

PRAKIRAAN POTENSI DAN UTILISASI ENERGI PANAS BUMI UNTUK PEMANFAATAN LANGSUNG DI PROSPEK LELES, CIANJUR, JAWA BARAT

THE POTENTIAL AND UTILIZATION OF GEOTHERMAL ENERGY ASSESSMENT FOR DIRECT UTILIZATION IN THE LELES PROSPECT, CIANJUR, WEST JAVA

Husin Setia Nugraha¹, Rina Wahyuningsih¹, Dede Iim¹, dan Dadan Wildan²

¹ Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Indonesia

² Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, Indonesia

Email korespondensi: husin.nugraha@esdm.go.id

Diterima: 24 Juni 2024; Direvisi: 31 Juli 2024; Disetujui: 30 November 2024

DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i3.483>

ABSTRAK

Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan potensi dan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Prospek Leles, Kabupaten Cianjur. Kegiatan ini sekaligus menerapkan petunjuk teknis tata cara perhitungan potensi dan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung yang diterbitkan oleh Badan Geologi. Prospek Leles memiliki delapan sumber panas untuk pemanfaatan langsung energi panas bumi yang terdiri dari lima manifestasi mata air panas, satu sumur bor air panas dan dua kolam pemandian air panas. Dengan dua kolam dikategorikan sebagai utilisasi dengan kapasitas terpasang dari satu mata air panas dengan cadangan terbukti. Sedangkan sisa lima mata air panas masih dikategorikan sumber daya terukur. Total kapasitas terpasang dua kolam air panas adalah sebesar 38,85 kW_t dengan utilisasi tahunan sebesar 1,23 TJoule per tahun atau ~0,34 GW_h per tahun dengan perkiraan faktor kapasitas sebesar 33,3%. Dengan kapasitas tersebut rasio kapasitas terpasang terhadap cadangan terbukti masih sangat kecil hanya sebesar 1,41%. Sedangkan total potensi Prospek Leles adalah 3,3 MW_t dengan rincian cadangan terbukti sebesar 2.592 kW_t dan sumber daya terukur sebesar 704 kW_t. Rekomendasi untuk pemanfaatan langsung adalah untuk menambah instalasi utilisasi baik secara paralel bisa dibuat kolam dengan peruntukan yaitu untuk berenang, berendam dan *whirlpool* dan secara *cascading* dengan akuakultur seperti untuk udang atau lele.

Kata kunci: panas bumi, penghitungan potensi, pemanfaatan langsung, Leles, Cianjur

ABSTRACT

This research activity aims to estimate the potential and utilization of geothermal energy for direct use in Prospect Leles, Cianjur Regency, by applying technical instructions on calculating the potential and utilization of geothermal energy for direct use. The Leles prospect has eight heat sources for direct utilization of geothermal energy: five hot springs, one hot water drilled well, and two hot water bathing pools. Two pools are categorized as utilized, with the installed capacity of one hot spring with proven reserves. Meanwhile, the remaining five hot springs are still categorized as measurable resources. The total installed capacity of the two hot spring pools is 38.85 kW_t with an annual utilization of 1.23 TJoules per year or ~0.34 GW_h per year with an estimated capacity factor of 33.3%. With this capacity, the ratio of installed capacity to

proven reserves is still very small, only 1.41%. Meanwhile, the total potential of the Leles Prospect is 3.3 MW_t with details of proven reserves of 2,592 kW_t and measured resources of 704 kW_t. The recommendation for direct use is to increase the utilization installation, either in parallel, a pool can be made for swimming, bathing, and a jacuzzi, and in cascading with aquaculture, such as shrimp or catfish.

Keywords: *geothermal, potential calculation, direct use, Leles, Cianjur*

PENDAHULUAN

Energi panas bumi secara umum dapat dimanfaatkan dengan dua cara yaitu secara tidak langsung (*indirect use*) menghasilkan energi listrik dan secara langsung (*direct use*). Di Indonesia pemanfaatan sebagai pembangkit listrik telah menghasilkan kapasitas terpasang sebesar 2.378,13 MW_e (Direktorat Panas Bumi, 2023). Kapasitas terpasang ini menjadikan Indonesia sebagai produsen listrik dari panas bumi nomor dua di dunia setelah Amerika Serikat. Sedangkan, utilisasi dan potensi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung masih belum tercatat dengan baik.

Lund and Toth (2021) mencatat utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Indonesia sebesar 2,3 MW_t dengan utilisasi tahunan sebesar 42,6 TJoule dengan faktor kapasitas 0,587. Nilai utilisasi tersebut sebagian besar berasal dari utilisasi untuk pemandian. Sedangkan, JICA (2016) memperkirakan bahwa utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung sebesar 690,1 MW_t dengan rincian 543,8 MW_t dari utilisasi pemandian dan 147,1 MW_t untuk utilisasi selain pemandian. Badan Geologi telah mengeluarkan beberapa laporan hasil studi perkiraan nilai sumber daya tersebut mulai dari tahun 2021 sampai 2023 untuk beberapa wilayah. Hasil perkiraan sumber daya energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Pulau Jawa, Pulau Kalimantan Bagian Timur, dan Pulau Sumatera Bagian Utara masing-masing sebesar 31,6 MW_t, 6,3 MW_t dan 97 MW_t (PSDMBP, 2021a, PSDMBP, 2021b, PSDMBP, 2022, PSDMBP, 2023). Sebelumnya, Nugraha et al. (2015) telah memperkirakan potensi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Provinsi

Jawa Barat dan Provinsi Banten masing-masing sebesar 64,75 MW_t dan 7,19 MW_t. Pemanfaatan ini dengan perkiraan utilisasi tahunan masing-masing sebesar 148,64 TJoule dan 40,64 TJoule.

Pada tahun 2024, Badan Geologi menetapkan petunjuk teknis tata cara perhitungan potensi dan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung. Sebelum ada petunjuk teknis tersebut, perkiraan potensi dan utilisasi pemanfaatan langsung menggunakan metode perhitungan kehilangan panas dari manifestasi (PSDMBP, 2021a, PSDMBP, 2021b, PSDMBP, 2022, PSDMBP, 2023). Sebelum ada petunjuk teknis tersebut, tidak ada petunjuk tata cara perhitungan potensi yang baku, klasifikasi dan definisi istilah potensi dan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung ini.

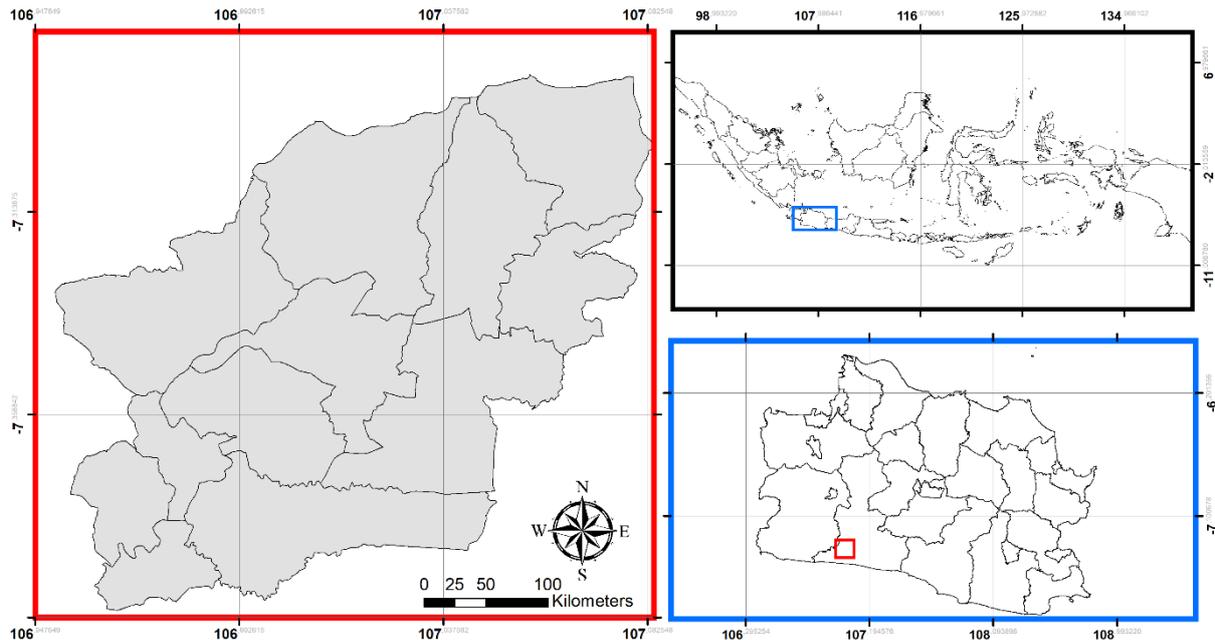
Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan potensi dan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Prospek Leles, Kabupaten Cianjur. Perkiraan potensi dan utilisasi tersebut dilakukan berdasarkan petunjuk teknis yang telah diterbitkan oleh Badan Geologi. Perkiraan potensi dan utilisasi tersebut diharapkan dapat mengoptimalkan sumber daya, cadangan dan kapasitas terpasang di Prospek Leles, Kabupaten Cianjur.

Area studi untuk penelitian ini berada di Kecamatan Leles, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat (**Gambar 1**). Total luas wilayah Kecamatan Leles sebesar 112 km² yang terdiri dari 12 desa. Desa tersebut antara lain Pusakasari, Nagasari, Sukajaya, Sukamulya, Purabaya, Sukasirna, Walahir, Puncakwangi, Sirnasari, Karyamukti, Mandalawangi dan Sindangsari.

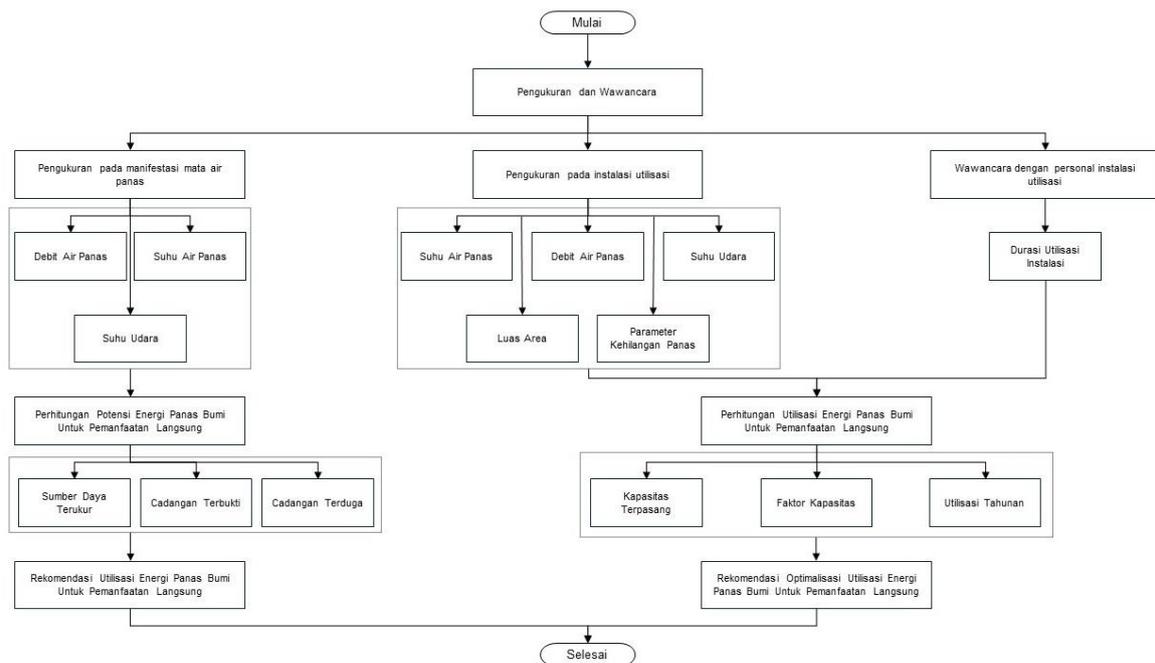
METODOLOGI

Metodologi dibagi menjadi tiga tahap yaitu pengukuran dan wawancara; perhitungan potensi dan utilisasi; dan rekomendasi utilisasi atau optimalisasi utilisasi. Pengukuran dilakukan pada manifestasi dan instalasi utilisasi. Wawancara dilakukan kepada personil penjaga

dan/atau pengurus instalasi dan utilisasi. Perhitungan potensi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung berupa sumber daya terukur dan cadangan terbukti. Sedangkan perhitungan utilisasi berupa perhitungan kapasitas terpasang, faktor kapasitas dan utilisasi tahunan (**Gambar 2**).



Gambar 1. Area studi di Kecamatan Leles, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat



Gambar 2. Bagan alir metodologi penelitian perhitungan potensi dan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Prospek Leles

Pengukuran di manifestasi air mata panas

Pengukuran suhu udara, suhu dan debit air panas dilakukan sebanyak seratus hanya pada salah satu mata air panas. Sedangkan untuk sumber panas lain dilakukan satu kali pengukuran. Seratus pengukuran dilakukan selama tiga hari. Setiap hari dilakukan pengukuran selama delapan jam dengan selang waktu 10 menit. Tujuan dari pengukuran sebanyak itu adalah untuk mendapatkan gambaran distribusi data pada masing-masing parameter. Distribusi data tersebut akan digunakan dalam perhitungan dengan pendekatan stokastik metode simulasi *Monte Carlo* untuk perkiraan cadangan terbukti dan utilisasi.

Pengukuran di instalasi utilisasi

Pengukuran di instalasi utilisasi dapat dibagi menjadi dua yaitu pengukuran parameter utama dan parameter pendukung. Parameter utama merupakan parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan energi panas total. Parameter tersebut antara lain suhu udara, suhu dan debit air pada instalasi. Sedangkan parameter pendukung merupakan parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan kehilangan panas (*heat loss*) pada instalasi. Parameter yang perlu diukur antara lain tekanan parsial uap air, kecepatan angin dan luas area instalasi.

Wawancara dengan personil instalasi utilisasi

Pengambilan data dengan wawancara dilakukan untuk mendapatkan data durasi utilisasi dan utilisasi selama ini. Data durasi akan dipergunakan dalam perhitungan faktor kapasitas. Sedangkan data utilisasi dipergunakan dalam analisis utilisasi sehingga dapat memberikan rekomendasi (optimalisasi) utilisasi yang lain.

Perhitungan sumber daya terindikasi

Sumber daya terindikasi (*indicated resources*) adalah nilai potensi energi panas bumi pada suatu (kluster) titik manifestasi dan/atau sumur panas bumi yang hanya memiliki data/informasi suhu fluida panas bumi namun belum tersedia

data/informasi untuk kajian kelayakan utilisasi yang cukup dan memadai. Jadi perhitungan sumber daya terindikasi dapat menggunakan **Formula 1** (Badan Geologi, 2024).

$$Q_{sd-i} = 0,0067 \times \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

dengan
 $\Delta T = (T_{a-m} - T_{bb}) \dots\dots\dots(2)$

Jika,
 $T_{u-m} > 35^{\circ}\text{C}$; maka $T_{bb} = T_{u-m}$; atau
 $T_{u-m} \leq 35^{\circ}\text{C}$; maka $T_{bb} = 35^{\circ}\text{C}$; dan
 $\Delta T > 25^{\circ}\text{C}$; maka $\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$.

- dimana,
- Q_{sd-i} = sumber daya terindikasi (MW_t);
 - T_{a-m} = suhu fluida di manifestasi/sumur yang dapat digunakan untuk utilisasi pemanfaatan langsung (°C);
 - T_{bb} = suhu batas bawah untuk utilisasi pemanfaatan langsung (°C);
 - T_{u-m} = suhu udara di area sekitar manifestasi/sumur (°C).

Perhitungan sumber daya terukur

Sumber daya terukur (*measured resources*) adalah nilai potensi energi panas bumi pada suatu (kluster) titik manifestasi dan/atau sumur panas bumi yang hanya memiliki data/informasi suhu dan debit fluida panas bumi namun belum tersedia data/informasi untuk kajian kelayakan utilisasi yang cukup dan memadai. Perhitungan sumber daya terukur menggunakan **Formula 3** (Badan Geologi, 2024).

$$Q_{sd-u} = 0,0041 \times \dot{m}_{a-m} \times \Delta T \dots\dots\dots(3)$$

Dengan formula dan ketentuan untuk ΔT sama dengan formula ketentuan untuk ΔT pada Formula 2. dimana,

$$Q_{sd-u} = \text{sumber daya terukur (MW}_t\text{);}$$

Perhitungan cadangan terduga

Cadangan terduga (*possible reserves*) adalah nilai potensi energi panas bumi pada suatu (kluster) titik manifestasi dan/atau sumur panas bumi yang telah dinyatakan layak berdasarkan kajian kelayakan cadangan namun belum terpasang instalasi utilisasi yang menggunakan sumber panas fluida manifestasi/sumur panas bumi tersebut. Data yang dipergunakan dalam perhitungan menggunakan **Formula 4** merupakan perkiraan hasil kajian kelayakan cadangan (Badan Geologi, 2024, Nugraha et al., 2024).

$$Q_{cd-d} = 0,0041 \times \dot{m}_{a-m} \times \Delta T \dots\dots\dots(4)$$

dimana,
 $\Delta T = (T_{a-m} - T_{a-u}) \dots\dots\dots(5)$

Jika,
 $\Delta T > 25^\circ\text{C}$; maka $\Delta T = 25^\circ\text{C}$.
 dimana,

- Q_{cd-d} = cadangan terduga (MW_t);
- T_{a-m} = suhu fluida di manifestasi/sumur yang dapat digunakan untuk utilisasi pemanfaatan langsung (°C);
- T_{a-u} = suhu fluida dibutuhkan untuk utilisasi pemanfaatan langsung (°C);

Perhitungan cadangan terbukti

Cadangan terbukti (*proved reserves*) adalah nilai potensi energi panas bumi pada suatu (kluster) titik manifestasi atau (kluster) sumur panas bumi yang telah terpasang instalasi utilisasi pemanfaatan langsung menggunakan sumber panas fluida manifestasi/sumur panas bumi tersebut. Jadi suhu batas bawah dapat diperkirakan dari di titik outlet instalasi utilisasi pemanfaatan langsung ($T_{a-i-out}$) (Badan Geologi, 2024,).

$$Q_{cd-b} = 0,0041 \times \dot{m}_{a-m} \times \Delta T \dots\dots\dots(6)$$

dengan,

$$\Delta T = (T_{a-m} - T_{a-i-out}) \dots\dots\dots(7)$$

Jika,
 $\Delta T > 25^\circ\text{C}$; maka $\Delta T = 25^\circ\text{C}$.
 dimana,

- Q_{cd-b} = cadangan terbukti (MW_t);
- T_{a-m} = suhu fluida di manifestasi/sumur yang digunakan untuk utilisasi pemanfaatan langsung (°C);
- $T_{a-i-out}$ = suhu fluida di titik outlet instalasi utilisasi pemanfaatan langsung (°C);

Perhitungan kapasitas terpasang

Kapasitas terpasang instalasi pemanfaatan langsung adalah nilai energi panas yang dapat dimanfaatkan dalam suatu instalasi pemanfaatan langsung. Nilainya adalah pengurangan dari nilai energi panas total (Q_i) dikurangi nilai kehilangan panas total pada suatu instalasi (Q_{kp}). Nilai kehilangan panas total ini adalah nilai energi panas yang hilang atau tidak dimanfaatkan karena suatu proses tertentu. Proses-proses tersebut antara lain karena proses radiasi, konduksi dan pengaruh hujan; evaporasi; dan konveksi (Badan Geologi, 2024).

Formula untuk perhitungan kapasitas terpasang.

$$Q_{kt} = Q_i - Q_{kp} \dots\dots\dots(8)$$

dengan,

$$Q_i = 0,0041 \times \dot{m}_{a-i-in} \times (T_{a-i-in} - T_{a-i-out}) \dots\dots\dots(9)$$

$$Q_{kp} = Q_{kp-k} + Q_{kp-e} + Q_{kp-rkh} \dots\dots\dots(10)$$

- dimana,
- Q_{kt} = kapasitas terpasang (MW_t);
 - Q_i = energi panas total pada instalasi utilisasi (MW_t);
 - Q_{kp} = kehilangan panas total pada instalasi utilisasi (MW_t);

- \dot{m}_{a-i-in} = debit fluida di titik inlet instalasi utilisasi pemanfaatan langsung (liter/detik);
- T_{a-i-in} = suhu fluida di titik inlet instalasi utilisasi pemanfaatan langsung (°C);
- $T_{a-i-out}$ = suhu fluida di titik outlet instalasi utilisasi pemanfaatan langsung (°C);
- Q_{kp-k} = kehilangan panas karena konveksi (MW_t);
- Q_{kp-e} = kehilangan panas karena evaporasi (MW_t);
- Q_{kp-rkh} = kehilangan panas karena radiasi, konduksi dan pengaruh hujan (MW_t).

dengan formula kehilangan panas karena evaporasi (Sezar, 2017) dalam (Badan Geologi, 2024) sebagai berikut:

$$Q_{kp-e} = (1,56 \times K_e + 2,93 \times v_{u-i}) \times (e_w - e_a) \dots \dots \dots (11)$$

dimana:

- Q_{kp-e} = kehilangan panas karena evaporasi (W/m²);
- e_w = tekanan parsial uap air di permukaan (mbar);
- e_a = tekanan parsial uap air di udara (mbar);
- v_{u-i} = kecepatan angin di atas permukaan tanah (m/detik);
- K_e = konstanta empiris evaporasi (W/m²°C);
- K_e = $3,89 + 0,17 \times (T_w - T_a)$;

Dan formula kehilangan panas karena konveksi (Sezar, 2017) dalam (Badan Geologi, 2024) sebagai berikut:

$$Q_{kp-k} = h_c \times (T_w - T_a) \dots \dots \dots (12)$$

dimana:

- Q_p = pemanfaatan dalam satu tahun (GW_h/tahun) atau (TJoule/tahun);
- T_{a-i} = suhu air pada instalasi utilisasi pemanfaatan langsung (°C);

- T_{u-i} = suhu udara pada instalasi utilisasi pemanfaatan langsung (°C).
- h_c = koefisien perpindahan panas karena konveksi (W/m² °C);
- h_c = $K_k + 1,88 \times v_{u-i}$;
- K_k = konstanta empiris aliran konveksi (W/m²°C);
- K_k = $3,89 + 0,17 \times (T_{a-i} - T_{u-i})$;

$$Q_{kp-rkh} = 0,1 \times (Q_{kp-e} + Q_{kp-k}) \dots \dots \dots (13)$$

Perhitungan faktor kapasitas

Faktor kapasitas adalah nilai indeks perbandingan antara utilisasi energi panas yang telah dimanfaatkan dengan energi panas yang dapat dihasilkan pada satu instalasi dalam durasi satu tahun (Badan Geologi, 2024).

$$F_k = \frac{t_p}{t_{maks}} = \frac{t_p}{8.760} \dots \dots \dots (14)$$

- F_k = faktor kapasitas (fraksi);
- t_p = durasi waktu utilisasi instalasi efektif dalam satu tahun (jam).

Perhitungan utilisasi tahunan

Utilisasi tahunan adalah total energi panas yang telah dimanfaatkan pada satu instalasi utilisasi pemanfaatan langsung dalam satu tahun. Perhitungan nilai utilisasi tahunan merupakan perkalian antara nilai kapasitas terpasang dengan faktor kapasitas pada tahun tersebut. Dua formula (**Formula 15** dan **16**) dapat dipergunakan dengan keluaran satuan yang berbeda yaitu GW_h/tahun atau TJoule/tahun (Badan Geologi, 2024).

Berikut adalah formula untuk utilisasi tahunan:

$$Q_{ut}^* = 8,77 \times Q_{kt} \times F_k \dots \dots \dots (15)$$

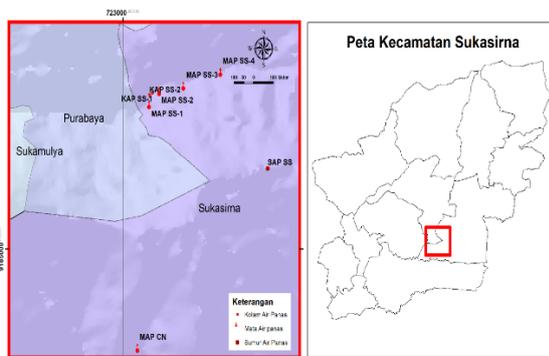
$$Q_{ut}^{**} = 31,54 \times Q_{kt} \times F_k \dots \dots \dots (16)$$

- Q_{ut} = utilisasi dalam satu tahun (GW_h/tahun) atau (TJoule/tahun);
- Q_{kt} = kapasitas terpasang (MW_t);
- F_k = faktor kapasitas (fraksi);
- * = satuan dalam GW_h/tahun;
- ** = satuan dalam TJoule/tahun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Pada Prospek Leles ini terdapat delapan sumber panas untuk pemanfaatan langsung energi panas bumi yang terdiri dari lima manifestasi mata air panas, satu sumur bor air panas dan dua kolam pemandian air panas dengan distribusi lokasi sebagaimana tercantum pada peta di **Gambar 3**. Semua mata air panas, sumur dan kolam air panas tersebut berada di satu desa yaitu Desa Sukasirna. Untuk analisis selanjutnya mata air panas diberikan kode MAP SS-1, MAP SS-2, MAP SS-3, MAP SS-4, MAP CN, sumur air panas dengan kode SAP SS dan kolam air panas kode KAP SS-1 dan KAP SS-2.



Gambar 3 Lokasi delapan sumber panas untuk pemanfaatan langsung energi di Prospek Leles

Hasil pengukuran pada manifestasi air panas

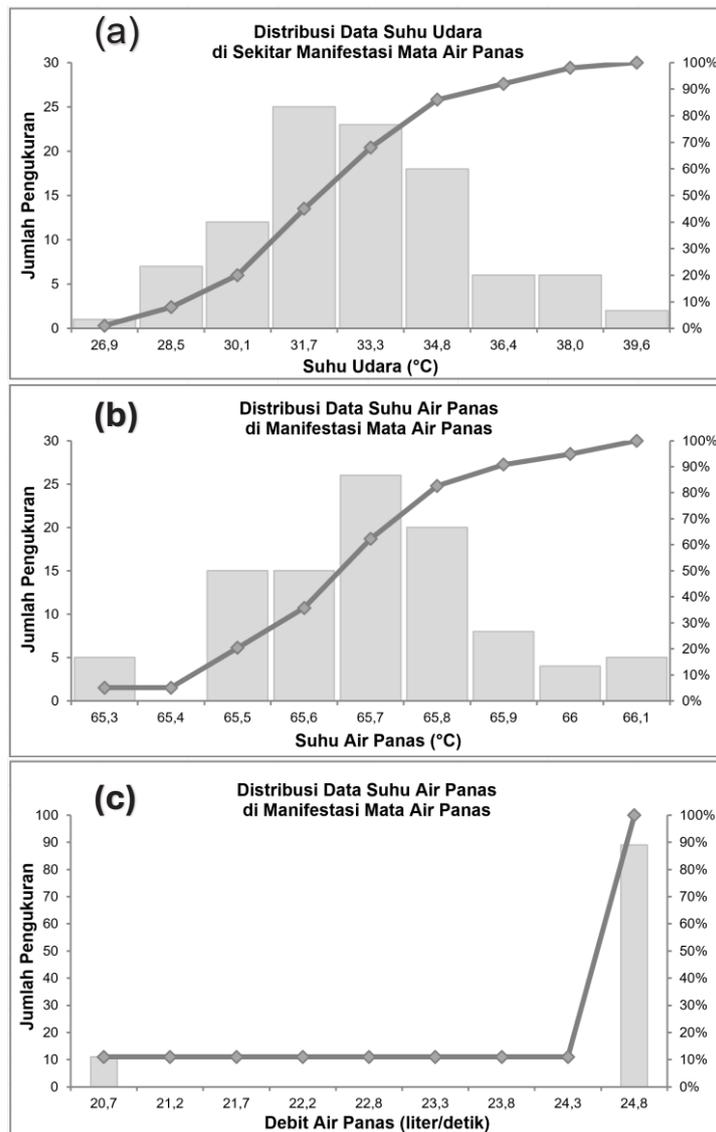
Pada manifestasi tersebut dilakukan pengukuran parameter dengan tujuan berbeda yaitu perhitungan potensi (sumber daya terduga dan cadangan terbukti) dan

perhitungan utilisasi (kapasitas terpasang, faktor kapasitas, dan utilisasi tahunan). Pengukuran pada MAP SS-1 dilakukan untuk perhitungan cadangan terbukti karena mata air panas ini telah digunakan utilisasi pada instalasi. Sedangkan pada MAP SS-2, MAP SS-3, MAP SS-4, MAP CN dan SAP SS pengukuran untuk sumber daya terduga. Pada hasil pengukuran pada KAP SS-1 dan KAP SS-2 digunakan untuk perhitungan utilisasi. Pada MAP SS-1, pengukuran dilakukan sebanyak 100 kali untuk perhitungan dengan pendekatan stokastik, sedangkan untuk sumber panas lain, pengukuran dilakukan satu kali.

MAP SS-1

Berdasarkan bentuk histogram distribusi data parameter hasil pengukuran di manifestasi mata air panas didapatkan bentuk distribusi data normal dan segitiga. Bentuk distribusi normal didapat untuk data suhu udara dan suhu air panas. Dengan nilai yang diwakili *skewness* dan *kurtosis* di antara 0,3-0,6. Sedangkan untuk data debit air panas berbentuk distribusi data tidak kontinu yang dapat diinterpretasikan sebagai bentuk distribusi data segitiga sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 4**. Nilai maksimum, minimum adalah 20,7 dan 24,8 liter/detik. Dengan nilai *most-likely* diambil nilai modus yang sama dengan nilai maksimumnya yaitu 24,8 liter/detik.

Berdasarkan analisis statistik deskriptif didapatkan bentuk distribusi data normal dengan nilai rata-rata sebesar 32,3°C dan 65,6°C untuk suhu udara dan suhu air di mata air panas. Sedangkan simpangan baku bernilai 2,6°C dan 0,2°C untuk parameter-parameter tersebut. Pada data suhu air tersebut, terdapat dua nilai penciliran yaitu 66,6°C dan 66,3°C berdasarkan penentuan menggunakan metode rata-rata dan tiga kali standar deviasi ($\mu+3\sigma$). Kedua nilai tersebut dikeluarkan dari data yang dianalisis selanjutnya sehingga banyak data berjumlah 98 buah. Deskripsi data statistik selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 4. Distribusi data parameter hasil pengukuran di manifestasi mata air panas

Tabel 1. Statistik deskriptif parameter hasil pengukuran di Mata Air Panas SS-1 (MAP SS-1)

No.	Parameter	Suhu Udara	Suhu Air	Debit Air
1.	Rata-rata	32,3°C	65,6°C	24,2 l/dtk
2.	Nilai Tengah	31,8°C	65,6°C	24,7 l/dtk
3.	Modus	31,8°C	65,6°C	24,7 l/dtk
4.	Simpangan Baku	2,6°C	0,2°C	1,3 l/dtk
5.	Jangkauan	12,7°C	0,8°C	4,1 l/dtk
6.	Minimum	26,9°C	65,3°C	20,6 l/dtk
7.	Maksimum	39,6°C	66,1°C	24,7 l/dtk
8.	Jumlah	3.215,2	6.430	2.426,7
9.	Banyak Data	100	98	100

MAP SS-2, MAP SS-3, MAP SS-4, MAP CN dan SAP SS

Air panas pada kluster titik Sukasirna (SS) memiliki suhu cukup tinggi (> 60°C) dengan debit yang besar pada salah satu mata air panas (MAP SS-1). Sedangkan pada mata

air panas yang lain debitnya tidak terlalu besar. Hanya pada satu mata air panas (MAP SS-4) yang memiliki debit lebih dari 2 liter per detik sehingga memenuhi persyaratan awal untuk dapat dilakukan studi kelayakan cadangan.

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter sumber panas untuk pemanfaatan langsung energi panas bumi di Prospek Leles

No.	Jenis Manifestasi	Nama	Kode Sampel	Koordinat			Suhu Udara	Suhu Air	pH	Debit	DHL ¹⁾	TPT ²⁾
				X	Y	Z	(°C)	(°C)				
1.	Mata air panas	AP Sukasirna-1	MAP SS-1	723133	9185615	76	32,3	65,6	7,3	24,2	3.740	2.470
2.	Mata air panas	AP Sukasirna-2	MAP SS-2	723185	9185671	71	31,2	60,0	7,3	1,1	4.140	2.750
3.	Mata air panas	AP Sukasirna-3	MAP SS-3	723308	9185694	73	31,7	60,1	7,1	0,9	4.440	2.950
4.	Mata air panas	AP Sukasirna-4	MAP SS-4	723497	9185752	74	31,8	64,9	7,3	3	3.690	2.510
5.	Mata air panas	AP Cinangka	MAP CN	723074	9184588	68	26,1	57,3	6,9	1,6	4.111	2.740
6.	Sumur air panas	AP Sumur Bor	SAP SS	723738	9185340	178	31,2	55,0	7,1	0,1	749	505

¹⁾TPT: Total Padatan Terlarut

²⁾DHL: Daya Hantar listrik

Hasil pengukuran pada instalasi utilisasi

Perbedaan suhu air panas hasil pengukuran antara inlet dan outlet untuk kolam air panas besar dan kecil berturut 20,9°C dan 21,6°C. Suhu pada inlet kolam air panas besar dan kecil adalah 60°C dan 58,4°C. Sedangkan rata-rata suhu air panas dalam kolam adalah 55,1°C dan 48,1°C untuk kolam besar dan kecil. Untuk suhu udara di sekitar kolam lebih rendah dibandingkan suhu di sekitar manifestasi, yaitu sebesar 29,8°C dan 30,2°C. Parameter lain yang diukur pada instalasi ini adalah debit pada inlet, yaitu sebesar 0,57 liter/detik dan 0,1 liter per detik. Untuk pengukuran debit dengan penggunaan flowmeter dengan ketelitian 0,1 meter per detik.

Pengukuran parameter-parameter kehilangan panas tidak dapat dilakukan karena keterbatasan alat yang ada. Sebagai contoh untuk parameter kecepatan angin, peralatan yang dibawa tidak dapat mengukur kecepatan angin karena kecepatan angin di instalasi masih di bawah ambang batas pengukuran sebesar 0,1 m/detik. Sedangkan untuk parameter tekanan parsial tidak dapat diukur karena tidak ada alat pengukur.

Hasil wawancara dengan petugas instalasi utilisasi

Petugas menyampaikan bahwa durasi utilisasi kolam air panas adalah selama ±8 jam per hari. Kolam mulai didatangi pengunjung mulai dari pukul 7.00 sampai dengan pukul 17.00. Sedangkan pada tengah hari, biasanya kolam kosong untuk beberapa jam 2-4 jam karena suhu udara yang panas di sekitar kolam. Selain itu, kecepatan angin yang rendah membuat udara panas di sekitar kolam tidak dapat hilang dengan cepat. Durasi utilisasi ini dipergunakan untuk menghitung nilai faktor kapasitas (*capacity factor*) untuk utilisasi pada kedua kolam air panas ini.

Hasil perhitungan potensi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung

Total potensi Prospek Leles adalah 3,3 MW_t dengan rincian cadangan terbukti 2.592 kW_t dan sumber daya terukur sebesar 704 kW_t (**Tabel 3**). Cadangan terbukti berasal dari MAP SS-1 dan sumber daya terukur berasal dari MAP SS-2, MAP SS-3, MAP SS-4, MAP CN dan SAP SS. Cadangan terbukti MAP SS-1 karena telah dimanfaatkan utilisasi instalasi. Kelima sumber panas dihitung sebagai manifestasi dan sumur yang memiliki sumber daya terduga karena belum dilakukan studi kelayakan cadangan.

Hasil perhitungan cadangan dengan pendekatan stokastik metode simulasi monte carlo untuk MAP SS-1 menghasilkan nilai rata-rata 2.592 kW_t dengan standar deviasi 111 kW_t. Sedangkan nilai minimum, maksimum dan *most-likely* adalah sebesar 2.234 kW_t, 2.835 kW_t dan 2.671 kW_t. Untuk nilai P₁₀, P₅₀, dan P₉₀ adalah sebesar 2.427 kW_t, 2.609 kW_t dan 2.725 kW_t (**Gambar 5**).

Hasil perhitungan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung

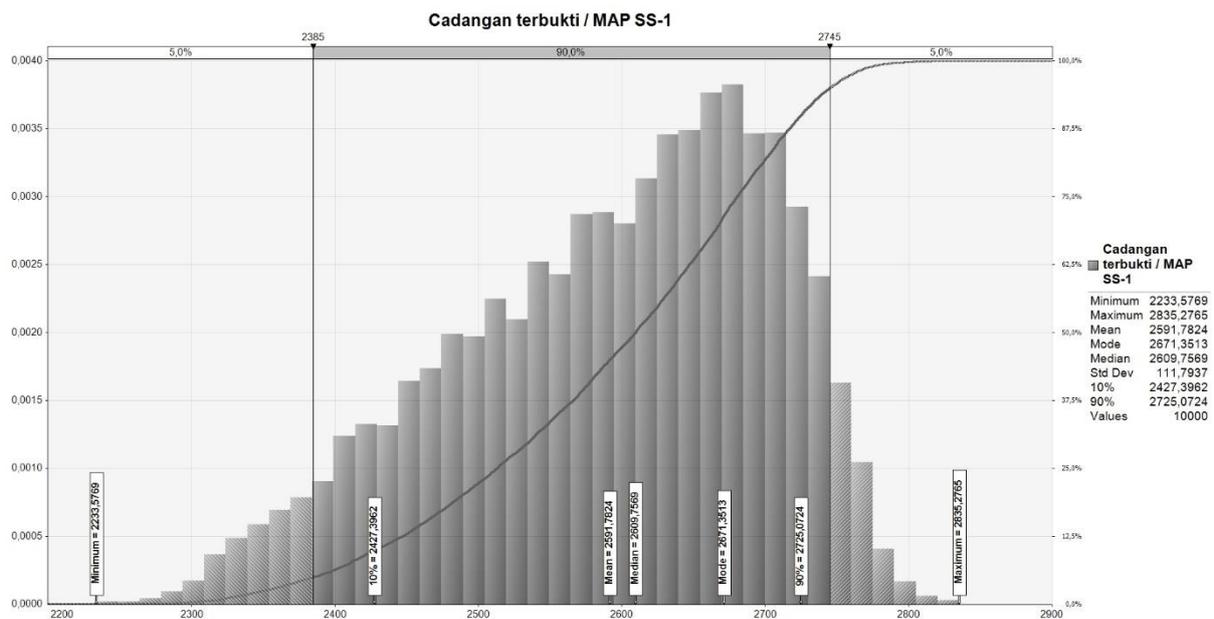
Hasil perhitungan simulasi monte carlo untuk MAP SS-1 menghasilkan nilai kapasitas terpasang rata-rata 31,8 kW_t dengan standar deviasi 2,7 kW_t. Sedangkan nilai minimum, maksimum dan *most-likely* adalah sebesar 19,9 kW_t; 41,3 kW_t; dan 31,8 kW_t. Untuk nilai P₁₀, P₅₀, dan P₉₀ adalah sebesar 28,3 kW_t; 31,9 kW_t; dan 35,2 kW_t (**Gambar 6**). Sedangkan nilai

rasio kapasitas terpasang terhadap cadangan terbukti adalah sebesar 1,16%. Dengan faktor kapasitas sebesar 33,3% maka utilisasi tahunan adalah sebesar 1.01 TJoule per tahun atau setara dengan ~0,28 GW_h/tahun (**Tabel 4**).

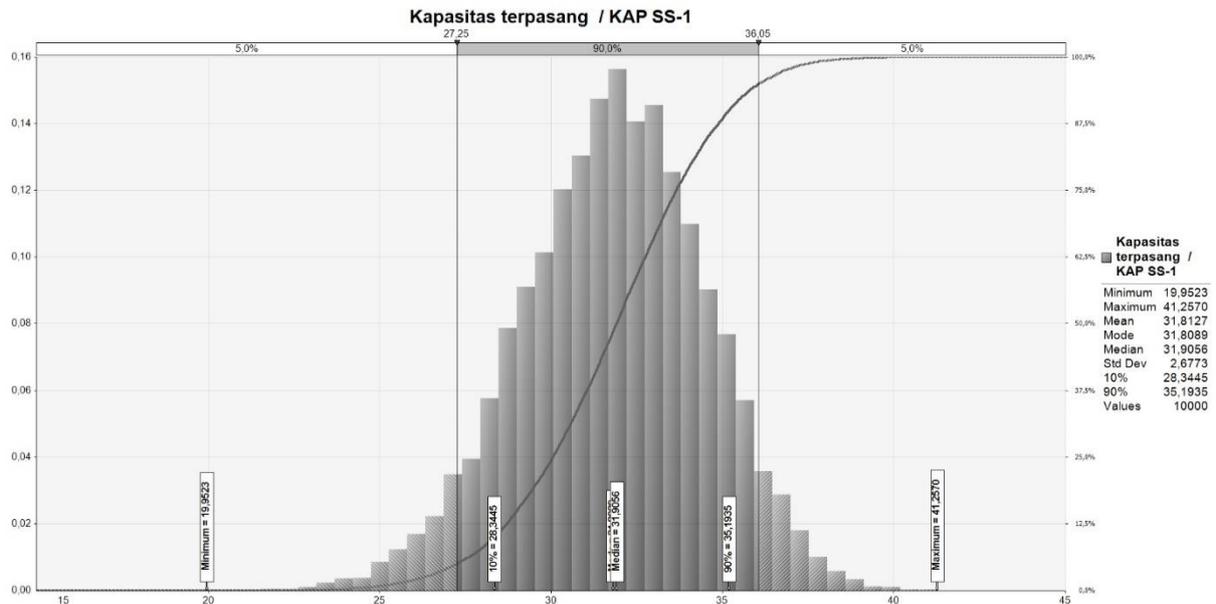
Sedangkan untuk kolam air panas kecil, KAP SS-2, memiliki kapasitas terpasang rata-rata sebesar 6,9 kW_t dengan standar deviasi 0,4 kW_t. Sedangkan nilai minimum, maksimum dan *most-likely* adalah sebesar 4,6 kW_t, 8,4 kW_t dan 6,9 kW_t. Untuk nilai P₁₀, P₅₀, dan P₉₀ adalah sebesar 6,4 kW_t, 6,9 kW_t dan 7,5 kW_t (**Gambar 7**). Nilai kapasitas terpasang tersebut hanya 0,25% jika dibandingkan dengan nilai cadangan terbukti. Sehingga dapat diperkirakan utilisasi tahunannya adalah sebesar 0,22 TJoule/tahun (~0,06 GW_h/tahun) (**Tabel 4**).

Tabel 3. Hasil perhitungan potensi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Prospek Leles

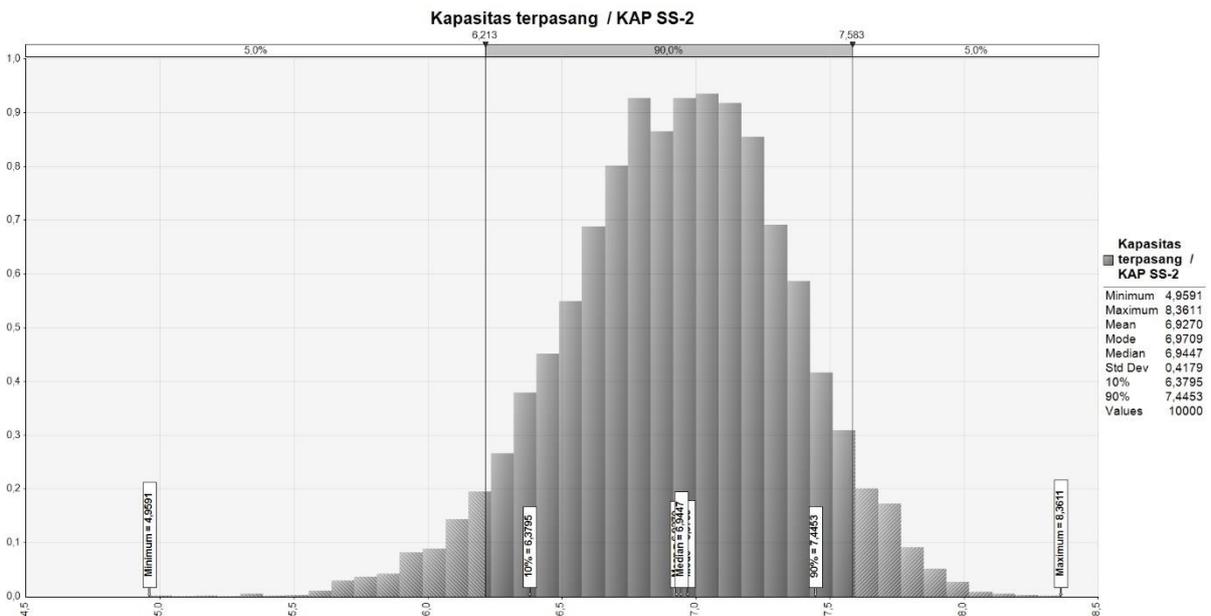
No.	Nama	Besar (kW _t)	Kelas
1.	MAP SS-1	2.592	Cadangan Terbukti
2.	MAP SS-2	116	Sumber daya Terukur
3.	MAP SS-3	95	Sumber daya Terukur
4.	MAP SS-4	315	Sumber daya Terukur
5.	MAP CN	168	Sumber daya Terukur
6.	SAP SS	10	Sumber daya Terukur



Gambar 5. Histogram hasil perhitungan cadangan terbukti MAP SS-1 dari hasil simulasi monte carlo dengan 10.000 kali percobaan



Gambar 6. Histogram hasil perhitungan kapasitas terpasang KAP SS-1 dari hasil simulasi monte carlo dengan 10.000 kali percobaan



Gambar 7. Histogram hasil perhitungan kapasitas terpasang KAP SS-2 dari hasil simulasi monte carlo dengan 10.000 kali percobaan

Tabel 4. Hasil perhitungan utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Prospek Leles

No.	Nama	Kapasitas Terpasang	Rasio kapasitas per cadangan	Faktor kapasitas	Utilisasi tahunan	
		(kW _t)	%	%	GW _h /tahun	TJoule/tahun
1.	KAP SS-1	31,91	1,16	33,3	0,28	1,01
2.	KAP SS-2	6,94	0,25	33,3	0,06	0,22
Total		38,85	1,41	33,3	0,34	1,23

PEMBAHASAN

Potensi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Prospek Leles ini didominasi kelas cadangan terbukti pada MAP SS-1 yang telah di utilisasi pada KAP SS-1 dan KAP SS-2. Dengan patokan bahwa debit air panas yang dibutuhkan minimum sebesar 2 liter per detik, maka hanya satu sumber panas (MAP SS-4) yang dapat dilanjutkan ke tahap studi kelayakan cadangan. Sedangkan sisa sumber panas lainnya harus dilakukan pengeboran sumur pemanfaatan langsung panas bumi sebelum dilakukan studi tersebut.

Utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung di Prospek Leles ini masih sangat kecil. Hal ini diperlihatkan dengan rasio kapasitas per cadangan total hanya 1,41%. Hal ini juga menunjukkan bahwa lebih dari 98% cadangan yang sudah terbukti belum dimanfaatkan. Bahkan dengan faktor kapasitas sebesar 33,3% maka utilisasi tersebut lebih kecil lagi. Dengan nilai faktor kapasitas tersebut utilisasi tahunan total dari dua kolam tersebut sebesar 1.23 Tjoule per tahun (~0,34 GW_h per tahun).

Perbandingan dengan metode perhitungan sebelumnya

Hasil perhitungan menggunakan petunjuk teknis baru lebih tinggi dibandingkan antara menggunakan petunjuk teknis lama (Tabel 5). Hal ini kemungkinan karena perbedaan pendekatan perhitungan. Pada petunjuk teknis baru terdapat batasan perbedaan suhu dalam perhitungan yaitu maksimum sebesar 25°C, sedangkan pada petunjuk teknis lama tidak ada batasan. Perbedaan tersebut semakin besar untuk sumber panas yang memiliki debit fluida besar. Semakin besar debit fluida tersebut maka semakin besar perbedaan hasil perhitungannya. Untuk kelas potensi, karena pada petunjuk teknis lama belum ada klasifikasi potensi maka potensi diasumsikan memiliki kelas potensi yang sama. Dengan asumsi tersebut, maka hasil kedua perhitungan dapat dibandingkan.

Tabel 5. Perbandingan hasil perhitungan potensi menggunakan petunjuk teknis lama (PSDMBP, 2021a, PSDMBP, 2021b, PSDMBP, 2022, PSDMBP, 2023) dan petunjuk teknis baru di Prospek Leles

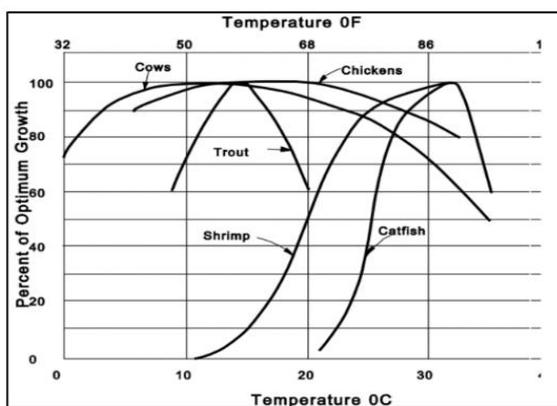
No.	Nama	Petunjuk Teknis Lama (kW _t)	Petunjuk Teknis Baru (kW _t)
1.	MAP SS-1	3.508	2.592
2.	MAP SS-2	133	116
3.	MAP SS-3	107	95
4.	MAP SS-4	417	315
5.	MAP CN	210	168
6.	SAP SS	10	10

Untuk kapasitas terpasang, hasil perhitungan menggunakan petunjuk teknis baru menghasilkan nilai kapasitas terpasang lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan menggunakan petunjuk teknis lama (Tabel 6). Semakin besar debit fluida tersebut maka semakin besar perbedaan hasil perhitungannya. Sebagaimana telah dijelaskan di atas, bahwa pada petunjuk teknis lama tidak ada klasifikasi potensi dan tidak perhitungan khusus menghitung kapasitas terpasang. Maka untuk perhitungan menggunakan petunjuk teknis lama dilakukan dengan dua metode yaitu metode kehilangan panas karena konvektif dan evaporasi; dan aliran panas.

Tabel 6. Perbandingan hasil perhitungan kapasitas terpasang menggunakan petunjuk teknis lama dan petunjuk teknis baru di Prospek Leles

No.	Nama	Petunjuk Teknis Lama (kW _t)		Petunjuk Teknis Baru (kW _t)
		Kehilangan Panas Konvektif & Evaporasi	Aliran Panas	
1.	KAP SS-1	177	345	32
2.	KAP SS-2	155	96	7

Optimalisasi utilisasi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung dapat dilakukan melalui dua hal yaitu menambah instalasi utilisasi baik secara paralel maupun *cascading*. Secara paralel membuat utilisasi baru baik berupa kolam renang, kolam berendam dan jacuzzi. Untuk berenang dengan nyaman sebaiknya di suhu 30°C-32°C, untuk berendam di suhu 35°C-38°C, dan untuk jacuzzi adalah 35°C-38°C (Pemanas Air Indonesia, 2019). Dengan suhu sebesar 65°C dan debit yang besar masih memungkinkan membuat kolam-kolam dan jacuzzi tersebut. Selain untuk rekreasi, dengan suhu yang ada, mata air ini bisa dimanfaatkan sebagai media hidroterapi untuk diabetes dan osteoarthritis yang membutuhkan suhu 38°C-42°C. Selain pemanfaatan secara paralel, multi-utilisasi secara *cascading* juga dapat dilakukan karena suhu output dari kolam masih mencapai 36°C-39°. Utilisasi tersebut antara lain untuk keperluan akuakultur seperti untuk udang atau lele yang akan tumbuh optimal di 31°C-33°C (Beall and Samuels, 1971) seperti terlihat pada **Gambar 8**. Sedangkan untuk penerapan di bidang pertanian, sumber panas prospek leles ini kurang cocok mengingat suhu udara yang cukup tinggi berkisar 32,2°C±2,6°C.



Gambar 8. Hubungan antara persentase pertumbuhan optimum hewan dengan suhu (Beall and Samuels, 1971)

KESIMPULAN

Prospek Leles memiliki delapan sumber air panas untuk pemanfaatan langsung yaitu

lima manifestasi mata air panas, satu sumur bor air panas dan dua kolam pemandian air panas. Satu mata air panas kelas cadangan terbukti menghasilkan dua kolam dengan kategori kapasitas terpasang. Lima mata air panas lainnya masih dalam kelas sumber daya terukur.

Total kapasitas terpasang dua kolam air panas (KAP SS-1 dan KAP SS-2) sebesar 38,85 kW_t dengan utilisasi tahunan mencapai 1,23 TJoule atau setara 0,34 GW_h dengan perkiraan faktor kapasitas sebesar 33,3%. Rasio kapasitas terpasang terhadap cadangan terbukti masih sangat kecil hanya sebesar 1,41%.

Total potensi Prospek Leles sebesar 3,3 MW_t terdiri dari cadangan terbukti 2.592 kW_t dan sumber daya terukur sebesar 704 kW_t.

Pada Prospek Leles direkomendasikan untuk menambah instalasi utilisasi baik secara paralel maupun *cascading*, khususnya di lokasi sekitar MAP SS-1 karena mempunyai suhu tinggi dan debit yang besar. Secara paralel bisa dibuat kolam untuk berenang, berendam dan *whirlpool*. Sehingga selain untuk rekreasi, bisa arahkan sebagai sarana hidroterapi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) c.q. Ketua Tim Kerja Panas Bumi atas izin penggunaan data untuk penulisan studi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim editor yang telah memberikan koreksi serta saran dalam perbaikan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Laporan Survei Rinci Geologi, Geokimia, Gaya Berat dan Audiomagnetotellurik Daerah Panas Bumi Tanggeung-Cibungur Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi.

- Badan Geologi, 2024. Petunjuk Teknis Tata Cara Perhitungan Potensi dan Utilisasi Energi Panas Bumi untuk Pemanfaatan Langsung. Bandung: Badan Geologi.
- Beall, S. & Samuels, G., 1971. Use of Warm Water for Heating and Cooling Plant and Animal Enclosures. Oak Ridge National Lab.(ORNL), Oak Ridge, TN (United States).
- Direktorat Panas Bumi, 2023. Pengembangan Panas Bumi di Indonesia. Jakarta: Direktorat Panas Bumi.
- JICA, 2016. Investigations on Geothermal Direct Use in Indonesia and Proposal of Projects for Policy Making. Japan International Cooperation Agency (JICA).
- Lund, J. W. & Toth, A. N., 2021. Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review. *Geothermics*, 90, 101915.
- Nugraha, H. S., Shoedarto, R. M., Sedyono, B., Aries, F. R., Irawan, D. & Perdana, F., 2015. An Update on Thermal Activities as Geothermal Direct Utilization in the Western Part of Java. *International Indonesia Geothermal Congress and Exhibition 2015*. Jakarta.
- Pemanas Air Indonesia., 2019. *Tips Mendapatkan Alat Pemanas Air Kolam Renang yang Ideal* [Online]. Pemanas Air Indonesia. Available: <https://pemanasairindonesia.com/tips-mendapatkan-alat-pemanas-air-kolam-renang-yang-ideal/> [Accessed 15 Juni 2024 2024].
- PSDMBP, 2021a. Laporan Evaluasi Daerah Panas Bumi untuk Pemanfaatan Langsung di Wilayah Pulau Jawa Bagian Barat. Bandung.
- PSDMBP, 2021b. Laporan Evaluasi Daerah Panas Bumi untuk Pemanfaatan Langsung di Wilayah Pulau Jawa Bagian Timur. Bandung.
- PSDMBP, 2022. Laporan Evaluasi Daerah Panas Bumi untuk Pemanfaatan Langsung di Wilayah Pulau Kalimantan Bagian Timur. Bandung.
- PSDMBP, 2023. Laporan Evaluasi Daerah Panas Bumi untuk Pemanfaatan Langsung di Wilayah Pulau Sumatera Bagian Utara. Bandung.
- Sezar, H. A., 2017. Pre-feasibility Study of Geothermal Direct Use Recreational Centre: a Case Study of Songwe Prospect in Tanzania. *Geothermal Training Programme*, 28, 561-591.