



# Bagian II

---

## **Lanskap Panas Bumi Indonesia dan Pilar Pertumbuhannya**



## Bab 2

# Menggerakkan Transisi: Pasar dan Peluang Panas Bumi Indonesia

*Raditya Wiranegara dan His Muhammad Bintang  
Institute for Essential Services Reform*

*Pemerintah Indonesia memperkirakan potensi panas bumi hidrotermal konvensional mencapai 23,7 gigawatt. Namun, estimasi terbaru dari Project InnerSpace dan International Energy Agency menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi teknis sebesar 2.160 gigawatt pada kedalaman hingga 5 kilometer di luar kawasan lindung, menjadikan Indonesia sebagai salah satu wilayah paling menjanjikan di dunia untuk pengembangan panas bumi generasi berikutnya.<sup>1</sup>*

Selama bertahun-tahun, lembaga di Indonesia telah menetapkan target untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan dalam bauran energi primer. Namun pekerjaan tersebut kompleks sehingga kemajuannya berlangsung perlahan.

Secara historis, Indonesia yang dikenal sebagai Negeri Zamrud Khatulistiwa bergantung pada bahan bakar fosil. Pada tahun 2000, minyak, gas, dan batu bara memasok sedikit lebih dari 69% kebutuhan energi Indonesia. Pada 2013, angka tersebut meningkat menjadi sedikit di atas 91%.<sup>2,3</sup> Minyak pernah menjadi sumber energi utama Indonesia. Namun, ketika produksi minyak mentah terus menurun sementara konsumsi meningkat, Indonesia akhirnya harus beralih dari negara pengekspor menjadi pengimpor minyak. Pergeseran ini menimbulkan

berbagai tantangan, termasuk ketidakseimbangan perdagangan dan penurunan penerimaan negara. Pada 2005, sektor minyak dan gas masih menyumbang 28% terhadap pendapatan nasional. Sepuluh tahun kemudian, kontribusinya merosot menjadi 8,5% berdasarkan analisis berbagai sumber data oleh Institute for Essential Services Reform (IESR).<sup>4,5,6</sup> Karena itu, pemerintah memutuskan untuk meningkatkan investasi pada batu bara dan gas alam serta menetapkan regulasi dalam Kebijakan Energi Nasional<sup>7</sup> yang mendorong “pemanfaatan minimal” produk minyak bumi.<sup>8</sup> Pada 2024, batu bara menyumbang 40% dari pasokan energi primer, minyak 28,6%, dan gas 16% (**Gambar 2.1**).<sup>9</sup> Meskipun pengembangan energi terbarukan terus meningkat terutama dari bioenergi, tenaga air, dan panas bumi, kontribusinya pada 2024 baru mencapai 15,4% dalam bauran energi. Angka ini baru



sekitar dua pertiga dari target dalam Rencana Umum Energi Nasional (**Gambar 2.2**).<sup>10</sup>

Dari seluruh bauran energi terbarukan tersebut, hanya 1,5% yang berasal dari panas bumi.

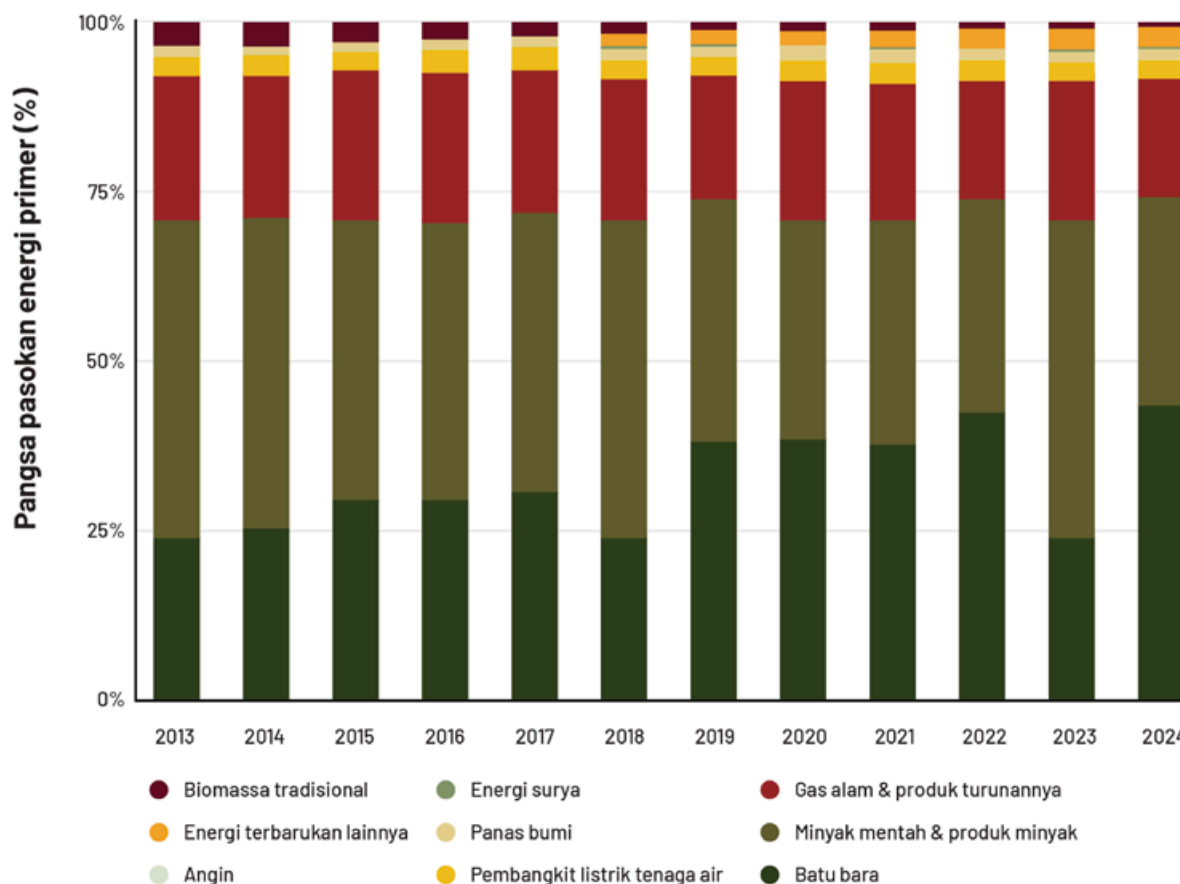
Angka ini menunjukkan peluang besar yang belum dimanfaatkan. Pemerintah memperkirakan pemanfaatan listrik panas bumi hidrotermal konvensional akan mencapai 23 gigawatt pada 2060.<sup>11</sup> Namun, estimasi terbaru dari Project InnerSpace dan International Energy Agency (IEA) menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi teknis sebesar 2.160 gigawatt yaitu 94 kali lebih besar dari potensi 23 gigawatt yang telah diidentifikasi untuk panas bumi generasi berikutnya pada kedalaman hingga 5 kilometer di luar kawasan lindung. Potensi ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu wilayah paling menjanjikan di dunia untuk pengembangan panas bumi.<sup>12</sup>

(Lihat Bab 1, “Panas bumi 101: Gambaran Umum tentang Teknologi dan Aplikasi Panas Bumi Terbaru” dan lampiran Bab 3, “Memperluas Cakupan: Peluang Pengembangan Geotermal Generasi Baru.”)

Sayangnya, berbagai hambatan membuat pemanfaatan potensi tersebut semakin sulit untuk diwujudkan:

- Beragam kebijakan nasional menetapkan target energi terbarukan yang berbeda termasuk pengembangan panas bumi konvensional namun tidak ada peta jalan yang jelas untuk mencapainya.
- Indonesia memiliki sumber daya panas bumi untuk aplikasi direct use dan teknologi generasi berikutnya yang jumlahnya 100 kali lebih besar dibandingkan panas bumi konvensional. Sumber daya ini dapat secara signifikan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, meningkatkan kualitas udara dan

## CAMPURAN ENERGI ANTARA 2013 DAN 2024 BERDASARKAN SEKTOR



Gambar 2.1: Pangsa bauran energi primer berdasarkan jenis pembangkitan energi antara 2013 dan 2024. Sumber: Diadaptasi dari Ministry of Energy and Mineral Resources. (2025). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*. Government of Indonesia.



## TARGET RENCANA UMUM ENERGI NASIONAL (RUEN) PER SEKTOR VS REALISASI CAMPURAN ENERGI

Sektor	Aspek	Target 2025	Realisasi 2024	Realisasi 2023
Listrik	% Bauran Energi Terbarukan	31.8%	17.7%	18.4%
	% Energi Terbarukan Langsung	12.8%	13.8%	13.5%
Transportasi	% Elektrifikasi	0.3%	0.1%	0.1%
	% Energi Terbarukan Langsung	11.4%	9.9%	4.5%
Industry	% Elektrifikasi	24.1%	12.4%	12.7%
	% Energi Terbarukan Langsung	1.9%	1.7%	1.6%
Komersial & Rumah Tangga (Comm-HH)	% Elektrifikasi	73.3%	61.0%	59.8%

**Gambar 2.2:** Perbandingan bauran energi terbarukan menurut sektor antara penggunaan pada 2023–2024 dan target Rencana Umum Energi Nasional 2025. Comm-HH = komersial dan rumah tangga. Energi Terbarukan Langsung = aktivitas atau proses yang menggunakan sumber daya energi terbarukan secara langsung. Elektrifikasi = aktivitas atau proses yang menggunakan listrik. Sumber: Disusun oleh IESR menggunakan data dari Ministry of Energy and Mineral Resources. (2025). [Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024](#). Government of Indonesia.

ketahanan energi, serta memberikan manfaat ekonomi bagi negara. Namun belum ada struktur regulasi atau kebijakan untuk mengembangkan sumber daya ini dan tidak ada penyebutan tentangnya dalam target maupun perencanaan masa depan.

- Perencanaan terkait kebutuhan infrastruktur pendukung industri panas bumi di Indonesia masih sangat terbatas.

Bab ini membahas lanskap energi Indonesia yang kompleks serta berbagai peluang untuk memajukan pemanfaatan sumber daya panas bumi yang sangat besar di seluruh negeri.

### PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN YANG MENGATUR TRANSISI ENERGI

Dua undang-undang membentuk kerangka hukum bagi kebijakan, pengembangan, dan tata kelola energi di Indonesia saat ini, yaitu: Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007<sup>13</sup> tentang Energi, dan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009<sup>14</sup> tentang Ketenagalistrikan. (Rancangan Undang-Undang Energi Baru dan Terbarukan saat ini masih dalam proses penyusunan.<sup>15</sup>)

Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi memberikan dasar hukum bagi pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya energi. Undang-undang ini mewajibkan penyusunan Kebijakan Energi Nasional yang menetapkan tujuan jangka panjang untuk ketahanan dan keberlanjutan energi nasional. Untuk melaksanakan tujuan tersebut, pemerintah menetapkan Rencana Umum Energi Nasional yang berisi proyeksi, target, dan peta jalan untuk seluruh jenis energi, termasuk listrik, minyak, gas, batu bara, dan energi terbarukan<sup>16</sup>. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengembangkan serta mengelola seluruh implementasinya. Undang-undang ini juga menetapkan bahwa energi terbarukan, termasuk proyek pengembangan panas bumi, berhak memperoleh insentif seperti kemudahan perizinan, insentif fiskal, pembebasan pajak, dan bantuan modal.

Melanjutkan turunkan tingkat peraturan di bawah undang-undang, Kebijakan Energi Nasional dan Rencana Umum Energi Nasional menjadi dasar penyusunan Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN). RUKN diperbarui setiap lima tahun agar dapat menyesuaikan perkembangan kondisi teknoekonomi, perubahan kebijakan, dan tren energi internasional. Versi 2025 menetapkan target panas bumi dalam bauran listrik



Indonesia pada 2060 sebesar 4,9% hingga 5,2% atau sekitar 21 gigawatt hingga 23 gigawatt.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025<sup>17</sup>, yang menjadi kerangka kebijakan energi nasional berdasarkan Undang-Undang Energi panas bumi tercantum sebagai sumber pembangkitan listrik dan potensi untuk repowering pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batu bara agar dapat menghasilkan hidrogen dan amonia. Namun, peraturan tersebut tidak memuat ketentuan khusus terkait pemanfaatan panas bumi untuk kebutuhan nonlistrik atau direct use. Untuk melihat detail potensi direct use nasional, lihat Bab 4 “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung”, dan untuk melihat kesenjangan kebijakan yang perlu ditangani guna membuka potensi tersebut, lihat Bab 7 “Mengubah Potensi Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia”.

Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan<sup>18</sup>, menyediakan kerangka regulasi bagi pasar ketenagalistrikan Indonesia yang mencakup pembangkitan, transmisi, distribusi, dan penjualan listrik. Undang-undang ini mendorong pemanfaatan sumber daya energi domestik dan memperluas peran pemerintah daerah serta badan usaha dalam penyediaan listrik di wilayahnya.

Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2014 menegaskan bahwa Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral memiliki kewenangan untuk menyusun perencanaan ketenagalistrikan nasional melalui penyusunan RUKN dan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL). Kerangka ini memungkinkan badan usaha swasta berizin untuk mengoperasikan jaringan listrik mandiri yang melayani kawasan industri besar tertentu<sup>19</sup>. Untuk sektor panas bumi, ketentuan ini memungkinkan pengembang swasta memasok listrik langsung kepada pengguna captive di wilayah usahanya. Penjualan yang lebih luas ke jaringan publik tetap mengikuti perencanaan dan proses pengadaan PLN.

Sejumlah rekomendasi telah dikembangkan untuk mengklasifikasikan dan mengatur bentuk pemanfaatan panas bumi lainnya, termasuk pemanfaatan langsung (lihat Bab 7 “Mengubah Potensi Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia”).

## TARGET NET-ZERO INDONESIA

Versi terbaru Kebijakan Energi Nasional yang disusun pada September 2025, memiliki dampak berjenjang<sup>20</sup>. Dari kebijakan tersebut, ditetapkan beberapa sasaran berikut:

- **Kebijakan Energi Nasional (Dewan Energi Nasional):** Energi terbarukan ditargetkan mencapai 19% hingga 23% dalam bauran energi primer pada 2030 dan 70% hingga 72% pada 2060. Kebijakan ini juga memperkirakan emisi akan mencapai puncaknya pada 2035.<sup>21</sup>
- **Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (Kementerian ESDM):** RUKN 2024–2060 memproyeksikan porsi pembangkitan energi terbarukan mencapai 29,4% pada 2034 dan 50% pada 2060 baik pada jaringan utama di Jawa maupun jaringan mikro dan regional<sup>22</sup>. Rencana ini memperkirakan kapasitas PLTP akan mencapai 2 gigawatt pada 2035 dan 21 gigawatt pada 2060.
- **Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (PLN):** RUPTL 2025–2034 memproyeksikan pembangkitan energi terbarukan mencapai 34,3% pada jaringan on-grid wilayah Jawa pada 2034,<sup>23</sup> dengan kapasitas PLTP mencapai 5,2 gigawatt.

Untuk mencapai target 2060 dalam Kebijakan Energi Nasional, dua skenario disusun berdasarkan proyeksi pertumbuhan PDB yang sedikit berbeda.<sup>24</sup> Dalam kedua skenario tersebut, sektor energi tetap menggunakan sejumlah besar batubara, minyak, dan gas pada 2060 (lihat **Gambar 2.3**). Saat ini, pemerintah berencana melakukan retrofit pada pembangkit berbahan bakar fosil terutama PLTU dan PLTG dengan teknologi carbon capture utilization and storage. Dalam kedua skenario, kontribusi panas bumi terhadap bauran energi primer yaitu seluruh sumber energi yang digunakan diproyeksikan mencapai 5% pada 2060 naik dari 2% hari ini. Kapasitas panas bumi diproyeksikan meningkat dari 2,68 gigawatt pada 2025 menjadi antara 18 gigawatt dan 22 gigawatt pada 2060.

### Permintaan Listrik dan Bauran Energi Terbarukan

Terkait permintaan listrik, RUKN terbaru yang dirilis pada Maret 2025 memproyeksikan kebutuhan listrik



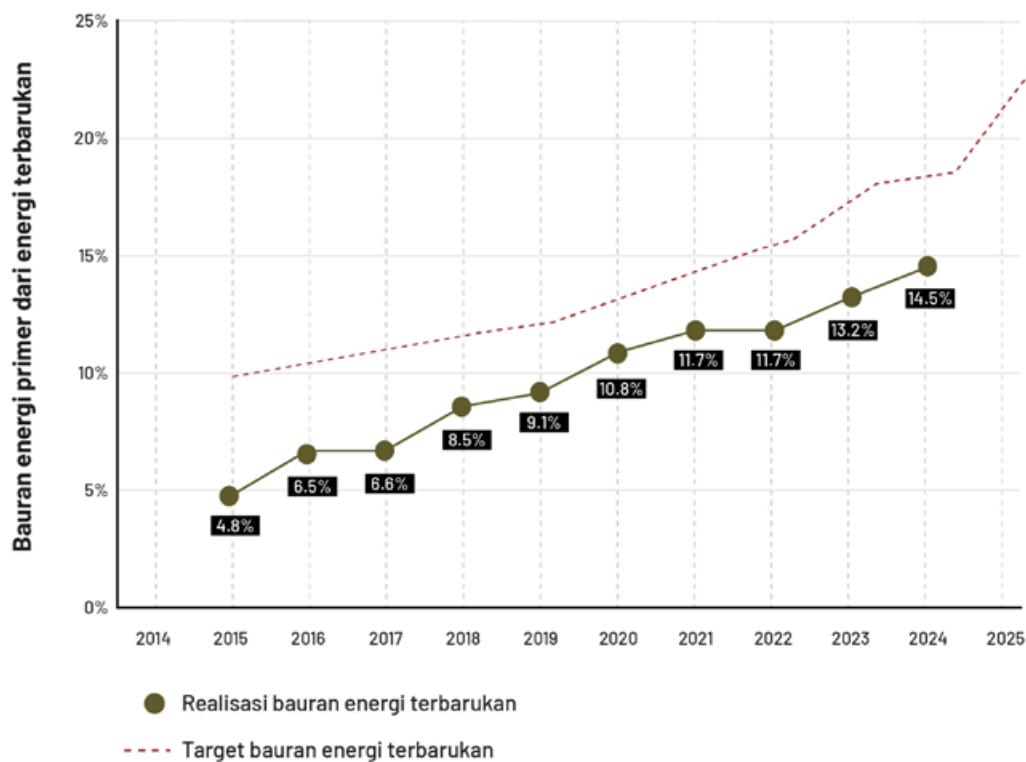
## TARGET EMISI KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL 2025

Hasil Utama	Skenario	2025	2030	2035*	2040	2050	2060
Emisi CO <sub>2</sub> (MtCO <sub>2</sub> e)	S1	877	1,017	1,069	925	676	129
	S2	954	1,184	1,242	1.086	744	129
Pangsa energi primer dari energi terbarukan (%)	S1	17	19	25	36	53	70
	S2	19	23	27	40	55	72
Permintaan listrik per kapita (kWh/kapita), termasuk captive	S1	1.896	2.346	2.920	3.328	4.444	5.038
	S2	2.231	3.075	3.957	4.809	5.994	6.526

\*Emisi diperkirakan mencapai puncaknya pada tahun 2035.

Gambar 2.3: Ringkasan target kebijakan energi nasional saat ini (emisi diperkirakan mencapai puncaknya pada 2035). CO<sub>2</sub> = karbon dioksida; kWh = kilowatt jam; MtCO<sub>2</sub>e = metrik ton setara karbon dioksida. Sumber: Diadaptasi dari International Energy Agency (IEA). (2022). [An energy sector roadmap to net zero emissions in Indonesia](#).

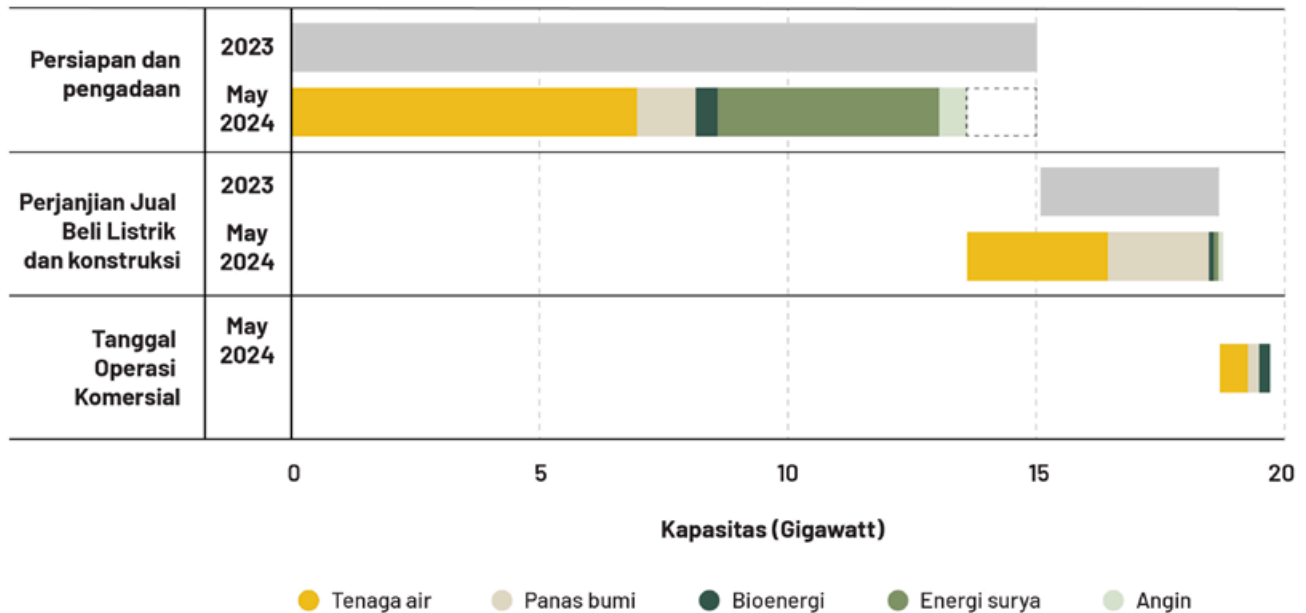
## TARGET VS REALISASI BAURAN ENERGI TERBARUKAN INDONESIA 2015-2025



Gambar 2.4: Perbandingan bauran energi terbarukan antara realisasi dan target pada 2015 hingga 2025. Sumber: Disusun oleh IESR menggunakan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2025). [Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024](#). Government of Indonesia.



## PERKEMBANGAN PROYEK ENERGI TERBARUKAN PADA 2023 DAN 2024



**Gambar 2.5:** Perkembangan pembangunan proyek energi terbarukan antara 2023 dan Mei 2024 berdasarkan jenis energi dan tahapan siklus pembangunan proyek. COD = Commercial Operation Date GW = gigawatt PPA = Power Purchase Agreement. Sumber: Siswinugraha, A. P., et al. (2024). [Indonesia energy transition outlook 2025: Navigating Indonesia's energy transition at the crossroads: A pivotal moment for redefining the future](#). IESR.

sebesar 5.038 kilowatt jam per kapita pada 2060. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, kapasitas pembangkitan perlu mencapai 443 gigawatt pada 2060 dengan 63,5% kapasitas listrik berasal dari energi terbarukan yaitu surya 24,6%, bayu 16,6%, hidro 15,9%, biomassa 1,3%, dan panas bumi 5,1%. Untuk menjaga stabilitas jaringan, proyeksi sekitar 443 gigawatt tersebut mencakup kapasitas penyimpanan energi sebesar 34 gigawatt.

Untuk kontribusi sekitar 5% dari panas bumi, kapasitas pembangkit yang diproyeksikan adalah sekitar 21 gigawatt. Pemerintah memperkirakan bahwa kapasitas tersebut akan memanfaatkan sekitar 89% dari potensi hidrotermal yang telah diidentifikasi Kementerian ESDM.<sup>25</sup> Namun, sebagaimana dijelaskan dalam lampiran Bab 3 “Memperluas Cakupan: Peluang Pengembangan Geotermal Generasi Baru”, Indonesia memiliki potensi panas bumi yang jauh lebih besar. Dengan memasukkan potensi generasi berikutnya dari hot dry rock, potensi teknis panas bumi Indonesia meningkat menjadi 2.160 gigawatt. Membuka sebagian kecil dari potensi ini akan meningkatkan proyeksi energi

secara signifikan pada setiap tahun proyeksi. Selain itu, investasi pada geothermal cooling dapat secara substansial menurunkan proyeksi permintaan energi.

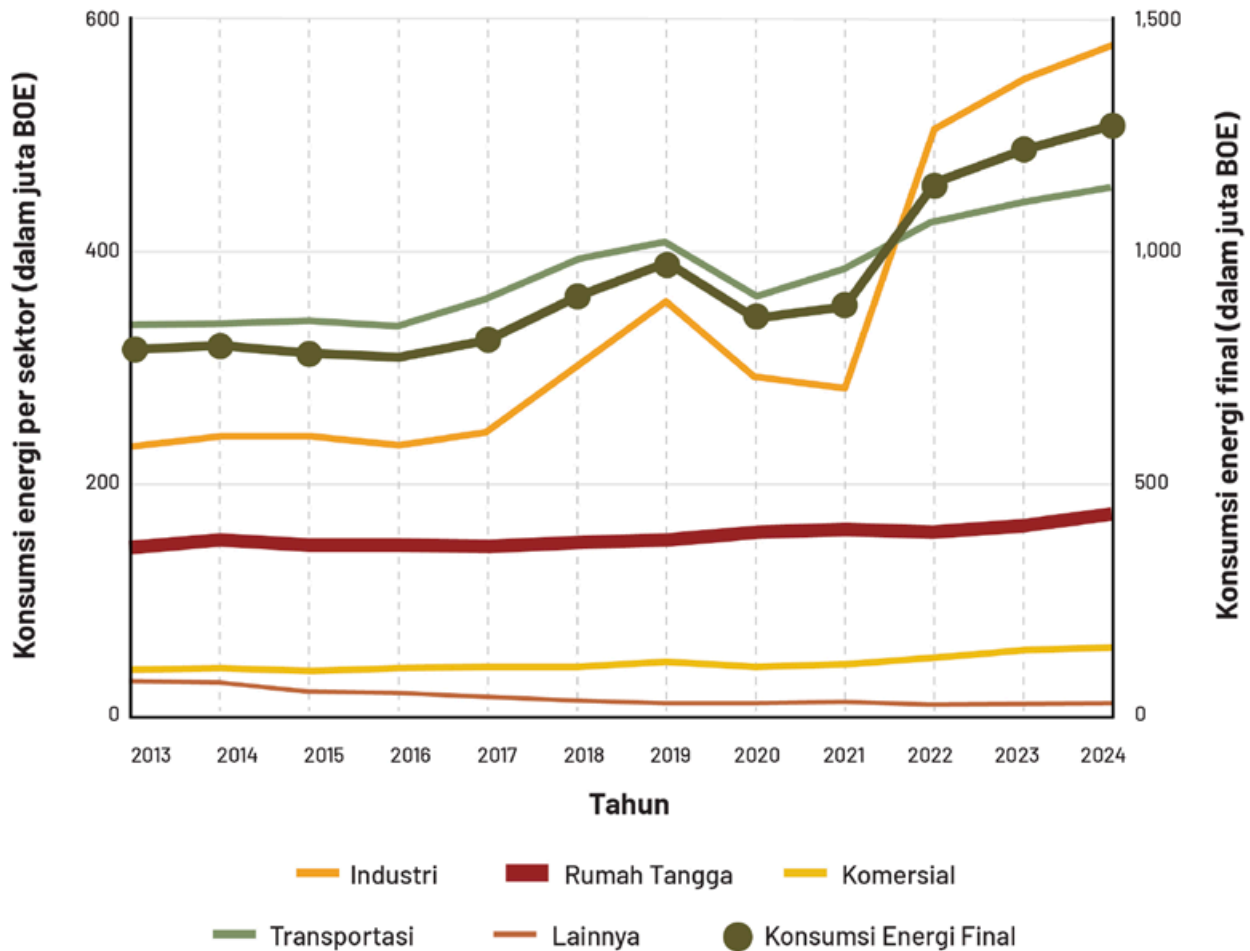
Permintaan listrik telah tumbuh pada tingkat rata-rata 4,36% per tahun sejak 2013 menurut analisis.<sup>26,27</sup> Sebagian besar permintaan tersebut berasal dari sektor komersial sebesar 3,80%, rumah tangga 5,73%, dan transportasi 10,48%.<sup>28</sup>

Namun, hingga 2024 kapasitas terpasang on-grid untuk seluruh energi terbarukan di Indonesia baru mencapai 9,2 gigawatt.<sup>29</sup> Pada tahun yang sama, proyek dengan total kapasitas 5 gigawatt masih berada pada tahap Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik (Power Purchase Agreement/PPA) dan konstruksi (**Gambar 2.5**).<sup>30</sup> **Gambar 2.5** menunjukkan tenaga air dan panas bumi mendominasi proyek energi terbarukan on-grid.

Untuk kapasitas off-grid atau jaringan mikro dan regional kapasitas energi terbarukan diperkirakan mencapai 4,7 gigawatt pada 2024.<sup>31</sup> Bioenergi dan tenaga air



## KONSUMSI ENERGI MENURUT SEKTOR, 2013-2024



**Gambar 2.6:** Konsumsi energi sektoral dan energi final Indonesia pada 2013 hingga 2024 berdasarkan sektor. BOE = barrel of oil equivalent. Sumber: Disusun oleh IESR menggunakan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). [Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2023](#). Government of Indonesia; Ministry of Energy and Mineral Resources. (2025). [Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024](#). Government of Indonesia.

mendominasi pemanfaatan energi terbarukan pada pembangkit listrik off-grid.<sup>32</sup> Meskipun ini merupakan kemajuan yang baik, kesenjangan yang harus dipenuhi masih sangat besar untuk mencapai target perencanaan sektor ketenagalistrikan sebesar 37 gigawatt pada 2030.

### PERTUMBUHAN KONSUMSI PADA SEKTOR PEMANAS PEMANFAATAN LANGSUNG: PELUANG BESAR

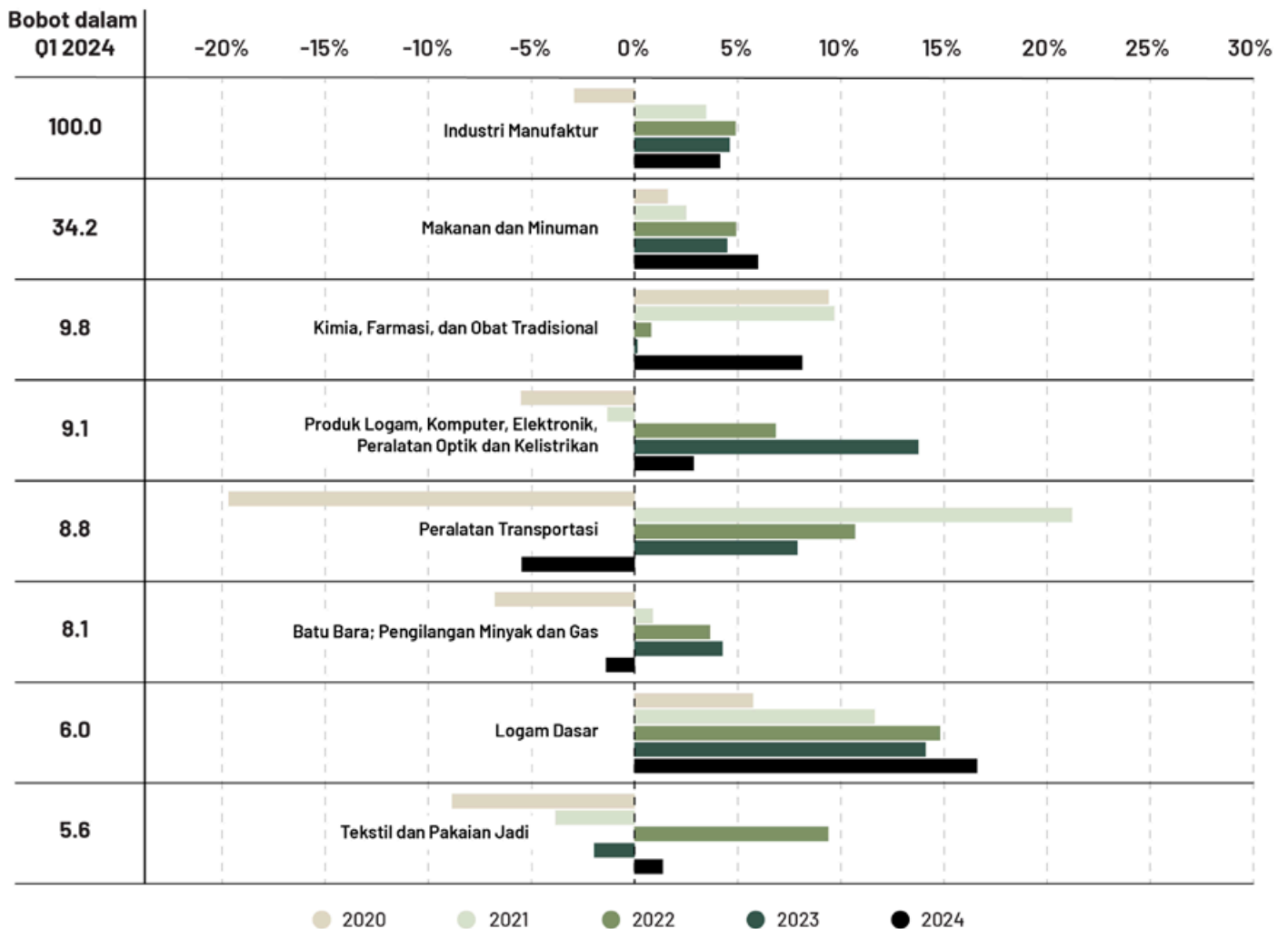
Sejak 2016, konsumsi energi di Indonesia tumbuh pada tingkat rata-rata 6,35% per tahun kecuali pada masa awal pandemi COVID-19 (**Gambar 2.6**). Setelah masa

awal pandemi, Indonesia mengalami lonjakan tajam lebih dari 30% dalam konsumsi energi.

Di sektor industri, pertumbuhan konsumsi energi memiliki tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 4,6%.<sup>33</sup> Pertumbuhan ini terutama didorong oleh industri logam dasar serta industri makanan dan minuman (**Gambar 2.7**). Industri kimia, farmasi, dan obat tradisional juga mengalami peningkatan. Subsektor-subsektor ini dikenal sebagai industri dengan intensitas energi tinggi yang membutuhkan uap dan panas bertekanan tinggi untuk mendukung proses inti mereka. Saat ini, sebagian besar kebutuhan tersebut dipenuhi oleh batu bara (lihat



## PERTUMBUHAN KONSUMSI DI SEKTOR INDUSTRI, 2020-2024



**Gambar 2.7:** Pertumbuhan sektor industri dan subsektornya antara 2020 dan kuartal pertama 2024. Bobot pada kuartal I 2024 menunjukkan ukuran subsektor di bawah industri manufaktur. Sumber: Ravindo, M. D. (2024). *Premature deindustrialization in Indonesia (?)*. Institute for Economic and Social Research (LPEM), Faculty of Economics & Business (FEB), University of Indonesia; CEIC. (n.d.). [Indonesia](#).

**Gambar 2.8).** Selain itu, sebagaimana dijelaskan dalam Bab 4 “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung”, sektor pertanian dan produk susu, pulp dan kertas, serta tekstil juga sangat bergantung pada kebutuhan uap dan panas.

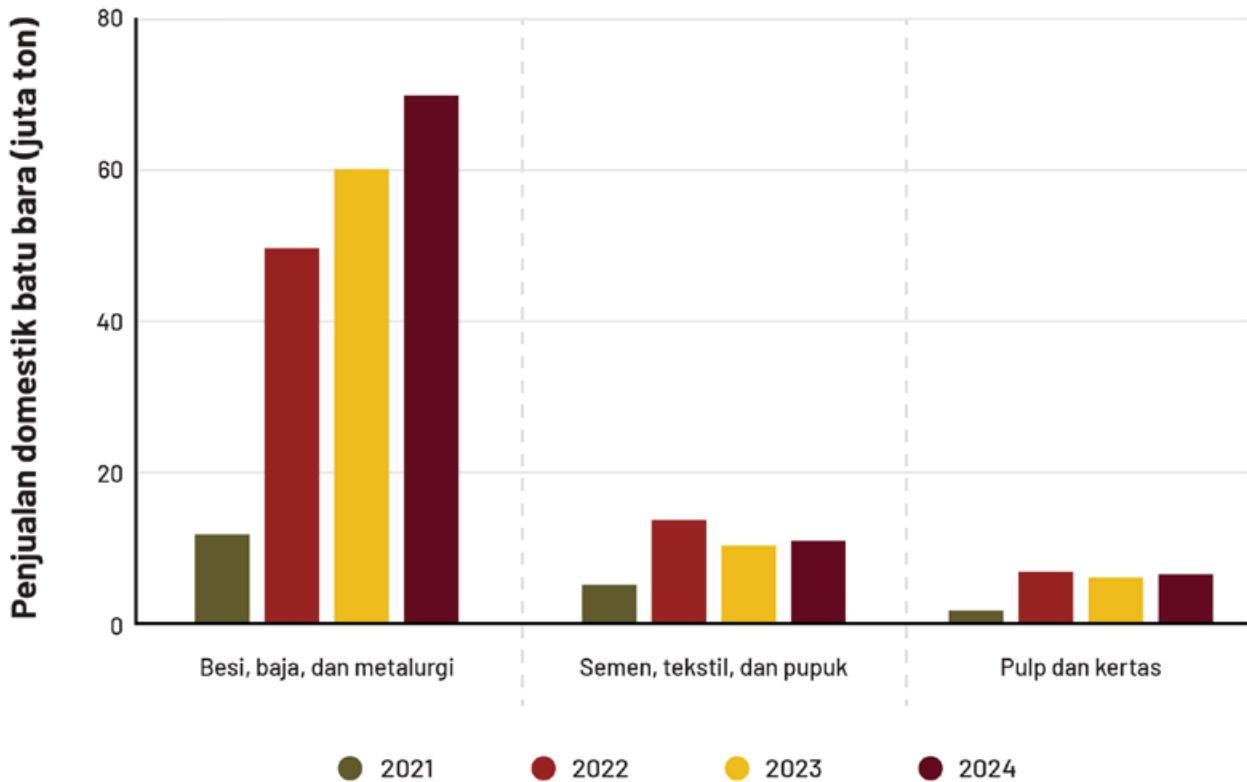
Di sektor industri Indonesia saat ini, pemanfaatan energi terbarukan bergantung pada penggunaan biofuel dan biomassa industri yang secara keseluruhan mencakup 10% dari konsumsi energi final sektor industri pada 2024.<sup>34</sup> Di industri tekstil serta makanan

dan minuman, energi surya dan biomassa banyak disebut sebagai solusi dalam upaya dekarbonisasi.

Namun, yang tidak tercakup dalam jalur dekarbonisasi kementerian adalah pemanfaatan langsung panas bumi, sebuah sumber energi yang sebenarnya telah digunakan di sektor ini selama beberapa tahun. Statistik terbaru dari Kementerian ESDM menunjukkan bahwa pemanfaatan langsung panas bumi baru tercatat sebesar 6 gigawatt jam sejak 2022, jumlah yang sangat kecil dalam konteks industri.<sup>35</sup> Meski demikian,



## KONSUMSI BATU BARA PER INDUSTRI, 2021-2024



**Gambar 2.8:** Konsumsi batu bara menurut industri antara 2021 dan 2024. Sumber: Disusun oleh IESR menggunakan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2025). [Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024](#). Government of Indonesia.

beberapa peneliti memperkirakan bahwa angkanya mendekati 12 gigawatt jam. Jika menggunakan angka tersebut, Indonesia berada pada peringkat ke-74 dari 88 negara dalam pemanfaatan langsung panas bumi, peringkat yang tidak berubah sejak laporan pertama pada 1999.<sup>36,37</sup>

Melihat sumber daya dan potensi pemanfaatan langsung panas bumi di Indonesia (lihat Bab 4 “Melampaui Listrik: Kebutuhan Energi Termal dan Potensi Pemanfaatan Langsung”), peluangnya sangat besar, terutama bagi industri seperti pertanian dan produk susu, pulp dan kertas, serta tekstil. Sebagaimana diuraikan dalam Bab 4, sebanyak 89,8% permintaan panas untuk pemanasan proses di industri manufaktur, pendinginan dan penyimpanan dingin, serta HVAC di sektor permukiman dan komersial berpotensi dipenuhi oleh panas bumi pada 2050. Penting dicatat, pada 2050 seluruh kebutuhan panas proses sektor pulp dan kertas diproyeksikan

dapat dijangkau oleh panas bumi, dan bahkan saat ini seluruh kebutuhan panas industri tekstil berada di bawah 100°C sehingga dapat sepenuhnya beralih ke panas bumi sekaligus menurunkan biaya bahan bakar dan meningkatkan produktivitas industri. Pemanfaatan potensi ini dapat memberikan penghematan biaya yang signifikan bagi pelaku usaha dengan menggantikan bahan bakar impor yang mahal menggunakan energi panas bumi yang stabil dan tersedia di dalam negeri, sehingga meningkatkan daya saing dan produktivitas industri.

**Dengan tambahan kapasitas 25 gigawatt listrik dari panas bumi pada 2045, porsi energi terbarukan dalam sektor ketenagalistrikan dapat mencapai 67% atau hampir 19% lebih tinggi daripada jalur Kementerian ESDM saat ini.<sup>38,39</sup>**



## PEMBANGKIT LISTRIK DAN POTENSI PANAS BUMI GENERASI BERIKUTNYA

Selain pemanfaatan langsung, Indonesia memiliki sejumlah sektor lain terutama yang membutuhkan energi panas dan listrik yang dapat memanfaatkan sumber daya panas bumi Indonesia dan kemajuan teknologi panas bumi generasi berikutnya.<sup>40</sup> Teknologi ini termasuk engineered geothermal systems (EGS) dan advanced geothermal systems (AGS) yang memungkinkan industri panas bumi memperluas pemanfaatannya melampaui sumber daya hidrotermal konvensional dan memanfaatkan panas dari *hot dry rock*. (Lihat Bab 1 “Panas Bumi 101 Gambaran Umum tentang Teknologi dan Aplikasi Panas Bumi Terbaru” dan Bab 3 “Di Dasar Kepulauan Sistem Geotermal Konvensional Indonesia.”)

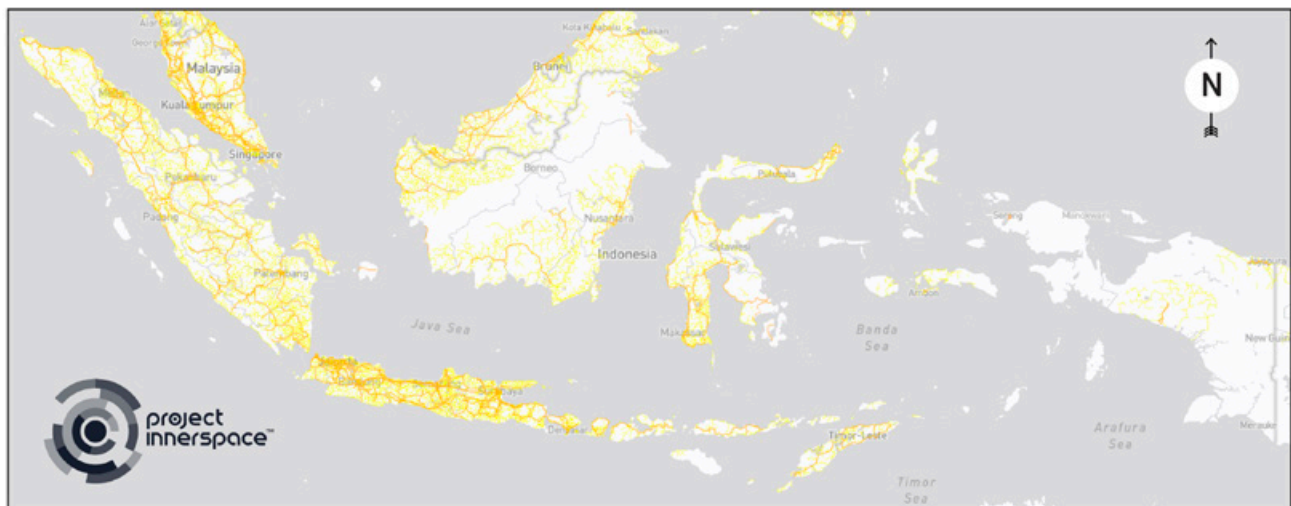
Seperti disebutkan sebelumnya, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional memproyeksikan porsi pembangkitan energi terbarukan sebesar 29,4% untuk on-grid dan off-grid pada 2034 dengan kapasitas pembangkit panas bumi sebesar 6,7 gigawatt.<sup>41</sup> Rencana tersebut juga menyatakan bahwa pada 2060 pemerintah berencana memanfaatkan 96%

potensi panas bumi konvensional yaitu 23,7 gigawatt. Pulau Jawa tetap menjadi pusat proyek ini diikuti oleh Sumatra, Kepulauan Nusa Tenggara, Sulawesi, Kepulauan Maluku, dan Bali yang semuanya berada di atas formasi *Ring of Fire*.

Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik memproyeksikan bauran energi terbarukan nasional mencapai 34,3% on-grid pada 2034 dengan kapasitas pembangkit panas bumi sebesar 5,2 gigawatt.<sup>42</sup> Dokumen ini juga membatasi perusahaan penyedia tenaga listrik untuk membangkitkan, menyalurkan, dan mendistribusikan listrik hanya dalam wilayah usaha yang telah ditetapkan. Namun, rencana tersebut belum menyediakan peta jalan pengembangan dan tidak mempertimbangkan potensi panas bumi generasi berikutnya yang sangat besar.

Sebaliknya, jika potensi teknis panas bumi Indonesia yang sangat melimpah dikembangkan dan kebijakan pendukung diterapkan, dalam 10 tahun Indonesia dapat membangun 15 gigawatt listrik panas bumi baseload dan 15 gigawatt panas bumi termal jauh lebih cepat daripada rencana saat ini. Pada 2045, kapasitas tersebut dapat

## JARINGAN KELISTRIKAN INDONESIA



500 km  
300 mi

Jalur listrik Tegangan menengah  
Jalur listrik Tegangan tinggi

**Gambar 2.9:** Jaringan transmisi Indonesia yang menyoroti interkoneksi di Jawa serta jaringan-jaringan kecil yang terisolasi di pulau-pulau lainnya. HV = high voltage MV = medium voltage. Sumber: Arderne, C., Zorn, C., Nicolas, C. & Koks, E. E. (2020). *Predictive mapping of the global power system using open data*. *Scientific Data*, 7, 19; OpenStreetMap contributors. (2023). *Planet OSM*; OpenStreetMap. (n.d.). *OpenStreetMap*.



meningkat menjadi 25 gigawatt listrik dan 35 gigawatt panas. (Lihat Bab 7, “Bab 7, Mengubah Potensi Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia”) Dengan tambahan kapasitas 25 gigawatt listrik dari panas bumi pada 2045, porsi energi terbarukan dalam sektor ketenagalistrikan dapat mencapai 67% atau hampir 19% lebih tinggi daripada jalur Kementerian ESDM saat ini.<sup>43</sup>

## HAMBATAN DALAM PENGEMBANGAN PEMBANGKIT DAN PEMANFAATAN LANGSUNG

Indonesia menghadapi sejumlah hambatan untuk mencapai target tersebut. Seperti disebutkan sebelumnya, saat ini tidak ada struktur kebijakan atau regulasi yang memuat jalur pemanfaatan langsung panas bumi. Indonesia juga menghadapi ketidakpastian regulasi, perizinan, dan harga kompleksitas birokrasi serta kebijakan tata guna lahan yang saling tumpang tindih.<sup>44</sup> Pengembangan panas bumi dapat sangat mahal tanpa dukungan dan pembiayaan yang tepat dan perhitungan levelized cost of energy juga menjadi tantangan dalam beberapa tahun terakhir. Negara ini juga memiliki sedikit rencana untuk mengatasi kebutuhan infrastruktur guna mendukung perluasan pemanfaatan panas bumi.

### Keandalan Jaringan Listrik

Karena karakter geografisnya sebagai negara kepulauan, jaringan listrik Indonesia terfragmentasi. Saat ini jaringan interkoneksi hanya ada antara Pulau Jawa, Madura, dan Bali. Jaringan Jawa merupakan yang paling maju dan paling terhubung di Indonesia; jaringan ini memiliki dua saluran transmisi listrik bertegangan tinggi yang membentang dari bagian timur hingga barat pulau dengan kapasitas masing-masing 500 kilovolt. Sistem berikutnya yang paling maju berada di Sumatra dengan saluran transmisi berkapasitas 275 kilovolt yang menghubungkan wilayah utara dan selatan pulau tersebut. Sementara itu, jaringan listrik di pulau lain seperti Kalimantan, Sulawesi, dan Papua masih terisolasi dan beroperasi secara mandiri (lihat **Gambar 2.9**).

Gagasan “tidak ada transisi tanpa transmisi” menggambarkan kondisi Indonesia saat ini. Terdapat ketidaksesuaian antara wilayah dengan potensi energi terbarukan yang sangat besar dan wilayah

dengan permintaan energi tertinggi. Menurut estimasi Kementerian ESDM tahun 2021, hampir 98% pasokan energi terbarukan berada di luar Jawa<sup>45</sup>, tetapi pada 2024 sekitar 68% konsumsi listrik nasional berada di Jawa.<sup>46</sup> Temuan ini tidak mengejutkan mengingat pulau tersebut merupakan wilayah terpadat di Indonesia dan menjadi pusat industri yang sangat intensif energi.<sup>47</sup>

Tanpa pembangunan infrastruktur, Indonesia tidak akan mencapai target transisi energinya. Menurut rencana terbaru, PLN berencana membangun hampir 48.000 kilometer jaringan transmisi baru serta 108.000 gardu listrik di seluruh Indonesia.<sup>48</sup> Infrastruktur ini juga akan mendukung interkoneksi antarpulau dan koneksi internal di dalam pulau.

PLN memperkirakan bahwa US\$35 miliar diperlukan untuk membangun seluruh infrastruktur tersebut dalam 10 tahun ke depan. Dengan tingkat pengembalian hanya sekitar 2% hingga 4%, pembangunan jaringan transmisi dan distribusi secara finansial tidak menarik sehingga diperlukan sumber pembiayaan alternatif. Jumlah investasi sebesar itu tidak mungkin ditanggung PLN hanya dari anggarannya sendiri.<sup>49</sup>

### Tingginya Biaya Pembangunan

Pembangunan pembangkit listrik panas bumi membutuhkan modal yang besar karena prosesnya panjang dan kompleks, mulai dari eksplorasi hingga operasi. Di Indonesia, kondisi geografis dan ketidakseimbangan kekuatan jaringan listrik semakin meningkatkan biaya eksplorasi panas bumi. Keterbatasan data juga menambah ketidakpastian dan risiko.<sup>50</sup>

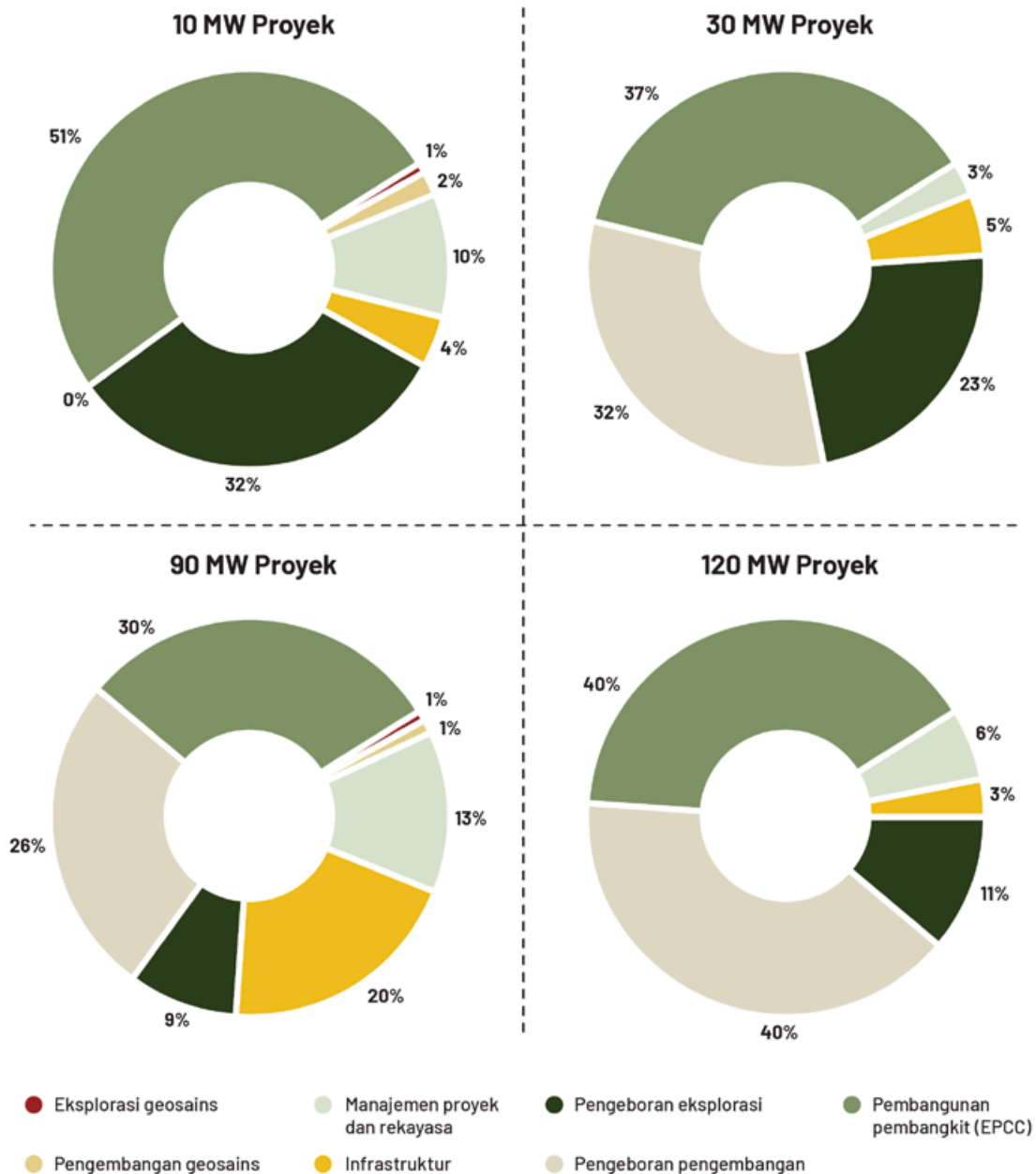
Membangun pembangkit listrik panas bumi berkapasitas antara 50 megawatt dan 100 megawatt dapat memakan waktu 5 hingga 10 tahun, dengan tingkat kompleksitas yang tinggi pada setiap tahap.<sup>51,52,53</sup> (Lihat Bab 6, “Mencari Titik Temu: Membangun Kepercayaan dan Transparansi dalam Transisi Energi Indonesia,” dan Bab 8, “Harmoni dalam Panas: Melindungi Alam dan Komunitas dalam Generasi Berikutnya dari Pengembangan Panas Bumi” untuk penjelasan lebih lanjut). Pengeboran sumur eksplorasi, produksi, dan reinjeksi mencakup antara 35% hingga 46% dari total biaya investasi pengembangan panas bumi.<sup>54</sup> Proses termahal berikutnya adalah pembangunan fasilitas permukaan, termasuk desain



dan ukuran atau optimasi turbin uap yang spesifik pada lokasi.<sup>55,56</sup> Untuk pengembangan panas bumi konvensional, komposisi kimia fluida panas bumi yang bersifat korosif seperti hidrogen sulfida dan karbon dioksida turut mempersulit desain turbin uap.<sup>57,58</sup>

Empat proyek panas bumi dengan kapasitas pembangkitan berbeda dibangun antara 2016 dan 2019. Biaya pengeboran untuk proyek-proyek ini bervariasi antara 32% hingga 55% dari total biaya (lihat **Gambar 2.10**).<sup>59</sup> Berdasarkan tinjauan terhadap 203 sumur yang

## BIAYA PROYEK PANAS BUMI DI INDONESIA, 2016-2019



**Gambar 2.10:** Struktur biaya pembangunan pembangkit listrik panas bumi di Indonesia antara 2016 dan 2019 yang menunjukkan bahwa biaya pengeboran mencakup antara 32% hingga 55% dari total biaya proyek. Sumber: Purwanto, E. H., Suwarno, E., Hakama, C., Pratama, A. R., & Herdiyanto, B. (2021). *An updated statistic evaluation of drilling performance, drilling cost and well capacity of geothermal fields in Indonesia*. In *Proceedings World Geothermal Congress 2020+1*. Reykjavik, Iceland.



diselesaikan antara 2011 dan 2019, biaya pengeboran berkisar antara US\$1,3 juta hingga US\$18 juta.<sup>60</sup>

Selain itu, memperkirakan biaya pembangunan pembangkit listrik panas bumi di Indonesia dengan menggunakan *levelized cost of energy* (LCOE) dapat menjadi rumit akibat asumsi keuangan yang terlalu rendah. Dengan menggunakan metode perhitungan LCOE sederhana,<sup>61</sup> Institute for Essential Services Reform (IESR) menelaah data keuangan dari dokumen Kementerian ESDM yang diterbitkan pada 2017,<sup>62</sup> 2021,<sup>63</sup> dan 2024<sup>64</sup> (**Gambar 2.11**). Semua nilai rekomendasi tampak lebih rendah ketika menggunakan data dari versi dokumen yang lebih lama.<sup>65</sup> Namun, data terbaru dari laporan *Technology Data for the Indonesian Power Sector* milik Kementerian ESDM menunjukkan nilai LCOE yang tampak lebih selaras dengan proyek-proyek baru yang mulai beroperasi. Laporan Kementerian ESDM tersebut juga memuat koreksi signifikan terhadap perkiraan belanja modal dan biaya operasional.<sup>66</sup> Perkiraan biaya operasional dalam dokumen 2024 meningkat hingga enam kali lipat, dan belanja modal meningkat 25% dibandingkan perkiraan tahun 2017. Perubahan ini wajar mengingat inflasi serta meningkatnya biaya tenaga kerja terampil dan komponen teknologi.

Karena adanya ketidakpastian pada angka-angka tersebut yang dapat berujung pada ketidakpastian biaya proyek panas bumi di Indonesia para pengembang perlu melakukan analisis biaya dan risiko secara menyeluruh. Pembuat kebijakan juga perlu memperkuat mekanisme dukungan mitigasi risiko. Laporan *Technology Data for the Indonesian Power Sector* dari Kementerian ESDM merupakan rujukan utama bagi banyak kajian sektor ketenagalistrikan di Indonesia dan sering digunakan untuk mendukung penyusunan peta jalan serta regulasi nasional. Oleh karena itu data tersebut seharusnya menjadi acuan penting bagi calon investor ketika menilai peluang khususnya untuk proyek panas bumi. Menariknya nilai LCOE rekomendasi yang dihitung sebagai estimasi rata-rata atau estimasi sentral secara konsisten terlihat lebih rendah jika menggunakan data finansial dari versi laporan yang lebih lama.

Dalam laporan terbaru IEA berjudul *The Future of Geothermal Energy* ditemukan bahwa LCOE panas bumi generasi berikutnya dalam skenario biaya rendah dapat turun hingga sekitar US\$50 per megawatt jam pada

2035 dan sekitar US\$30 per megawatt jam pada 2050.”

<sup>67</sup> Laporan tersebut juga menyatakan bahwa LCOE tidak mempertimbangkan dampak dan interaksi dalam sistem tenaga listrik sehingga bukan indikator yang andal untuk menilai daya saing ketika membandingkan teknologi dengan karakteristik operasional yang sangat berbeda terutama antara pembangkit firm dan pembangkit terbarukan variabel. Dengan kata lain LCOE cenderung meremehkan nilai tambah panas bumi seperti bersih dapat diandalkan tidak memiliki biaya bahan bakar dan menyediakan layanan pendukung jaringan.<sup>68</sup> Analisis IEA menemukan bahwa setelah mempertimbangkan manfaat tersebut panas bumi menjadi lebih kompetitif dibandingkan pembangkit surya PV dan angin pada 2035.”<sup>69</sup>

## MENGATASI HAMBATAN PELUANG PANAS BUMI

Untuk memperlancar pengembangan panas bumi pada awal 2025 pemerintah mulai merevisi regulasi pemanfaatan tidak langsung panas bumi yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 2017. Revisi ini mencakup tujuh belas isu untuk dipertimbangkan termasuk perubahan skema lelang mineral ikutan dari kegiatan panas bumi serta jaminan pemulihan lingkungan.<sup>70</sup> Revisi tersebut diperkirakan terbit pada Desember 2025.<sup>71</sup>

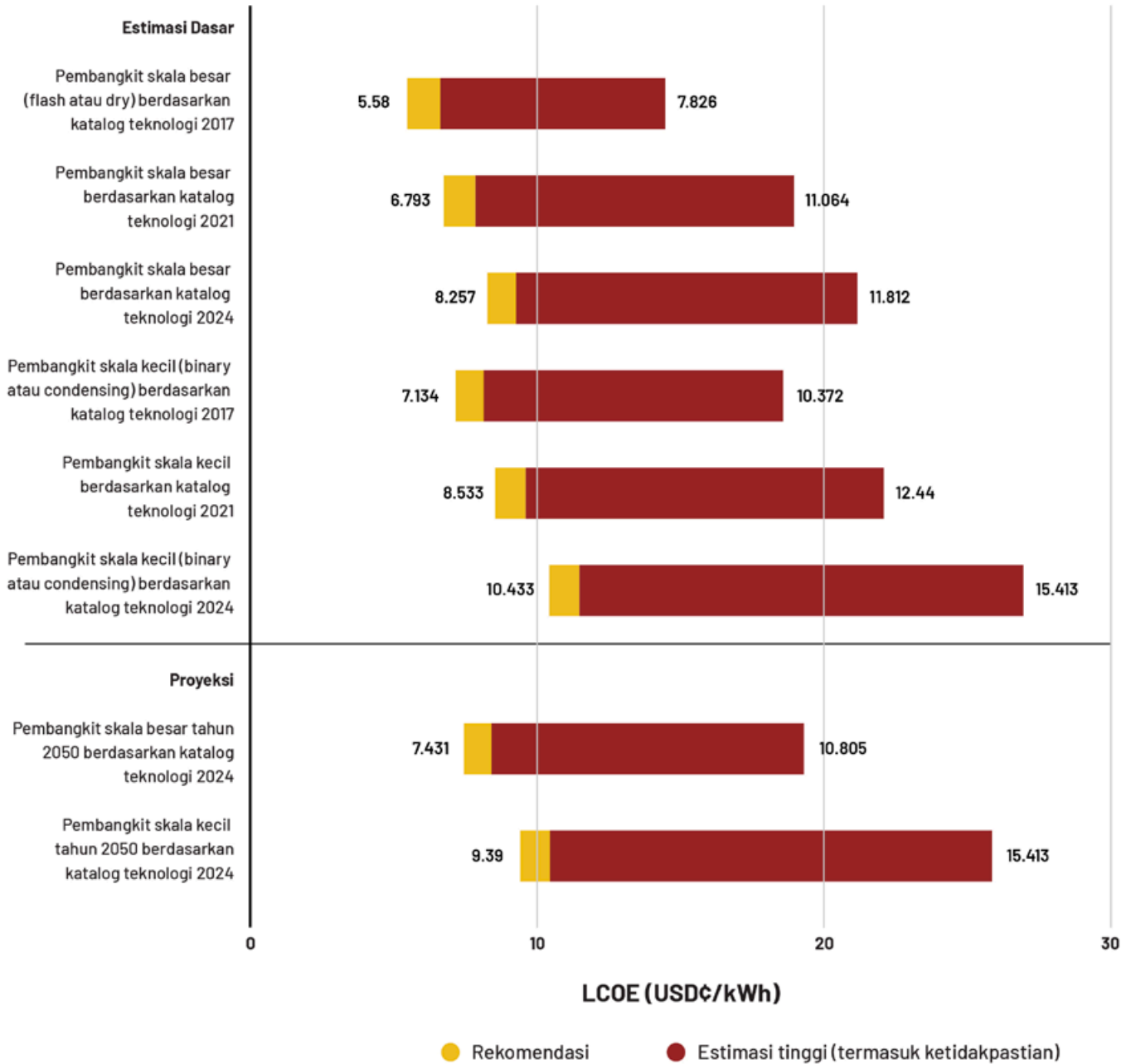
### Alih Fungsi Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pada 2022 pemerintah menerbitkan regulasi yang memberikan dasar hukum bagi transisi dari bahan bakar fosil khususnya batu bara. Regulasi ini mewajibkan Kementerian ESDM untuk menyusun peta jalan pengakhiran operasi PLTU,<sup>72</sup> dan mengatur bahwa PLTU dapat digantikan oleh pembangkit berbasis energi terbarukan untuk menjaga keandalan pasokan listrik.<sup>73</sup> (Regulasi tersebut juga memperkenalkan tarif batas atas baru sesuai lokasi dan jenis energi terbarukan.) Regulasi tersebut juga memuat ketentuan dukungan dan insentif pemerintah untuk pengembangan panas bumi antara lain pada tahap eksplorasi sebagai berikut:<sup>74</sup>

- Penunjukan badan layanan umum atau BUMN untuk mengumpulkan data panas bumi tambahan
- Penunjukan pengembang untuk melakukan survei pendahuluan dan eksplorasi dengan imbalan hak memadankan dalam lelang Wilayah Kerja Panas Bumi



## ESTIMASI LCOE PEMBANGKIT LISTRIK PANAS BUMI, 2017-2024



**Gambar 2.11:** Perkiraan levelized cost of electricity (LCOE) untuk pembangkit listrik panas bumi skala kecil dan skala besar. kWh = kilowatt jam. Sumber: Institute for Essential Services Reform (IESR), menggunakan metodologi dari Bintang, H. M. (2023). [Making energy transition succeed: A 2023's update on the levelized cost of electricity \(LCOE\) and levelized cost of storage \(LCOS\)](#). IESR. Additional data from Ea Energy Analyses. (2017). [Technology data for the Indonesian power sector: Catalogues for generation and storage of electricity](#); Ea Energy Analyses. (2021). [Technology data for the Indonesian power sector: Catalogue for generation and storage of electricity](#); Ea Energy Analyses. (2024). [Technology data for the Indonesian power sector: Catalogue for generation and storage of electricity](#).



- Langkah langkah untuk mengurangi risiko proyek bagi pelaku usaha dan kontraktor panas bumi
- Fasilitas pembiayaan

Regulasi tersebut juga mensyaratkan penggunaan proses lelang dengan batas waktu. PLN juga secara tidak langsung ditugaskan untuk membeli listrik dari pembangkit panas bumi guna memastikan adanya offtaker dan mengurangi ketidakpastian tarif.<sup>75</sup>

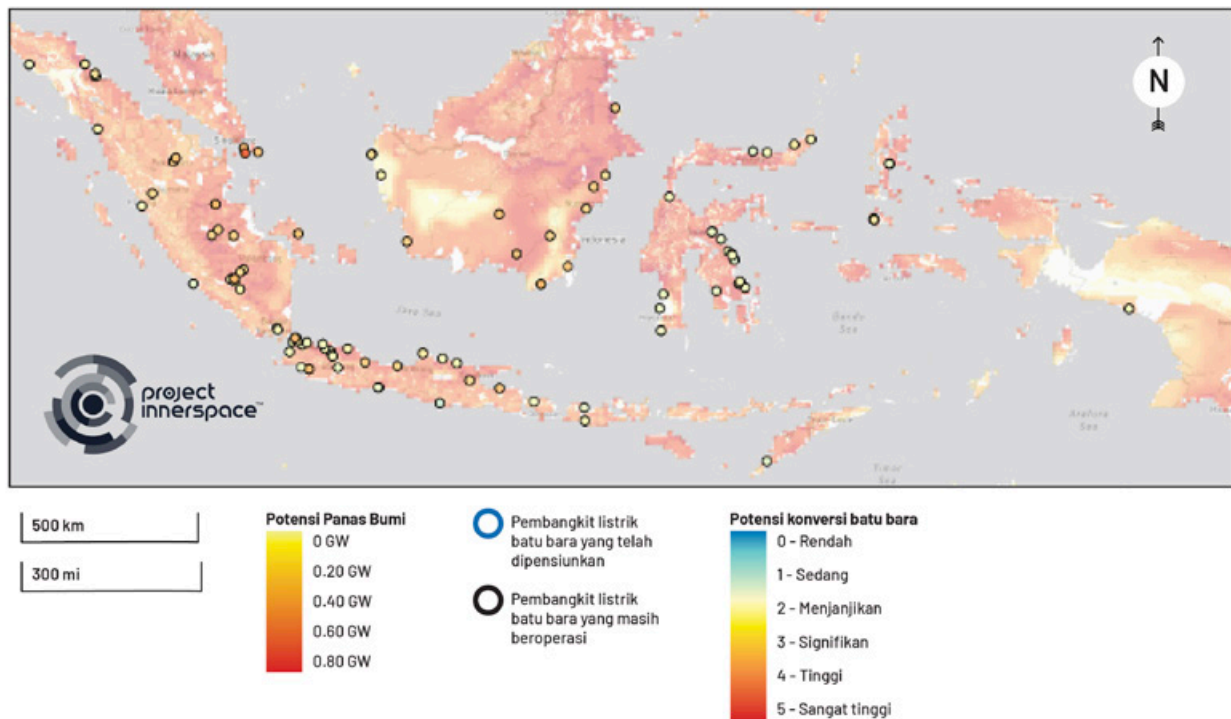
Regulasi lainnya yaitu Peraturan Menteri ESDM Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan (Road Map) Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan memberikan dasar hukum bagi sektor ketenagalistrikan untuk bertransisi dari ketergantungannya pada batu bara dan emisi gas rumah kaca. Strategi untuk mencapai target tersebut meliputi retrofit pembangkit fosil percepatan pengembangan energi terbarukan variabel penambahan kapasitas pembangkitan berbasis energi baru dan terbarukan produksi hidrogen hijau atau amonia hijau peningkatan infrastruktur jaringan

melalui kapasitas yang lebih besar dan teknologi smart grid serta percepatan pengakhiran operasi PLTU.<sup>76</sup> (Lihat Rekomendasi Nomor 2 dalam Bab 7, “Mengubah Potensi Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia,” untuk penjelasan lebih lanjut.)

Semua strategi tersebut relevan bagi panas bumi. Teknologi panas bumi generasi berikutnya memungkinkan PLTU tidak hanya diretrofit tetapi juga dialihfungsikan menjadi pembangkit listrik panas bumi dengan mengganti komponen boiler batu bara dengan siklus uap air panas bumi.

Sebagai langkah awal pengembang dapat membangun fasilitas panas bumi di dekat PLTU. Ada potensi untuk memanfaatkan air limbah PLTU guna menciptakan mengisi dan mengoperasikan reservoir EGS.<sup>77</sup> Pendekatan serupa juga dapat diterapkan pada percepatan pengakhiran operasi PLTU khususnya di Jawa dan Sumatra dua wilayah dengan potensi panas

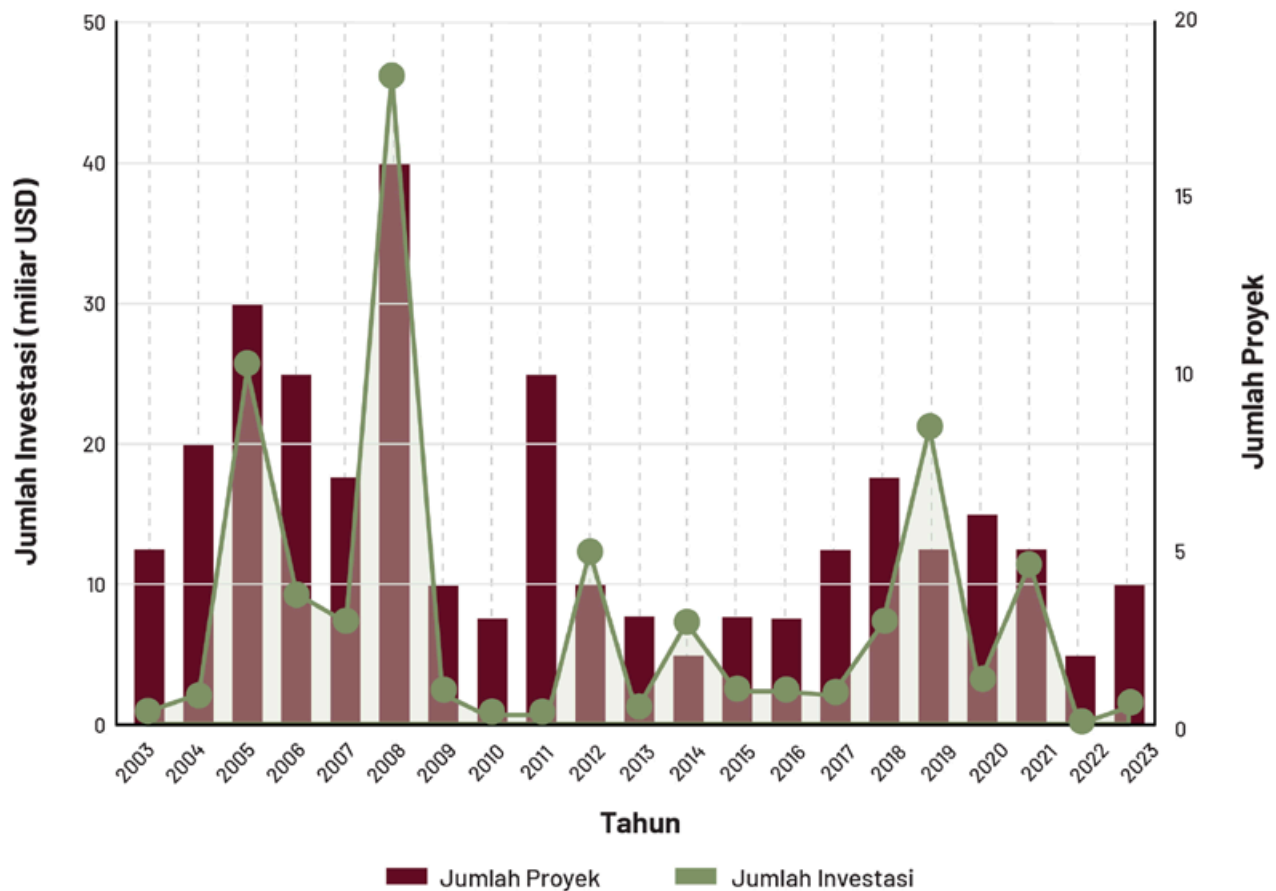
## FASILITAS BATU BARA YANG BERADA DI ATAS SUMBER DAYA PANAS BUMI



**Gambar 2.12:** Peta yang menunjukkan potensi panas bumi kumulatif antara kedalaman 0 meter hingga 5.000 meter dengan batas suhu 150 derajat Celsius sebagai ambang minimum untuk pembangkitan listrik yang ditampilkan bersama lokasi pembangkit listrik tenaga uap batu bara serta tingkat kesesuaiannya untuk dikonversi menjadi pembangkit panas bumi. Sumber: Project InnerSpace. (n.d.). [Today's Power Potential GW 5000m](#) [Power Generation Module]. GeoMap; Project InnerSpace. (n.d.). [Coal Plant WOA](#) [Indonesia



## INVESTASI DAN PROYEK MINYAK DAN GAS, 2003–2023



Gambar 2.13: Total nilai investasi dan jumlah proyek di sektor minyak dan gas Indonesia dari 2003 hingga 2023. Sumber: Baker Hughes. (n.d.). [Rig count overview and summary count](#).

bumi yang sangat besar (lihat **Gambar 2.12**).<sup>78</sup> Data bahkan menunjukkan bahwa dua PLTU tertua di Indonesia yaitu Suralaya dan Bukit Asam memiliki potensi besar untuk dikonversi menjadi pembangkit listrik panas bumi.

### Panas Bumi untuk Produksi Hidrogen Hijau

Sumber daya panas bumi juga dapat dimanfaatkan untuk memproduksi hidrogen hijau. Peta jalan Kementerian ESDM memperkirakan bahwa panas bumi saat ini hanya dapat menghasilkan sekitar 4,6 ton hidrogen per tahun karena asumsi bahwa sebagian besar potensi panas bumi saat ini akan habis digunakan untuk pembangkitan listrik.<sup>79</sup> Estimasi baru untuk potensi panas bumi generasi berikutnya yaitu 2.160 gigawatt mengubah asumsi tersebut. Penelitian juga menunjukkan bahwa panas bumi dapat digunakan untuk memproduksi hidrogen hijau melalui proses termolisis

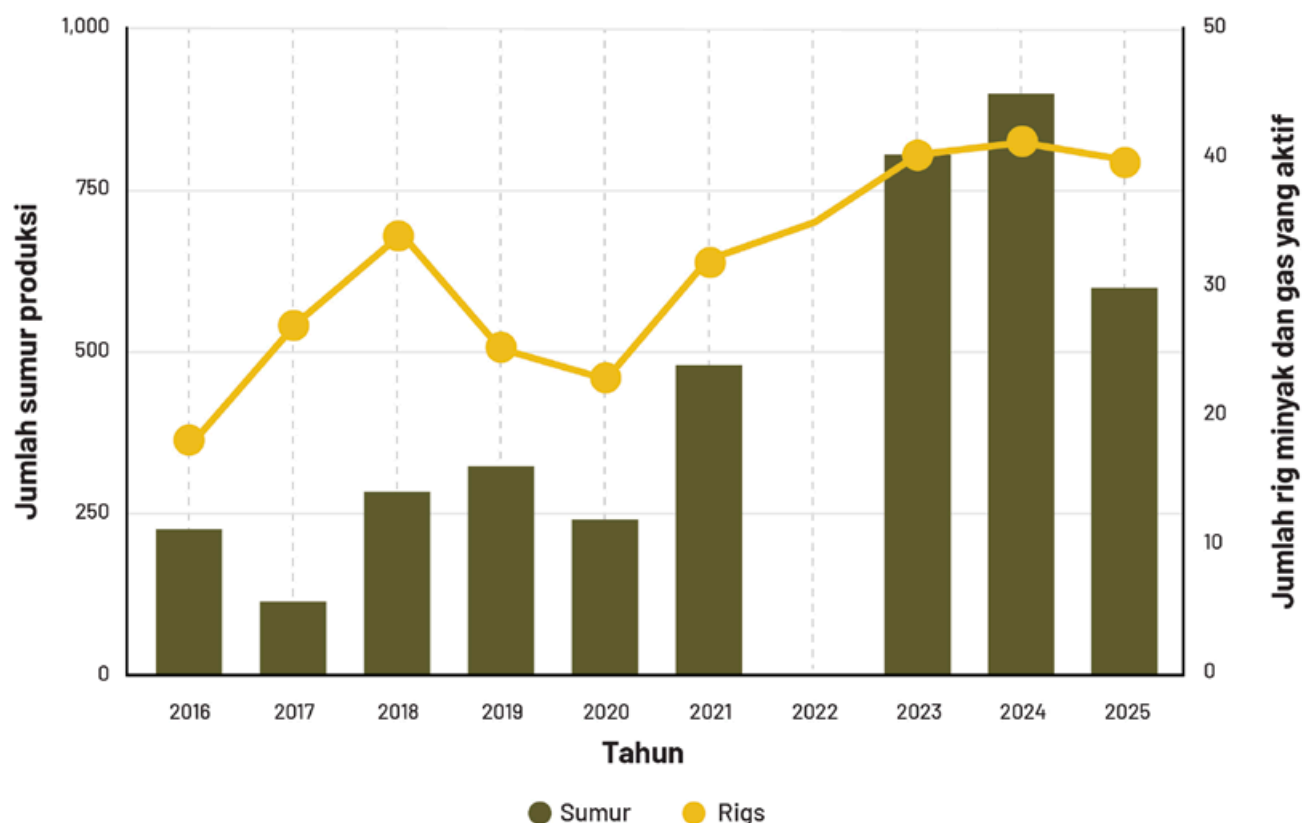
dan pemanfaatan langsung uap.<sup>80</sup> Sejak awal 2024, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Kamojang telah mengoperasikan fasilitas percontohan hidrogen hijau yang menghasilkan sekitar 4,3 ton hidrogen per tahun dengan tingkat kemurnian dilaporkan mencapai 99,9%.<sup>81</sup>

### Panas Bumi untuk Pusat Data

Menggabungkan pusat data dengan sumber daya panas bumi dapat menyediakan listrik rendah karbon yang stabil dan langsung dari sumbernya. Analisis terbaru di Amerika Serikat menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat menurunkan biaya listrik rata-rata antara sekitar 31% dan 45% dibandingkan model pusat data yang bergantung pada jaringan.<sup>82</sup> Indonesia berada pada posisi yang baik untuk memimpin perubahan ini. Hingga Mei 2023, PLN melayani 128 pelanggan pusat data dengan beban hampir 1 gigawatt, dan permintaan diproyeksikan mencapai 4



## SUMUR PRODUKSI DAN RIG AKTIF, 2016-2025



Gambar 2.14: Jumlah sumur eksploitasi dan rig minyak dan gas aktif di Indonesia antara 2016 dan 2025 data hingga Agustus 2025 untuk sumur dan Juli 2025 untuk rig. Data sumur 2022 tidak tersedia. Sumber: Baker Hughes. (n.d.). [Rig count overview and summary count](#).

gigawatt pada 2033<sup>83</sup> serta berpotensi meningkat lebih cepat seiring perkembangan kecerdasan buatan. PLN memperkirakan bahwa kebutuhan listrik pusat data di Indonesia dapat mencapai dua hingga tiga kali lebih tinggi dari proyeksi saat ini.<sup>84</sup> GeoMap menunjukkan zona panas bumi yang menjanjikan di bawah koridor utama seperti Jakarta, Purwakarta, Surabaya, Batam, dan Medan sehingga memungkinkan pembangkitan listrik behind the meter dan pendinginan berbasis panas bumi di dekat simpul serat optik dan kawasan industri. Dengan menerapkan kebijakan yang tepat dan sistem generasi berikutnya, Indonesia dapat membangun infrastruktur digital yang bersih dan andal. (Lihat rekomendasi #3 dalam Bab 7, “Mengubah Potensi Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia,” untuk informasi lebih lanjut.)

### Kemitraan dengan Industri Minyak dan Gas

Proses yang digunakan dalam industri minyak dan gas di Indonesia seperti rig pengeboran untuk eksplorasi dan eksploitasi sumur, pompa, well pad, penukar panas, dan peralatan lain memiliki banyak kesamaan dengan pengembangan energi panas bumi.<sup>85</sup> Kesamaan tersebut meliputi peluang untuk memanfaatkan kembali aset industri minyak dan gas seperti sensor sumur dalam, perangkat pemetaan geofisika, teknologi stimulasi reservoir, dan teknologi pengelolaan reservoir untuk mencapai batuan metamorf panas atau batuan sedimen panas bagi pengembangan generasi berikutnya.<sup>86</sup> Di antara seluruh teknologi energi terbarukan, panas bumi memiliki kesesuaian teknis dan kesamaan tenaga kerja yang paling kuat dengan industri minyak dan gas karena keduanya mengandalkan keahlian bawah permukaan,



praktik pengeboran, dan infrastruktur yang serupa.<sup>87,88</sup>

Dalam upaya meningkatkan kinerja produksi minyak dan gas, sebanyak 39 rencana pengembangan lapangan dan inisiatif serupa untuk eksplorasi dan produksi hidrokarbon disetujui pada 2023.<sup>89</sup> Pekerjaan berkelanjutan juga dilakukan untuk mengoptimalkan sumur pengembangan, workover, dan kegiatan pemeliharaan sumur.<sup>90</sup> Hingga Agustus 2025, terdapat 599 sumur pengembangan yang telah dibor oleh 28 rig minyak, 2 rig gas, dan 10 rig lainnya yang beroperasi di Indonesia.<sup>91</sup> Angka ini berada di luar 799 sumur yang dibor pada 2023 dan 899 sumur yang dibor pada 2024 (**Gambar 2.14**).<sup>92</sup> (Untuk informasi lebih lanjut mengenai panas bumi dan industri minyak dan gas, lihat Bab 5, “Dari Sumur ke Sumur: Mengoordinasikan Kelembagaan Indonesia dan Tenaga Kerja Migas untuk Transisi Panas Bumi.”)

## REKOMENDASI

Rekomendasi berikut dapat membantu Indonesia mengatasi berbagai hambatan yang disebutkan dalam bab ini.

### Melakukan Survei dan Kajian

Melihat besarnya potensi panas dan kapasitas pembangkitan yang ditawarkan oleh teknologi panas bumi generasi berikutnya, pemerintah perlu memimpin survei langsung dan kajian ekonomi kemudian memasukkan temuan tersebut dalam edisi laporan teknologi berikutnya sebagai rujukan bagi investor.

### Menjembatani Kesenjangan Kelayakan Ekonomi

Pemerintah dapat membantu menjembatani kesenjangan antara tingkat pengembalian yang diharapkan pengembang dan keterjangkauan konsumen yang dilindungi oleh tarif batas atas dengan memfasilitasi akses pembiayaan berbiaya rendah serta mekanisme dukungan seperti pendanaan kesenjangan kelayakan. Pemerintah dapat memprioritaskan proyek di wilayah yang peningkatan akses listriknya dapat mendorong pertumbuhan ekonomi. (Lihat Bab 7 “Mengubah Potensi Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia” untuk rekomendasi lebih lanjut.)

Strategi berikut dapat membantu menurunkan biaya pengembangan pembangkit:

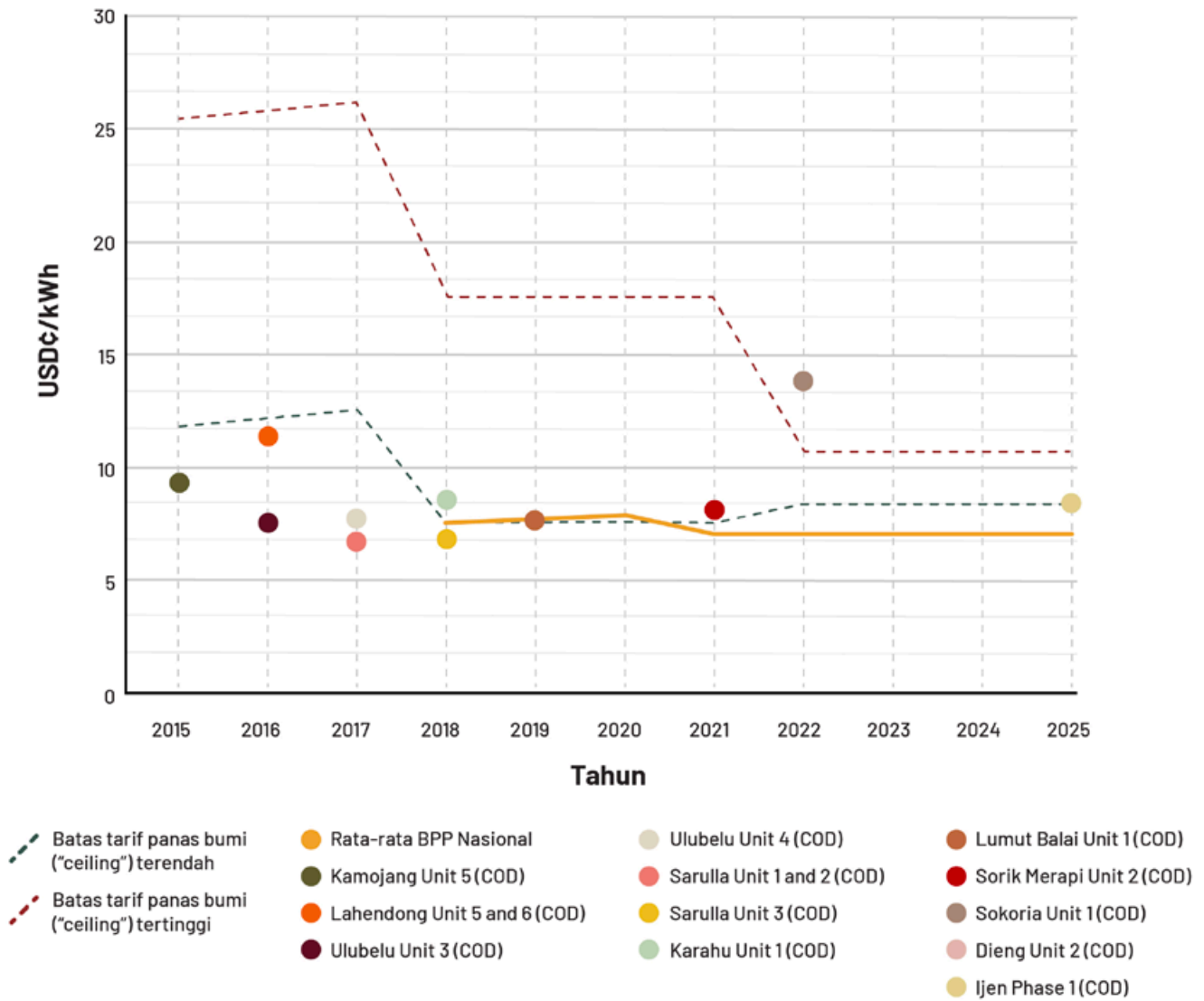
- Mengizinkan perpanjangan kontrak jangka panjang dan atau berkuantitas besar tanpa proses tender baru.
- Melaksanakan kampanye pengeboran yang luas dan berkelanjutan dalam satu Wilayah Kerja Panas Bumi.
- Memungkinkan pengembang memiliki rig pengeboran dan layanan pengeboran.

Sebuah studi global yang dilakukan oleh International Finance Corporation menemukan bahwa semakin banyak sumur yang dibor semakin tinggi tingkat keberhasilannya karena setiap sumur yang dibor meningkatkan pemahaman mengenai ukuran dan lokasi sumber daya.<sup>93</sup> Peningkatan jumlah program pengeboran dan kemajuan teknologi juga akan mengurangi waktu pengembangan biaya investasi dan tingkat pembiayaan. Seiring berlanjutnya eksplorasi data yang lebih kaya akan tersedia sehingga dapat membantu mendefinisikan arketipe sumber daya panas bumi dan data tersebut juga dapat digunakan untuk merancang turbin yang dapat beroperasi dalam rentang kondisi tertentu. Penerapan desain turbin uap standar bahkan hanya untuk lima unit dapat menghasilkan penghematan biaya yang signifikan.<sup>94</sup> Strategi ini mungkin tidak menjadi solusi tunggal tetapi analisis menunjukkan perlunya pengembangan basis data pengeboran panas bumi promosi transparansi dan pertukaran data di antara pengembang standardisasi kegiatan pengeboran dan persyaratan pelaporan serta pembaruan kajian secara berkala untuk menangkap tren dan menerapkan teknologi pengeboran terbaru. Lihat Bab 7 untuk informasi lebih lanjut tentang langkah-langkah pengembangan industri dan penurunan biaya.

Menyeimbangkan pencapaian target pengembangan panas bumi dengan kebutuhan untuk mempertahankan minat investor tanpa berdampak signifikan terhadap keterjangkauan listrik tetap menjadi tantangan inti di Indonesia. Mencapai keseimbangan ini memerlukan kolaborasi erat antara pemerintah pelaku industri dan para pemangku kepentingan lainnya untuk mengatasi hambatan yang terus berulang termasuk risiko eksplorasi lamanya waktu pengembangan isu penerimaan publik dan kekurangan tenaga kerja terampil. Faktor faktor ini akan sangat menentukan kelayakan ekonomi jangka panjang proyek panas bumi di Indonesia.



## TARIF PERJANJIAN JUAL BELI LISTRIK (PPA) PANAS BUMI DI BAWAH SKEMA OFFTAKE PLN



**Gambar 2.15:** Tarif PPA yang dilaporkan dari beberapa pembangkit listrik panas bumi yang diamankan PLN dibandingkan dengan dua rezim tarif nasional (Peraturan Menteri ESDM 17/2014 dan 50/2017) dan rata-rata biaya pokok penyediaan listrik nasional (Keputusan Menteri ESDM 1772 K/20/MEM/2018, 55 K/20/MEM/2019, dan 169.K/HK.02/MEM.M/2021). BPP = biaya pokok penyediaan listrik nasional. Sumber: Prima, B. (2019, April 25). [The investment value of the Dieng and Patuha Unit II PLTP project reached US \\$300 million](#). Kontan; Arifenie, F. N. (2011, March 12). [PLN signs electricity PPA for six power plants](#). Kontan; MedcoEnergi Geothermal. (2023). [Geothermal power plant project Ijen Bondowoso: Livelihood restoration plan](#); Lesmana, A., Winofa, N. C., Pratama, H. B., Ashat, A., & Saptadji, N. M. (2020). [Preliminary financial modelling with probabilistic approach for geothermal development project in Indonesia](#). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 417, 012024; Arifenie, F. N. (2012, April 29). [PLN to sign 11 geothermal PPAs](#). Kontan; Meilanova, D. R. (2021, July 28). [Sorik Marapi Geothermal Power Plant Unit II is operational, saving PLN Rp100 billion per year](#). Bisnis.



***Tren penurunan tarif batas atas panas bumi sejalan dengan tujuan pemerintah untuk memperluas pemanfaatan energi terbarukan sekaligus menjaga keterjangkauan listrik bagi masyarakat. Namun masih terdapat kesenjangan signifikan antara tarif tersebut dan biaya pokok penyediaan listrik yang tetap sangat rendah akibat dominasi pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batu bara bersubsidi. Biaya dasar yang rendah ini secara efektif menjadi tolok ukur harga bagi seluruh pembangkit energi terbarukan yang sedang dikembangkan. Meskipun tarif yang rendah mendukung keterjangkauan, tarif yang terlalu rendah berisiko mengurangi minat investor terutama ketika dukungan kebijakan belum memadai. Setelah diterbitkannya Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 beberapa pengembang menyampaikan kekhawatiran bahwa keuntungan investor akan menjadi sangat kecil.***

## KESIMPULAN

Meskipun Indonesia memiliki potensi panas bumi yang sangat besar pemanfaatannya masih sangat rendah. Dari sekitar 2.168 gigawatt total potensi panas bumi konvensional dan generasi berikutnya lihat Bab 3 “Di Dasar Kepulauan: Sistem Geotermal Konvensional Indonesia” dan lampirannya “Memperluas Cakupan: Peluang Pengembangan Geotermal Generasi Baru” hanya 2,68 gigawatt potensi konvensional yang telah dikembangkan untuk pembangkitan listrik.<sup>95</sup> Untuk pemanfaatan langsung Indonesia saat ini baru menghasilkan 2,37 megawatt panas meskipun memiliki potensi yang sangat besar.<sup>96</sup> Selain itu dalam perencanaan jangka panjang pemanfaatan panas bumi masih berfokus pada pembangkitan listrik.

Indonesia memiliki seluruh elemen untuk membangun industri panas bumi yang berkembang dan memanfaatkan sumber dayanya yang sangat besar untuk mencapai target iklim sekaligus membuka jalan baru bagi tenaga kerja domestik. Namun Indonesia berada pada titik penentu dalam ambisinya untuk mencapai net zero pada 2060. Meskipun sumber daya panas bumi melimpah tantangan struktural masih menghambat pengembangan energi terbarukan. Berbagai rencana seperti Rencana Umum Energi Nasional Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional dan Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 telah menyediakan kerangka pendukung tetapi kecepatan integrasi panas bumi tetap lambat.

Untuk menutup kesenjangan ini dan sebagaimana dijelaskan lebih lanjut dalam Bab 7 “Mengubah Potensi

### **Tarif dan PLN:**

***Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tarif batas atas masih didasarkan pada kapasitas dan faktor lokasi namun dengan kisaran tarif antara 8,42 sen Amerika Serikat per kilowatt jam hingga 10,74 sen Amerika Serikat per kilowatt jam. Dalam satu dekade terakhir sebagai satu satunya pembeli listrik panas bumi PLN berhasil mengamankan perjanjian jual beli listrik untuk sejumlah proyek dengan harga sekitar 80% lebih rendah dari tarif batas atas yang berlaku dengan beberapa pengecualian (lihat Gambar 2.15).***

Menjadi Kekuatan: Cetak Biru Kebijakan untuk Transformasi Panas Bumi Indonesia” Indonesia dapat menetapkan pengembangan panas bumi sebagai prioritas nasional dalam strategi energi jangka panjangnya. Dengan potensi yang luar biasa panas bumi dapat dikembangkan tidak hanya untuk pembangkitan listrik tetapi juga untuk pemanasan industri pusat data produksi hidrogen dan berbagai bentuk pemanfaatan langsung lainnya yang dapat membuka manfaat ekonomi dan lingkungan yang luas. Dengan mempercepat pengembangan panas bumi Indonesia tidak hanya dapat mengurangi ketergantungan pada batu bara tetapi juga mewujudkan sistem energi rendah karbon yang lebih tangguh. Dalam prosesnya energi panas bumi dapat menjadi fondasi transisi energi Indonesia yang adil dan berkelanjutan memastikan ketahanan energi sekaligus selaras dengan target net-zero. Indonesia berpeluang tampil sebagai pemimpin dunia dalam teknologi dan aplikasi panas bumi generasi berikutnya.



## REFERENSI

- 1 International Energy Agency (IEA). (2024). The future of geothermal energy. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>
- 2 Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR). (2013). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2013*. Government of Indonesia. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-2013-997ndnz.pdf>
- 3 Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR). (2014). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2014*. Government of Indonesia. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-2014-it06jkm.pdf>
- 4 International Monetary Fund (IMF). (2007). *Indonesia: 2007 Article IV consultation—staff report; staff statement; public information notice on the executive board discussion; and statement by the executive director for Indonesia*. <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2016/12/31/Indonesia-2007-Article-IV-Consultation-Staff-Report-Staff-Statement-Public-Information-21250>
- 5 International Monetary Fund (IMF). (2018). *Indonesia: 2017 Article IV consultation—press release; staff report; and statement by the executive director for Indonesia*. <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2018/02/06/Indonesia-2017-Article-IV-Consultation-Press-Release-Staff-Report-and-Statement-by-the-45614>
- 6 International Monetary Fund (IMF). (2024). *Indonesia: 2024 Article IV consultation—press release; staff report; and statement by the executive director for Indonesia*. <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2024/08/07/Indonesia-2024-Article-IV-Consultation-Press-Release-Staff-Report-and-Statement-by-the-553165>
- 7 Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR). (2014). *Government regulation No. 79 of 2014 on national energy policy*. Government of Indonesia. <https://jdih.esdm.go.id/common/dokumen-external/PP%20No.%2079%20Thn%202014%20%28Terjemahan%29.pdf>
- 8 Arinaldo, D., & Adiatma, J. C. (2019). *Indonesia's coal dynamics: Toward a just energy transition*. Institute for Essential Services Reform. <https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2019/08/Indonesias-Coal-Dynamics-Toward-a-Just-Energy-Transition.pdf>
- 9 Analysis by IESR using data from Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR). (2025). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*. Government of Indonesia. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2024.pdf>
- 10 Analysis by IESR using data from MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 11 Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR). (2025). *National Electricity General Plan 2024–2060*. Government of Indonesia. [https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download\\_index/files/0b68e-250602r0-rukun-ringkas-bahan-diseminasi-.pdf](https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/0b68e-250602r0-rukun-ringkas-bahan-diseminasi-.pdf)
- 12 IEA, 2024.
- 13 Audit Board of Indonesia. (2007). *Law number 30 of 2007 concerning energy*. Government of Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39928/uu-no-30-tahun-2007>
- 14 Audit Board of Indonesia. (2009). *Law number 30 of 2009 concerning electricity*. Government of Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/38767>
- 15 Rhamadanty, S. (2025, April 15). *The ups and downs of the New and Renewable Energy Bill*. Kontan. <https://industri.kontan.co.id/news/maju-mundur-pengesahan-ruu-energi-baru-terbarukan>
- 16 Institute for Essential Services Reform (IESR). (2020). *National Energy General Plan (RUEN): Existing plan, current policies implication and energy transition scenario*. [https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2020/09/RUEN\\_29\\_sept\\_2020\\_Roadmapseries\\_report\\_Web.pdf](https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2020/09/RUEN_29_sept_2020_Roadmapseries_report_Web.pdf)
- 17 Audit Board of Indonesia. (2025). *Government regulation (PP) number 40 of 2025 concerning National Energy*



- 18 Policy. Government of Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/328789/pp-no-40-tahun-2025>
- 19 Audit Board of Indonesia. (1985). *Law number 15 of 1985 concerning electricity*. Government of Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/46966>
- 20 MEMR, *National Electricity General Plan*, 2025.
- 21 Audit Board of Indonesia, *Government regulation (PP) number 40*, 2025.
- 22 Audit Board of Indonesia. (2017). *Presidential regulation (Perpres) number 22 of 2017 concerning the National Energy General Plan*. Government of Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/68772>
- 23 MEMR, *National Electricity General Plan*, 2025.
- 24 PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2025). *Dissemination of RUPTL PLN 2025-2034: Beyond the Greenest RUPTL*. [https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download\\_index/files/06524-bahan-dirut-pln.pdf](https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/06524-bahan-dirut-pln.pdf)
- 25 National Energy Council. (2025). *Energy modeling in the National Energy Policy RPP*. [https://caseforsea.org/wp-content/uploads/2025/06/02-DEN\\_Pemodelan-Energi-dalam-RPP-KEN.pdf](https://caseforsea.org/wp-content/uploads/2025/06/02-DEN_Pemodelan-Energi-dalam-RPP-KEN.pdf)
- 26 Ministry of Energy and Mineral Resources. (2024, December 17). *Geothermal energy will be the mainstay of the renewable energy mix achievement by the end of 2024*. <https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/panas-bumi-jadi-andalan-capaian-bauran-ebt-hingga-akhir-2024>
- 27 MEMR, 2024.
- 28 MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 29 MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 30 Analysis by IESR using data from MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 31 Siswinugraha, A. P., et al. (2024). *Indonesia energy transition outlook 2025: Navigating Indonesia's energy transition at the crossroads: A pivotal moment for redefining the future*. Institute for Essential Services Reform. <https://iesr.or.id/pustaka/indonesia-energy-transition-outlook-ieto-2025/>
- 32 Analysis by IESR using data from MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 33 MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 34 Government of Indonesia. (2024, February 27). *The manufacturing industry is the highest source of economic growth*. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/7998/industri-pengolahan-jadi-sumber-pertumbuhan-ekonomi-tertinggi?lang=1#:~:text=Industri%20pengolahan%20juga%20menjadi%20sumber,terjadi%20pada%202023%2C%20tentu%20melegakan>
- 35 Analysis by IESR using data from MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 36 MEMR, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2024*, 2025.
- 37 Lund, J. W., & Toth, A. N. (2021). *Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review*. *Geothermics*, 90, 101915. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.101915>
- 38 Sudarman, S., Suroto, Pudyastuti, K., & Aspiyo, S. (2000). *Geothermal development progress in Indonesia: Country update 1995–2000*. In *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000*. Kyushu-Tohoku, Japan. <https://worldgeothermal.org/pdf/IGAstandard/WGC/2000/R0669.PDF>
- 39 Nugraheny, D. E., & Ika, A. (2024, December 19). *The Ministry of Industry is developing a roadmap for industrial decarbonization, with the textile sector a priority*. Kompas.com. <https://money.kompas.com/read/2024/12/19/080000126/kemenperin-susun-peta-jalan-dekarbonisasi-industri-sektor-tekstil-jadi>
- 40 Ministry of Industry, WRI Indonesia, & Institute for Essential Services Reform (IESR). (2025). *Decarbonization roadmap: 9 national industrial sub-sectors*. <https://drive.google.com/file/d/1wD7FjhP4PGrG50L4B2cFNJkiTtL9-9eP/view>
- 41 IEA, 2024.
- 42 MEMR, *National Electricity General Plan*, 2025.



- 42 MEMR, *National Electricity General Plan*, 2025.
- 43 Several assumptions were made for the estimate: (i) Capacity factor was assumed at 80%, quoted from Ea Energy Analyses. (2024). *Technology data for the Indonesian power sector 2024: Catalogue for generation and storage of electricity*. [https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download\\_index/files/c4d42-technology-data-for-the-indonesian-power-sector-2024-annoteret-af-kb-.pdf](https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/c4d42-technology-data-for-the-indonesian-power-sector-2024-annoteret-af-kb-.pdf). (ii) Total generation for the higher geothermal capacity scenario was kept the same as in the total generation of MEMR, *National Electricity General Plan*, 2025. This was done by reducing the generation from coal.
- 44 Indonesia Investments. (2025, September 18). *Geothermal energy in Indonesia—why is it difficult to tap huge potential?* <https://www.indonesia-investments.com/business/business-columns/geothermal-energy-in-indonesia-why-is-it-difficult-to-tap-huge-potential/item9859>
- 45 Analysis by IESR using data from the Ministry of Energy and Mineral Resources. (2021). *Renewable energy potential per province*. Government of Indonesia.
- 46 Analysis by IESR using data from Perusahaan Listrik Negara. (2025). *Statistics PLN 2024*. <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2025/07/Statistik-PLN-2024-Audited-Indo-Eng-Final-Compressed-update-sheet.pdf>
- 47 Perusahaan Listrik Negara (PLN). (2025). *Dissemination of PLN's RUPTL 2025-2034*. [https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download\\_index/files/06524-bahan-dirut-pln.pdf](https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/06524-bahan-dirut-pln.pdf)
- 48 PLN, 2025.
- 49 PLN, 2025.
- 50 Hartono, I. N., Setiawan, A. D., Hidayatno, A., & Dewi, M. P. (2023). Uncertainty analysis of geothermal development projects using exploratory system dynamics modelling and analysis method. *International Journal of Technology*, 14(7), 1537–1547. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i7.6675>
- 51 Kabeyi, M. J. B., Oludolapo, A. O., & Teresa, H. (2020). Characteristics and applications of geothermal wellhead powerplants in electricity generation. In *SAIIE31 Proceedings*. South Africa. <https://www.researchgate.net/>



- [publication/348575264\\_Virtual\\_event](#)
- 52 Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2020). Viability of wellhead power plants as substitutes of permanent power plants. In *Proceedings of the 2nd African International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Harare, Zimbabwe. <https://www.ieomsociety.org/harare2020/papers/77.pdf#:~:text=The%20study%20showed%20that%20the%20wellhead%20power%20plants,but%20still%20competitive%20compared%20to%20wind%20and%20solar>
- 53 Pambudi, N. A., & Ulfa, D. K. (2024). The geothermal energy landscape in Indonesia: A comprehensive 2023 update on power generation, policies, risks, phase and the role of education. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 114008. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114008>
- 54 Lesmana, A., Winofa, N. C., Pratama, H. B., Ashat, A., & Saptadji, N. M. (2020). Preliminary financial modelling with probabilistic approach for geothermal development project in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 417, 012024. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/417/1/012024>
- 55 Akar, S., Augustine, C., Kurup, P., & Mann, M. (2018). *Global value chain and manufacturing analysis on geothermal power plant turbines*. National Renewable Energy Lab. <https://docs.nrel.gov/docs/fy18osti/71128.pdf>
- 56 Akar, S., Augustine, C., & Kurup, P. (2021). Global value chain and manufacturing analysis on geothermal power plant turbines. In C. O. Colpan, M. A. Ezan, & O. Kizilkan (Eds.), *Thermodynamic analysis and optimization of geothermal power plants* (pp. 17–41). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821037-6.00007-X>
- 57 Buzăianu, A., Csaki, I., Moțoiu, P., Leósson, K., Serghiuță, S., Arnbjornsson, A., Moțoiu, V., Popescu, G., Guðlaugsson, S., & Guðmundsson, D. (2016). Some analysis of major impact of geothermal fluid components in power plant equipment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 133, 012043. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/133/1/012043>
- 58 Finster, M., Clark, C., Schroeder, J., & Martino, L. (2015). Geothermal produced fluids: Characteristics, treatment technologies, and management options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 952–966. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.059>
- 59 Purwanto, E. H., Suwarno, E., Hakama, C., Pratama, A. R., & Herdiyanto, B. (2021). An updated statistic evaluation of drilling performance, drilling cost and well capacity of geothermal fields in Indonesia. In *Proceedings World Geothermal Congress 2020+1*. Reykjavik, Iceland. [https://www.researchgate.net/publication/353769129\\_An\\_Updated\\_Statistic\\_Evaluation\\_of\\_Drilling\\_Performance\\_Drilling\\_Cost\\_and\\_Well\\_Capacity\\_of\\_Geothermal\\_Fields\\_in\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/353769129_An_Updated_Statistic_Evaluation_of_Drilling_Performance_Drilling_Cost_and_Well_Capacity_of_Geothermal_Fields_in_Indonesia)
- 60 Erichatama, N., Purba, D., Adityatama, D. W., & Al Asy'ari, M. R. (2024). Geothermal drilling cost landscape in Indonesia: Cost trend, outlier cost, and drilling cost component. In *Proceedings the 10th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition (IIGCE) 2024*. Indonesia. [https://www.researchgate.net/publication/384893972\\_Geothermal\\_Drilling\\_Cost\\_Landscape\\_in\\_Indonesia\\_Cost\\_Trend\\_Outlier\\_Cost\\_and\\_Drilling\\_Cost\\_Component](https://www.researchgate.net/publication/384893972_Geothermal_Drilling_Cost_Landscape_in_Indonesia_Cost_Trend_Outlier_Cost_and_Drilling_Cost_Component)
- 61 His Muhammad Bintang. (2023). *Making energy transition succeed: A 2023's update on the levelized cost of electricity (LCOE) and levelized cost of storage (LCOS)*. Institute for Essential Services Reform. <https://iesr.or.id/en/pustaka/making-energy-transition-succeed-a-2023s-update-on-the-levelized-cost-of-electricity-lcoe-and-levelized-cost-of-storage-lcos/>
- 62 Ea Energy Analyses. (2017). *Technology data for the Indonesian power sector: Catalogue for generation and storage of electricity*. [https://www.ea-energianalyse.dk/wp-content/uploads/2020/02/1724\\_technology\\_data\\_indonesian\\_power\\_ector\\_dec2017-2.pdf](https://www.ea-energianalyse.dk/wp-content/uploads/2020/02/1724_technology_data_indonesian_power_ector_dec2017-2.pdf)
- 63 Ea Energy Analyses. (2021). *Technology data for the Indonesian power sector: Catalogue for generation and storage of electricity*. <https://www.ea-energianalyse.dk/wp-content/uploads/2021/03/Technology-Data-for-the-Indonesian-Power-Sector-final-1.pdf>



- 64 Ea Energy Analyses, 2024.
- 65 Lesmana et al., 2020.
- 66 Ea Energy Analyses. (2021). *Technology data for the Indonesian power sector: Catalogue for generation and storage of electricity*. <https://www.ea-energianalyse.dk/en/publications/technology-data-for-the-indonesian-power-sector/>
- 67 IEA, 2024, p. 80.
- 68 IEA, 2024, p. 82.
- 69 IEA, 2024, p. 85.
- 70 Purba, C. (2025, July 4). *Govt drafts new regulation to streamline geothermal development*. Petromindo. <https://www.petromindo.com/news/article/govt-drafts-new-regulation-to-streamline-geothermal-development>
- 71 Directorate General of New and Renewable Energy and Energy Conservation. (2025, July 3). *Public consultation on the draft amendment to Government Regulation No. 7 of 2017* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=nA-8IMX3kP8&t=8418s>
- 72 Audit Board of Indonesia. (2022). *Presidential regulation (Perpres) number 112 of 2022 concerning the acceleration of renewable energy development for electricity supply*. Government of Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/225308/perpres-no-112-tahun-2022>
- 73 Audit Board of Indonesia, 2022.
- 74 Assegaf Hamzah & Partners. (2022, September 23). *Client update: Indonesia—Presidential regulation 112: Indonesia’s commitment to renewable energy*. <https://www.ahp.id/clientalert/AHPClientUpdate-23September2022.pdf>
- 75 Assegaf Hamzah & Partners, 2022.
- 76 Audit Board of Indonesia. (2025). *Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources number 10 of 2025 concerning the roadmap for energy transition in the electricity sector*. Government of Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/317729/permen-esdm-no-10-tahun-2025>
- 77 Garrison, G., Uddenberg, M., Cladouhos, T., Petty, S., & Coleman, T. (2013). An assessment of engineered geothermal systems for water management and power production. *GRC Transactions*, 37, 155-164. <https://publications.mygeoenergynow.org/grc/1030564.pdf>
- 78 Project InnerSpace. (n.d.). *GeoMap*. <https://geomap.projectinnerspace.org/geomap/>
- 79 Directorate General of New Renewable Energy and Energy Conservation. (2025). *National hydrogen and ammonia roadmap*. Ministry of Energy and Mineral Resources, Government of Indonesia. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-peta-jalan-hidrogen-dan-amonia-nasional.pdf>
- 80 Hamlehdar, M., Beardsmore, G., & Narsilio, G. A. (2024). Hydrogen production from low-temperature geothermal energy—A review of opportunities, challenges, and mitigating solutions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 77, 742-768. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.06.104>
- 81 Kamojang Energy. (n.d.). *Hydrogen of things*. PLN Indonesia Power.
- 82 King, B., Ricks, W., Pastorek, N., & Larsen, J. (2025, March 11). *The potential for geothermal energy to meet growing data center electricity demand*. Rhodium Group. <https://rhg.com/wp-content/uploads/2025/03/The-Potential-for-Geothermal-Energy-to-Meet-Growing-Data-Center-Electricity-Demand.pdf>
- 83 Valqa, A. (2024, September 11). *Data center electricity demand to reach 12 gigawatts in 2033*. D’Expert. <https://www.dexpert.co.id/kebutuhan-listrik-data-center-di-2033-tembus-12-gigawatt>
- 84 Valqa, 2024.
- 85 IEA, 2024.
- 86 Morgan, S. (2023). *Oil and gas technology and geothermal energy development*. Congressional Research Service. <https://www.congress.gov/crs-product/R47405>



- 87 International Renewable Energy Agency. (2021). *Geothermal: The solution underneath: The value of geothermal for a clean energy transition*. Global Geothermal Alliance. <https://globalgeothermalalliance.org/-/media/Files/IRENA/GGA/Publications/Geothermal--The-Solution-Underneath.pdf>
- 88 International Energy Agency (IEA). (2024). Overview of synergies between the oil and gas and geothermal industries. In IEA, *The future of geothermal energy*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy/overview-of-synergies-between-the-oil-and-gas-and-geothermal-industries>
- 89 IEA, *Overview of synergies*, 2024.
- 90 IEA, *Overview of synergies*, 2024.
- 91 Baker Hughes. (n.d.). *Rig count overview and summary count*. <https://rigcount.bakerhughes.com/>
- 92 Rinaldi, R. (2025, July 14). *Oil & gas sector sees surge in development drilling amid energy security push*. Indonesia Business Post. <https://indonesiabusinesspost.com/4740/energy-and-resources/oil-gas-sector-sees-surge-in-development-drilling-amid-energy-security-push>
- 93 Avato, P. (2013). *Success of geothermal wells: A global study*. International Finance Corporation, World Bank Group. <https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/1-Patrick%20Avato.pdf>
- 94 Akar et al., 2018.
- 95 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>
- 96 Lund & Toth, 2021.

