



## Bab 7

# Mengubah Potensi Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia

*Reananda Hidayat Permono dan Fabby Tumiwa  
Institute for Essential Services Reform*

*Sebagai pemilik dari salah satu sumber daya panas bumi terbesar di planet ini, Indonesia adalah pemimpin dunia dalam penerapan panas bumi konvensional—dan Indonesia juga memiliki ribuan gigawatt potensi panas bumi generasi baru yang belum dimanfaatkan yang dapat digunakan untuk listrik, panas untuk penggunaan langsung, dan pendinginan.*

Hingga saat ini, Indonesia sebagai negara Cincin Api telah menghasilkan hampir 3 gigawatt listrik panas bumi—kurang dari 10% dari cadangan hidrotermal terbukti yang dimilikinya. Indonesia telah menyatakan komitmennya untuk meningkatkan produksi panas bumi sebesar 5 gigawatt pada tahun 2034 untuk mencapai lebih dari 8 gigawatt produksi listrik.<sup>1</sup> Namun, dengan menggunakan petajalan kebijakan yang diuraikan dalam bab ini, Indonesia dapat menghasilkan 15 gigawatt listrik panas bumi yang stabil dan 15 gigawatt panas bumi termal pada tahun 2035. 15 gigawatt listrik ini merupakan kombinasi dari target pemerintah tahun 2034 dan tambahan 6 gigawatt listrik dari teknologi dan sumber daya generasi baru. Angka ini bahkan dapat meningkat hingga mencapai 25 gigawatt listrik dan 35 gigawatt panas bumi pada tahun 2045.

Seperti yang ditunjukkan oleh data dalam lampiran Bab 3, “Memperluas Cakupan: Peluang Panas Bumi Generasi baru,” Potensi panas bumi teknis Indonesia mencapai 2.160 gigawatt di luar kawasan lindung. Dengan demikian, meskipun komitmen Indonesia terdengar ambisius, hal ini memungkinkan untuk dicapai.

Faktanya, mencapai sebagian kecil saja dari potensi panas bumi Indonesia akan memperkuat ketahanan jaringan listrik Indonesia, menurunkan permintaan puncak, mengurangi impor bahan bakar, mempertajam daya saing industri, memperluas pendinginan yang terjangkau—dan memperkuat peran Indonesia sebagai pemimpin global dalam energi bersih dan stabil. Bab ini menguraikan peta jalan mengenai bagaimana



## REKOMENDASI KEBIJAKAN PANAS BUMI UNTUK INDONESIA



### LEPASKAN POTENSI PANAS BUMI GENERASI BARU INDONESIA

- Perbarui undang-undang panas bumi untuk secara jelas membahas energi panas bumi generasi baru dan penggunaan langsung.
- Tetapkan target nasional untuk listrik panas bumi dan panas industri serta jalur untuk mencapainya.
- Industri pembangkit listrik dan pusat data menggunakan panas dan pendinginan geotermal.
- Jadikan panas bumi sebagai inti pendinginan untuk pembangunan perkotaan.



### MOBILISASI INVESTASI DAN AKSELERASI SKALA

- Buat jalur cepat untuk proses perizinan, koordinasi administratif, dan prosedur lainnya.
- Kurangi risiko keuangan dengan data terbuka dan program eksplorasi yang diperluas.
- Gunakan pengadaan kolektif untuk menurunkan biaya proyek.
- Standarisasi kontrak jangka panjang untuk energi panas bumi.



### PERKUAT KEPERCAYAAN DAN MANFAAT MASYARAKAT

- Tingkatkan partisipasi masyarakat dan jamin manfaat bagi masyarakat dengan mereformasi bonus produksi panas bumi.
- Perluas ekosistem panas bumi untuk membuka lapangan kerja lokal.

Indonesia dapat mewujudkan komitmennya dengan meningkatkan skala pembangkit listrik panas bumi generasi baru, pendinginan perkotaan, dan pemanasan industri. Dengan menerapkan 10 rekomendasi kebijakan yang ditawarkan dalam bab ini, Indonesia dapat berada di jalur yang tepat untuk memenuhi target iklimnya sekaligus menurunkan tagihan energi konsumen dan industri, menciptakan lebih dari 650.000 lapangan kerja berkualitas, serta membuka miliaran investasi swasta.

Berlandaskan kekuatan geologis dan kapasitas negara Indonesia—dan berdasarkan praktik terbaik global—paket ini memastikan masyarakat berbagi manfaat, memperkuat keamanan energi, dan memberikan hasil tersebut dengan risiko lingkungan yang jauh lebih

rendah daripada bahan bakar fosil atau energi panas bumi konvensional.

## 10 REKOMENDASI UNTUK MEMPERLUAS PENGEMBANGAN ENERGI PANAS BUMI DI INDONESIA

### Lepaskan Potensi Panas Bumi Generasi baru di Indonesia

Indonesia adalah pemimpin global dalam energi panas bumi konvensional, tetapi langkah penting selanjutnya yang harus diambil Indonesia adalah memasukkan energi panas bumi generasi baru—serta pendinginan panas bumi dan panas proses industri—ke dalam kerangka kerjanya.



1. Perbarui undang-undang panas bumi untuk secara jelas membahas energi panas bumi generasi baru dan penggunaan langsung.
2. Tetapkan target nasional untuk listrik panas bumi dan panas industri serta jalur untuk mencapainya.
3. Industri pembangkit listrik dan pusat data menggunakan panas dan pendinginan geotermal.
4. Jadikan panas bumi sebagai inti pendinginan untuk pembangunan perkotaan.

### Mobilisasi Investasi dan Akselerasi Skala

Menciptakan kepastian pembiayaan proyek dan melepaskan modal swasta adalah dua kunci untuk mengembangkan peluang panas bumi di Indonesia.

5. Buat jalur cepat untuk proses perizinan, koordinasi administratif, dan prosedur lainnya.
6. Kurangi risiko keuangan dengan data terbuka dan program eksplorasi yang diperluas.
7. Gunakan pengadaan kolektif untuk menurunkan biaya proyek.
8. Standarisasi kontrak jangka panjang untuk energi panas bumi.

### Perkuat Kepercayaan dan Manfaat Komunitas

Memperluas manfaat bagi masyarakat dan pekerja sekaligus mengurangi risiko lingkungan.

9. Tingkatkan partisipasi masyarakat dan jamin manfaat bagi masyarakat dengan mereformasi bonus produksi panas bumi.
10. Perluas ekosistem panas bumi untuk membuka lapangan kerja lokal.

Secara keseluruhan, langkah-langkah ini dapat memberikan Indonesia jalur yang menentukan: landasan hukum modern yang merangkul energi panas bumi generasi baru serta pemanasan dan pendinginan panas bumi; kerangka kerja berbagi risiko yang memobilisasi modal swasta dan publik; aturan pasar yang menciptakan permintaan yang dapat diprediksi dan penetapan harga yang adil; dan perlindungan yang menjamin masyarakat berbagi langsung dalam manfaatnya.

## KERANGKA HUKUM PANAS BUMI SAAT INI DI INDONESIA

Dahulu, hukum Indonesia mengklasifikasikan eksplorasi panas bumi sebagai operasi pertambangan, yang membuat pengembangan proyek pembangkit listrik tunduk pada aturan dan regulasi yang rumit.<sup>2</sup> Namun, pemberlakuan Undang-Undang Panas Bumi No. 21/2014, yang dirancang berdasarkan sistem hidrotermal konvensional, mengklasifikasikan kembali penggunaan panas bumi sebagai kegiatan non-pertambangan dan membantu menyederhanakan pengembangan panas bumi.<sup>3</sup> Undang-undang tersebut juga membedakan pengembangan panas bumi untuk pembangkit listrik—“penggunaan tidak langsung”—dari panas bumi “penggunaan langsung”.

Meskipun bermanfaat, perubahan ini menempatkan perizinan pembangkit listrik panas bumi di tangan pemerintah pusat<sup>4</sup>—dan membiarkan perizinan penggunaan langsung energi panas bumi terbagi secara tidak efisien antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah.<sup>5</sup>

Saat ini, pengembang aplikasi panas bumi memerlukan izin yang berbeda tergantung pada jenis instalasinya:

1. Pembangkitan listrik memerlukan Izin Usaha Panas Bumi.<sup>6</sup>
2. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021, proyek penggunaan langsung justru memerlukan Sertifikat Kelayakan Operasional khusus untuk penggunaan langsung panas bumi.<sup>7</sup>
3. Jika lokasi pembangkit panas bumi berada di kawasan hutan, pengembang juga harus memperoleh Izin Resmi untuk Penggunaan Kawasan Hutan.<sup>8</sup>

Pada tahun 2017, para pembuat undang-undang memperkenalkan peraturan yang lebih rinci mengenai proses perizinan pembangkit listrik melalui Peraturan Pemerintah No. 7/2017<sup>9</sup> dan Peraturan Menteri ESDM No. 37/2018.<sup>10,11</sup>

Perizinan usaha di sektor energi diatur oleh Peraturan Menteri ESDM No. 5/2021,<sup>12</sup> yang menghubungkan kegiatan panas bumi dengan Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) masing-masing dalam sistem Pengajuan Tunggal Online (OSS) nasional. Peraturan ini



juga menguraikan persyaratan kesiapan operasional melalui Sertifikat Kelayakan Operasional untuk fasilitas panas bumi. Namun, ini adalah batasan kerangka peraturan nasional Indonesia saat ini untuk proyek penggunaan langsung panas bumi, karena pemerintah belum mengeluarkan KBLI atau peraturan pelaksana khusus untuk kegiatan penggunaan langsung. Sejak diberlakukannya Undang-Undang Omnibus No. 11/2020 (UU Penciptaan Lapangan Kerja),<sup>13</sup> pemerintah Indonesia telah menyatakan niatnya untuk menyederhanakan peraturan yang mengatur kegiatan penggunaan langsung panas bumi, tetapi belum melakukannya.

## KERANGKA KERJA SAAT INI YANG MENGATUR PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK PANAS BUMI

PLN, perusahaan listrik milik negara Indonesia, memiliki dan mengoperasikan jaringan listrik nasional. Perusahaan ini mengendalikan pembangkitan, transmisi, distribusi, dan penjualan ritel. Partisipasi sektor swasta terjadi melalui produsen listrik independen yang menjual listrik ke PLN berdasarkan Perjanjian Pembelian Listrik (Power Purchase Agreement/PPA). Penjualan langsung ke konsumen industri diperbolehkan dalam kondisi terbatas. Struktur ini diatur oleh Undang-Undang Kelistrikan No. 30/2009 dan Peraturan Menteri ESDM No. 10/2018.

Untuk energi panas bumi, Peraturan Pemerintah No. 7/2017 di bawah Undang-Undang Panas Bumi menetapkan kerangka kerja untuk penggunaan tidak langsung—pembangkitan listrik—dengan menempatkan Kementerian ESDM sebagai penanggung jawab Wilayah Kerja Panas Bumi dan perizinan serta memberikan dasar untuk penjualan listrik ke PLN. Seiring pemerintah merevisi Peraturan Pemerintah No. 7/2017 hingga tahun 2025 untuk memperlancar pembangunan,<sup>14</sup> pemerintah harus memastikan bahwa teknologi baru seperti sistem panas bumi canggih dan sistem panas bumi rekayasa secara eksplisit dimasukkan ke dalam kerangka kerja yang diperbarui (Lihat Rekomendasi 1).

Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi di Kementerian ESDM memimpin implementasi kebijakan, penetapan harga, dan perizinan panas bumi. Kementerian ESDM juga mengkoordinasikan pembiayaan dan dukungan kebijakan dengan kementerian lain seperti Kementerian Keuangan, Kementerian BUMN, Kementerian Perindustrian, Kementerian Investasi dan Industri Hilir, Kementerian Lingkungan Hidup, dan Kementerian Kehutanan. Reformasi terbaru mencakup sistem OSS untuk perizinan dan Peraturan Menteri ESDM No. 11/2024 tentang peralatan buatan dalam negeri. ESDM juga merumuskan harga batas atas untuk

## RINGKASAN SKEMA PENGEMBANGAN PANAS BUMI DAN ENTITAS PELAKSANA UTAMA DI INDONESIA



Gambar 7.1: Ringkasan fase dan rencana pengembangan panas bumi serta entitas kunci terkait. Sumber: penulis.



energi terbarukan berdasarkan Peraturan Presiden No. 112/2022, peraturan tarif listrik panas bumi saat ini.

PLN menyatakan bahwa peralihan ke rezim harga saat ini telah mempermudah penawaran harga yang lebih menarik kepada pengembang dan memberikan dasar hukum yang lebih kuat untuk negosiasi Perjanjian Pembelian Listrik (PPA). Namun, beberapa pengembang pembangkit listrik panas bumi berpendapat bahwa harga batas saat ini masih jauh dari harapan sektor swasta, khususnya dalam hal tingkat pengembalian internal yang diinginkan.

Sebagaimana disebutkan, Undang-Undang Panas Bumi dan peraturan terkait menetapkan proses perizinan panas bumi untuk pembangkitan listrik. Tahapan-tahapan utama meliputi (i) survei pendahuluan; (ii) lelang pemerintah atas Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) di mana pengembang memperoleh Izin Usaha Panas Bumi (IPB); (iii) eksplorasi dan pengembangan (hingga tujuh tahun) yang meliputi studi, pengeboran, dan penilaian; dan (iv) penandatanganan PPA dengan PLN. (Lihat **Gambar 7.1**.)

Untuk mencapai fase komersial, PLN saat ini menawarkan tiga program utama:

1. Kemitraan WKP dari Produsen Listrik Independen, yang beroperasi di bawah beberapa pengaturan:
  - **Perjanjian Pembelian Listrik:** Pemegang Izin Usaha Panas Bumi (IPB) mengembangkan dan mengoperasikan pembangkit listrik secara mandiri atau bersama dengan anak perusahaan PLN.
  - **Perusahaan Proyek Khusus:** Proyek ini dikembangkan melalui entitas usaha patungan khusus yang dibentuk antara pengembang panas bumi dan PLN (atau anak perusahaannya).
  - **Perjanjian Pembelian Uap:** Pemegang IPB memasok uap ke anak perusahaan PLN yang memiliki dan mengoperasikan pembangkit listrik, seperti di pembangkit listrik Kamojang di Jawa Barat.
2. PWKP yang dimiliki dan dioperasikan oleh PLN (pengelolaan mandiri) di mana PLN mengembangkan dan mengelola pembangkit listrik, termasuk operasi sumur, secara langsung.
3. Perjanjian Eksplorasi Panas Bumi dan Konversi Energi, yang melibatkan mitra swasta ke dalam WKP milik PLN. Perjanjian ini membagi risiko dan keuntungan dengan menugaskan PLN tanggung jawab

untuk perizinan, akuisisi lahan, dan persiapan lokasi, sekaligus menawarkan pembayaran biaya pengeboran di awal untuk meningkatkan pengembalian proyek.

Selain itu, pemerintah nasional telah memperkenalkan serangkaian kebijakan untuk mempercepat pengembangan pembangkit listrik panas bumi. Langkah-langkah utama meliputi Skema Pengeboran Pemerintah (Peraturan Menteri Keuangan No. 62/2017),<sup>15</sup> yang diharapkan dapat mengurangi risiko tahap awal dengan membiayai eksplorasi; peralihan dari *Bangun-miliki-kelola-serahkan* (BOOT) ke *Bangun-miliki-kelola* (BOO) (Peraturan Menteri ESDM No. 4/2020), yang diharapkan dapat membuat proyek lebih layak dibiayai dengan memungkinkan pengembang untuk mempertahankan kepemilikan; dan kerangka Nilai Ekonomi Karbon (Peraturan Menteri ESDM No. 16/2022), yang memungkinkan pendapatan melalui kredit karbon. Dukungan lebih lanjut datang dari pelonggaran persyaratan konten lokal (Peraturan Menteri ESDM No. 11/2024) untuk meningkatkan kelayakan proyek. Secara bersama-sama, kebijakan-kebijakan ini ditetapkan dengan tujuan untuk menurunkan biaya, berbagi risiko, dan mempercepat proyek-proyek yang terhenti.

## GAMBARAN UMUM DAN RENCANA PENGEMBANGAN PEMANFAATAN LANGSUNG ENERGI PANAS BUMI

Pada tahun 1999, Pertamina Geothermal Energy dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia mengembangkan sistem panas bumi pemanfaatan langsung pertama di Indonesia—proyek panen jamur di lapangan panas bumi Kamojang di Jawa Barat.<sup>16</sup> Pada saat itu, kerangka kerja panas bumi Indonesia, UU No. 27/2003, hanya menyebutkan pemanfaatan langsung sebanyak satu kali.<sup>17</sup> Sayangnya, 15 tahun kemudian, pemanfaatan langsung panas bumi masih relatif kurang. Meskipun kaya akan sumber daya bawah tanah, survei total megawatt penggunaan termal menempatkan Indonesia di peringkat ke-74 dari 88 negara yang disurvei.<sup>18</sup> (Lihat Bab 4, “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung,” untuk informasi lebih lanjut.)

Yang lebih mencengangkan lagi, analisis yang dilakukan oleh Project InnerSpace menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi panas bumi ribuan gigawatt di seluruh



negeri. Temuan ini sejalan dengan analisis yang dijelaskan dalam Bab 4, “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung,” yang menunjukkan bahwa panas bumi dapat secara efektif memenuhi 66,5% dari permintaan termal Indonesia pada tahun 2030—yang akan menjadi 44% dari target iklim nasional. Terlebih lagi, sumber daya ini dapat memenuhi hampir 90% dari permintaan termal negara pada tahun 2050. Kurangnya pemanfaatan langsung panas bumi di Indonesia saat ini tidaklah mengejutkan: Meskipun Undang-Undang No. 21/2014 mencantumkan empat kategori potensi aplikasi penggunaan langsung panas bumi untuk memandu pengembang (pariwisata, agribisnis, industri, dan kegiatan lainnya),<sup>19</sup> peraturan tersebut memprioritaskan pengembangan panas bumi untuk penggunaan *tidak langsung*—dengan kata lain, untuk pembangkitan listrik.<sup>20</sup> Selain itu, Peraturan Pemerintah No. 25/2021 mencantumkan 13 kewajiban bagi pemegang Izin Usaha Panas Bumi. Pengembangan penggunaan langsung berada di urutan ke-12 dalam daftar tersebut.<sup>21</sup>

Meskipun Indonesia telah mengeluarkan peraturan dan pedoman penting untuk merangsang pertumbuhan ekonomi lokal dan mendorong transisi energi nasional,<sup>22,23</sup> sebagian besar masih bersifat prosedural dan tidak menciptakan kondisi yang memungkinkan yang diperlukan untuk penerapan komersial skala besar dari energi panas bumi untuk penggunaan langsung.

Menciptakan kondisi yang memungkinkan penggunaan energi panas bumi secara langsung akan menjadi langkah yang berdampak bagi Indonesia. Peta jalan kebijakan yang diuraikan dalam bab ini mencakup beberapa rekomendasi yang akan membantu Indonesia menerapkan energi panas bumi secara langsung, baik untuk pendinginan perkotaan maupun aplikasi pemanasan industri di seluruh negeri. Dengan demikian, kualitas udara, kesehatan warga, dan pencapaian tujuan iklimnya akan meningkat secara bersamaan.

## REKOMENDASI KEBIJAKAN

Sepuluh rekomendasi dalam bab ini menawarkan perpaduan ide jangka pendek, menengah, dan panjang tentang bagaimana Indonesia dapat membuka lebih banyak potensi panas bumi di seluruh negeri. Salah satu langkah terpenting yang dapat diambil Indonesia

saat ini adalah menerapkan Rekomendasi 1, yang akan menetapkan kerangka hukum untuk proyek panas bumi generasi baru dan memperjelas penggunaan panas bumi untuk pemanasan dan pendinginan industri.

### **Rekomendasi 1: Perbarui undang-undang panas bumi untuk secara jelas membahas energi panas bumi generasi baru dan penggunaan langsung.**

**Pihak yang Bertindak: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral serta Direktorat Jenderal Pertambangan dan Batubara; Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia**

Undang-Undang Panas Bumi Indonesia No. 21/2014 memberikan landasan hukum utama untuk pengembangan panas bumi, tetapi undang-undang tersebut ditulis untuk sistem hidrotermal konvensional. Sejak undang-undang tersebut disahkan, teknologi generasi baru telah bermunculan—seperti sistem panas bumi rekayasa dan sistem panas bumi canggih—yang menggunakan reservoir rekayasa, sumur tertutup, atau metode pertukaran panas canggih dan tidak lagi bergantung pada ladang hidrotermal alami (Lihat Bab 1, “Panas Bumi 101: Gambaran Umum Teknologi dan Aplikasi”). Namun, hukum Indonesia masih mendefinisikan sumber daya panas bumi sebagian besar sebagai air dan uap bawah tanah, sehingga teknologi baru ini berada di luar cakupan legislatif negara dan menciptakan ketidakpastian untuk perizinan, investasi, dan perlindungan lingkungan untuk proyek pembangkit listrik panas bumi generasi baru.

Pada saat yang sama, permintaan energi Indonesia bergeser dengan cepat ke arah pemanasan dan pendinginan. Banyak klaster industri sangat bergantung pada pemanasan suhu rendah hingga menengah (kurang dari 225°C), dan permintaan pendinginan perkotaan diproyeksikan akan meningkat tajam. Saat ini, proyek pemanfaatan langsung panas bumi—pemanasan industri dan pendinginan skala distrik—kurang memiliki dasar hukum yang jelas yang memperlakukannya sebagai infrastruktur energi yang setara dengan pembangkit listrik. Pemerintah juga kekurangan kerangka peraturan yang jelas yang mengatur penggunaan air garam panas



bumi dan panas berlebih untuk tujuan pemanfaatan langsung komersial. Tanpa kerangka kerja tersebut, pengembang menghadapi ambiguitas terkait penetapan harga, insentif, dan integrasi perencanaan.

Untuk mengatasi kesenjangan ini, Undang-Undang No. 21/2014 perlu diubah untuk mendefinisikan energi panas bumi. Definisi saat ini adalah sebagai berikut: "Energi panas bumi berarti sumber energi termal yang terkandung dalam air panas, uap, dan batuan beserta mineral terkait dan gas lain yang secara genetik tidak dapat dipisahkan dalam sistem panas bumi."

Untuk secara jelas membahas energi panas bumi generasi baru dan penggunaan langsung, definisi ini dapat diubah menjadi berikut: "Energi panas bumi berarti energi termal yang berasal dari bawah permukaan bumi, terlepas dari media transfer atau metode ekstraksinya, termasuk tetapi tidak terbatas pada uap dan air panas yang terjadi secara alami, reservoir yang distimulasi secara buatan, sistem tertutup, dan teknologi panas bumi canggih lainnya." Definisi ini harus secara eksplisit mencakup metode pemanenan panas saat ini dan di masa mendatang untuk memastikan kejelasan regulasi, kepastian

## EKSTRAKSI MINERAL KRITIS DARI AIR GARAM PANAS BUMI

Hukum Indonesia mendefinisikan pengembangan panas bumi dan penambangan mineral sebagai dua kegiatan yang berbeda.<sup>31</sup> Namun, eksplorasi panas bumi, khususnya dari sistem panas bumi konvensional, juga dapat menghasilkan mineral penting seperti litium, silika, dan unsur tanah jarang yang terlarut dalam air garam panas bumi. Air garam ini berpotensi menjadi sumber litium yang padat; air garam tersebut mengandung konsentrasi hingga 60 ppm,<sup>32</sup> dibandingkan dengan konsentrasi litium 0,2 ppm dari air laut (Silika juga dapat diekstrak dari lumpur panas bumi.<sup>33</sup>)

Mineral yang diekstrak dari fluida panas bumi dapat digunakan untuk pertanian dan industri kosmetik. Di Islandia, beberapa produk perawatan kulit dan suplemen, yaitu MySilica dan GeoSilica, berasal dari air hasil sampingan pembangkit listrik panas bumi.

Di Indonesia, beberapa inisiatif penelitian yang berfokus pada produk sampingan panas bumi untuk sektor pertanian sedang berlangsung. Katrili dan Sulasih-Sulanjana adalah produk peningkat pupuk yang dikembangkan melalui kolaborasi antara Universitas Gadjah Mada dan PT Pertamina Geothermal Energy, serta PT Geo Dipa Energi (Persero).<sup>34</sup> Produk-produk ini menggunakan silika nanopartikel untuk memperkuat ketahanan tanaman terhadap hama dan meningkatkan retensi kelembaban tanah. Produk-

produk ini telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, dengan petani lokal melaporkan hasil panen yang lebih besar dan lebih tahan terhadap penyakit, serta peningkatan stabilitas tanaman secara keseluruhan.

Kebutuhan lithium di Indonesia terus meningkat. Misalnya, Indonesia menargetkan 2 juta mobil listrik dan 13 juta sepeda motor listrik pada tahun 2030, yang berarti Indonesia membutuhkan ratusan ribu ton lithium dalam lima tahun ke depan.<sup>35</sup> Ekstraksi lithium dari air garam panas bumi berdampak lingkungan lebih rendah daripada penambangannya dari dalam bumi.

Dalam memperbarui undang-undangnya, pemerintah harus mengakui penambangan mineral sebagai kegiatan bersama yang diperbolehkan dalam konsesi panas bumi dan membuat peraturan khusus untuk mengizinkan penambangan mineral dari air garam panas bumi.

Bersamaan dengan reformasi hukum yang telah diuraikan, pemerintah juga harus menawarkan prosedur perizinan yang lebih sederhana yang memungkinkan operator panas bumi untuk mengajukan hak penambangan mineral berdasarkan konsesi yang sudah ada, daripada memerlukan izin terpisah. Insentif fiskal seperti pembebasan bea impor untuk teknologi pemulihan mineral dapat mengurangi risiko keuangan untuk proyek-proyek tahap awal.



investasi, dan keselarasan dengan kemajuan teknologi global. Secara paralel, revisi Peraturan Pemerintah No. 7/2017 harus mengintegrasikan teknologi ini ke dalam kerangka perizinan dan penetapan harga untuk aplikasi pembangkit listrik dan penggunaan langsung. Undang-undang yang diubah juga harus menetapkan sistem penggunaan langsung panas bumi sebagai “infrastruktur prioritas,” sehingga memenuhi syarat untuk perizinan yang disederhanakan, tarif yang diatur, dan dukungan perencanaan terkoordinasi di bawah kebijakan infrastruktur nasional Indonesia.<sup>24</sup>

Selain mengubah definisi panas bumi dan memberikan status infrastruktur prioritas kepada proyek-proyek penggunaan langsung, pemerintah dapat mengambil beberapa langkah konkret lainnya untuk mengoperasionalkan rekomendasi ini, termasuk hal-hal berikut:

- **Membangun kerangka tarif nasional untuk panas dan pendinginan geotermal**—dengan tolok ukur terhadap bahan bakar fosil yang digantikan—dan menggabungkan kerangka tersebut dengan pajak pertambahan nilai (PPN) dan keringanan bea cukai untuk sistem dan komponen pendingin geotermal di zona yang ditentukan, dengan mengambil model dari jaringan pemanas distrik geotermal Turki<sup>25</sup> dan tarif yang diatur di Cekungan Paris, Prancis.<sup>26</sup>
- **Memperkenalkan perjanjian pasokan panas dan pendingin (H&CSA) yang terstandarisasi** dengan penetapan harga berdasarkan indeks, kewajiban pengambilan minimum, dan komitmen jangka panjang—yang dimodelkan berdasarkan praktik terbaik internasional<sup>27</sup>—untuk memastikan kelayakan pembiayaan, transparansi harga, dan pengiriman panas yang andal.
- **Menerapkan aturan hak jalan dan koneksi** untuk saluran termal dan pipa bawah tanah, yang dimodelkan berdasarkan kerangka kerja pemanasan distrik Eropa untuk memungkinkan integrasi ke dalam perencanaan perkotaan dan industri.

- **Pendanaan ditargetkan untuk proyek-proyek percontohan** guna mendorong penggunaan langsung pemanas ruangan, pendinginan geotermal, dan proyek pembangkit listrik generasi baru, yang dapat membantu menunjukkan kelayakan, membangun kepercayaan investor, dan mempercepat implementasi.

Pemerintah daerah juga harus memainkan peran sentral dalam perencanaan pemanfaatan langsung energi panas bumi, menyesuaikan implementasinya dengan kebutuhan industri, masyarakat, dan pariwisata regional. Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11/2019 tentang penggunaan air permukaan menggambarkan bagaimana provinsi dapat memimpin dengan menciptakan kerangka fiskal dan tata kelola—menentukan siapa yang membayar, bagaimana biaya dihitung, dan bagaimana pendapatan dialokasikan.<sup>28</sup> Model serupa dapat menetapkan sistem perizinan dan registrasi untuk sumur dan pipa pemanfaatan langsung; menetapkan biaya penggunaan atau royalti berdasarkan panas yang diekstraksi, jenis aplikasi, dan skala; dan menyalurkan pendapatan ke infrastruktur masyarakat, kawasan industri regional, dan fasilitas ekowisata. Regulasi nasional kemudian dapat mereplikasi dan menstandarisasi pendekatan ini di seluruh Jawa, Sumatera, dan wilayah lain dengan permintaan panas yang tinggi. (Lihat Bab 4, “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung.”)

Menerbitkan regulasi tingkat tinggi untuk penggunaan langsung panas bumi dan meningkatkan “dorongan dan/atau prioritas penggunaan langsung panas bumi di WKP” dalam Peraturan Pemerintah No. 25/2021<sup>29</sup> akan mengirimkan sinyal yang jelas bahwa Indonesia bermaksud memperlakukan panas industri dan pendinginan bangunan dengan kepentingan strategis yang sama seperti listrik. Tindakan ini dapat menciptakan kepastian kebijakan yang dibutuhkan untuk investasi skala besar<sup>30</sup> dan memberi sinyal kepada mitra domestik dan internasional bahwa Indonesia bermaksud membuka peluang baru untuk daya saing industri, ketahanan nasional, dan kedaulatan hijau.



## Rekomendasi 2: Tetapkan Target Nasional untuk Listrik Panas Bumi dan Panas Industri serta Jalur untuk Mencapainya

**Pihak yang Bertindak: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Mineral serta Direktorat Jenderal Kelistrikan; PLN**

Dua langkah terkait yang dapat diambil Indonesia adalah (i) menetapkan target nasional yang terkoordinasi untuk listrik panas bumi yang stabil dan panas bumi untuk penggunaan langsung— Pilar pelengkap yang dapat mengurangi penggunaan batubara, menstabilkan jaringan listrik, dan mendekarbonisasi industri—dan (ii) memperkenalkan jalur pengadaan yang bersih dan stabil dalam Rencana Usaha Penyediaan Listrik (RUPTL) PLN untuk memastikan jalur pencapaian tujuan tersebut.

Berdasarkan potensi teknis yang dibahas dalam laporan ini, kami merekomendasikan target 15 gigawatt listrik dan 15 gigawatt panas termal pada tahun 2035, yang kemudian ditingkatkan menjadi 25 gigawatt listrik dan 35 gigawatt panas termal pada tahun 2045. Target yang saling terkait ini menyelaraskan pengadaan, perencanaan, dan pembiayaan sehingga pembangkit listrik dan panas dapat tumbuh bersama.

Untuk membantu memastikan negara mencapai target ini, pemerintah dapat menciptakan jalur pengadaan yang jelas di dalam RUPTL PLN dengan pemberian kapasitas multi-tahun yang dikhususkan untuk energi panas bumi dan alokasi khusus untuk sistem generasi baru. Meskipun harga batas atas yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Presiden No. 112/2022 lebih tinggi daripada biaya pasokan listrik rata-rata saat ini, banyak pengembang masih menganggap harga tersebut tidak cukup untuk merangsang investasi, dengan mencatat bahwa tingkat pengembalian internal sekitar 14% sering kali dibutuhkan untuk proyek panas bumi. Selain itu, pembangkit listrik panas bumi harus menerima kredit kapasitas sebesar atau di atas 90% untuk mencerminkan keandalannya selama 24 jam, dengan pembayaran bonus untuk ketersediaan yang tinggi.

Sejalan dengan komitmen Indonesia untuk menghapuskan pembangkit listrik tenaga batu bara—terutama Peraturan Menteri ESDM No. 10/2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi di Sektor Kelistrikan,<sup>36</sup> yang

mewajibkan penghentian dini pembangkit listrik tenaga batu bara—energi panas bumi harus diakui sebagai pilar utama transisi tersebut. Penggunaan kembali atau penempatan fasilitas panas bumi generasi baru di lokasi pembangkit listrik tenaga batu bara yang ada dapat menjaga stabilitas jaringan dan nilai infrastruktur sekaligus memajukan agenda penghapusan bertahap nasional.<sup>37</sup> Beberapa pembangkit listrik tenaga batu bara di Indonesia berada di atas sumber panas bumi yang tinggi dan merupakan kandidat awal untuk penelitian lebih lanjut. (Untuk detail lebih lanjut, lihat Bab 2, “Menggerakkan Transisi: Pasar dan Peluang Panas Bumi Indonesia”)

## Rekomendasi 3: Industri pembangkit listrik dan pusat data menggunakan panas dan pendinginan geotermal.

**Pihak yang Bertindak: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral serta Direktorat Jenderal Kelistrikan; Kementerian Perindustrian; Kementerian Komunikasi dan Digital**

Peluang panas bumi terbesar dan paling mendesak di Indonesia terletak pada pemenuhan permintaan energi termal secara bersih dan efisien. Pada tahun 2023, permintaan panas industri dan proses mencapai 2.998.059 terajoule, menghasilkan sekitar 241 juta metrik ton emisi karbon dioksida—hampir seperempat dari total emisi terkait energi di Indonesia. Seperti yang dibahas dalam Bab 4: “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung,” jika energi panas bumi dan solusi panas bersih lainnya mampu mengurangi dua pertiga dari permintaan termal ini pada tahun 2030, penghematan emisi dapat mencapai hampir 160 juta metrik ton karbon dioksida—44% dari janji pengurangan emisi Indonesia pada tahun 2030 di sektor energi dan industri. Kontribusi yang Ditentukan Secara Nasional (NDC) belum menetapkan kuota khusus energi untuk jalur net-zero Indonesia pada tahun 2060, tetapi pemanfaatan langsung energi panas bumi dapat mengurangi 90% dari permintaan termal pada tahun 2060, sebuah pengurangan yang signifikan secara nasional. Dengan kata lain, energi panas bumi untuk pendinginan dan penyediaan panas industri merupakan pengungkit penting bagi Indonesia untuk mencapai tujuan energinya.



Tempat ideal untuk memulai pekerjaan ini dan mendorong penerapan panas bumi dalam skala besar adalah di klaster industri dan pusat data. Industri seperti tekstil, makanan dan minuman, pulp dan kertas, serta kimia semuanya menggunakan panas proses dengan suhu di bawah 250°C—ideal untuk panas bumi. Selain itu, ekonomi digital Indonesia yang berkembang pesat mendorong pertumbuhan eksponensial pusat data yang intensif energi, yang membutuhkan pendinginan sepanjang tahun yang sangat andal dan dapat dipasok secara efisien melalui sistem panas bumi dan air tambang.

Selain pembaruan hukum dan peraturan yang disarankan dalam Rekomendasi 1, pemerintah dapat mengambil beberapa langkah konkret lainnya untuk mengoperasionalkan rekomendasi ini, termasuk di bidang-bidang berikut:

- **Zonasi termal dan mandat:** Kementerian ESDM dan Kementerian Perindustrian, bersama dengan pemerintah provinsi, harus menetapkan zona prioritas panas bumi di kawasan industri utama dan distrik perkotaan; mengamankan hak jalan untuk perpipaan sebagaimana diamanatkan berdasarkan undang-undang tata guna lahan dan infrastruktur regional; dan mewajibkan pengguna panas baru dalam skala besar untuk berlokasi di, atau terhubung ke, sistem ini.
- **Pendanaan:** Melalui Dana Penjaminan Infrastruktur Indonesia, PT SMI, dan bank-bank milik negara, menawarkan pinjaman lunak dan jaminan kredit untuk jaringan termal bersama dan renovasi,

termasuk pembentukan Badan Usaha Khusus (Special Purpose Vehicle/SPV) gabungan di tingkat kawasan industri dan distrik perkotaan untuk mengumpulkan kredit.

- **Pengadaan publik dan penentuan lokasi proyek:** Mewajibkan pusat data dan kawasan industri yang didukung pemerintah yang sedang dikembangkan untuk mengadopsi standar desain yang siap untuk energi panas bumi dan memprioritaskan integrasi sistem panas bumi saat menentukan lokasi proyek guna memenuhi persyaratan sertifikasi ramah lingkungan.
- **Proyek percontohan yang dapat direplikasi:** Danai antara tiga hingga lima klaster industri unggulan (di Jawa, Sumatra, dan Sulawesi) dan dua atau tiga kampus pusat data berpendingin panas bumi, menyediakan H&CSA (Analisis Keamanan dan Kontrol) yang terstandarisasi, aturan teknis dan prosedural yang mendefinisikan cara pengguna akhir terhubung ke jaringan bersama, dan protokol pemantauan—sehingga menciptakan templat nasional yang dapat direplikasi.

Dengan menyelaraskan klaster industri dan pusat data dengan pasokan panas bumi, Indonesia dapat menghasilkan gigawatt pertama dari pemanfaatan panas langsung pada dekade ini. Akibatnya, Indonesia akan mengurangi impor bahan bakar, menstabilkan biaya energi, dan membantu memposisikan diri untuk mencapai hingga sepertiga dari komitmennya pada tahun 2030 dan sebagian besar dari tujuan iklimnya pada tahun 2050–2060.

## PUSAT DATA BERTENAGA PANAS BUMI: JALAN INDONESIA MENUJU EKONOMI DIGITAL HIJAU

Menempatkan pusat data bersamaan dengan sumber daya panas bumi menawarkan sumber daya listrik langsung, selalu aktif, dan bersih di lokasi. Analisis terbaru yang berbasis di AS menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat memangkas biaya listrik rata-rata antara 31% dan 45% dibandingkan dengan model tradisional yang bergantung pada jaringan listrik.<sup>38</sup> Dengan perusahaan teknologi global yang berlomba untuk mengamankan daya rendah karbon 24/7 untuk pusat data, hanya sedikit

negara yang memiliki potensi—dan keahlian—lebih besar daripada Indonesia.

Per Agustus 2024, PLN melayani 128 pelanggan pusat data dengan beban hampir 1 gigawatt. Permintaan diproyeksikan mencapai 4 gigawatt pada tahun 2033.<sup>39</sup> Pertumbuhan pesat AI dapat mempercepat permintaan tersebut hingga dua atau tiga kali lipat. Dengan sumber daya panas bawah permukaan yang luar biasa, Indonesia



memiliki kemampuan unik untuk memenuhi—dan bahkan melampaui—permintaan ini. Saat ini, beberapa aktivitas pusat data yang ada tumpang tindih dengan produksi panas bumi konvensional, tetapi pusat beban digital yang tumbuh paling cepat terletak di daerah-daerah di mana teknologi panas bumi generasi baru mulai berperan.

*Alat Project InnerSpace GeoMap Beta menyortir zona luas dengan sumber daya panas bumi yang menguntungkan yang terletak tepat di bawah koridor pusat data yang sedang berkembang di Indonesia—Jakarta, Purwakarta, Surabaya, Batam, dan Medan.<sup>40</sup> Kesesuaian ini dapat memungkinkan pembangkitan panas bumi di luar jaringan listrik di dekat simpul serat optik dan industri utama, menyediakan daya beban dasar yang andal dan rendah karbon tepat di tempat yang dibutuhkan.*

## Menyelaraskan Energi dan Pertumbuhan Digital

- Di **Jawa**, Koridor Jakarta–Purwakarta memiliki konsentrasi pusat data tertinggi di Indonesia—dan memiliki beberapa potensi energi bawah tanah terbaik di Indonesia.
- Di **Surabaya**, sumber daya panas bumi yang kuat dapat menjadi landasan pengembangan pusat data ramah lingkungan, sementara interkoneksi kabel bawah laut dapat memperluas kapasitas digital dan energi ini ke pusat-pusat yang sedang berkembang di Kalimantan Selatan dan Makassar.
- Di **Sumatra**, sumber daya panas bumi sejajar dengan node fiber di Lampung dan Medan, menciptakan potensi untuk pusat data yang ditenagai oleh energi panas bumi.
- Di **Kepulauan Riau (Batam)**, sumber daya panas bawah permukaan menjadikan kepulauan ini lokasi paling strategis di Indonesia untuk pusat data geotermal generasi baru karena Singapura, yang berada di sebelahnya, dibatasi oleh keterbatasan lahan dan energi terbarukan serta sedang mencari cara untuk mempertahankan posisinya sebagai pusat data global. Sistem geotermal generasi baru di Batam dapat memberikan daya beban dasar yang andal dan

latensi sangat rendah untuk salah satu node fiber paling penting di Asia.

Gabungan antara permintaan dan sumber daya ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan potensi terbesar di dunia untuk infrastruktur digital bertenaga panas bumi.

## Jalur Kebijakan dan Insentif

Pemerintah Indonesia dapat mengambil langkah-langkah tegas sebagai berikut untuk mempercepat integrasi energi panas bumi di sektor pusat data:

- **Mandat integrasi panas bumi:** Elektrifikasi 50% dari beban pusat data baru atau yang sedang diperluas dalam satu atau dua tahun ke depan, sejalan dengan Peraturan Presiden No. 112/2022 tentang tarif energi terbarukan.
- **Manfaatkan panas bumi untuk pendinginan:** Penuhi 50% kebutuhan pendinginan melalui panas bumi menggunakan model saluran langsung (kabel pribadi), terutama di Jawa dan Sumatera.
- **Ciptakan insentif fiskal:** Tawarkan keringanan pajak bertingkat berdasarkan pengeluaran modal atau beban energi dan pembebasan PPN atau bea impor untuk peralatan panas bumi dan pendingin seperti alat pengeboran, unit Siklus Rankine Organik, pendingin absorpsi, pompa, penukar panas, perangkat keras pendingin celup, dan banyak lagi.
- **Mendukung kolokasi dan pengelompokan:** Bangun kawasan industri panas bumi di dekat zona beban utama, dan berikan pengurangan pajak tanah dan bangunan untuk pusat data yang terletak di atas—atau dalam jarak 20 kilometer dari—lapangan panas bumi.
- **Tawarkan insentif fleksibel di luar lokasi:** Perpanjang PPA khusus atau manfaat parsial untuk pengguna tenaga panas bumi di luar lokasi.

Dengan arahan regulasi yang kuat, insentif fiskal yang tepat sasaran, dan eksplorasi berkelanjutan terhadap teknologi panas bumi generasi baru, Indonesia dapat mengubah potensi panas buminya menjadi fondasi masa depan Asia yang bersih dan terhubung.



## Rekomendasi 4: Jadikan panas bumi sebagai inti pendinginan untuk pembangunan perkotaan

**Pihak yang Bertanggung Jawab: Kementerian Agraria dan Tata Ruang; Kementerian Pekerjaan Umum; Kementerian Perumahan dan Kawasan Permukiman; Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional**

IEA memproyeksikan bahwa antara tahun 2021 dan 2030, Indonesia akan menambah lebih dari 2 miliar meter persegi perumahan baru. Lembaga tersebut juga memproyeksikan bahwa pada tahun 2030, jumlah rumah tangga dengan unit pendingin udara kemungkinan akan melonjak dari sekitar 1 dari 10 menjadi lebih dari 1 dari 3.<sup>41</sup> Secara paralel, Rencana Aksi Pendinginan Nasional Indonesia (I-NCAP) memperkirakan bahwa penggunaan listrik untuk pendinginan akan meningkat dari 79 terawatt-jam pada tahun 2020 menjadi 183 terawatt-jam pada tahun 2030 dan sekitar 265 terawatt-jam pada tahun 2040.<sup>42</sup> (Lihat Bab 2, Menggerakkan Transisi: Pasar dan Peluang Panas Bumi Indonesia). I-NCAP menekankan solusi pasif dan berbasis distrik untuk menekan emisi dari sektor pendinginan, dengan menyoroti peran sistem panas bumi dalam menyediakan pendinginan berkelanjutan dan rendah karbon dengan kebutuhan beban listrik puncak yang jauh lebih rendah.

Kementerian Agraria dan Tata Ruang, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Kementerian ESDM (sebagai koordinator sektor energi), dan pemerintah provinsi dapat mengambil langkah-langkah konkret berikut untuk mengoperasionalkan rekomendasi ini:

- **Tetapkan zona pendinginan geotermal** di daerah padat penduduk, kawasan industri, dan pembangunan baru (termasuk Nusantara), dengan menyediakan koridor pipa dan ruang sumur bor bersama.
- **Persyaratan desain yang siap untuk energi panas bumi** dalam standar kota dan proyek publik atau komersial berskala besar.
- **Integrasikan sistem pendinginan distrik** ke dalam rencana induk perkotaan. dan aturan pengadaan, menggunakan kode koneksi standar, H&CSA.

Pendinginan geotermal harus ditetapkan sebagai prinsip desain inti ibu kota baru untuk menopang pertumbuhan awal kota tersebut. Otoritas Ibu Kota Nusantara, bekerja sama dengan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan serta Bappenas, harus mengadopsi proyek percontohan pendinginan distrik geotermal, yang akan mengurangi permintaan listrik selama jam puncak, menurunkan emisi, dan menunjukkan model yang dapat diskalakan dan direplikasi untuk kota-kota lain.

Dengan memasukkan pendinginan geotermal ke dalam kerangka perencanaan, Indonesia dapat menjaga kota-kota tetap layak huni tanpa membebani jaringan listrik. Jika hanya 10% dari proyeksi kebutuhan pendinginan Indonesia pada tahun 2040 dipenuhi dengan energi geotermal, bukan pendingin udara konvensional, Indonesia dapat menghindari hingga 130 terawatt-jam (lihat **Gambar 7.2**) dari puncak permintaan listrik dan puluhan juta ton emisi karbon dioksida setiap tahunnya—setara dengan menonaktifkan beberapa pembangkit listrik tenaga batu bara. Perkiraan ini didasarkan pada proyeksi nasional bahwa pendinginan dapat berkontribusi lebih dari 100 gigawatt terhadap beban puncak pada tahun 2040,<sup>43</sup> dan mengasumsikan substitusi konservatif sebesar 10% dengan sistem pendinginan geotermal berdaya rendah. (Lihat Bab 4, “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung.”)

Dengan memperlakukan pendinginan geotermal sebagai infrastruktur perkotaan prioritas, Indonesia dapat memenuhi kebutuhan pendinginan yang meningkat tanpa membebani sistem tenaga listrik. Perencanaan dan zonasi sejak dini akan mengurangi biaya dibandingkan dengan renovasi bangunan yang sudah ada, sekaligus memastikan bahwa penduduk perkotaan tetap terlindungi dari kenaikan suhu dan risiko gelombang panas.

## Rekomendasi 5: Buat jalur cepat untuk proses perizinan, koordinasi administratif, dan prosedur lainnya.

**Pihak yang Bertindak: Kementerian Investasi dan Industri Hilir; Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; dan Direktorat Jenderal Kelistrikan.**

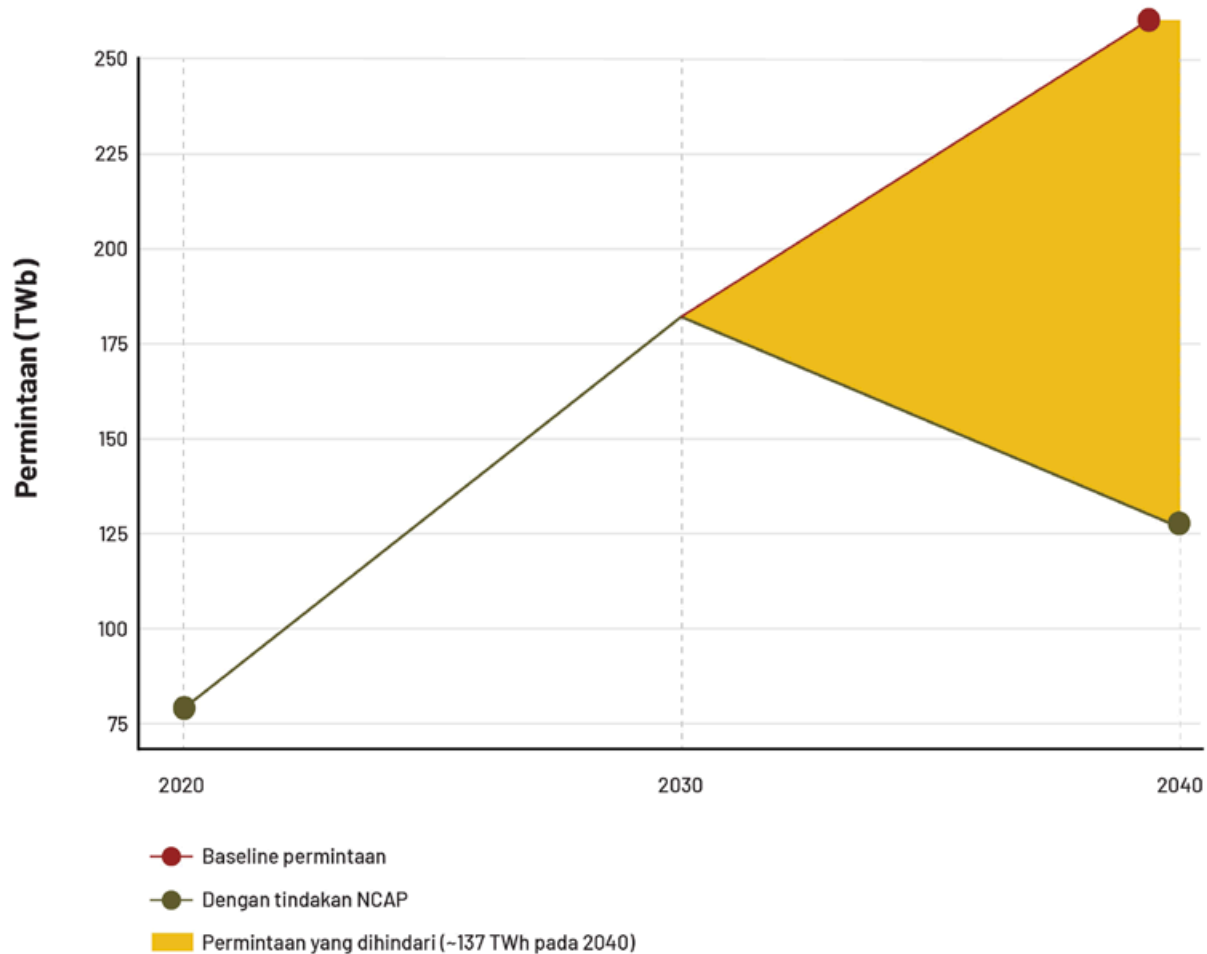
Indonesia telah mengambil langkah penting dengan sistem OSS-nya yang memusatkan perizinan investasi



lintas sektor, tetapi sistem tersebut lebih berfungsi sebagai platform perantara daripada otoritas satu pintu yang sesungguhnya, dan proyek panas bumi masih menghadapi penundaan bertahun-tahun. Proses untuk mendapatkan izin penting seperti izin lingkungan, persetujuan penggunaan hutan, hak atas tanah, dan izin air tetap terfragmentasi di berbagai lembaga dan tingkat pemerintahan. Mengintegrasikan perizinan panas bumi ke dalam jalur OSS yang terpadu dan terdelegasikan akan menyederhanakan perizinan investasi dan mengubah koordinasi administratif menjadi katalis untuk percepatan penyelesaian proyek.

Pemerintah harus menetapkan jalur cepat khusus panas bumi dalam sistem OSS, memberikan peran khusus kepada Kementerian ESDM sebagai titik koordinasi tunggal untuk perizinan panas bumi dalam eksplorasi, penetapan Wilayah Kerja, dan produksi. Kementerian ESDM akan berkoordinasi langsung dengan Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Kehutanan, Kementerian Agraria dan Tata Ruang, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan, Kementerian Investasi, serta pemerintah provinsi dan kabupaten. Proses ini juga harus mengakui bahwa beberapa proyek memiliki risiko lebih rendah

## PROYEKSI PERMINTAAN LISTRIK UNTUK PENDINGINAN DI INDONESIA



**Gambar 7.2:** Menempatkan pendinginan distrik geotermal sebagai teknologi utama untuk zona-zona tertentu dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi pendinginan nasional. Sumber: Diadaptasi dari Komisi Ekonomi dan Sosial Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Asia dan Pasifik (UNESCAP) & Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP). (2024, 6 Agustus). *Indonesia menetapkan jalur untuk pendinginan ramah iklim dengan Rencana Aksi Pendinginan Nasional (I-NCAP)*.



daripada yang lain. Proyek-proyek kecil dan proyek-proyek yang melibatkan pengeboran di daerah yang sudah berkembang memiliki risiko lebih rendah daripada proyek-proyek besar di daerah berhutan. Pendekatan bertingkat untuk persetujuan akan mengakui fakta ini.

Untuk memastikan akuntabilitas, undang-undang harus memperkenalkan jangka waktu perizinan yang ditetapkan secara hukum—batas waktu tetap bagi lembaga untuk memproses permohonan, dengan persetujuan otomatis jika lembaga tersebut melewatkan batas waktu tanpa alasan. Jangka waktu 180 hari yang ditetapkan secara hukum untuk proyek panas bumi akan secara signifikan mengurangi waktu tunggu, meningkatkan kepercayaan investor, dan menyelaraskan proses di Indonesia dengan standar terbaik internasional untuk infrastruktur energi terbarukan.

Dalam sistem OSS Indonesia, kegiatan panas bumi saat ini berada di bawah KBLI 06202 untuk eksplorasi dan ekstraksi panas bumi<sup>44</sup> dan KBLI 35111 untuk pembangkitan listrik dari sumber panas bumi.<sup>45</sup> KBLI untuk proyek penggunaan langsung berada di bawah lingkup dua klasifikasi utama ini, dengan 16 lisensi khusus untuk penggunaan panas. Namun, tidak ada KBLI khusus untuk penggunaan langsung panas bumi yang memungkinkan industri untuk mengajukan KBLI baruseiringkemajuanteknologi. Misalnya, saat ini tidak ada KBLI untuk perizinan pompa panas sumber tanah. Setelah Kementerian ESDM mengeluarkan peraturan yang menetapkan dasar hukum untuk kegiatan penggunaan langsung—seperti dengan memperbarui Peraturan Menteri ESDM No. 5/2021,<sup>46</sup> sebagaimana dijelaskan dalam Rekomendasi 1—Kementerian ESDM dapat secara resmi berkoordinasi dengan Badan Pusat Statistik untuk membuat klasifikasi KBLI baru yang khusus untuk penggunaan langsung panas bumi. Urutan ini akan memastikan bahwa klasifikasi baru tersebut didasarkan pada mandat peraturan yang jelas dan selaras dengan kerangka kerja perizinan nasional Indonesia. Akibatnya, investor kemudian dapat mendaftarkan proyek penggunaan langsung melalui sistem OSS, mengakses jalur perizinan, dan memenuhi syarat untuk insentif sektoral di bawah kerangka investasi Indonesia.

## PERIZINAN UNTUK PEMANFAATAN LANGSUNG

Untuk semua proyek pemanfaatan langsung energi panas bumi, perizinan merupakan langkah penting untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan, keandalan teknis, dan keselamatan operasional.

Di Indonesia, perizinan untuk proyek pemanfaatan langsung panas bumi diatur berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang Standar dan Produk Kegiatan Usaha dalam Pelaksanaan Perizinan Berbasis Risiko di Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral.<sup>47</sup> Pengembang yang memegang izin panas bumi harus memperoleh sertifikat yang membuktikan kelayakan operasional untuk aplikasi pemanfaatan langsung. Pengajuan sertifikat ini dilakukan melalui sistem OSS (**Gambar 7.3**) ke Direktorat Jenderal Energi Baru, Energi Terbarukan dan Konservasi Energi atau kantor energi provinsi/kabupaten terkait.

Meskipun pengamanan ini penting, proses perizinan memainkan peran penting dalam menentukan bagaimana pengembangan panas bumi berlangsung. Untuk mendukung visi bab ini dalam memperluas penggunaan langsung panas bumi, pemerintah dapat memperkuat kerangka kerja perizinan agar lebih memberdayakan. Langkah ini dapat mencakup prosedur yang lebih jelas, peran kelembagaan yang terdefinisi dengan baik, dan koordinasi yang efisien sambil tetap mempertahankan kemampuan personel yang ketat serta standar keselamatan dan lingkungan.

Pemerintah dapat mengambil beberapa langkah konkret selanjutnya untuk mengoperasionalkan rekomendasi ini, termasuk hal-hal berikut:

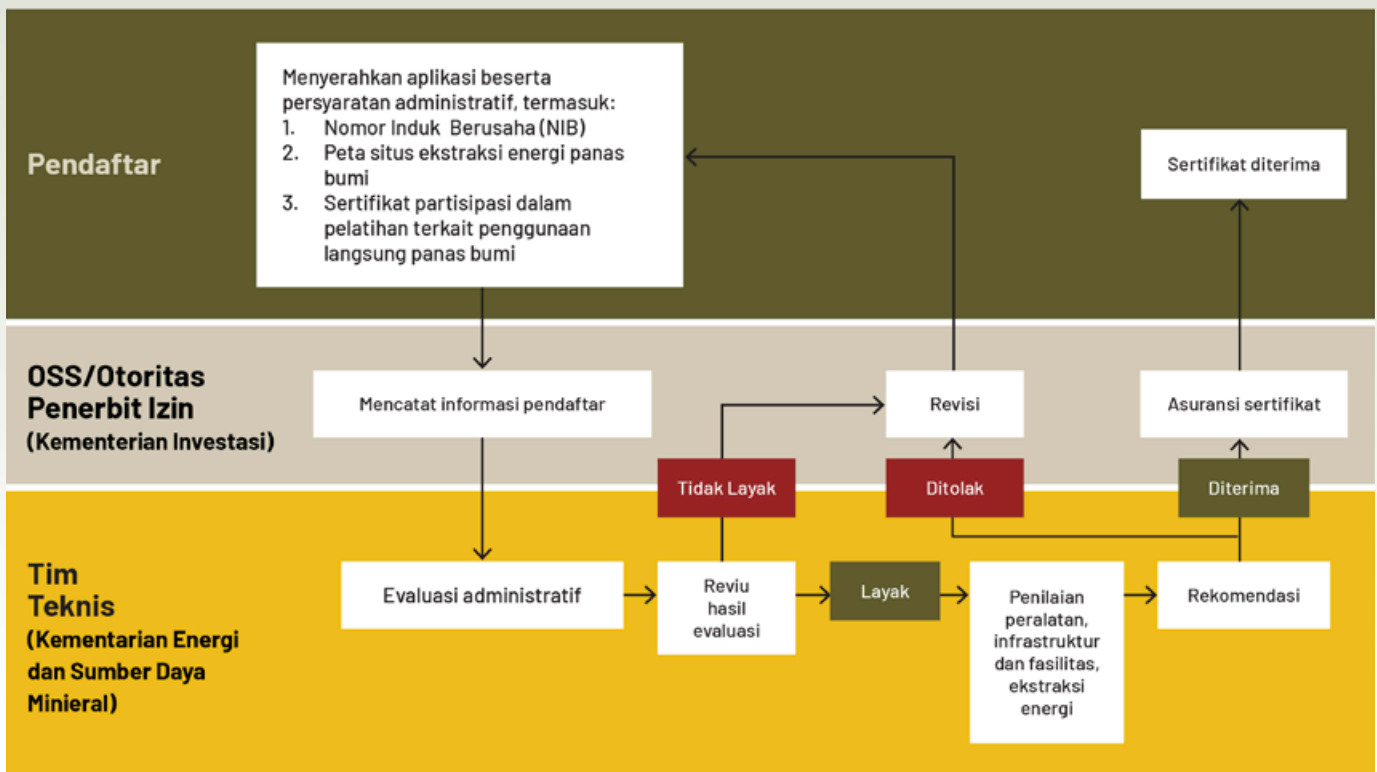
- **Tetapkan jalur cepat untuk sertifikat kelayakan operasional (COW)** dengan tenggat waktu tingkat layanan yang jelas.
- **Klarifikasi peran lembaga** melalui keputusan bersama dan daftar periksa standar.
- **Terapkan sistem persetujuan bertingkat** agar proyek-proyek kecil dan berisiko rendah dapat berjalan dengan cepat.



- **Bangun kapasitas peninjauan regional** dan memberikan panduan kepada pengembang.
- **Integrasikan izin** ke dalam sistem OSS. untuk mengurangi pengajuan yang duplikat.

Perbaikan ini harus diiringi dengan program peningkatan kapasitas yang kuat bagi pemerintah provinsi dan daerah untuk memastikan inspektur dan pekerja lokal memiliki kompetensi teknis untuk menilai, mensertifikasi, dan memantau instalasi penggunaan langsung panas bumi dengan benar.

## DIAGRAM PROSES UNTUK MENERBITKAN SERTIFIKAT KELAYAKAN OPERASIONAL UNTUK PENGGUNAAN LANGSUNG PANAS BUMI



**Gambar 7.3:** Diagram proses yang menguraikan tahapan dan otoritas yang bertanggung jawab yang terlibat dalam penerbitan Sertifikat Kelayakan Operasional untuk instalasi penggunaan langsung panas bumi. OSS = Online Single Submission. Sumber: Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang standar kegiatan usaha dan produk dalam pelaksanaan perizinan usaha berbasis risiko di sektor energi dan sumber daya mineral*. Pemerintah Indonesia; Al Asy'ari, MR, Adityatama, DW, Brilian, VA, Erichatama, N., & Purba, D. (2024). *Beyond electricity: Geothermal direct use business models and potential applications in Indonesia*. Dalam *Prosiding, Lokakarya ke-49 tentang Rekayasa Reservoir Panas Bumi*. Stanford, CA, Amerika Serikat..



## Rekomendasi 6: Kurangi risiko keuangan dengan data terbuka dan program eksplorasi yang diperluas

**Pihak yang Bertindak: Direktorat Jenderal Energi Baru dan Terbarukan serta Badan Konservasi Energi dan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Alam; Kementerian Keuangan; PT Sarana Multi Infrastruktur; Dana Jaminan Infrastruktur Indonesia; Satuan Tugas Khusus Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas**

Indonesia sudah memiliki dua mekanisme utama untuk mengurangi risiko keuangan pengembangan panas bumi tahap awal: Skema Pengeboran Pemerintah (Peraturan Menteri Keuangan No. 62/2017)—di mana negara secara langsung mendanai dan melaksanakan pengeboran sebelum melakukan tender wilayah kerja—dan Proyek Mitigasi Risiko Sumber Daya Panas Bumi (GREM, P166071), yang diluncurkan pada tahun 2018 dengan dukungan dari Bank Dunia dan Dana Investasi Iklim. GREM mulai beroperasi pada Juni 2021 dan dikelola oleh PT Sarana Multi Infrastruktur (PT SMI), yang menyediakan pembiayaan kontingensi kepada pengembang swasta

dan milik negara untuk pengeboran eksplorasi. Struktur program ini memungkinkan pengampunan sebagian pinjaman jika sumur terbukti tidak layak, yang mengurangi risiko dan mendorong partisipasi swasta.

Hingga saat ini, GREM telah memajukan beberapa prospek—termasuk Toka Tindung (Klabat-Wineru), Wapsalit, dan Hu'u Daha—ke tahap uji tuntas dan pembiayaan, dan nota kesepahaman dengan Ormat Technologies ditandatangani pada September 2025. Namun, belum ada sumur yang didanai GREM yang didokumentasikan secara publik yang telah dibor,<sup>48</sup> yang memperlihatkan tidak hanya potensi dari program tersebut tetapi juga pentingnya untuk mempercepat implementasinya. Dengan memperluas mekanisme ketimbang menciptakan struktur baru yang redundan, Indonesia dapat memanfaatkan modal multilateral, memperkuat peran PT SMI sebagai perantara keuangan, dan mempercepat partisipasi sektor swasta.

Saat ini, informasi panas bumi di Indonesia masih terkotak-kotak—tersebar di berbagai lembaga, institusi penelitian, dan entitas negara dengan standar

## TATA KELOLA SEKTOR PANAS BUMI DI EMPAT NEGARA

Aspek	Kenya	Turkiye	Amerika Serikat	Indonesia
<b>Struktur Pasar</b>	Liberalisasi, pembeli tunggal dengan akses terbuka untuk Produsen Tenaga Listrik Independen (IPP)	Liberalisasi produksi, jaringan listrik dikendalikan negara	Campuran: deregulasi dan regulasi oleh negara	Pembeli tunggal (PLN)
<b>Peran sektor publik</b>	Perusahaan Pengembangan Panas Bumi (GDC) mendanai eksplorasi	Direktorat Riset dan Eksplorasi Mineral (MTA) mengambil peran awal, kini dipimpin swasta	Insentif + hibah (federal & negara bagian)	Pengeboran dari pemerintah, KPS terbatas
<b>Peran sektor swasta</b>	Masuk pasca-eksplorasi	Dipimpin swasta via tarif <i>feed-in</i>	Dominan, kompetitif	IPP di bawah kontrak PLN
<b>Penggunaan KPS</b>	Build-Own-Operate-Transfer (BOOT), Build-Own-Operate (BOO), Build-Own-Transfer (BOT) lazim digunakan	KPS terbatas, sebagian BOO	Tidak ada KPS formal, pembiayaan swasta + bantuan	KPS institusional, tidak fokus pada panas bumi

**Gambar 7.4:** Analisis perbandingan perkembangan energi panas bumi di empat negara. KPS = kemitraan publik-swasta. Sumber: Diadaptasi dari Utama, C. S., Ashat, A., Nur, S., & Alkano, D. (2024). *Comparative analysis of geothermal PPPs: International insights and Indonesia's cases*. dalam *Proceedings, the 10th Indonesia International Geothermal Convention and Exhibition (IIGCE) 2024*. Jakarta, Indonesia.



data dan aturan akses yang berbeda-beda. Ketentuan kerahasiaan dan kepemilikan yang tumpang tindih antara Kementerian ESDM, Satuan Tugas Khusus Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas (SKK Migas), dan universitas semakin mempersulit berbagi informasi dan menjadikan koordinasi sangat penting untuk basis data nasional yang terpadu. Pembentukan tata kelola yang konsisten dan standar interoperabilitas akan memastikan bahwa eksplorasi yang didanai publik berkontribusi pada sistem pengetahuan terbuka dan kumulatif yang bermanfaat bagi investor dan peneliti. (Lihat Bab 5, “Menyiapkan Tenaga Kerja Masa Depan: Peran Tenaga Kerja dan Institusi Sektor Minyak dan Gas Indonesia.”)

Kementerian ESDM, melalui Pusat Data dan Informasinya, harus membangun repositori data dan sampel panas bumi terpusat yang terhubung dengan atlas termal nasional. Repositori tersebut harus didukung oleh API modern dan platform digital untuk integrasi data, pemetaan, dan analisis yang lancar, dan harus menyimpan baik kumpulan data digital maupun sampel inti dan fluida fisik yang dapat diakses oleh pemerintah, akademisi, dan industri. Pengembang yang gagal mematuhi persyaratan pelaporan ini harus dinyatakan tidak memenuhi syarat untuk hak eksplorasi di masa mendatang guna memastikan transparansi dan manfaat publik.

Pada saat yang sama, Indonesia harus memperluas model kemitraan publik-swasta (KPS) untuk eksplorasi dan pengembangan awal panas bumi. Dengan pendekatan ini, entitas publik akan membiayai dan melaksanakan pengeboran awal, sementara sumur yang terbukti akan dialihkan kepada pengembang swasta untuk pembangunan di bawah tender yang transparan. Model seperti itu akan menurunkan hambatan masuk, mendistribusikan risiko secara adil, dan mempercepat penilaian sumber daya. Kerangka kerja yang sebanding di Kenya, di mana Perusahaan Pengembangan Panas Bumi memimpin eksplorasi yang didukung pemerintah, dan di Amerika Serikat dengan program Observatorium Frontier untuk Penelitian Eksplorasi Geotermal (FORGE)<sup>49</sup> menunjukkan bagaimana investasi gabungan publik dan swasta

dapat dengan cepat meningkatkan kapasitas panas bumi (lihat **Gambar 7.4**).

Pengintegrasian resmi energi panas bumi ke dalam Strategi KPS Nasional Indonesia akan memungkinkan proyek-proyek untuk mengakses dana kesenjangan kelayakan, fasilitas persiapan proyek, dan jaminan kredit melalui PT SMI, Dana Jaminan Infrastruktur Indonesia, dan bank-bank milik negara.

Selain itu, pemerintah dapat mengambil beberapa langkah konkret selanjutnya untuk mengoperasionalkan rekomendasi ini, termasuk hal-hal berikut:

- **Tingkatkan skala dan percepat jendela pendanaan yang dipimpin pengembang dari GREM** untuk membiayai eksplorasi awal dan pekerjaan studi kelayakan.
- **Perluas kelayakan** untuk proyek panas bumi penggunaan langsung dan generasi baru, termasuk panas industri, pendinginan daerah, dan aplikasi pertanian.
- **Wajibkan pelaporan data terstandarisasi**, yang mengharuskan hasil geologi, geofisika, dan geokimia untuk diserahkan dalam format umum dan dirilis secara publik setelah periode kerahasiaan antara tiga dan lima tahun untuk memastikan bahwa pengeboran yang didukung negara memperluas basis pengetahuan panas bumi nasional.

Dengan menggabungkan kebijakan data terbuka dengan perluasan pembagian risiko dan program eksplorasi berbasis KPS, Indonesia dapat beralih dari persiapan proyek yang terisolasi ke pengeboran puluhan sumur setiap tahun pada akhir tahun 2020-an. Hal ini kemudian akan menciptakan jalur eksplorasi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan berkelanjutan di semua jenis energi panas bumi. Reformasi ini akan mengurangi risiko investor, memperluas pengetahuan ilmiah, dan menjadikan Indonesia sebagai pemimpin regional dalam pengembangan panas bumi yang transparan dan inovatif.



## KOLABORASI, PROYEK PERCONTOHAN, DAN PENGUMPULAN DATA

Pemerintah dapat membentuk program percontohan bekerja sama dengan universitas-universitas Indonesia, perusahaan milik negara, dan penyedia teknologi global untuk inovasi panas bumi. Inisiatif ini akan berfokus pada penggunaan kembali ladang minyak dan gas yang telah habis atau marginal sebagai tempat uji coba untuk konsep panas bumi generasi baru, termasuk sistem panas bumi yang ditingkatkan dan canggih, desain siklus tertutup, dan eksplorasi batuan superpanas. Dengan membangun di lokasi yang sudah ada sumur, landasan, dan pipa, serta dengan data seismik yang ada, program semacam itu dapat mengurangi biaya dan mempersingkat jangka waktu sekaligus mendemonstrasikan pendekatan baru di bawah kondisi geologi Indonesia.

Program ini dapat disusun berdasarkan hibah kompetitif dan pembiayaan konsesional untuk konsorsium universitas-industri, mendorong kemitraan yang menggabungkan riset akademis, operator lokal, dan perusahaan jasa internasional. Klaster percontohan unggulan untuk menguji pembangkit listrik dan aplikasi penggunaan langsung dapat diluncurkan di wilayah yang memiliki koneksi langsung ke kawasan industri atau pusat data seperti Sumatra, Jawa, dan Kalimantan. Klaster ini juga akan berfungsi sebagai laboratorium lapangan untuk melatih insinyur, mahasiswa, dan regulator Indonesia, membangun tenaga kerja terampil untuk generasi pengembangan panas bumi berikutnya.

### Data Pengumpulan dan Berbagi

Semua proyek percontohan harus tunduk pada persyaratan data terbuka, dengan hasil kinerja dan informasi bawah permukaan dipublikasikan dalam jangka waktu tertentu untuk mempercepat replikasi. Insentif fiskal dan pembagian biaya dari industri—yang berpotensi dibiayai melalui pendapatan penetapan harga karbon atau dana inovasi yang ada—akan membantu mengurangi risiko investasi tahap awal sekaligus memperkuat partisipasi sektor swasta jangka panjang. Pada tahun 2028, program tersebut harus bertujuan untuk menghasilkan setidaknya lima sumur percontohan panas bumi canggih, data tekno-ekonomi yang tervalidasi untuk penskalaan, dan sekelompok profesional Indonesia dengan keahlian praktis. Bersama-sama, hasil ini akan menjadikan Indonesia sebagai pemimpin regional dalam mengadaptasi teknologi panas bumi canggih ke lingkungan tropis dan ladang minyak.

## Rekomendasi 7: Gunakan Pengadaan Kolektif untuk Menurunkan Biaya Proyek

**Pihak yang Bertindak: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; Kementerian Keuangan; Badan Pengadaan Publik Nasional**

Pemerintah dapat mendukung pengembang energi panas bumi dengan melakukan pengadaan kolektif (atau bersama), terutama pada tahap awal eksplorasi ketika biaya dan risikonya signifikan (lihat **Gambar 7.5**). Tindakan ini dapat mengurangi biaya keseluruhan proyek dengan mengamankan harga yang lebih rendah untuk komponen-komponen utama seperti generator, turbin, dan peralatan pengeboran.

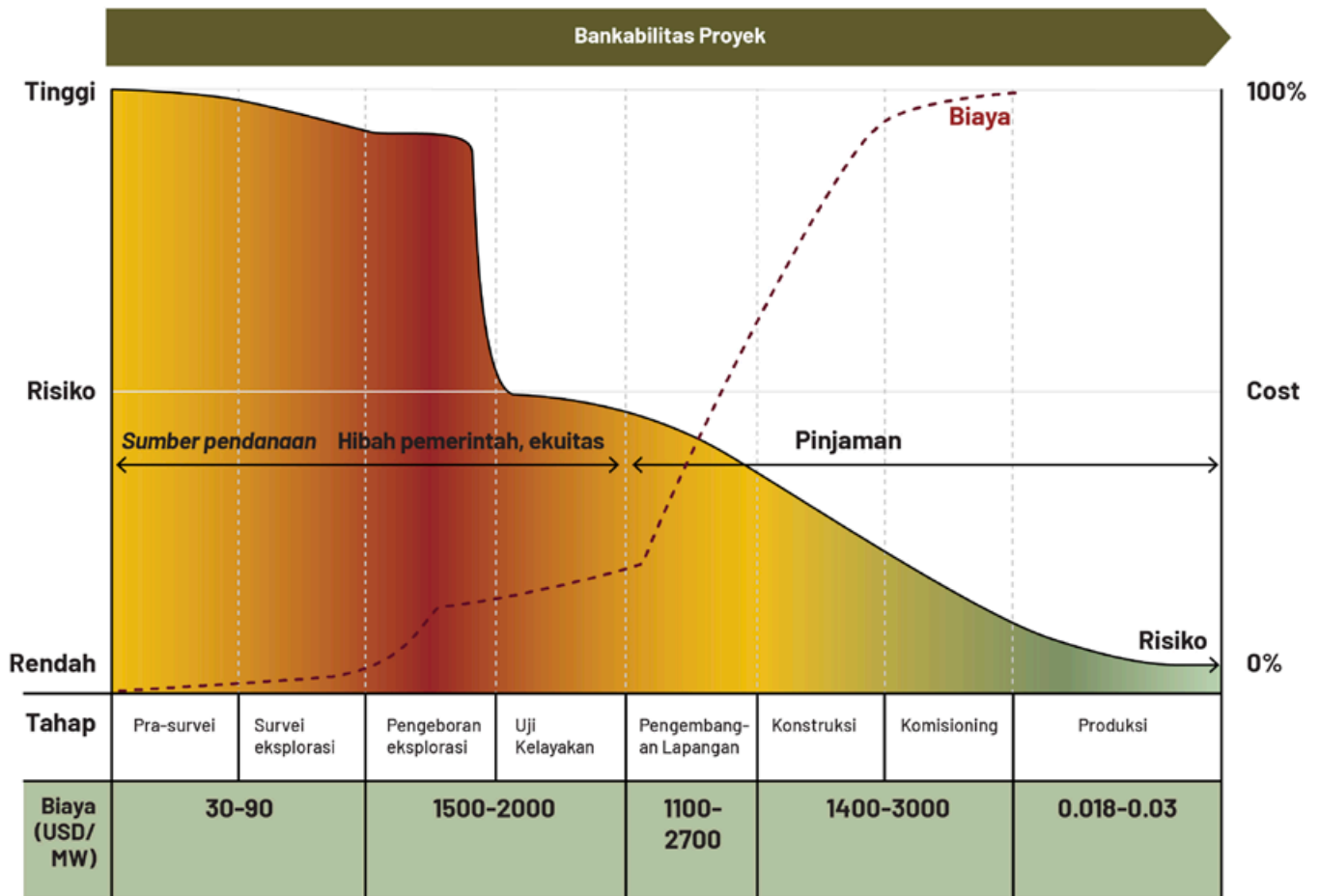
Dukungan semacam itu sangat penting di Indonesia. Sumber daya panas bumi Indonesia sering kali terletak di daerah terpencil dengan infrastruktur terbatas, yang meningkatkan kompleksitas dan biaya proyek panas bumi. Dalam beberapa kasus, pengembang harus membangun infrastruktur mereka sendiri, termasuk jalan dan jembatan, yang dapat menyebabkan biaya pengeboran yang tinggi; saat ini, sumur tipikal dengan kedalaman antara 2.000 meter dan 2.500 meter dapat menelan biaya antara US\$4 dan US\$6 juta di Indonesia.<sup>50</sup>

Untuk menurunkan biaya dan membuat pasar lebih layak bagi pengembang, pemerintah harus membuat "unit koordinasi pengadaan panas bumi" khusus. Di bawah Kementerian ESDM, unit tersebut akan memfasilitasi tender terpusat untuk layanan pengeboran yang akan digunakan di beberapa WKP di provinsi atau pulau yang sama. Unit tersebut juga dapat membuat basis data pemasok yang telah memenuhi syarat yang mencakup kontraktor dan penyedia layanan lainnya dengan pengalaman yang memadai.

Unit ini juga akan memastikan bahwa prosedur pengadaan selaras dengan persyaratan



# RISIKO, BIAYA DAN SUMBER PENDANAAN SELAMA INI UNTUK PROYEK PANAS BUMI



**Gambar 7.5:** Risiko, biaya, dan sumber pendanaan proyek panas bumi. Sumber: Diadaptasi dari Fridriksson, T., Matek, B., Albertsson, A., & Bertani, R. (2016). *Comparative analysis of approaches to geothermal resource risk mitigation: A global survey*. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), World Bank; Purwanto, E. H. (2019). *Assessment of exploration strategies, results and costs of geothermal fields in Indonesia*. United Nations University Geothermal Training Programme.

peraturan dan praktik terbaik industri. Unit ini dapat menawarkan insentif seperti subsidi atau manfaat pajak untuk inisiatif pengadaan kolektif bersama. Unit ini juga harus menetapkan pedoman yang jelas untuk mencegah praktik anti-persaingan.

Pemerintah daerah memainkan peran penting dalam pengadaan kolektif, dan unit ini akan bertanggung jawab untuk bekerja sama dengan pemerintah dalam hal rute mobilisasi dan perizinan. Selain mengurangi biaya, pendekatan ini juga dapat meminimalkan periode menganggur antar proyek bagi kontraktor.

## Rekomendasi 8: Standarisasi kontrak jangka panjang untuk energi panas bumi

**Pihak yang Bertindak:** Direktorat Jenderal Kelistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; PLN; Direktorat Jenderal Pembiayaan dan Manajemen Risiko Kementerian Keuangan

Saat ini, bahkan ketika tarif disesuaikan, pengembang tetap enggan untuk menginvestasikan modal karena risiko bahwa pihak lain dalam kontrak akan gagal memenuhi kewajibannya. PLN saat ini merupakan satu-satunya pembeli listrik di Indonesia, dan kondisi



keuangannya telah membatasi kemampuannya untuk menandatangani PPA yang layak secara finansial. Merevisi mekanisme penetapan harga dapat membantu, tetapi tanpa keyakinan bahwa ada pembeli yang aman, investor tetap ragu-ragu.

Untuk mengatasi situasi ini, pemerintah harus mewajibkan agar semua Perjanjian Pembelian Listrik (PPA) panas bumi PLN disusun sebagai kontrak jangka panjang yang layak dibiayai bank, dengan ketentuan terkait pengurangan produksi, penghentian, dan kewajiban pembayaran yang selaras dengan norma internasional. Untuk mengurangi risiko pihak lawan, PPA untuk proyek panas bumi dengan pengeluaran modal tinggi harus didukung oleh jaminan pemerintah. Jaminan ini akan secara signifikan mengurangi biaya pembiayaan, meningkatkan peringkat kredit proyek, dan membuka skala investasi yang dibutuhkan untuk potensi panas bumi Indonesia.

### **Rekomendasi 9: Tingkatkan partisipasi masyarakat dan jamin manfaat bagi masyarakat dengan mereformasi bonus produksi panas bumi**

**Pihak yang Bertindak: Direktorat Jenderal Perbendaharaan Kementerian Keuangan, Direktorat Jenderal Pembiayaan dan Manajemen Risiko, dan Badan Kebijakan Fiskal; Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; Kementerian Dalam Negeri**

Indonesia sudah membagikan sebagian besar pendapatan panas bumi dengan daerah-daerah setempat—80% dari Dana Bagi Hasil (DBH) mengalir ke pemerintah daerah dan 20% ke pemerintah pusat.<sup>51</sup> Meskipun pembagian ini mendukung desentralisasi, hal ini masih kurang transparan dan tidak memberikan hasil nyata di tingkat lokal. Setelah ditransfer, pendapatan sering kali tertelan ke dalam anggaran umum, sehingga masyarakat memiliki infrastruktur yang terlihat tetapi tidak ada dividen fiskal yang jelas—yang memicu ketidakpercayaan dan penolakan. (Lihat Bab 6, “Mencari Titik Temu: Membangun Kepercayaan dan Transparansi dalam Transisi Energi Indonesia,” untuk konteks lebih lanjut.) Persepsi ini semakin meningkat di daerah-daerah seperti Wapsalit,<sup>52</sup> Gunung Talang,<sup>53</sup> Tampomas,<sup>54</sup> dan Tangkuban Perahu,<sup>55</sup> di mana konsultasi yang buruk, pembagian keuntungan

yang lemah, dan kekhawatiran lingkungan telah memicu penentangan dan penundaan proyek.<sup>56</sup>

Untuk membangun kembali kepercayaan, Indonesia harus mengkonsolidasikan pendapatan panas bumi melalui mekanisme bonus produksi panas bumi (BPPB) yang terpadu—sebuah instrumen dalam sistem Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP)—dengan menyatukan DBH, PNBP, dan kontribusi sukarela dari pengembang. Dikelola bersama oleh Kementerian Keuangan dan ESDM, mekanisme BPPB yang ditingkatkan ini akan berfungsi sebagai wahana utama untuk memberikan manfaat lokal. Mekanisme ini harus membiayai hasil nyata seperti sekolah, klinik, pusat pelatihan, jaringan pendingin panas bumi, dan proyek percontohan panas industri—memastikan masyarakat melihat dan merasakan manfaat dari keberadaan proyek panas bumi. Akses terhadap manfaat yang didukung BPPB harus bergantung pada kepatuhan yang terverifikasi terhadap komitmen tanggung jawab sosial perusahaan (CSR); protokol persetujuan bebas, sebelumnya, dan berdasarkan informasi (FPIC); dan Sertifikat Kelayakan Operasional. Semua operasi harus dipublikasikan pada dasbor publik yang dikelola oleh ESDM dan Bappenas dan menunjukkan arus pendapatan yang diaudit dan proyek yang disetujui.

Pendekatan ini dapat dibangun berdasarkan kepemimpinan lokal. Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11/2019<sup>57</sup> tentang penggunaan air permukaan (diuraikan dalam Rekomendasi 1) menawarkan preseden yang kuat—menciptakan sistem yang transparan dan berbasis komunitas untuk mengelola sumber daya alam. Model panas bumi yang serupa dapat menetapkan kerangka kerja perizinan, biaya penggunaan, dan alokasi pendapatan di tingkat provinsi, kemudian diperluas ke tingkat nasional.

Untuk memperkuat implementasi, Kementerian ESDM dan Kementerian Dalam Negeri harus mengubah CSR dari praktik sukarela menjadi kewajiban yang harus dapat diverifikasi. Indikator seperti penciptaan lapangan kerja lokal, pengadaan barang dan jasa oleh masyarakat, dan penyediaan aset sosial harus diverifikasi secara independen dan diungkapkan kepada publik. Pengembang yang gagal memenuhi kewajiban harus menghadapi sanksi yang dapat ditegakkan.



Suatu badan tata kelola panas bumi independen perlu dibentuk untuk mengawasi pengumpulan, alokasi, dan pengeluaran pendapatan BPPB, yang dapat memastikan formula transparan untuk mendistribusikan royalti dan PNBP di antara pemangku kepentingan nasional, regional, dan lokal. Fungsi tata kelola ini dapat dikelola melalui PT SMI—lembaga perantara keuangan milik negara yang terpercaya—untuk memberikan integritas fidusia dan akuntabilitas. Badan ini juga harus mendukung proyek percontohan untuk pendinginan panas bumi dan panas industri, serta mengalokasikan sebagian pendapatan untuk manufaktur peralatan dalam negeri—membantu Indonesia membangun rantai pasokan nasional yang kuat.

Kemudian yang tidak kalah penting, proyek panas bumi harus menghormati hak-hak masyarakat adat. Kementerian ESDM harus menjadikan PADIATAPA (Persetujuan Atas Dasar Informasi di Awal Tanpa Paksaan) sebagai persyaratan prosedural untuk pembangunan yang memengaruhi lahan adat, sementara pengembang harus bekerja sama dengan universitas lokal dan lembaga

lingkungan untuk bersama-sama menghasilkan tolok ukur sosial, memantau dampak lingkungan dan sosial, dan mempertahankan sistem pengaduan yang mudah diakses dengan jalur menuju mediasi. Pemerintah daerah harus memimpin perencanaan partisipatif, menunjuk perwakilan masyarakat untuk bertugas di panel penasihat yang memandu investasi dan pencairan dana yang didukung BPPB.

Terakhir, konten lokal harus meluas melampaui pengadaan barang hingga ke masyarakat. Pusat pendidikan dan pelatihan di wilayah panas bumi harus membekali penduduk setempat dengan keterampilan dalam konstruksi, operasi, dan keselamatan—sehingga memungkinkan lapangan kerja jangka panjang dan integrasi komunitas yang lebih dalam.

Reformasi ini sejalan dengan arsitektur hukum Indonesia: secara bersamaan, UU No. 33/2004 tentang keseimbangan fiskal<sup>58</sup> dan UU No. 21/2014 tentang energi panas bumi memberikan kewenangan untuk koordinasi fiskal dan sektoral. Pembangunan juga harus mematuhi

## PRIORITASKAN PEMBANGUNAN DI ZONA BERISIKO RENDAH

Di pulau Sumatra, Jawa, Sulawesi, dan Maluku, potensi panas bumi Indonesia yang signifikan sering kali tumpang tindih dengan area yang sensitif secara ekologis.<sup>60</sup> Untuk meminimalkan dampak lingkungan dan keanekaragaman hayati, pemerintah harus memprioritaskan pembangunan di zona non-hutan, yang mengandung sekitar 38% dari kapasitas panas bumi konvensional nasional. Area-area ini biasanya menawarkan akses jalan yang lebih mudah, geologi yang menguntungkan, dan biaya investasi yang lebih rendah, sehingga memungkinkan pembangunan yang lebih cepat dan tidak terlalu mengganggu.

Proyek panas bumi di kawasan hutan—yang sering kali terpencil dan bergunung-gunung—dapat memerlukan pembangunan jalan hingga 10 kilometer per 100 megawatt kapasitas,<sup>61</sup> sehingga meningkatkan risiko kerusakan lingkungan terhadap hutan, satwa liar, dan sumber air. Pengembang sebaiknya menghindari lokasi seperti itu jika memungkinkan. Jika pembangunan di kawasan hutan

diperlukan, Kementerian ESDM dan Kementerian Kehutanan harus menerapkan pengamanan yang ketat: mendorong pengeboran terarah dari luar batas hutan, meminimalkan pembukaan lahan, membatasi ukuran jalan, dan mengintegrasikan penyeberangan fauna dan pengendalian erosi. Pengembang juga harus diwajibkan untuk melatih personel tentang perlindungan keanekaragaman hayati dan kepatuhan terhadap peraturan.

Pada akhirnya, Indonesia harus memastikan pengembangan panas bumi tidak meningkatkan tekanan pada ekosistem hutan. Memperluas definisi hukum panas bumi untuk mencakup aplikasi berdampak rendah—seperti penggunaan langsung untuk pendinginan dan panas industri—dapat menggeser pengembangan ke zona yang kurang sensitif dan bukan hutan. Pendekatan ini menyelaraskan pengelolaan lingkungan dengan tujuan energi, memungkinkan pertumbuhan berkelanjutan tanpa mengorbankan keanekaragaman hayati.



UU Lingkungan Hidup No. 32/2009<sup>59</sup> dan peraturan pelaksana Kementerian Lingkungan Hidup tentang Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL) dan restorasi pasca operasi.

Mekanisme BPPB yang direformasi dan dikonsolidasikan dengan kontribusi DBH, PNBP, dan pengembang dapat menyatukan kewajiban yang tersebar menjadi satu sistem yang transparan—menghubungkan setiap rupiah dengan hasil nyata dan menunjukkan bagaimana kekayaan panas bumi Indonesia dapat mendorong model kedaulatan hijau yang mengangkat masyarakat setempat.

### **Rekomendasi 10: Perluas ekosistem panas bumi untuk membuka lapangan kerja lokal**

**Pihak yang Bertindak: Kementerian Tenaga Kerja; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Tenaga Kerja dan Riset; Badan Riset dan Inovasi Nasional.**

Beberapa wilayah di Indonesia menolak pengembangan energi panas bumi. Sebagian, penolakan ini mungkin disebabkan oleh kurangnya informasi tentang manfaat sumber energi tersebut bagi masyarakat. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang manfaat ekonomi dan iklim dari energi panas bumi dapat mendorong penerimaan sosial dan dukungan publik. Untuk mengatasi kesenjangan pengetahuan tersebut, pemerintah harus memulai program pendidikan tentang energi panas bumi bagi pekerja energi dan masyarakat umum sebagai bagian dari kebijakan energi nasional yang lebih luas.

Tindakan ini dapat mencakup pembentukan dana khusus untuk program pelatihan, mempromosikan penelitian dan inovasi terkait panas bumi, dan memasukkan energi panas bumi dan topik pemanfaatan langsung ke dalam kurikulum sekolah. Upaya pendidikan ini juga dapat diselaraskan dengan target energi nasional.

Melalui Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian ESDM hendaknya berkolaborasi dengan universitas-universitas dalam kegiatan pendidikan seperti Geothermal Goes to Campus, sebuah inisiatif yang telah dilaksanakan di beberapa

universitas di Indonesia, termasuk Institut Teknologi Sepuluh Nopember,<sup>62</sup> Universitas Diponegoro,<sup>63</sup> dan Universitas Sumatera Utara.<sup>64</sup> Kegiatan-kegiatan seperti ini dapat menumbuhkan minat mahasiswa dalam mengeksplorasi pengembangan energi panas bumi di Indonesia.

Untuk menjangkau khalayak yang lebih luas, Kementerian ESDM sebaiknya berkolaborasi dengan organisasi nonpemerintah atau universitas untuk memberikan webinar gratis tentang topik panas bumi. Beberapa organisasi telah memberikan webinar tentang panas bumi dengan berbagai topik, termasuk Pusat Studi Energi Terbarukan Indonesia; Institute for Essential Services Reform (IESR) telah menyelenggarakan webinar tentang manfaat sosial dan ekonomi energi panas bumi.<sup>65</sup>

Menurut *Peta Jalan Tenaga Kerja Khusus untuk Transisi Indonesia (SWIFT) 2025–2060*, kebutuhan tenaga kerja di sektor panas bumi akan meningkat sebanyak 130.000 pekerja pada tahun 2060,<sup>66</sup> tetapi jika negara berupaya menghasilkan 25 gigawatt listrik dan 35 gigawatt termal, kebutuhan tenaga kerja langsung dan tidak langsung dapat mencapai lebih dari 650.000 pada tahun 2045.

Penting untuk menyoroti perbedaan antara menambahkan aplikasi penggunaan langsung dan aplikasi panas termal ke dalam persamaan ini. Setelah pembangkit energi panas bumi konvensional beroperasi, jumlah pekerjaan di lokasi yang dibutuhkan relatif terbatas, itulah sebabnya lulusan bidang panas bumi secara historis menghadapi tantangan dalam mendapatkan pekerjaan jangka panjang di sektor ini. Namun, peluang komersial yang muncul—seperti aplikasi penggunaan langsung, jaringan pendingin panas bumi, ekstraksi mineral panas bumi, dan produksi hidrogen hijau—dapat menghasilkan permintaan tenaga kerja yang jauh lebih besar dan menciptakan rantai nilai baru yang mendiversifikasi lapangan kerja terkait panas bumi. Jika Indonesia berhasil memanfaatkan peluang berbasis panas bumi yang lebih luas ini, kebutuhan tenaga kerja dapat meningkat secara signifikan di seluruh layanan pengeboran, jaringan panas industri, pendinginan distrik, pemulihan mineral, dan produksi hidrogen—sehingga upaya peningkatan kapasitas menjadi lebih relevan dan berdampak.



Sebagaimana dijelaskan dalam Bab 5, “Menyiapkan Tenaga Kerja Masa Depan: Peran Tenaga Kerja dan Institusi Sektor Minyak dan Gas Indonesia,” pemerintah perlu mengembangkan peta pekerjaan yang komprehensif untuk membantu lembaga-lembaga bersiap mempersiapkan tenaga kerja panas bumi yang terampil. Peta ini akan mengidentifikasi keterampilan saat ini, distribusi tenaga kerja, dan kebutuhan pasar tenaga kerja di masa depan. Peta ini juga akan mengidentifikasi kapasitas dan kesenjangan yang ada sehingga pemerintah dapat merencanakan kebijakan dan program pelatihan yang relevan.

Untuk mengkoordinasikan agenda tenaga kerja ini, pemerintah harus membentuk Gugus Tugas Transisi Tenaga Kerja Energi yang disahkan oleh instruksi presiden dan dipimpin oleh Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian ESDM. Gugus tugas ini akan menyelaraskan perkiraan, pelatihan, dan sertifikasi di seluruh kementerian, memastikan keterampilan panas bumi dan transisi energi berkembang dalam jalur terpadu yang siap untuk industri. Lihat Bab 5, “Menyiapkan Tenaga Kerja Masa Depan: Peran Tenaga Kerja dan Institusi Sektor Minyak dan Gas Indonesia,” untuk informasi lebih lanjut.

Peta pekerjaan yang mapan dapat memandu inisiatif kebijakan, termasuk pelatihan kejuruan, pengembangan kurikulum, dan program sertifikasi. Hal ini juga akan mendorong hubungan yang kuat antara lembaga pendidikan, permintaan industri, dan rencana pembangunan pemerintah. Peta tersebut juga harus melibatkan industri minyak dan gas karena terdapat banyak keterampilan dan kompetensi tenaga kerja yang dapat diterapkan di kedua industri energi tersebut—hingga 80% dari upaya tenaga kerja yang dibutuhkan dalam industri panas bumi melibatkan keterampilan yang umum di industri minyak dan gas.<sup>67</sup> (Untuk informasi lebih lanjut tentang topik ini, lihat Bab 5, “Menerapkan Tenaga Kerja Masa Depan: Peran Tenaga Kerja dan Institusi Sektor Minyak dan Gas Indonesia.”)

## KESIMPULAN

Jika Indonesia mampu memanfaatkan sebagian kecil saja dari potensi panas buminya, hal itu akan memperkuat ketahanan jaringan listrik nasional, menurunkan permintaan puncak, mengurangi impor bahan bakar, mempertajam daya saing industri, dan memperluas akses pendinginan yang terjangkau. Dengan menerapkan rekomendasi yang ditawarkan dalam bab ini, Indonesia dapat berada di jalur yang tepat untuk mencapai target iklimnya sekaligus menurunkan biaya energi jangka panjang dan menciptakan ratusan ribu lapangan kerja.

Langkah pertama yang perlu dilakukan: memperbarui undang-undang geotermal untuk secara jelas membahas geotermal generasi baru dan penggunaan langsung, seperti yang diuraikan dalam rekomendasi kebijakan pertama di bab ini.

Berlandaskan pada kekuatan geologis dan kapasitas negara Indonesia—dan berdasarkan praktik terbaik global—serangkaian rekomendasi yang ditawarkan dalam bab ini dapat memperkuat posisi Indonesia sebagai pemimpin global dalam energi panas bumi.



## REFERENSI

- 1 ANTARA News. (2025, April 14). *Govt aims to increase installed geothermal capacity by 5.2 GW*. <https://en.antaranews.com/news/351665/govt-aims-to-increase-installed-geothermal-capacity-by-52-gw>
- 2 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2014). *Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2014 tentang Energi Panas Bumi*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/38684/uu-no-21-tahun-2014>. Lihat Pasal 5(1)(a).
- 3 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014, Pasal 9(1).
- 4 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014, Pasal 5(1)(b).
- 5 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014, Pasal 6, 7, 8.
- 6 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014, Pasal 23.
- 7 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang standar kegiatan usaha dan produk dalam pelaksanaan perizinan usaha berbasis risiko di sektor energi dan sumber daya mineral*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/175252/permen-esdm-no-5-tahun-2021>
- 8 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 23 Tahun 2021 tentang pengelolaan hutan*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161853/pp-no-23-tahun-2021>. Lihat Pasal 95(2).
- 9 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2017). *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 7 Tahun 2017 tentang Energi Panas Bumi untuk Pemanfaatan Tidak Langsung*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/5827/pp-no-7-tahun-2017>
- 10 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 37 Tahun 2018 tentang penawaran Wilayah Kerja Panas Bumi, pemberian izin panas bumi, dan pengalihan usaha panas bumi*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/142928/permen-esdm-no-37-tahun-2018>
- 11 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014, Pasal 15.
- 12 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang standar kegiatan usaha dan produk dalam pelaksanaan perizinan usaha berbasis risiko di sektor energi dan sumber daya mineral, 2021*.
- 13 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2020). *Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Penciptaan Lapangan Kerja*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/149750/uu-no-11-tahun-2020>
- 14 Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi. (2025, 2 Juli). *Konsultasi publik mengenai rancangan amandemen peraturan pemerintah nomor 7 tahun 2017* [Video]. YouTube. Pemerintah Indonesia. <https://www.youtube.com/watch?v=nA-8IMX3kP8&t=8418s>
- 15 Soerono, D. (2017, December 4). *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/>
- 16 Surana, T., Atmojo, JP, Suyanto, & Subandriya, A. (2010). *Perkembangan pemanfaatan langsung energi panas bumi di Indonesia*. *Buletin Kwartalan Geo-Heat Center*, 29(2), 11–15. [https://www.researchgate.net/publication/364318954\\_Development\\_of\\_Geothermal\\_Energy\\_Direct\\_Use\\_in\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/364318954_Development_of_Geothermal_Energy_Direct_Use_in_Indonesia)
- 17 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2003). *Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2003 tentang Energi Panas Bumi*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/44080/uu-no-27-tahun-2003>. Lihat Pasal 10(6).
- 18 Nugraha, HS (2025, 30 Juli). *Pedoman untuk pemanfaatan panas bumi langsung*. Berita Badan Geologi. <https://geologi.esdm.go.id/media-center/guidelines-for-direct-geothermal-utilization>
- 19 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014, Pasal 9(2).



- 20 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014, Pasal 10.
- 21 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang standar kegiatan usaha dan produk dalam pelaksanaan perizinan usaha berbasis risiko di sektor energi dan sumber daya mineral, 2021*; lihat Pasal 18 (1).
- 22 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang standar kegiatan usaha dan produk dalam pelaksanaan perizinan usaha berbasis risiko di sektor energi dan sumber daya mineral, 2021*; lihat Lampiran IV.
- 23 Nugraha, 2025.
- 24 Kantor Asisten Wakil Sekretaris Kabinet Bidang Dokumen Negara & Penerjemahan. (2017, 11 Januari). *Gov't issues Presidential Regulation No. 122/2016 on more priority infrastructures*. Cabinet Secretariat of the Republic of Indonesia. <https://setkab.go.id/en/govt-issues-presidential-regulation-no-1222016-on-more-priority-infrastructures/>
- 25 Richter, A. (2020, October 23). *Geothermal support mechanism and FIT officially extended in Turkey*. ThinkGeoEnergy. <https://www.thinkgeoenergy.com/geothermal-support-mechanism-and-fit-officially-extended-in-turkey/>
- 26 Paris, France. (2024, May 7). *Everything you need to know about connecting to the urban heating network*. <https://www.paris.fr/pages/le-raccordement-au-reseau-de-chaleur-dans-le-cadre-du-classement-22187>
- 27 LowTEMP Project. (2021). *Contracting and pricing of heat supply agreements (HSA)*. [https://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2021/06/Handout\\_Contracting-and-Pricing-of-HSA-LowTEMP.pdf](https://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2021/06/Handout_Contracting-and-Pricing-of-HSA-LowTEMP.pdf)



- 28 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2019). *Peraturan Gubernur Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2019 tentang pedoman pelaksanaan pengumpulan dan prosedur perhitungan pajak air permukaan di Provinsi Lampung*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/115409/pergub-prov-lampung-no-11-tahun-2019>
- 29 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 25 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161855/pp-no-25-tahun-2021>. Lihat Pasal 18 (1).
- 30 Dobson, P. F., Pratama, A. R., & Hamilton, B. (2025). *Technical geothermal roadmap for Indonesia*. Lawrence Berkeley National Laboratory. <https://doi.org/10.2172/2504632>
- 31 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2014.
- 32 Fakultas Teknik, Pusat Studi Sumber Daya Geologi Non-Konvensional. (tanpa tanggal). *Air garam panas bumi: Sumber daya alam Indonesia yang berpotensi menjadi sumber alternatif litium*. Universitas Gadjah Mada. <https://ugrg.ft.ugm.ac.id/artikel/ekstraksi-litium-dari-geothermal-brine/>
- 33 Akmal, AA, Purnomo, CW, & Ariyanto, T. (2023). Adsorpsi natrium pada hasil ekstraksi silika dari lumpur panas bumi. Dalam Prosiding, *Seminar Nasional Teknik Kimia 2023*. <https://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/10310>
- 34 Felia, S. (2025, June 2). *UGM geothermal innovation supports bountiful harvest in Minahasa*. Universitas Gadjah Mada. <https://ugm.ac.id/en/news/ugm-geothermal-innovation-supports-bountiful-harvest-in-minahasa/>
- 35 Indrawan, R. (2021, 24 Mei). *Indonesia butuh 758.000 ton litium untuk menunjang kebijakan kendaraan listrik*. Dunia Energi. <https://www.dunia-energi.com/indonesia-butuh-758-ribu-ton-lithium-untuk-menunjang-kebijakan-kendaraan-listrik/>
- 36 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2025). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 10 Tahun 2025 tentang peta jalan transisi energi di sektor kelistrikan*. Pemerintah Indonesia. <https://jdih.esdm.go.id/dokumen/view?id=2567>
- 37 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia. (2022). *Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 112 Tahun 2022 tentang percepatan pengembangan energi terbarukan untuk pasokan listrik*. Pemerintah Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/225308/perpres-no-112-tahun-2022>



- 38 King, B., Ricks, W., Pastorek, N., & Larsen, J. (2025). *Potensi energi panas bumi untuk memenuhi permintaan listrik pusat data yang terus meningkat*. Rhodium Group. <https://rhg.com/research/geothermal-data-center-electricity-demand/>
- 39 Valqa, A. (2024, 11 September). *Permintaan listrik pusat data akan mencapai 12 gigawatt pada tahun 2033*. D'Expert. <https://www.dexpert.co.id/kebutuhan-listrik-data-center-di-2033-tembus-12-gigawatt>
- 40 Proyek InnerSpace. (2025). *Peta Tingkat Kesukaan Pusat Data Global Saat Ini pada Ketinggian 5000 m [Modul Pusat Data]*. GeoMap. <https://geomap.projectinnerspace.org/geomap/>
- 41 Badan Energi Internasional (IEA). (2022). *Peta jalan sektor energi menuju emisi nol bersih di Indonesia: Ringkasan eksekutif*. <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-net-zero-emissions-in-indonesia/executive-summary>
- 42 United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) & United Nations Environment Programme (UNEP). (2024, 6 Agustus). *Indonesia sets path for climate-friendly cooling with National Cooling Action Plan (I-NCAP)*. <https://www.unescap.org/news/indonesia-sets-path-climate-friendly-cooling-national-cooling-action-plan>
- 43 UNESCO & UNEP, 2024.
- 44 GoLaw ID. (nd). *KBLI 06202-Usaha energi panas bumi*. <https://golaw.id/en/kbli/06202-pengusahaan-tenaga-panas-bumi/>
- 45 ID Hukum GoLaw. (nd). *KBLI 35111-Pembangkit listrik*. <https://golaw.id/en/kbli/35111-pembangkitan-tenaga-listrik>
- 46 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang standar kegiatan usaha dan produk dalam pelaksanaan perizinan usaha berbasis risiko di sektor energi dan sumber daya mineral, 2021*; lihat Lampiran IV.
- 47 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2020 tentang standar kegiatan usaha dan produk dalam pelaksanaan perizinan usaha berbasis risiko di sektor energi dan sumber daya mineral, 2021*.
- 48 Sutama, CS, Ashat, A., Nur, S., & Alkano, D. (2024). *Analisis komparatif KPS panas bumi: Wawasan internasional dan studi kasus Indonesia*. Dalam *Prosiding, Konvensi dan Pameran Panas Bumi Internasional Indonesia ke-10 (IIGCE) 2024*. Jakarta, Indonesia. [https://www.researchgate.net/publication/386580694\\_Comparative\\_Analysis\\_of\\_Geothermal\\_KPSs\\_International\\_Insights\\_and\\_Indonesia's\\_Cases](https://www.researchgate.net/publication/386580694_Comparative_Analysis_of_Geothermal_KPSs_International_Insights_and_Indonesia's_Cases)
- 49 Geothermal Technologies Office. (n.d.). *Frontier Observatory for Research in Geothermal Energy (FORGE)*. U.S. Department of Energy. <https://www.energy.gov/eere/geothermal/forge>
- 50 Dwi, A. (2025, 9 Juli). *CEO Geo Dipa blakblakan soal biaya pengeboran sumur panas bumi, hampir 100 miliar rupiah*. Listrik Indonesia. <https://listrikindonesia.com/detail/17192/bos-geo-dipa-blakblakan-biaya-engeboran-sumur-panas-bumi-hampir-capai-100-miliar>
- 51 Japan International Cooperation Agency (JICA). (2025). *Study on fiscal and non-fiscal incentives to accelerate private sector geothermal energy development in the Republic of Indonesia: Final report*. <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12008710.pdf>
- 52 Lating, M. Q., Mustamu, J., & Holle, E. S. (2025). *Legal Protection for Indigenous Peoples in the Granting of Preliminary Survey and Exploration (PSPE) Assignments for Geothermal Energy*. *Jurnal Pattimura Law Study Review*, 3(1), 1-9.
- 53 Mongabay. (2017, 30 September). *Ketika warga Solok memprotes pembangunan pembangkit listrik panas bumi, mengapa?* <https://mongabay.co.id/2017/09/30/ketika-warga-di-solok-protas-pembangunan-pembangkit-panas-bumi-mengapa/>
- 54 Sutisna, N. (2021, 3 Mei). *Penentangan terhadap eksplorasi panas bumi Gunung Tampomas terus disuarakan*. Kabar-Priangan. <https://kabarpriangan.pikiran-rakyat.com/kabar-priangan/pr-1481863128/penolakan-eksplorasi-panas-bumi-gunung-tampomas-terus-disuarakan?page=all>



- 55 Fadhillah, FR, Al Asy'ari, MR, Bagaskara, A., Vie Vanda, DV, Adityatama, A., Purba, D., Katmoyo, R., Djandam, A., & Gurning, L. (2023). Tantangan dalam Mendapatkan Penerimaan Publik terhadap Proyek Panas Bumi di Indonesia. Dalam *Prosiding, Lokakarya ke-48 tentang Rekayasa Reservoir Panas Bumi*. Stanford, CA, Amerika Serikat. [https://www.researchgate.net/publication/369201771\\_Challenges\\_in\\_Getting\\_Public\\_Acceptance\\_on\\_Geothermal\\_Project\\_in\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/369201771_Challenges_in_Getting_Public_Acceptance_on_Geothermal_Project_in_Indonesia)
- 56 Adityatama, DW, Purba, D., & Kristianto, B. (2018). Fasilitas pemanfaatan langsung panas bumi terintegrasi sebagai pendekatan alternatif dalam keterlibatan masyarakat pada fase eksplorasi awal di Indonesia. Dalam *Prosiding, Lokakarya Panas Bumi Internasional ITB ke-7*. Bandung, Indonesia. [https://www.researchgate.net/publication/324017987\\_Integrated\\_Geothermal\\_Direct\\_Use\\_Facility\\_as\\_an\\_Alternative\\_Approach\\_in\\_Community\\_Engagement\\_at\\_Early\\_Exploration\\_Phase\\_in\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/324017987_Integrated_Geothermal_Direct_Use_Facility_as_an_Alternative_Approach_in_Community_Engagement_at_Early_Exploration_Phase_in_Indonesia)
- 57 Badan Pemeriksa Keuangan Indonesia, 2019.
- 58 Republik Indonesia. (2004). *Undang-Undang No. 33 Tahun 2004 tentang keseimbangan fiskal antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah*. <https://peraturan.bpk.go.id/Download/30506/UU%20Nomor%2033%20Tahun%202004.pdf>
- 59 Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup*. <https://peraturan.bpk.go.id/Download/28100/UU%20Nomor%2032%20Tahun%202009.pdf>
- 60 Meijaard, E., Dennis, R. A., Saputra, B. K., Draugelis, G. J., Qadir, M. C. A., & Garnier, S. (2019). *Rapid environmental and social assessment of geothermal power development in conservation forest areas of Indonesia*. PROFOR & World Bank. [https://www.profor.info/sites/default/files/PROFOR\\_Geothermal%2520Indonesia%2520Report%2520-%2520August%25202019\\_0.pdf](https://www.profor.info/sites/default/files/PROFOR_Geothermal%2520Indonesia%2520Report%2520-%2520August%25202019_0.pdf)
- 61 Meijaard dkk., 2019.
- 62 Institut Teknologi Sepuluh Nopember. (2022). *Energi Panas Bumi Masuk Kampus 2022: Transfer Pengetahuan*. <https://www.its.ac.id/tgeofisika/geothermal-goes-to-campus-2022-transfer-knowledge/>
- 63 Universitas Diponegoro. (2022, 27 September). *Panas bumi hadir di kampus dengan topik eksplorasi panas bumi dan penilaian sumber daya*. <https://geologi.ft.undip.ac.id/en/geothermal-goes-to-campus-undip-2/>
- 64 Universitas Sumatera Utara. (2023, 11 April). *Energi panas bumi hadir di kampus: Kolaborasi antara USU dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*. <https://www.usu.ac.id/id/berita/geothermal-goes-to-campus-kolaborasi-usu-kementerian-esdm>
- 65 Pusat Studi Energi Terbarukan Indonesia. (2025, 1 Agustus). *Seri Webinar #3: Mengenal Energi Panas Bumi Indonesia: Potensi, Peluang, dan Masa Depan Bersama*. <https://icres.or.id/pemandangan/webinar-series-3-manfaat-dan-peluang-panas-bumi-untuk-masyarakat-ekonomi-sosial-dan-lingkungan/>
- 66 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2025). *Peta jalan Tenaga Kerja Khusus untuk Transisi Indonesia (SWIFT) 2025-2060*. Pemerintah Indonesia. [https://www.energytransitionpartnership.org/wp-content/uploads/2025/08/SWIFT\\_National-roadmap\\_v5\\_EN\\_clean\\_removed.pdf](https://www.energytransitionpartnership.org/wp-content/uploads/2025/08/SWIFT_National-roadmap_v5_EN_clean_removed.pdf)
- 67 Badan Energi Internasional (IEA). (2024). *Masa depan energi panas bumi*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>

