu fasa dengan sifat rata-rata tergantung dari sifat masing-masing fasa. Dengan anggapan tersebut, maka kehilangan tekanan dihitung dengan cara yang sama seperti cara perhitungan kehilangan tekanan untuk aliran satu fasa (Thome, R., J., 2004). Apabila kehilangan tekanan karena akselerasi diabaikan, maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\left(\frac{\mathrm{dp}}{\mathrm{dz}}\right)_{\mathrm{t}} = \rho_{\mathrm{m}}\, g \sin\theta + \frac{\lambda\, V_m^2}{2\, v_m D} \quad (1.1)$$

Apabila volume spesifik campuran uap-air (v_m) adalah :

$$v_m = x\, v_g + (1-x) v_L \quad (1.2)$$

Maka densitas campuran uap air (ρ_m) adalah

$$\rho_m = \frac{1}{v_m} \quad (1.3)$$

Apabila laju alir masa fluida adalah m dan luas penampang pipa alir adalah A (D adalah diameter pipa), maka kecepatan fluida adalah

$$V_m = \frac{m\, v_m}{A} \quad (1.4)$$

Friction factor dapat ditentukan dengan persamaan

$$\lambda = 8\left[(8/Re)^{12} + \frac{1}{(A+B)^{3/2}}\right]^{1/12} \quad (1.5)$$

dimana A dan B dihitung dengan persamaan (1.11)

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

$$B = [37530/Re]^{16} \quad (1.7)$$

Bilangan Reynold adalah

$$Re = \frac{\rho_m V_m D}{\mu_m} \quad (1.8)$$

$$\mu_m = X\mu_g + (1-x)\mu_L \quad (1.9)$$

A = Luas penampang pipa (m^2)
v_m = Volume spesifik campuran (m^3/kg)
V_m = Kecepatan fluida (m/s)
λ = Faktor friksi
A,B = Variabel
Re = Bilangan Reynold
μ_m = Viskositas campuran (kg/(m.s))
μ_g = Viskositas uap (kg/(m.s))
μ_f = Viskositas air (kg/(m.s))
x = *dryness*

Metode Lockhart Martinelli

Metoda ini menggunakan asumsi bahwa uap dan air tidak tercampur, sehingga metoda ini termasuk dalam kategori "*separated flow*" model (Saptadji, N. 2001.) Kehilangan tekanan dua fasa $(dp/dz)_{tp}$ dihitung berdasarkan kehilangan tekanan satu fasa, bisa fasa uap atau fasa cair [$(dp/dz)_g$ atau $(dp/dz)_L$.

Secara matematis kehilangan tekanan dua fasa dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_{TP} = \phi^2 \left(\frac{dp}{dz}\right)_{G\ atau\ L} \quad (1.10)$$

Dimana ∅ adalah faktor pengali dua fasa atau *two-phase multiplier*. Harga x, ditentukan sbb:

$$X = \left[\frac{(dp/dz)_L}{(dp/dz)_G}\right]^{0.5} \quad (1.6)$$

Dimana :

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_L = \frac{\lambda_l {V_{sl}}^2}{2\, v_f D} \qquad (1.12)$$

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_G = \frac{\lambda_g {V_{sg}}^2}{2\, v_g D} \qquad (1.13)$$

Kehilangan tekanan karena elevasi, dinyatakan oleh persamaan:

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_g = \bar{\rho}\, g \sin\theta \qquad (1.14)$$

$\left(\frac{dp}{dz}\right)_L$ = Hilang tekanan satu fasa cair (bar)
$\left(\frac{dp}{dz}\right)_G$ = Hilang tekanan satu fasa uap(bar)
λ = Faktor friksi
g = gravitasi
X = Fraksi Uap
ρ = Densitas Campuran

Metode Harrison Freeston

Harrison & Freeston menentukan *pressure drop* karena gesekan dan akselerasi (Freeston R, H., 1975) Penurunan tekanan fluida terjadi di sepanjang pipa injeksi diakibatkan oleh gesekan partikel dalam fluida, akselerasi gerak fluida, dan elevasi pipa alir (Polii, J., 2017). Penurnan tekanan dengan metode Harrison freeston dapat di tentukan dengan persamaan berikut:

$$\left(\frac{dp}{dl}\right)_{f\&acc} = \frac{4\tau\omega}{D(1-A_l)} \qquad (1.15)$$

Dimana :

$$T\omega = C_f\, {}^1\!/_2 \frac{v\, f^2}{v_f} \qquad (1.16)$$

$$AC = \frac{m^2 x^2 v_g}{P\, A^2\, \alpha} \qquad (1.17)$$

Pressure drop karena elevasi:

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_g = \rho\, g \sin\theta \qquad (1.18)$$

Dimana :

$$\rho = \alpha\, \rho_g + (1-\alpha)\rho_f \qquad (1.19)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + \left(\frac{1-x}{x}\right)^{0.8} \left(\frac{v_f}{v_g}\right)^{0.515}} \qquad (1.20)$$

$$V_f = \frac{m\,(1-x)v_f}{(1-\alpha)A} \qquad (1.21)$$

$\tau\omega$ = *Walls shear stress* (Pa/m^2)
AC = *Acceleration correction*
V_f = Kecepatan fluida (m/s)
λ = Faktor friksi
α = *void fraction*
μ_m = Viskositas campuran (kg/(m.s))
ρ_g = Densitas uap (kg/m^3)
ρ_f = Densitas fluida (kg/m^3)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Metode mana yang paling tepat untuk di gunkanan dari 3 metode yaitu Homogenous, Lockhart Martinelli dan Harisson Freeston dengan data real sebagai acuan.

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Laptop
2. Alat tulis menulis
3. *Software Microsoft Office Excel 2013*
4. *Software Steam Table (MO Excel)*

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder yang diambil dari PLTP unit 2 Lahendong.

Parameter yang di hitung *pressure drop* dari 3 metode, Tekanan masuk turbin dari 3 metode dan tingkat keakuratan 3 metode dibandingkan dengan data aktual

Perhitungan pada penelitian ini di lakukan secara terpisah untuk 3 metode yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan berdasarkan data sekunder menunjukan bahwa besar nilai tekanan Demister dan Inlet turbin secara berturut-turut adalah 7.850bar dan 7.1bar

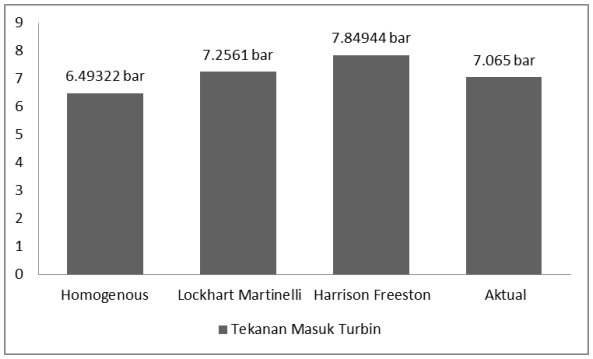
dengan penurunan tekanan di sepanjang jalur pipa dengan panjang 22m sebesar 0.75bar.

Metode Homogenous

Penelitian ini menggunakan panjang pipa dan tekanan demister yang sama dengan data, lalu mengunakan perhitungan dengan metode Homogenous, hasil penurunakan dengan dan tekanan masuk turbin berdasrkan metode Homogenous secara berturut-turut adalah 1.26bar dan 6.493bar.

Metode Lockhart Martinelli

Pembagian perhitungan penurunan tekanan terbagi menjadi 2 bagian yaitu penurunan tekanan sebelum dan sesudah cabang. Hasil perhitungan menunjukan bahwa penurunan tekanan sebelum cabang adalah sebesar 0.446bar dengan tekanan masuk cabang sebesar 7.403bar sedangkan hasil perthiungan penurunan tekanan sesudah cabang menunjukan nilai 0.133bar dengan tekanan masuk turbin sebesar 7.267bar.

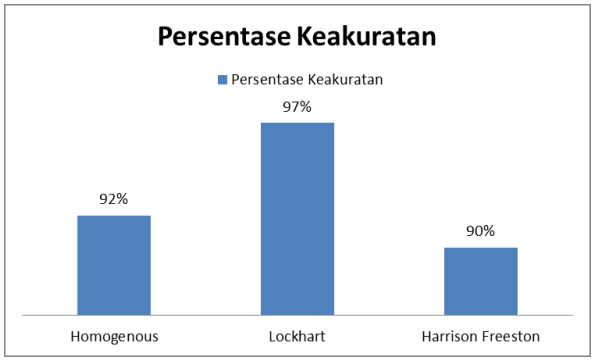


Gambar 1. Perbandingan Penurunan Tekanan Masuk turbin 3 Metode dan Data Aktual

Metode Harrison Freeston

Penelitian ini membagi perhitungan penurunan tekanan menjadi 2 seperti metode Lockhart Martinelli yaitu perhitungan penurunan tekanan sebelum dan sesudah cabang. Besar penurunan tekanan sebelum cabang adalah 0.1423bar sedangkan penurnan tekanan sesudah cabang adalah sebesar 0.00056bar dan tekanan total yang memasuki turbin adalah sebesar 7.835bar. Hasil perbandingan tekanan masuk turbin ketiga metode dengan data aktual dapa dilihat pada gambar 1.

Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tekanan masuk turbin 3 metode berbeda dan data aktual, dilakukan perhitungan persentase tingkat keakuratan 3 metode untuk melihat metode mana yang paling tepat untuk digunakan, persentase tingkat keakuratan dapa dilihat pada gambar



2.

Gambar 2. Perbandingan Tingkat Keakuratan 3 Metode Berbeda

KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Besar jumlah *pressure drop* yang terjadi sepanjang pipa demister menuju turbin memiliki nilai yang berbeda-beda untuk setiap metode. Perhitungan *pressure drop* menggunakan metode Homogenous, Lockhart Martinelli dan Harrison Freeston berturut-turut adalah 1.356 bar, 0.589 bar dan 0.014 bar.
2. Metode yang paling efisien dan yang paling akurat untuk perhitungan *pressure prop* sepanjang pipa demister pada PLTP Lahendong adalah metode Lockhart Martinelli dengan tingkat akurasi 97% .

DAFTAR PUSTAKA

Bromley, C., 2014. *New Zealand Geothermal Progress : Celebrating Success Through The Test of Time.* GNS Science: New Zealand.

Freeston R, H., 1975: *Method for the analysis of geothermal two-phase flow*. ME thesis, The Univ of Auckland.

Lenzi, A., Bonciani, R., 2013. *Geothermal Power Plants in Italy : increasing the environmental compliance.* Enel Green Power, Pisa: Italy.

Polii, J., 2017. *Pressure drop Brine di Dalam Pipa Injeksi pada Lapangan Panas Bumi Dieng*. Universitas Sam Ratulangi: Indonesia

Ruus, M., 2019. *Analisis Produksi Daya Listrik Sistem Pembangkit Single Flash dan Simulasi Daya Listrik Sistem Pembangkit Double Flash dan Flash-ORC pada sumur LHD-27, LHD-31 dan LHD-34.* Universitas Negeri Manado: Manado.

Saptadji, N. 2001., N. 2001. *Teknik Panas Bumi.* Institut Tekonologi Bandung : Bandung

Thome, R., J., 2004. *Engineering Data Book III*. Chapter 13. p, 13-1–13-2