



Ringkasan Eksekutif

Membuka kunci Potensi Geotermal Indonesia

Project InnerSpace

Dengan memperluas tenaga panas bumi konvensional ke sistem generasi berikutnya, pemanasan industri, dan district cooling, Indonesia dapat menjadi pemimpin energi bersih global, meningkatkan kualitas hidup, mendorong transisi energi yang lebih adil, mengurangi impor bahan bakar, dan menurunkan emisi.

Indonesia, yang membentang dari Sumatra hingga Papua, mencakup ribuan pulau, hutan hujan yang lebat, gunung berapi yang tinggi, lembah yang subur, dan kota besar yang padat penduduknya. Masyarakat dan lanskapnya sama beragamnya dengan geologinya. Terletak di sepanjang Cincin Api Pasifik, Indonesia memiliki busur vulkanik aktif, sistem magma muda, dan cekungan sedimen besar yang memusatkan panas Bumi di bawah permukaan tanahnya. Semua fitur ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki salah satu anugerah sumber daya panas bumi terkaya di dunia. Panas naik di bawah lapangan hidrotermal dan melintasi wilayah yang luas tanpa cairan alami. Keanekaragaman geologi tersebut mendukung berbagai solusi panas bumi.

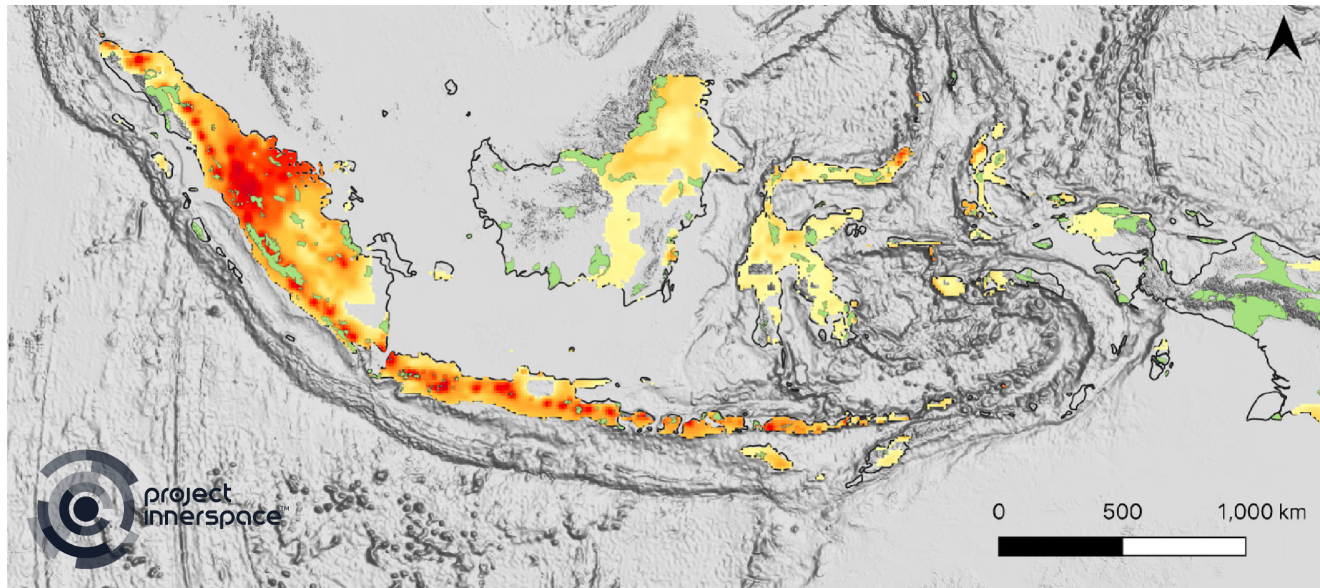
Proyek hidrotermal konvensional tetap menjadi fondasi penting bagi tenaga listrik yang solid dan bersih di seluruh Indonesia. (Lihat Bab 1, “Geothermal

101: Overview of Technologies and Applications.”) Akan tetapi, Indonesia memiliki peluang panas bumi yang lebih besar—*jauh* lebih besar. Dengan pengeboran yang canggih dan konstruksi sumur yang modern, sistem generasi berikutnya dapat mengakses panas dalam formasi berpermeabilitas rendah dan memberikan panas untuk pemanfaatan langsung bagi industri. Sistem ini juga dapat memberikan pendinginan yang andal untuk kampus dan gedung. Perluasan fokus nasional di luar reservoir konvensional akan sangat meningkatkan potensi panas bumi praktis Indonesia.

Rencana energi dan iklim Indonesia menunjukkan bahwa fokus ini perlu diperluas. Untuk mencapai target nasional, energi terbarukan harus mencapai antara 19% dan 23% dari bauran energi pada tahun 2030 dan sekitar 70% pada tahun 2060. Akan tetapi, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) dan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN hanya



TOTAL *HEAT-IN-PLACE* PANAS BUMI INDONESIA DENGAN KAWASAN LINDUNG



PJ/km² at 3,000 meters depth 150°C cutoff



 Protected areas

Gambar ES.1: Peta tersebut menyajikan perkiraan heat-in-place (HiP) yang dinyatakan dalam petajoule per kilometer persegi (PJ/km²) untuk interval setebal 3.000 meter antara kedalaman 0 meter dan 3.000 meter, dengan menerapkan batas suhu bawah permukaan tanah minimum sebesar 150°C. Area berwarna hijau merupakan kawasan lindung nasional. Sumber: Project InnerSpace. (2025). UNEP-WCMC dan IUCN (2025), Protected Planet: [World Database on Protected Areas (WDPA)][Daring], [Oktober/2025], Cambridge, Inggris Raya: UNEP-WCMC dan IUCN. Tersedia di: www.protectedplanet.net

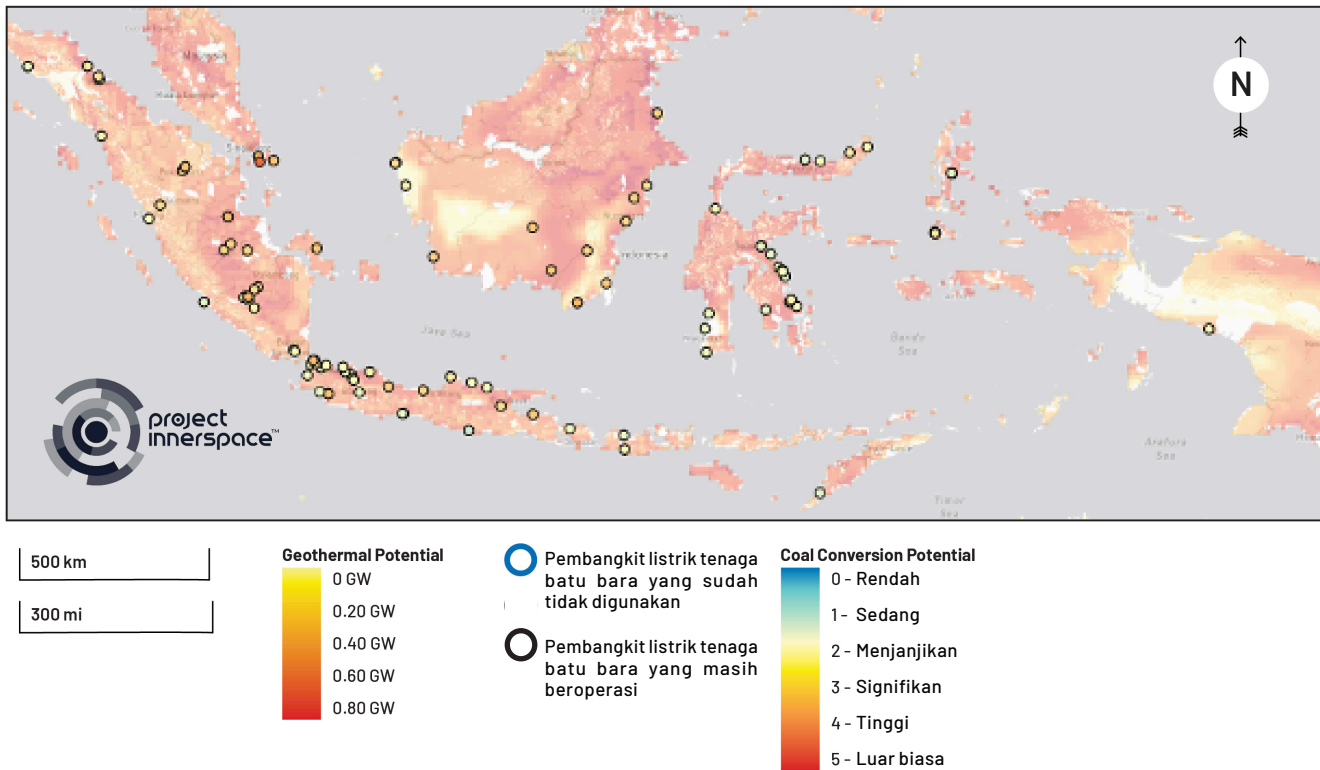
mencakup antara 21 gigawatt dan 23 gigawatt kapasitas panas bumi pada tahun 2060—sekitar 5% dari kapasitas listrik yang diproyeksikan.^{1,2} Memanfaatkan sepenuhnya sumber daya Indonesia akan memperlancar jalan bagi Indonesia dalam mencapai status nol bersih.

Mengingat Indonesia memiliki sejarah panas bumi yang panjang, landasan regulasi yang kuat telah memberikan panduan pengembangan listrik panas bumi, tetapi harus berkembang untuk mencerminkan kemampuan multisektoral panas bumi. Instrumen saat ini—seperti Undang-Undang Energi, Undang-Undang Ketenagalistrikan, Kebijakan Energi Nasional, RUKN, dan RUPTL—masih memperlakukan panas bumi terutama sebagai sumber daya listrik. Pengakuan panas bumi sebagai aset pembangkitan tenaga, panas, dan pendinginan dapat memberikan dasar pengembangan proyek yang lebih jelas dan lebih dapat diprediksi kepada para investor dan pengembang.

Analisis pada Bab 3 laporan ini memperkirakan bahwa Indonesia memiliki potensi teknis panas bumi sebesar 2.160 gigawatt—21 kali lipat dari kapasitas terpasang saat ini dan jauh lebih besar dari perkiraan saat ini sebesar 27 gigawatt sumber daya hidrotermal (lihat **Gambar ES.1**). Badan Energi Internasional (*International Energy Agency/IEA*) juga memperkirakan bahwa Indonesia memiliki sekitar 60 terawatt energi termal yang cocok untuk pemanasan dan pendinginan industri.³ Pada tahun 2050, panas bumi dapat memenuhi hampir 90% dari permintaan pemanasan industri Indonesia di sektor manufaktur utama. (Lihat Bab 4, “*Beyond Electricity: Indonesia’s Thermal Energy Demand and Direct Use Potential*.”) Dalam laporan terbarunya, *The Future of Geothermal*, IEA mencatat bahwa di Asia Tenggara, “panas bumi generasi berikutnya bisa menjadi pilihan domestik yang terjangkau untuk mengurangi ketergantungan saat ini pada pembangkit listrik tenaga batu bara sekaligus menjamin ketahanan energi yang berkelanjutan.”⁴ Praktisnya, ini berarti Indonesia dapat menggabungkan



FASILITAS TENAGA BATU BARA YANG TUMPANG TINDIH DENGAN SUMBER DAYA PANAS BUMI



ES.2: Peta yang menunjukkan potensi panas bumi kumulatif antara 0 meter dan 5000 meter, dengan batas suhu sebesar 150°C, yang mewakili ambang batas minimum untuk pembangkitan listrik, dilapisi dengan pembangkit listrik tenaga batu bara dan kesesuaiannya untuk konversi panas bumi berdasarkan Analisis Lapisan Tertimbang Project InnerSpace. GW = gigawatt. Sumber: Project InnerSpace. (2025). [Today's Power Potential GW 5000m](#) [Power Generation Module]. GeoMap; Project InnerSpace. (2025). [Coal Plant WQA](#) [Indonesia Module]. GeoMap

pengembangan hidrotermal yang telah terbukti dengan sistem generasi berikutnya yang modular, jaringan termal, dan *district cooling* untuk melayani kota yang sedang berkembang dan koridor industri.

Peluang ini secara langsung mendukung transisi batu bara Indonesia. Batu bara memasok sekitar 40% dari energi primer Indonesia,⁵ dan banyak industri mengandalkan ketel batu bara untuk menghasilkan panas. Pengerahan sekitar 15 gigawatt listrik dan 15 gigawatt termal dalam satu dekade—peningkatan hingga 25 gigawatt listrik dan 35 gigawatt termal pada tahun 2045—dapat menggantikan sebagian besar penggunaan batu bara ini. Di sektor ketenagalistrikan, penambahan ini dapat meningkatkan pembangkitan energi terbarukan hingga sekitar 67% pada tahun 2045,

yang memungkinkan penghentian dini atau pengalihan fungsi pembangkit listrik tenaga batu bara di Jawa dan Sumatra, yang memiliki keselarasan prospek dan permintaan panas bumi.

Peraturan terbaru menetapkan jalur untuk penghentian dini penggunaan batu bara dan penggantinya dengan pembangkit listrik energi terbarukan. Panas bumi generasi berikutnya dapat mempercepat transisi ini dengan mengalihkan fungsi lokasi pembangkit listrik yang ada, memanfaatkan simpul transmisi yang berdekatan, dan menggunakan air limbah pembangkit listrik untuk mendukung reservoir yang direkayasa (lihat **Gambar ES.2**). Pembangkit listrik lama seperti Suralaya dan Bukit Asam terletak dekat dengan zona panas bumi berkualitas tinggi dan dapat berfungsi sebagai lokasi konversi awal.



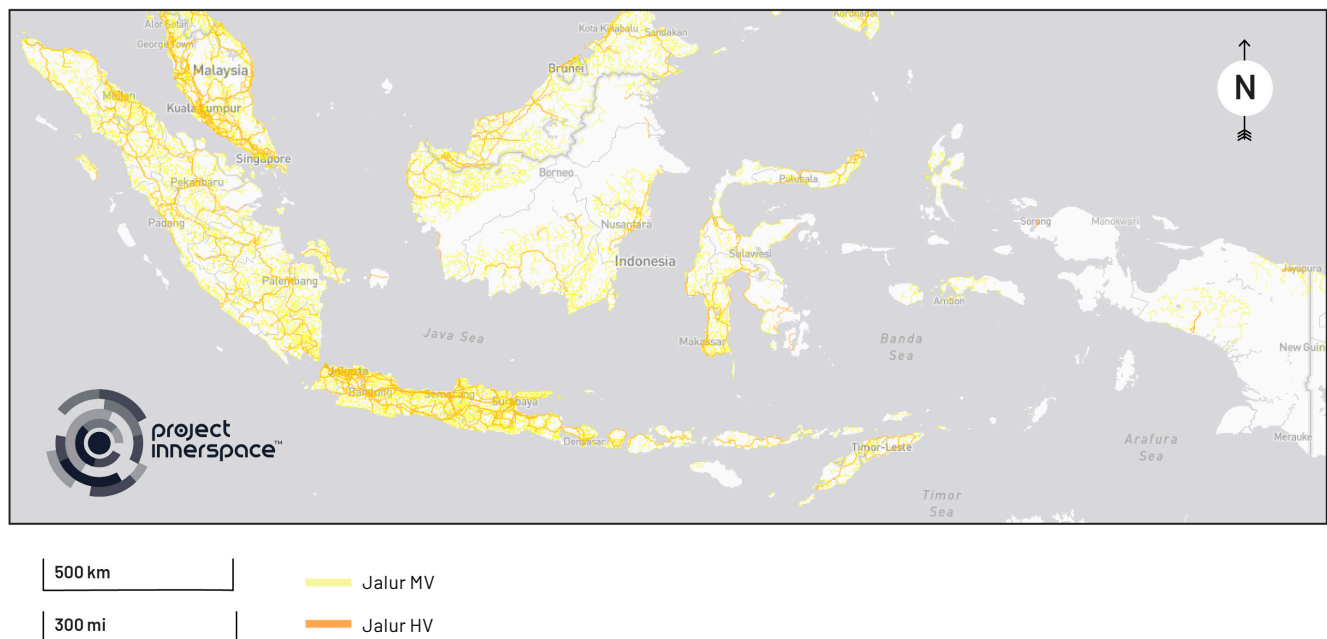
Tenaga kerja Indonesia telah memiliki pengalaman selama puluhan tahun dalam pengembangan panas bumi, yang didukung oleh ahli geosains dan pengebor dalam jumlah besar. Sektor minyak dan gas Indonesia yang berpengalaman juga memiliki rig, layanan, dan praktik keselamatan yang mudah dialihkan ke panas bumi. Perguruan tinggi, badan usaha milik negara, dan pengembang swasta telah lama berkolaborasi dalam eksplorasi, pengeboran, dan operasi lapangan, sehingga menciptakan rantai pasokan terpadu yang dapat diperluas dan dialihkan untuk mempercepat pengembangan panas bumi konvensional tambahan dan demonstrasi generasi berikutnya.

Peningkatan pengembangan energi panas bumi juga mendukung keandalan jaringan listrik. Sistem tenaga listrik Indonesia masih terfragmentasi: Jawa–Madura–Bali dan sebagian Sumatra saling terhubung, sementara banyak pulau lainnya yang bergantung pada jaringan listrik yang lebih kecil dan terisolasi (lihat **Gambar ES.3**). Hampir semua potensi energi terbarukan berada

di luar Jawa, meskipun Jawa menggunakan sebagian besar listrik nasional. RUKN memperkirakan perluasan transmisi secara besar-besaran—48.000 kilometer jaringan baru dan 108.000 gardu induk—untuk menutup kesenjangan ini. Pembangkit listrik tenaga panas bumi yang ditempatkan secara strategis dapat mengurangi tekanan pada infrastruktur baru dengan menyediakan tenaga listrik yang solid dan dapat didistribusikan di dekat pusat permintaan; menstabilkan jaringan listrik; dan mengurangi penyimpanan serta transmisi jarak jauh yang diperlukan untuk mengintegrasikan tenaga surya dan bayu.

Secara keseluruhan, perluasan panas bumi untuk listrik, pemanasan industri, dan pendingin menempatkan panas bumi sebagai fondasi utama bagi Indonesia mencapai 70% energi terbarukan pada tahun 2060. Perluasan ini mengurangi biaya energi, menarik investasi swasta, menciptakan lebih dari 650.000 pekerjaan, meningkatkan stabilitas jaringan listrik, dan meningkatkan pembangunan daerah.

JARINGAN LISTRIK INDONESIA HINGGA SAAT INI



Gambar ES.3: Jaringan transmisi Indonesia, yang menyoroti interkoneksi Jawa dan jaringan listrik yang lebih kecil dan terisolasi di berbagai pulau lainnya. HV = tegangan tinggi; MV = tegangan menengah. Sumber: Arderne, C., Zorn, C., Nicolas, C., & Koks, E. E. (2020). [Predictive mapping of the global power system using open data](#). *Scientific Data*, 7, 19; Kontributor OpenStreetMap. (2023). [Planet OSM](#); OpenStreetMap. (n.d.). [OpenStreetMap](#).



Perluasan panas bumi di Indonesia yang melampaui sumber daya hidrotermalnya saat ini membawa banyak keuntungan:

- **Kemandirian energi:** Indonesia dapat memperoleh keuntungan dari pemanfaatan panas domestik untuk mengurangi impor bahan bakar, menopang beban penting seperti kawasan industri dan pusat data, serta mempertahankan nilai tetap berada dalam perekonomian lokal.
 - **Selalu menyala, di mana pun:** Panas bumi menyediakan listrik dan energi termal sepanjang waktu; menstabilkan sistem yang masih terfragmentasi; meringankan puncak beban dengan pendinginan; dan dapat ditempatkan di Jawa, Sumatra, Sulawesi, Bali–Nusa Tenggara, Kalimantan, dan Papua.
 - **Pekerjaan dan investasi:** Perluasan panas bumi dapat memobilisasi modal swasta; memperluas rantai pasokan Indonesia; dan mendukung lebih dari 650.000 pekerjaan terampil dalam kegiatan eksplorasi, pengeboran, konstruksi, operasi, dan layanan.
- Peningkatan daya saing:** Indonesia memiliki potensi termal sebesar 60 terawatt yang dapat dimanfaatkan

melalui pemanasan dengan pemanfaatan langsung dan *district cooling* untuk menurunkan biaya bahan bakar bagi industri dan bangunan. Listrik generasi berikutnya memperluas pilihan lokasi, sehingga memanfaatkan basis teknis sebesar sekitar 2.160 gigawatt.

- **Pengeralihan berdampak rendah dan siap digunakan kembali:** Panas bumi generasi berikutnya dapat ditempatkan di daerah yang kurang sensitif terhadap lingkungan, menggunakan jauh lebih sedikit lahan dan transmisi baru daripada sebagian besar alternatif, dan mengalihkan fungsi lokasi pembangkit listrik tenaga batu bara yang sudah tidak digunakan serta koridor yang ada untuk memangkas biaya dan mempercepat pengiriman.
- **Udara yang lebih bersih, emisi yang lebih rendah:** Dengan mengganti batu bara, solar, dan minyak tungku dalam pembangkitan listrik, pemanasan, dan pendingin, panas bumi mengurangi gas rumah kaca dan polutan lokal, sehingga membantu Indonesia memenuhi target energi terbarukannya hingga tahun 2030 dan tujuan energi bersih jangka panjangnya pada tahun 2060 sekaligus memberikan manfaat kesehatan masyarakat secara langsung.

PERUNDANG-UNDANGAN, PERATURAN, DAN KEBIJAKAN YANG DIREKOMENDASIKAN UNTUK MEMPERLUAS INDUSTRI PANAS BUMI INDONESIA

Kerangka panas bumi Indonesia sedang berkembang, tetapi negara harus melakukan pembaruan hukum untuk sepenuhnya memungkinkan pengembangan panas bumi generasi berikutnya yang diidentifikasi dalam laporan ini. Tindakan prioritas termasuk memperbarui definisi dan perizinan untuk secara tegas mengizinkan panas bumi generasi berikutnya, panas dengan pemanfaatan langsung, dan *district cooling*, yang memberikan kejelasan yang dibutuhkan untuk melangkah maju dengan percaya diri kepada para pengembang dan pemodal. 10 rekomendasi yang diuraikan dalam Bab 7, “Turning Potential into Power: A Policy Blueprint for Indonesia’s Geothermal Transformation,” didasarkan pada instrumen Indonesia yang ada dan praktik terbaik global untuk menyediakan peta jalan tersebut. (Lihat **Gambar ES.4**).

Untuk mencapai tujuan nasional yang diusulkan sebesar 15 gigawatt listrik dan 15 gigawatt termal pada tahun 2035, yang ditingkatkan menjadi 25 gigawatt listrik dan 35 gigawatt termal pada tahun 2045, Indonesia memerlukan landasan hukum yang mencerminkan perkembangan sektor tersebut. Perundang-undangan saat ini—khususnya Undang-Undang Panas Bumi No. 21/2014 dan Peraturan Pemerintah No. 7/2017, yang keduanya ditujukan untuk sistem hidrotermal konvensional—belum mengakui reservoir yang direkayasa, sistem *closed-loop*, atau pemanasan dan pendinginan panas bumi, meskipun potensinya untuk memenuhi hampir 90% dari permintaan termal yang diperkirakan pada pertengahan abad ini. Memperbarui instrumen ini untuk mendefinisikan dengan jelas sistem panas bumi dan pemanfaatan langsung generasi berikutnya akan memberikan kepastian investasi dan menyelaraskan kerangka regulasi Indonesia dengan potensi teknisnya sebesar 2.160 gigawatt.

Pencapaian tujuan pengeralihan nasional ini juga akan memerlukan perizinan yang lebih koheren dan dapat



REKOMENDASI KEBIJAKAN PANAS BUMI UNTUK INDONESIA



ES.4: Tinjauan umum 10 rekomendasi kebijakan untuk membantu membuka era baru pertumbuhan panas bumi di Indonesia.
Sumber: penulis

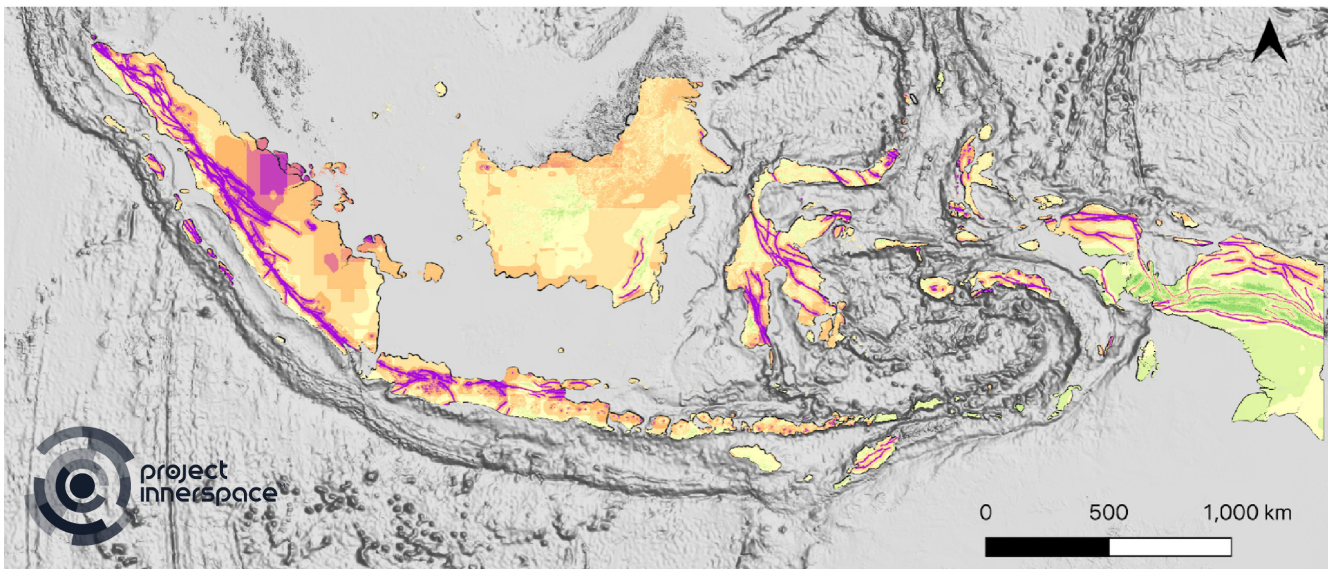
diprediksi serta koordinasi antarkementerian yang lebih baik. Bahkan dengan platform *Online Single Submission*, proyek panas bumi masih menghadapi masalah seperti wewenang yang terfragmentasi, peninjauan multistap, dan proses persetujuan yang lambat. Jalur cepat khusus panas bumi yang diprakarsai oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KemenESDM) sebagai otoritas koordinasi tunggal akan menyederhanakan perizinan, mengurangi prosedur yang tumpang tindih, dan menetapkan jadwal berdasarkan undang-undang yang sesuai dengan urgensi target Indonesia tahun 2035 dan 2045. Mengintegrasikan Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) yang telah diperbarui untuk pemanasan dan pendinginan dengan pemanfaatan

langsung—bersama dengan perluasan persyaratan data terbuka dan percepatan implementasi mekanisme pembagian risiko tahap awal seperti Skema Pengeboran Pemerintah⁷ dan Proyek Mitigasi Risiko Sumber Daya Panas Bumi⁸—akan memberi jalur yang jelas dan lebih dapat diandalkan kepada para pengembang sejak tahap eksplorasi sampai dengan konstruksi. Secara bersama-sama, reformasi ini akan membantu memobilisasi modal swasta dan publik dengan skala yang diperlukan untuk fase pertumbuhan panas bumi Indonesia berikutnya.

Pada akhirnya, kemajuan jangka panjang bergantung pada kepercayaan masyarakat dan manfaat lokal yang terlihat jelas, terutama saat pembangunan meluas



PETA SUMBER DAYA PANAS BUMI INDONESIA



Potential geothermal resources based on Weighted Overlay Analysis (WOA):

- Conventional (hydrothermal power)
- Next-generation (power)

Next-generation (direct use):

- Direct use and district cooling
- Low-temperature industrial heating and cooling
- Geothermal heating and cooling

Gambar ES.5: Peta sumber daya panas bumi Indonesia yang mengidentifikasi wilayah yang paling cocok untuk teknologi panas bumi berdasarkan karakteristik termal dan bawah permukaan tanah yang mendasari, melalui Analisis Lapisan Tertimbang Project InnerSpace, yang dirancang untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan wilayah dengan potensi panas bumi berdasarkan faktor geologi dan geofisika utama. Sumber: Project InnerSpace. (2025). *Rangkaian Data Analisis Lapisan Tertimbang Indonesia*.

ke lebih banyak wilayah. Sementara pembagian pendapatan panas bumi melalui Dana Bagi Hasil (DBH) menyediakan saluran keuangan bagi daerah tuan rumah, hasilnya sangat beragam dan sering kali kurang transparan, sehingga menimbulkan keraguan.

Penyelarasan pendapatan panas bumi dalam bonus produksi panas bumi terpadu dengan menggabungkan DBH, pendapatan panas bumi bukan pajak, dan kontribusi pengembang akan menciptakan sistem yang transparan dan bertanggung jawab untuk berinvestasi di sekolah, klinik, jaringan pendinginan dengan panas bumi, uji coba pemanasan industri, dan pelatihan tenaga kerja dalam masyarakat tuan rumah. Menghubungkan akses dana dengan kepatuhan terhadap persetujuan atas dasar informasi di awal tanpa paksaan; kewajiban tanggung jawab sosial perusahaan; dan Sertifikat

Kelaikan Operasional memastikan bahwa masyarakat berpartisipasi secara langsung dalam manfaat pembangunan. Sistem yang tepercaya dan berpusat pada masyarakat akan membantu mempertahankan laju pengerahan panas bumi yang diperlukan untuk memenuhi ambisi Indonesia pada tahun 2035 dan 2045—dan menyiapkan landasan untuk menargetkan pembangunan di berbagai wilayah dengan potensi sumber daya terbesar.

MEMPERLUAS CAKUPAN

Bab 3, “*Beneath the Archipelago: Indonesia’s Geothermal Systems*,” dan tambahannya, “*Expanding the Scope: Next-Generation Geothermal Opportunities*,” mengidentifikasi peluang panas bumi di Jawa, Sumatra, Sulawesi, Bali-Nusa Tenggara, Kalimantan, dan Papua. Hidrotermal konvensional tetap penting di ladang yang telah terbukti,



dengan *step-outs*, sumur pengganti, dan penambahan kapasitas. Secara paralel, sistem generasi berikutnya—yang membuka panas di area dengan permeabilitas dan cairan terbatas—memperluas lokasi di mana proyek panas bumi dapat dilaksanakan. Aspek ini mencakup potensi untuk mengalihkan fungsi instalasi energi dan industri seperti lokasi pembangkit listrik tenaga batu bara yang sudah tidak digunakan dan *brownfield*, yang mengurangi biaya interkoneksi dan memanfaatkan jalan, landasan, dan transmisi yang ada.

Selain itu, banyak desain generasi berikutnya yang memiliki jejak permukaan yang lebih kecil per unit energi yang disalurkan, sehingga menyederhanakan pengelolaan lingkungan dan mengurangi potensi dampaknya terhadap masyarakat. Fitur ini menyebabkan antara lain lebih banyak komunitas dan wilayah yang dapat memanfaatkan teknologi tersebut. Sistem generasi berikutnya juga dapat dipadukan dengan penyimpanan termal untuk mengalihkan panas dan pendinginan ke puncak harian, sehingga memberikan fleksibilitas operasional di seluruh pulau dan jenis jaringan listrik.

Portofolio gabungan—konvensional di tempat yang paling baik dan panas bumi generasi berikutnya di tempat yang paling praktis—dapat memanfaatkan potensi panas bumi Indonesia yang besar secara maksimal. (Lihat **Gambar ES.5**).

PELUANG INDONESIA YANG PALING MENJANJIKAN: PEMANFAATAN LANGSUNG PANAS BUMI

Pemanfaatan langsung panas bumi merupakan peluang panas bumi Indonesia yang paling menjanjikan dan tumbuh paling cepat, dengan potensi untuk mengubah baik pemanasan industri maupun pendinginan perkotaan. Bab 4, “*Beyond Electricity: Indonesia’s Thermal Energy Demand and Direct Use Potential*,” menunjukkan bahwa panas bumi sudah dapat memenuhi 66,5% dari permintaan termal nasional, sehingga meningkat hingga hampir 90% pada tahun 2050 dan menggantikan sebagian besar batu bara dan minyak yang sekarang digunakan untuk proses pemanasan dan pendinginan. Dengan kata lain: Sektor termal saat ini memancarkan sekitar 241 metrik ton setara karbon dioksida (MtCO_{2e}). Peralihan ke panas bumi dengan pemanfaatan langsung dapat

Panas bumi sudah dapat memenuhi 66,5% dari permintaan termal nasional, sehingga meningkat hingga hampir 90% pada tahun 2050 dan menggantikan sebagian besar batu bara dan minyak yang sekarang digunakan untuk proses pemanasan dan pendinginan. Dengan kata lain: Sektor termal saat ini memancarkan sekitar 241 metrik ton setara karbon dioksida (MtCO_{2e}). Peralihan ke panas bumi dengan pemanfaatan langsung dapat menghindari sekitar 160 MtCO_{2e} setiap tahun dan mencapai 44% dari tujuan iklim sektor energi Indonesia tahun 2030.

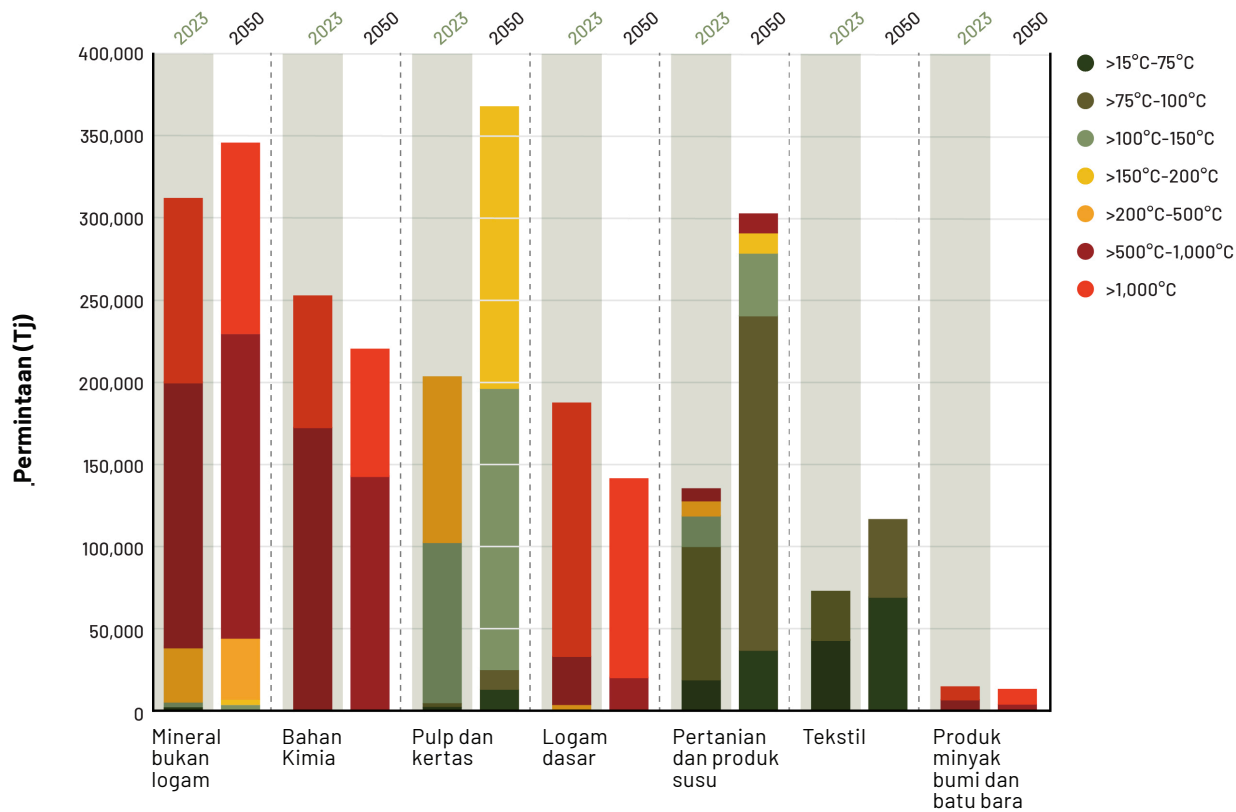
menghindari sekitar 160 MtCO_{2e} setiap tahun dan mencapai 44% dari tujuan iklim sektor energi Indonesia tahun 2030. Peluangnya sangat baik terutama dalam industri dengan kebutuhan suhu di bawah 200°C—tekstil, pengolahan hasil pertanian, susu, pulp dan kertas, serta makanan dan minuman—di mana panas bumi dapat langsung menggantikan ketel berbahan bakar fosil.

Pendinginan merupakan pendorong permintaan listrik yang tumbuh paling cepat di Indonesia, dengan kepemilikan penyejuk udara (AC) yang diperkirakan mencapai 85% pada tahun 2050, sehingga sangat membebani jaringan listrik di pusat populasi perkotaan besar. Pendinginan panas bumi—melalui sistem yang terhubung ke tanah, pendinginan sumber akuifer, dan jaringan *district cooling*—menawarkan alternatif yang dapat ditingkatkan skalanya dan hemat lahan. Misalnya, Eropa secara luas mengerahkan pemanasan panas bumi di daerah perkotaan, dan Indonesia dapat melakukan hal yang sama untuk pendinginan panas bumi. **Memenuhi bahkan 10% dari permintaan pendinginan Indonesia tahun 2040 yang diproyeksikan dengan panas bumi dapat menghindari antara 10 gigawatt dan 15 gigawatt permintaan daya puncak dan mencegah puluhan juta ton emisi karbon dioksida setiap tahun.⁹ Melakukan hal tersebut juga akan meringankan beban pada jaringan listrik selama jam-jam puncak.**

Peluang pemanfaatan langsung tersedia di seluruh koridor industri, kampus, rumah sakit, bandar udara, dan wilayah baru seperti Nusantara, yang semuanya dapat menyediakan jaringan panas bumi untuk pemanasan dan pendinginan. Kota pesisir dan delta—



PERMINTAAN TERMAL UNTUK PEMANASAN INDUSTRI DAN MANUFAKTUR TAHUN 2023 VERSUS TAHUN 2050



Gambar ES.6: Total permintaan termal pemanasan industri dan manufaktur Indonesia berdasarkan suhu pada tahun dasar 2023 dan prakiraan untuk tahun 2050. Daftar sumber yang lengkap dapat ditemukan di akhir Bab 4, *"Beyond Electricity: Indonesia's Thermal Energy Demand and Direct Use Potential."*

Pusat Data

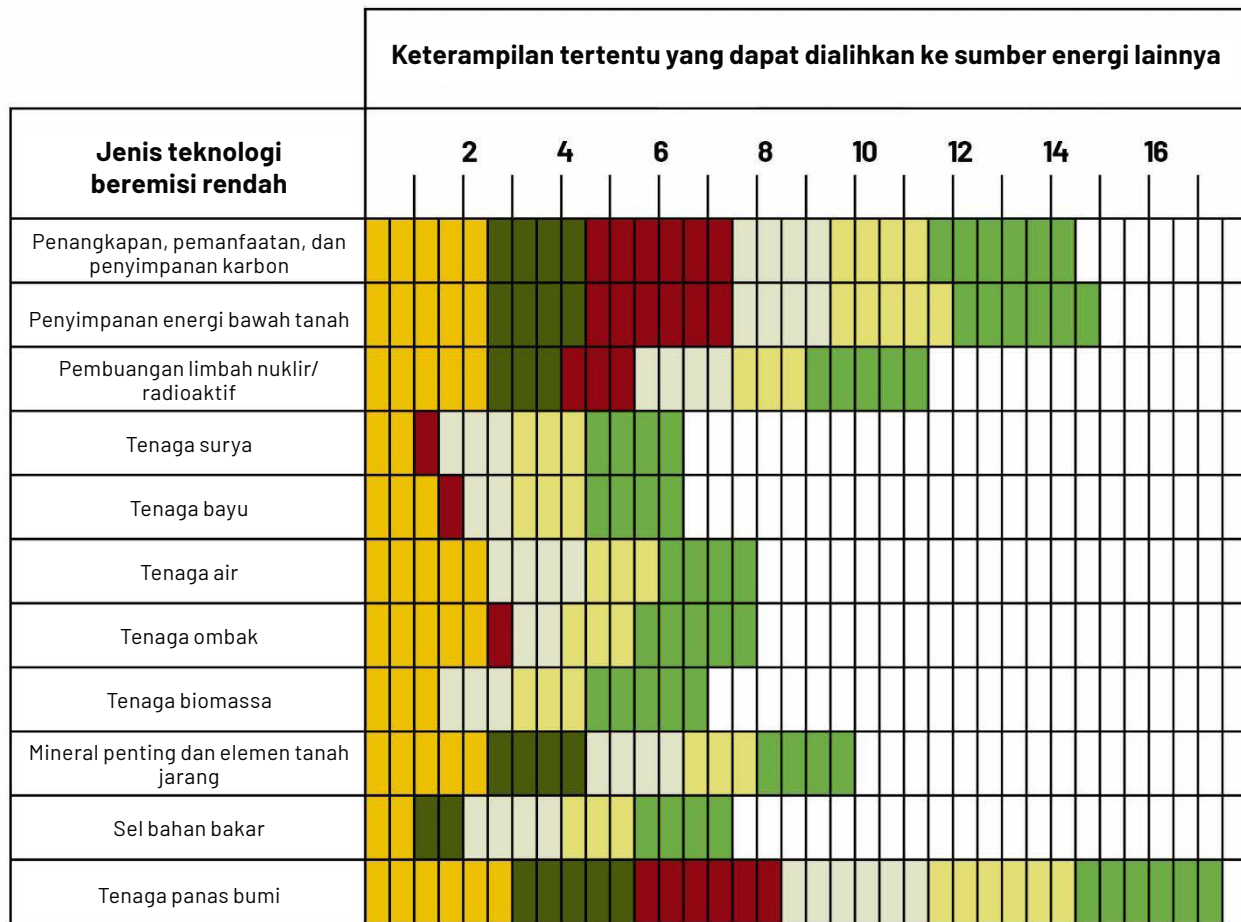
Sumber daya panas bawah permukaan tanah Indonesia yang luar biasa tidak boleh diabaikan sebagai sumber energi untuk pusat data. Panas bumi dapat menghasilkan tenaga listrik yang bersih dan selalu menyala di sumbernya serta memangkas biaya listrik rata-rata antara sepertiga dan setengahnya dibandingkan dengan model yang bergantung pada jaringan listrik. PLN sudah melayani sekitar 1 gigawatt beban pusat data, tetapi permintaan diproyeksikan mencapai 4 gigawatt pada tahun 2033, dengan persyaratan pemrosesan kecerdasan buatan (AI) yang berpotensi menggandakan proyeksi tersebut sebesar dua atau tiga kali lipat. Panas bumi generasi berikutnya dapat membuka koridor digital utama seperti Jakarta-Purwakarta, Surabaya, Batam, dan Medan dengan menempatkan daya beban dasar yang andal dan rendah karbon langsung di bawah

simpul serat utama dan kluster industri.

Batam merupakan lokasi yang sangat strategis karena dapat memasok tenaga panas bumi yang baik dengan latensi yang sangat rendah melintasi selat ke Singapura, pusat data yang terbatas. Dengan kata lain, Batam dapat menjadi tuan rumah bagi pusat pemrosesan data yang ramah lingkungan dan berkepadatan tinggi yang tidak dapat disediakan oleh Singapura di dalam wilayahnya sendiri, sehingga berfungsi sebagai perpanjangan tulang punggung digital Singapura. Saat perusahaan teknologi global mencari daya rendah karbon yang selalu menyala untuk beban kerja AI dan *cloud*, hanya sedikit negara yang memadukan kapasitas panas bumi, konektivitas serat, dan kedekatan dengan pusat data kelas dunia seefektif Indonesia.



KETERAMPILAN YANG DAPAT DIALIHKAN DARI INDUSTRI MINYAK DAN GAS



- Geosains
- Elevasi formasi
- Pengeboran dan penyelesaian sumur
- Rekayasa reservoir
- Produksi sumur
- Produksi dan fasilitas permukaan tanah

Gambar ES.7: Panas bumi menempati peringkat tertinggi ketika mempertimbangkan dampak potensial pengalihan keterampilan minyak dan gas ke transisi energi lainnya dan teknologi rendah karbon. Sumber: Tayyib, D., Ekeoma, P. I., Offor, C. P., Adetula, O., Okoroafor, J., Egbe, T. I., & Okoroafor, E. R. (2023). *Oil and gas skills for low-carbon energy technologies*. Society of Petroleum Engineers Annual Technical Conference and Exhibition.

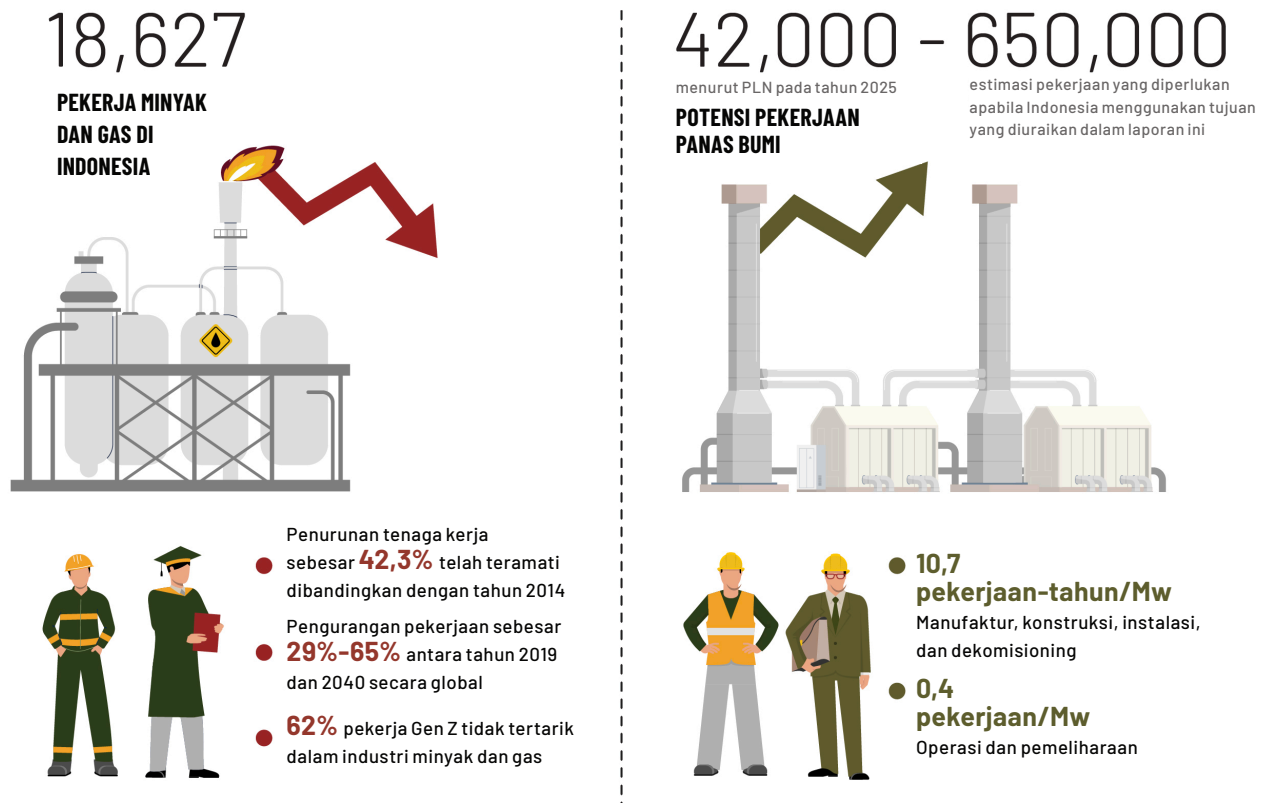
di mana penduduk dalam jumlah besar dan permintaan yang terkonsentrasi selaras dengan geologi yang menguntungkan—sangat cocok untuk pendinginan bawah permukaan tanah.

Peningkatan skala sistem tersebut tidak hanya memerlukan investasi dan perizinan yang efisien tetapi juga tenaga kerja multidisiplin yang terampil dan mampu mengebor, mengoperasikan, dan

memelihara sistem panas bumi generasi berikutnya. Seiring dengan meluasnya penerapan pemanasan industri dan jaringan *district cooling* di Indonesia, penting untuk mengembangkan talenta khusus ini—ahli teknik, pengebor, teknisi, dan operator sistem. Peluncuran uji coba pendinginan panas bumi adalah cara tercepat untuk membangun keterampilan, standar, dan rantai pasokan yang dibutuhkan untuk pengerahan di seluruh Indonesia.



POTENSI TRANSISI PEKERJAAN DARI MINYAK DAN GAS KE PANAS BUMI



Gambar ES.8: Jumlah potensi transisi pekerjaan yang diperkirakan dari minyak dan gas ke panas bumi. Sumber: *Indonesian Petroleum Association*. (2017). [Indonesia overview](#); Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas). (2023). [Laporan tahunan 2023](#); Ernst & Young. (2020). [Preparing for the future now: Rethinking the oil and gas workforce in 2040](#). EY Global; Halimatussadiah, A., Irhamni, M., Riefky, T., Nur Ghiffari, M., & Razak Afifi, F. A. (2024). [Employment impacts of energy transition in Indonesia](#). Lembaga Penelitian Ekonomi dan Masyarakat, Universitas Indonesia; PLN. (2025). [Rencana usaha penyediaan tenaga listrik PLN \(2025-2034\): Meningkatkan ketahanan dan keberlanjutan energi nasional](#). Pemerintah Indonesia.

MEMANFAATKAN PENGETAHUAN TEKNIS YANG ADA

Ekosistem pengeboran minyak dan gas dan panas bumi konvensional Indonesia memiliki rig, pengebor, cementing crew, spesialis pencatatan, tim stimulasi, dan manajer proyek yang keterampilannya dialihkan langsung ke pengembangan panas bumi (lihat **Gambar ES.7**). Tergantung pada seberapa banyak panas bumi yang diproduksi, estimasi lapangan kerja baru yang tercipta berkisar antara 42.000 hingga lebih dari 650.000 apabila Indonesia memenuhi target listrik dan termal gabungan yang diuraikan dalam laporan ini (lihat **Gambar ES.8**). Akan tetapi, perguruan tinggi tidak menghasilkan lulusan dengan skala yang mendekatinya. Indonesia saat ini menghasilkan kurang dari 20 lulusan yang berfokus pada

panas bumi per tahun. Pemenuhan bahkan permintaan tenaga kerja tingkat rendah akan membutuhkan jumlah lulusan enam hingga tujuh kali lebih banyak; sementara kisaran yang lebih tinggi akan membutuhkan antara 15 hingga 30 kali lebih banyak. Warisan minyak dan gas Indonesia yang panjang merupakan salah satu aset terbesarnya untuk membangun tenaga kerja panas bumi dan memberikan kepada Indonesia sejumlah talenta siap pakai yang ditempatkan dengan baik untuk mengisi kesenjangan ini.

Kesenjangan ini menggarisbawahi perlunya koordinasi yang lebih baik antara Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas); KemenESDM; Kementerian Ketenagakerjaan; dan Kementerian Pendidikan Tinggi, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi,



yang mandat perencanaan, pelatihan, sertifikasi, dan kurikulumnya saat ini terfragmentasi dan sulit dipahami oleh industri. Penyelarasan kelembagaan yang lebih baik—terutama melalui pemetaan pekerjaan yang terpadu, kerangka kompetensi yang terstandarisasi, dan jalur sertifikasi yang diperluas—sangat penting untuk memenuhi laju dan skala pengembangan panas bumi.

Menyorot kesinambungan ini melalui penjangkauan perguruan tinggi, program kejuruan, dan sertifikasi jalur cepat yang disederhanakan dapat membantu bidang panas bumi menarik mahasiswa yang mungkin awalnya akan beralih ke minyak dan gas, yang minat kariernya tetap tinggi. Dengan investasi yang tepat dalam pelatihan dan koordinasi kelembagaan, Indonesia dapat mengembangkan tenaga kerja yang tidak hanya mampu mendukung perluasan panas bumi berskala gigawatt tetapi juga antusias dengan peluang untuk membantu membentuk masa depan energi bersih Indonesia.

PERTUMBUHAN BERDAMPAK RENDAH YANG MEMBERIKAN MANFAAT SECARA LOKAL

Manfaat panas bumi lebih dari sekadar keuntungan karbon dan kualitas udara; dengan tata kelola yang tepat, sektor tersebut juga dapat memperkuat keadilan sosial dan kesejahteraan bersama. Indonesia telah memiliki fondasi untuk pengembangan panas bumi yang adil melalui mekanisme pembagian pendapatannya dan konsepnya yang sedang berkembang untuk dana panas bumi yang transparan, yang dapat menyalurkan alokasi DBH, royalti, dan komitmen perusahaan secara langsung ke masyarakat wilayah adat dengan visibilitas dan akuntabilitas yang lebih jelas. (Lihat Bab 6, *“Common Ground: Building Trust and Transparency in Indonesia’s Energy Transition.”*) Penguatan pendekatan ini juga akan mendukung administrasi yang lebih efektif di seluruh kementerian, sehingga memberikan struktur yang lebih jelas tentang bagaimana manfaat dilacak, disalurkan, dan dilaporkan di tingkat nasional dan daerah. Koordinasi yang lebih baik—terutama antara KemenESDM, Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Kehutanan, Kementerian Dalam Negeri, dan pemerintah daerah—dapat menyederhanakan proses keterlibatan masyarakat, mengurangi tumpang tindih, dan memastikan bahwa pengembangan panas bumi memperkuat kepercayaan lokal sekaligus mendukung pembangunan daerah yang inklusif.

Terakhir, dan yang paling penting, panas bumi merupakan salah satu pilihan energi Indonesia dengan dampak terendah. Sebagian besar potensi teknis panas bumi Indonesia sebesar 2.160 gigawatt terletak di luar ekosistem yang dilindungi, dan sistem generasi berikutnya dapat mengakses panas ini tanpa memasuki medan vulkanik yang curam atau kawasan konservasi dengan keanekaragaman hayati yang tinggi. Praktik modern—seperti desain *closed-loop*, injeksi ulang yang lebih baik, pemantauan mikroseismik, dan pengendalian kebisingan—semakin meminimalkan gangguan dan menjaga sumber daya air, sehingga memperkuat komitmen Indonesia terhadap pengelolaan lingkungan hidup. (Lihat Bab 8, *“Keeping Geothermal Green: Safeguarding Nature and Communities in a New Era of Growth.”*) Pendekatan ini menjaga kecilnya jejak lahan dan menghindari pembukaan lahan berskala besar yang dibutuhkan oleh banyak teknologi terbarukan lainnya. Proyek generasi berikutnya juga sangat bergantung pada pekerjaan sipil, konstruksi, pemantauan, dan peran operasi yang dapat diisi oleh pekerja tidak terampil dan semi-terampil, sehingga memperluas jumlah warga negara Indonesia yang mendapatkan manfaat langsung dari pengembangan panas bumi sekaligus menjaga keutuhan zona ekologi yang sensitif.

KESIMPULAN

Dengan sumber daya yang besar dan keahlian domestik yang mendalam, Indonesia dapat memperluas panas bumi menjadi platform nasional tidak hanya untuk listrik tetapi juga untuk pemanasan industri, pendinginan, dan pertumbuhan pusat data. Jalannya sudah jelas: Menetapkan target yang ambisius; memperbarui kerangka hukum; meningkatkan skala pemanfaatan langsung; dan mengerahkan sistem generasi berikutnya di kawasan industri, kota, dan *brownfield*. Tindakan segera akan menghasilkan tenaga listrik yang andal, energi yang kompetitif untuk industri dan pusat data, udara yang lebih bersih bagi masyarakat, serta rantai pasokan dan tenaga kerja domestik kelas dunia. Perluasan fokus panas bumi Indonesia akan memberikan manfaat langsung dengan udara yang lebih bersih, biaya energi yang lebih rendah, dan lapangan kerja baru. Selain itu, manfaat ini akan bertahan selama beberapa dekade melalui daya yang tangguh, pengurangan impor bahan bakar, dan kemajuan yang stabil menuju tujuan iklim nasional.



CHAPTER REFERENCES

- 1 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2025). *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2025-2060*. Pemerintah Indonesia. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/28dd4-rukn.pdf
- 2 PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2025). *Diseminasi RUPTL PLN 2025-2034: Melampaui RUPTL Terhijau*. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/06524-bahan-dirut-pln.pdf
- 3 Badan Energi Internasional (IEA). (2024). *The future of geothermal energy*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>. Lihat hal. 49.
- 4 IEA, 2024, hal. 90.
- 5 Analisis oleh IESR dengan menggunakan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KemenESDM). (2025). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*. Pemerintah Indonesia. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2024.pdf>
- 6 Beberapa asumsi dibuat untuk melakukan perkiraan: (i) Faktor kapasitas diasumsikan sebesar 80%, yang dikutip dari Ea Energy Analyses. (2024). *Technology data for the Indonesian power sector 2024: Catalogue for generation and storage of electricity*. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/c4d42-technology-data-for-the-indonesian-power-sector-2024-annoteret-af-kb-.pdf. (ii) Total pembangkitan untuk skenario kapasitas panas bumi yang lebih tinggi tetap sama dengan total pembangkitan KemenESDM, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional*, 2025. Hal ini dilakukan dengan mengurangi pembangkitan dengan menggunakan batu bara.
- 7 Soerono, D. (4 Desember 2017). *Risk mitigation and the restructuring of geothermal funds in Indonesia*. ThinkGeoEnergy. <https://www.thinkgeoenergy.com/risk-mitigation-and-the-restructuring-of-geothermal-funds-in-indonesia/>
- 8 PT Sarana Multi Infrastruktur (Persero). (Agustus 2021). *Developer Manual – Indonesia Geothermal Resource Risk Mitigation Project (GREM)*. <https://ftp.ptsmi.co.id/geothermal-resource-risk-mitigation-grem>
- 9 Komisi Ekonomi dan Sosial Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Asia dan Pasifik (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific/UNESCAP) & Program Lingkungan Hidup Perserikatan Bangsa-Bangsa (United Nations Environment Programme/UNEP). (6 Agustus 2024). *Indonesia sets path for climate-friendly cooling with National Cooling Action Plan*. <https://www.unescap.org/news/indonesia-sets-path-climate-friendly-cooling-national-cooling-action-plan>

