

KERANGKA KERJA BARU UNTUK KLASIFIKASI DAN KUANTIFIKASI SUMBER DAYA DAN CADANGAN PEMANFAATAN LANGSUNG PANAS BUMI DI INDONESIA

A NEW FRAMEWORK FOR CLASSIFICATION AND QUANTIFICATION OF GEOTHERMAL DIRECT USE RESOURCES AND RESERVES IN INDONESIA

Husin Setia Nugraha, Rina Wahyuningsih, Dudi Hermawan, dan Dikdik Risdianto

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Indonesia

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

Diterima: 11 Desember 2023; Direvisi: 7 Maret 2024; Disetujui: 31 Agustus 2025

DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v20i2.493>

ABSTRAK

Pemanfaatan langsung panas bumi di Indonesia memiliki potensi besar untuk mendukung ketahanan energi dan ekonomi lokal, namun pengembangannya terhambat oleh ketiadaan standar teknis untuk evaluasi potensi. Berbeda dengan pemanfaatan tidak langsung untuk listrik yang sudah mapan, potensi pemanfaatan langsung panas bumi yang tercatat secara resmi masih sangat kecil. Studi ini bertujuan untuk menetapkan dan menerapkan sebuah kerangka kerja standar untuk klasifikasi dan kuantifikasi potensi serta utilisasi pemanfaatan langsung panas bumi di Indonesia. Metodologi yang dikembangkan memperkenalkan sistem klasifikasi potensi berbasis dua kriteria utama: kualitas data/informasi fluida dan hasil studi kelayakan. Potensi dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu Sumber Daya (Terindikasi, Terukur) dan Cadangan (Terduga, Terbukti). Formula kuantifikasi untuk potensi (MW_t) dan utilisasi (kapasitas terpasang, faktor kapasitas, utilisasi tahunan, dan rasio kapasitas terhadap cadangan) juga dirumuskan. Implementasi awal dari metodologi ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi pemanfaatan langsung panas bumi setidaknya sebesar 230 MW_t dari 201 prospek yang telah diinventarisasi, atau sekitar 56% dari total prospek yang teridentifikasi. Dari jumlah tersebut, sekitar 8,1 MW_t telah berhasil diklasifikasikan sebagai Cadangan Terbukti. Kerangka kerja standar ini diharapkan dapat menjadi acuan nasional yang kredibel untuk inventarisasi sumber daya, perencanaan pembangunan, dan menarik investasi di sektor pemanfaatan langsung panas bumi.

Kata kunci: klasifikasi sumber daya panas bumi, cadangan pemanfaatan langsung, potensi termal (MW_t), standar panas bumi, pemanfaatan energi.

ABSTRACT

Geothermal direct use (GDU) in Indonesia holds significant potential for supporting energy security and local economic development, yet its growth has been hindered by the absence of technical standards for potential assessment. In contrast to the well-established indirect use for electricity generation, officially recorded GDU potential remains minimal. This study aims to establish and apply a standardized framework for the classification and quantification of GDU potential and utilization in Indonesia. The developed methodology introduces a potential classification system based on two primary criteria: the quality of fluid data/information and the

results of a reserve feasibility study. The potential is categorized into two main classes: Resources (Indicated, Measured) and Reserves (Probable, Proven). Quantification formulas for potential (in MW_t) and utilization (installed capacity, capacity factor, annual utilization, and capacity-to-reserve ratio) are also formulated. The initial implementation of this methodology reveals that Indonesia possesses a GDU potential of at least 230 MW_t from 201 inventoried prospects, which constitutes approximately 56% of all identified prospects. Of this amount, approximately 8.1 MW_t has been successfully classified as Proven Reserves. This standardized framework is expected to serve as a credible national reference for resource inventory, development planning, and attracting investment in the geothermal direct use sector.

Keywords: geothermal resource classification, direct use reserves, thermal potential (MW_t), geothermal standards, energy utilization

PENDAHULUAN

Energi panas bumi dapat dimanfaatkan melalui dua cara: tidak langsung (*indirect use*) untuk pembangkitan listrik dan langsung (*direct use*) untuk keperluan non-listrik. Di Indonesia, pemanfaatan tidak langsung telah mencapai kapasitas terpasang 2.378,13 MW_e (Direktorat Panas Bumi, 2023), menempatkan negara ini sebagai salah satu produsen listrik panas bumi terbesar di dunia. Namun, pemanfaatan langsung panas bumi—yang energinya dapat digunakan untuk pariwisata, agribisnis, industri, dan berbagai aplikasi lainnya—masih belum tergali secara optimal. Data internasional hanya mencatat utilisasi pemanfaatan langsung panas bumi di Indonesia sebesar 2,3 MW_t (Lund & Toth, 2021), sebuah angka yang tidak mencerminkan kekayaan sumber daya yang sebenarnya.

Salah satu kendala utama dalam pengembangan pemanfaatan langsung panas bumi adalah belum adanya standar teknis untuk klasifikasi dan penghitungan potensi dan utilisasi. Tanpa metodologi klasifikasi dan penghitungan potensi dan utilisasi pemanfaatan langsung yang seragam, maka data potensi dan utilisasi menjadi tidak konsisten sehingga sulit untuk diperbandingkan, dan menjadi kurang *bankable* di mata investor. Sementara sektor pertambangan mineral dan migas telah memiliki sistem klasifikasi sumber daya dan cadangan yang mapan misalnya SNI 4726:2011 (BSN, 2011) dan PRMS (Carpenter, 2019) dan

bahkan pemanfaatan tidak langsung panas bumi (untuk listrik) juga telah memiliki standar nasional dalam SNI 6009:2017 tentang Klasifikasi Sumber Daya dan Cadangan Energi Panas Bumi (BSN, 2017), sektor pemanfaatan langsung panas bumi masih tertinggal. Tidak adanya standar teknis dalam klasifikasi dan penghitungan potensi dan utilisasi pemanfaatan langsung panas bumi ini juga menimbulkan kebingungan regulasi dan menghambat pemerintah daerah dalam merencanakan pemanfaatan sumber daya di wilayahnya.

Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menetapkan dan menerapkan sebuah kerangka kerja standar untuk klasifikasi dan kuantifikasi potensi serta utilisasi pemanfaatan langsung panas bumi di Indonesia. Kerangka kerja ini, yang telah diadopsi secara resmi oleh Badan Geologi (Badan Geologi, 2024), dirancang untuk menyediakan metodologi yang *robust*, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan, sehingga dapat menjadi acuan bagi semua pemangku kepentingan.

METODOLOGI

Metodologi yang dikembangkan berfokus pada dua aspek utama: (1) klasifikasi potensi secara berjenjang, dan (2) kuantifikasi potensi dan utilisasi menggunakan formula standar. Untuk tujuan studi ini, fluida panas bumi

KONSEP KLASIFIKASI POTENSI

1. Sumber Daya (*Resources*) : Merepresentasikan potensi energi panas bumi yang keberadaannya telah teridentifikasi, namun kelayakan komersialnya belum sepenuhnya terbukti. Kategori ini dibagi lagi menjadi:
 - a. Sumber Daya Terindikasi (*Indicated Resource*): Potensi yang diestimasi hanya berdasarkan data suhu, dengan asumsi debit rata-rata nasional.
 - b. Sumber Daya Terukur (*Measured Resource*): Potensi yang dihitung berdasarkan data suhu dan debit yang telah diukur secara langsung di lapangan.

Sumber Daya Terukur yang telah melalui studi kelayakan dan dinyatakan layak untuk dikembangkan secara teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Kategori ini dibagi lagi menjadi:

- KUANTIFIKASI POTENSI DAN**
UTILISASI

Kuantifikasi potensi energi panas bumi untuk pemanfaatan langsung bertujuan untuk menyatakan besaran energi termal yang dapat diekstraksi dari suatu sumber fluida. Satuan standar yang digunakan adalah Megawatt termal (MW_t), yang merepresentasikan laju perpindahan energi panas. Perhitungan ini didasarkan pada prinsip fundamental perpindahan panas konvektif, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:



$$Q = \dot{m} \times c_p \times \Delta T$$

Di mana:

- Q : Laju energi termal (dalam Watt).
 $\dot{m}$: Laju alir massa fluida (dalam kg/detik).
 c_p : Kapasitas panas spesifik air (sekitar 4.186 J/kg°C).
 ΔT : Perbedaan suhu antara fluida sumber dan suhu referensi (°C).

Untuk mempermudah aplikasi praktis di lapangan, di mana pengukuran debit volume per satuan waktu umumnya dilakukan dalam satuan volume (liter/detik), formula di atas disederhanakan dan dikonversi menjadi satuan MWt:

$$Q \text{ (MW}_t\text{)} \approx 0,0041 \times \dot{m}_{vol} \times \Delta T$$

Di mana $\dot{m}_{vol}$ adalah debit dalam liter/detik. Faktor 0,0041 merupakan konstanta yang telah memperhitungkan kapasitas panas spesifik air dan konversi satuan dari Watt ke MW_t. Metodologi perhitungan spesifik untuk setiap kelas potensi diuraikan lebih lanjut di bawah ini.

Perhitungan Potensi Sumber Daya Terindikasi (Q_{sd-i})

Sumber Daya Terindikasi adalah kelas potensi awal yang diestimasi ketika data lapangan masih terbatas pada informasi suhu, sementara data debit volume per satuan belum terukur secara akurat. Untuk menghitungnya, digunakan pendekatan konservatif dengan mengasumsikan nilai debit per satuan waktu sebesar 1,6 liter/detik. Nilai tersebut merupakan nilai debit per satuan waktu rata-rata dari 220 titik mata air panas yang tersebar di Indonesia.

Formula:

$$Q_{sd-i} = 0,0067 \times \Delta T$$

Deskripsi Variabel:

- Q_{sd-i} : Potensi Sumber Daya Terindikasi (MW_t).
0,0067 : Konstanta konversi, hasil perhitungan yang memperhitungkan kapasitas panas spesifik air, debit rata-rata per satuan waktu di Indonesia dan faktor konversi satuan dari Watt ke MW_t.
 ΔT : Dihitung sebagai $\Delta T = T_{a-m} - T_{bb}$, di mana T_{a-m} adalah suhu fluida terukur dan T_{bb} adalah suhu batas bawah referensi (35°C).

Kondisi Khusus:

Untuk mencegah estimasi berlebih pada tahap awal, jika nilai ΔT melebihi 25°C, maka nilai yang digunakan dalam perhitungan adalah $\Delta T = 25^\circ\text{C}$.

Perhitungan Potensi Sumber Daya Terukur (Q_{sd-u})

Ketika data debit fluida telah berhasil diukur secara langsung di lapangan, status potensi dapat ditingkatkan menjadi Sumber Daya Terukur. Perhitungan pada tahap ini menjadi lebih akurat karena tidak lagi bergantung pada asumsi debit.

Formula:

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

Deskripsi Variabel:

- Q_{sd-u} : Potensi Sumber Daya Terukur (MW_t).
 $\dot{m}_{a-m}$: Laju alir (debit) fluida yang diukur secara in-situ di manifestasi (L/detik).
 ΔT : Perbedaan suhu, dihitung dengan metode yang sama seperti pada Sumber Daya Terindikasi ($\Delta T = T_{a-m} - 35^\circ\text{C}$), dengan batas atas $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ untuk menjaga konservatisme.
0,0041 : Konstanta konversi, hasil perhitungan yang memperhitungkan

kapasitas panas spesifik air dan faktor konversi satuan dari Watt ke MW_t. Konstanta ini sama dengan yang digunakan dalam perhitungan Sumber Daya Terukur.

Perhitungan Potensi Cadangan Terduga (Q_{cd-d})

Cadangan Terduga dihitung setelah suatu Sumber Daya Terukur dinyatakan LAYAK melalui studi kelayakan. Perhitungan pada kelas ini lebih realistis karena disesuaikan dengan rencana aplikasi spesifik.

Formula:

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

Deskripsi Variabel:

- Q_{cd-d} : Potensi Cadangan Terduga (MW_t).
 $\dot{m}_{a-m}$: Laju alir fluida yang sama dengan yang diukur untuk Sumber Daya Terukur.
 ΔT : Perbedaan suhu efektif, dihitung sebagai $\Delta T = T_{a-m} - T_{a-u}$. Variabel T_{a-u} adalah suhu minimum fluida yang dibutuhkan untuk jenis utilisasi yang direncanakan (misalnya, 40°C untuk spa), yang nilainya ditentukan berdasarkan hasil studi kelayakan.

Kondisi Khusus:

Batas atas $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ juga diterapkan pada kelas ini.

Perhitungan Potensi Cadangan Terbukti (Q_{cd-b})

Cadangan Terbukti merepresentasikan tingkat keyakinan tertinggi, dihitung dari data operasional riil pada fasilitas pemanfaatan yang sudah terpasang dan beroperasi.

Formula:

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

Deskripsi Variabel:

- Q_{cd-b} : Potensi Cadangan Terbukti (MW_t).
 $\dot{m}_{a-m}$: Laju alir fluida yang diukur pada titik masuk (inlet) instalasi (L/detik).
 ΔT : Perbedaan suhu aktual yang dimanfaatkan oleh sistem, dihitung sebagai $\Delta T = T_{a-m} - T_{a-i-out}$. Variabel T_{a-i-out} adalah suhu fluida yang diukur pada titik keluar (outlet) instalasi.

Kondisi Khusus:

Batas atas $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ tetap diterapkan untuk konsistensi.

Prinsip Dasar Kuantifikasi Utilisasi

Kuantifikasi utilisasi bertujuan untuk mengukur kinerja dan efektivitas pemanfaatan energi pada fasilitas yang sudah beroperasi (level Cadangan Terbukti). Berbeda dengan perhitungan potensi yang bersifat teoretis, perhitungan utilisasi didasarkan pada data operasional aktual. Tujuannya adalah untuk mengetahui berapa banyak energi yang benar-benar dimanfaatkan dari total yang tersedia, serta seberapa optimal fasilitas tersebut digunakan. Proses ini melibatkan beberapa parameter kunci yang saling terkait, yaitu Kapasitas Terpasang, Faktor Kapasitas, dan Utilisasi Tahunan.

Perhitungan Kapasitas Terpasang (Q_{kt})

Kapasitas Terpasang (Q_{kt}) adalah parameter fundamental yang merepresentasikan laju energi panas bersih (dalam MW_t) yang secara teoretis dapat dimanfaatkan oleh sebuah instalasi pada kondisi operasi normal. Nilai ini merupakan energi panas total yang tersedia pada instalasi dikurangi dengan energi yang hilang selama proses.

Formula:

$$Q_{kt} = Q_i - Q_{kp}$$

Deskripsi Variabel:

- Q_{kt} : Kapasitas Terpasang (MW_t).
- Q_i : Energi panas total yang masuk ke instalasi (MW_t). Nilai ini identik dengan potensi Cadangan Terbukti (Q_{cd-b}) yang dihitung pada bagian Perhitungan Potensi Cadangan Terbukti (Q_{cd-b}).
- Q_{kp} : Total kehilangan panas (*heat loss*) dari sistem (MW_t). Kehilangan panas ini terjadi akibat kombinasi proses konveksi, evaporasi (penguapan), dan radiasi di sepanjang komponen sistem seperti pipa, kolam, atau penukar panas. Nilai Q_{kp} harus diestimasi menggunakan formula-formula rekayasa termodinamika standar yang relevan dengan desain instalasi.

Perhitungan Faktor Kapasitas (F_k)

Faktor Kapasitas (F_k) adalah sebuah indeks tak berdimensi (bernilai antara 0 dan 1) yang mengukur tingkat atau intensitas penggunaan sebuah fasilitas dalam periode satu tahun. Parameter ini sangat penting untuk membedakan fasilitas yang beroperasi secara kontinu dengan yang beroperasi secara intermiten atau musiman.

Formula:

$$F_k = t_p / 8.760$$

Deskripsi Variabel:

- F_k : Faktor Kapasitas (fraksi).
- t_p : Total durasi operasi efektif fasilitas dalam satu tahun (dalam satuan jam).

8.760 : Konstanta dari jumlah total jam dalam satu tahun (365 hari $\times$ 24 jam).

Contoh Interpretasi:

Fasilitas yang beroperasi 24/7 sepanjang tahun akan memiliki $F_k \approx 1$, sedangkan pabrik pengeringan agrikultur yang hanya beroperasi 12 jam sehari selama 100 hari musim panen akan memiliki $F_k = (12 \times 100) / 8.760 \approx 0,137$.

Perhitungan Utilisasi Tahunan (Q_{ut})

Utilisasi Tahunan (Q_{ut}) adalah ukuran total energi absolut yang berhasil dimanfaatkan atau dikonsumsi oleh sebuah fasilitas dalam kurun waktu satu tahun. Ini adalah parameter kinerja utama yang menunjukkan kontribusi energi riil dari sebuah proyek pemanfaatan langsung panas bumi.

Formula:

$$Q_{ut} \text{ (GW}_h\text{/tahun)} = 8,76 \times Q_{kt} \times F_k$$

atau

$$Q_{ut} \text{ (TJ/tahun)} = 31,54 \times Q_{kt} \times F_k$$

Deskripsi Variabel:

- Q_{ut} : Utilisasi Tahunan, dapat dinyatakan dalam Gigawatt-hour per tahun atau Terajoule per tahun.
- Q_{kt} : Kapasitas Terpasang (MW_t) yang telah dihitung pada bagian sebelumnya.
- F_k : Faktor Kapasitas (fraksi) yang telah dihitung pada bagian sebelumnya.
- 8,76 : Konstanta konversi dari satuan daya (MW_t) ke satuan energi tahunan (GW_h /tahun). Nilai ini didapatkan dari 8.760 jam/tahun (24 jam $\times$ 365 hari) dibagi 1.000 untuk konversi dari Watt ke MegaWatt.

31,54 : Konstanta konversi dari satuan daya (MW_t) ke satuan energi tahunan (TJ/tahun)

Perhitungan Rasio Kapasitas terhadap Cadangan ($R_{kt/cd-b}$)

Rasio ini adalah indikator strategis untuk mengevaluasi tingkat optimalisasi pemanfaatan suatu cadangan panas bumi. Rasio ini membandingkan kapasitas fasilitas yang telah terpasang dengan total potensi energi yang tersedia dari cadangan tersebut.

Formula:

$$R_{kt/cd-b} = Q_{kt} / Q_{cd-b}$$

Deskripsi Variabel:

- $R_{kt/cd-b}$: Rasio Kapasitas terhadap Cadangan Terbukti (fraksi atau persentase).
- Q_{kt} : Kapasitas Terpasang (MW_t) yang telah dihitung pada bagian sebelumnya.
- Q_{cd-b} : Potensi Cadangan Terbukti (MW_t).

Interpretasi

- Rasio ≈ 1 (atau 100%): Menunjukkan bahwa kapasitas fasilitas yang terpasang telah memanfaatkan hampir seluruh potensi yang tersedia dari cadangan tersebut. Optimalisasi sangat tinggi.
- Rasio < 1 (atau $< 100\%$): Menunjukkan bahwa masih ada sisa potensi dari cadangan yang belum termanfaatkan oleh kapasitas terpasang saat ini. Semakin rendah nilainya, semakin besar ruang untuk ekspansi, peningkatan efisiensi, atau penambahan fasilitas baru di lokasi yang sama.

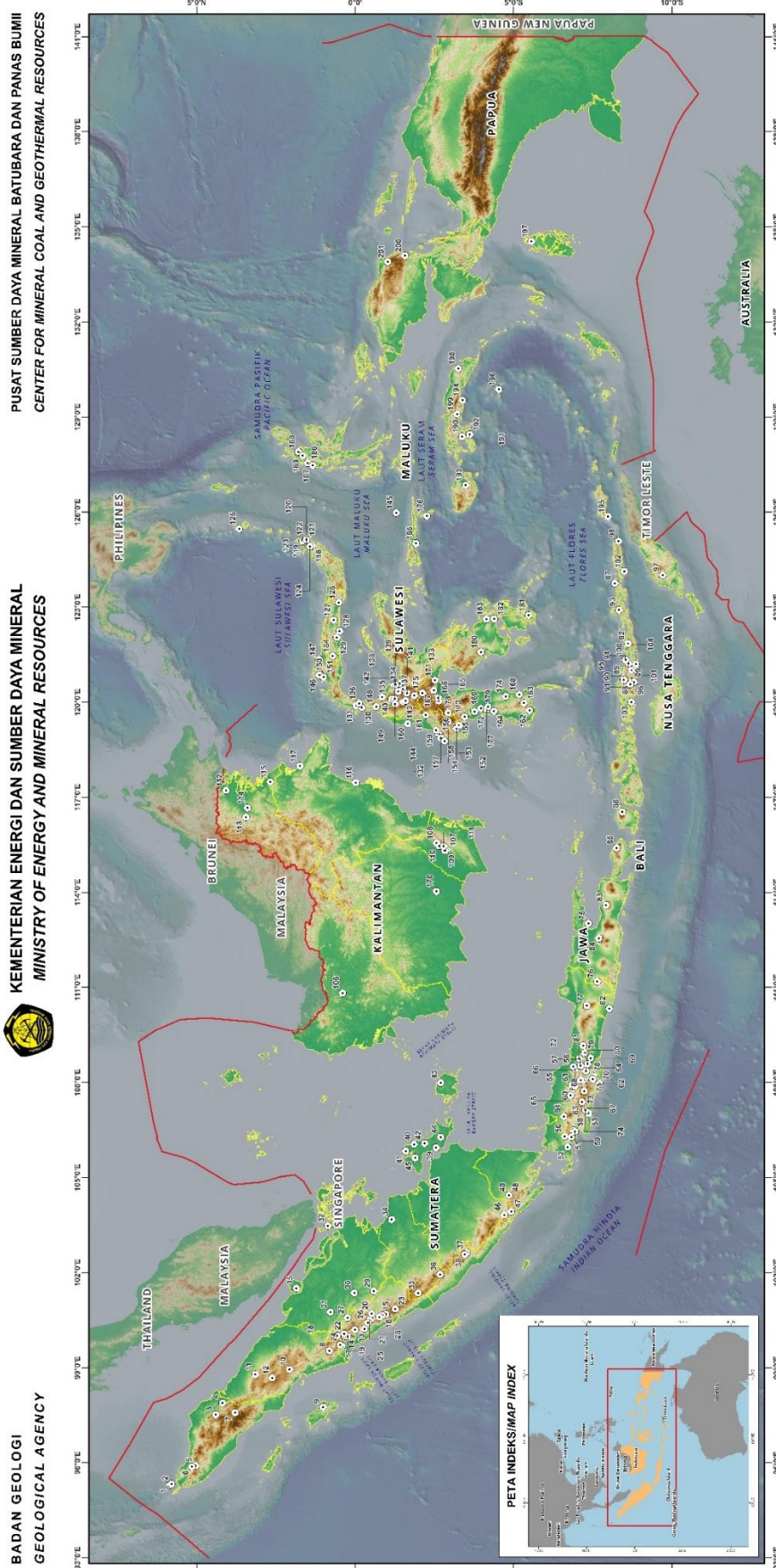
Hasil Implementasi Awal pada Skala Nasional

Penerapan metodologi ini pada data yang dimiliki Badan Geologi hingga akhir tahun 2024 menghasilkan potret baru potensi pemanfaatan langsung panas bumi nasional yang lebih terukur. Hasil utama menunjukkan:

1. Total Potensi Sumber Daya pemanfaatan langsung panas bumi Terukur dan Terindikasi: Indonesia memiliki total potensi sebesar 230 MW_t .
2. Cakupan Data: Angka tersebut baru merepresentasikan 201 dari 368 lokasi sumber daya panas bumi di Indonesia. Nilai ini merupakan 55% dari jumlah total lokasi sumber daya panas bumi dalam Peta Distribusi dan Sumber Daya panas Bumi Indonesia Tahun 2025. Hal ini mengindikasikan bahwa potensi riil yang belum terhitung masih sangat besar.
3. Distribusi Potensi: Potensi tersebar di berbagai pulau, dengan konsentrasi terbesar di Sumatera dan Jawa (Tabel 1).
4. Cadangan Terbukti: Dari fasilitas yang telah beroperasi dan diinventarisasi menggunakan standar ini, sekitar 8,1 MW_t telah berhasil diklasifikasikan sebagai Cadangan Terbukti, dengan contoh berasal dari Prospek Cisolak-Cisukarame (Wildan, dkk., 2024) dan Prospek Leles (PSDMBP, 2024).

Tabel 1 Distribusi potensi dan utilisasi pemanfaatan langsung panas bumi Indonesia per Desember 2024 (Badan Geologi, 2024)

No	Pulau / Island	Potensi (kWt)			
		Sumber Daya (kWt)		Cadangan (kWt)	
		Terindikasi	Terukur	Terduga	Terbukti
1	Sumatera	2.594,6	51.498,6	-	-
2	Jawa	1.557	50.515,5	-	8.128
3	Bali	-	314,5	-	-
4	Nusa Tenggara	631,274	20.773,1	-	-
5	Kalimantan	780,6	5.577,1	-	-
6	Sulawesi	5.443,1	71.623,2	-	-
7	Maluku	1.657	9.661,5	-	-
8	Papua	91,1	49,6	-	-
Total		12.755	210.013	-	8.128



Gambar 2. Distribusi potensi dan utilisasi pemanfaatan langsung panas bumi Indonesia per Desember 2024 (Badan Geologi, 2024b)

Pembahasan Implikasi

Hasil ini memiliki implikasi penting. Pertama, penetapan angka potensi sebesar 230 MW_t memberikan *baseline* yang solid dan kredibel bagi pemerintah untuk perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumber daya. Kedua, fakta bahwa angka ini baru mencakup 56% dari total prospek menyoroti peluang eksplorasi dan investasi yang sangat besar di masa depan. Ketiga, kesenjangan yang signifikan antara total potensi (230 MW_t) dan Cadangan Terbukti yang terinventarisasi (8,1 MW_t) menunjukkan bahwa sebagian besar potensi pemanfaatan langsung panas bumi langsung masih belum dioptimalkan.

Kerangka kerja ini memungkinkan semua pihak—pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan investor untuk berbicara dalam "bahasa" yang sama. Pemerintah daerah kini dapat menyajikan data potensi wilayahnya dalam format standar yang mudah dipahami investor, sementara investor dapat melakukan evaluasi risiko dengan lebih baik berdasarkan data yang transparan dan dapat diperbandingkan.

KESIMPULAN

Studi ini telah berhasil menetapkan sebuah kerangka kerja standar untuk klasifikasi dan kuantifikasi potensi serta utilisasi pemanfaatan langsung panas bumi di Indonesia. Metodologi yang membedakan antara Sumber Daya dan Cadangan berdasarkan studi kelayakan memberikan alur yang logis dan meningkatkan kredibilitas data potensi. Implementasi awal menunjukkan potensi pemanfaatan langsung panas bumi nasional minimal sebesar 230 MW_t, dengan ruang pengembangan yang masih sangat luas.

Penetapan standar ini merupakan langkah fundamental pertama. Sebagai tindak lanjut, Badan Geologi sedang dalam proses menyusun Juknis turunan yang lebih detail, yaitu Juknis Survei Sumber Daya dan Juknis Studi Kelayakan

Cadangan. Ketiga dokumen ini akan membentuk sebuah trilogi panduan teknis yang komprehensif, dari hulu hingga hilir, untuk mengakselerasi pengembangan pemanfaatan langsung panas bumi secara terukur dan berkelanjutan di seluruh Indonesia.

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

- Badan Geologi, 2024a. *Keputusan Kepala Badan Geologi Nomor 145.K/GL.04/BGL/2024 tentang Petunjuk Teknis Tata Cara Penghitungan Potensi dan Utilisasi Pemanfaatan Langsung Panas Bumi*. Bandung: Badan Geologi.
- Badan Geologi 2024b. *Peta Distribusi Potensi dan Utilisasi Pemanfaatan Langsung Panas Bumi Indonesia*. Bandung: Badan Geologi.
- BSN, 2011. *SNI 4726:2011 tentang Pedoman Pelaporan, Sumber Daya dan Cadangan Mineral*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- BSN, 2017. *SNI 6009:2017 tentang Klasifikasi Sumber Daya dan Cadangan Energi Panas Bumi Indonesia*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Carpenter, C. (2019). PRMS Classifications: Updated Methodology for Resource Inventory Management. *Journal of Petroleum Technology*, 71(12), 50-51.
- Direktorat Panas Bumi, 2023. *Pengembangan Panas Bumi di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Panas Bumi.

Lund, J. W. & Toth, A. N., 2021. Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review. *Geothermics*, 90, 101915.

PSDMBP, 2024. *Laporan Akhir Survei Rinci Geologi, Geokimia, Gaya Berat Dan AMT Daerah Panas Bumi Leles, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat*. Bandung: PSDMBP.

Wildan, D., Wirakusumah, A.D., Nugraha, H.S., 2024. *Laporan Hasil Penelitian Penentuan Perkiraan Potensi Dan Kapasitas Terpasang Pemanfaatan Langsung Energi Panas Bumi di Area Cisolok-Cisukarame Di Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat*. Bandung: Politeknik Energi Dan Pertambangan Bandung (PEP Bandung).