



Strategi Kebijakan Dalam Memaksimalkan Pemanfaatan Potensi Panas Bumi Untuk Ketahanan Energi Dan Transisi Hijau Indonesia

Titik Wulandari

Kementerian ESDM, Indonesia

Email: titik.wulandarie9@gmail.com

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi kebijakan dalam memaksimalkan pemanfaatan potensi panas bumi Indonesia sebagai pilar ketahanan energi nasional dan percepatan transisi menuju energi hijau. Fokus utama penelitian diarahkan pada permasalahan mendasar rendahnya tingkat keberhasilan eksplorasi panas bumi, yang selama ini dipengaruhi oleh keterbatasan dan fragmentasi data geosains, sehingga meningkatkan risiko teknis dan finansial proyek. Penelitian ini menggunakan metode analisis kebijakan komprehensif melalui inventarisasi regulasi terkait, tabulasi dan komparasi data kebijakan, serta penilaian pakar untuk menentukan alternatif kebijakan paling strategis. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi Panas Bumi merupakan opsi kebijakan dengan tingkat prioritas tertinggi, ditunjukkan oleh skor 4,4, karena mampu menjawab akar permasalahan secara sistemik. Kebijakan ini dirancang untuk menyediakan data geosains dasar yang terintegrasi, sehingga berpotensi menurunkan risiko eksplorasi hingga 50 persen, mengurangi biaya awal proyek sampai 40 persen, serta mempercepat waktu pengembangan proyek panas bumi sekitar dua hingga tiga tahun. Implementasi kebijakan tersebut memerlukan kerangka regulasi yang komprehensif, mencakup landasan hukum kelembagaan, mekanisme pengelolaan dana abadi yang berkelanjutan, sistem integrasi dan keterbukaan data, serta monitoring dan evaluasi yang kuat. Dengan pendekatan logic model, kebijakan ini diproyeksikan mampu mendukung pencapaian target kapasitas panas bumi nasional sebesar 6,4 GW pada tahun 2030, menurunkan emisi gas rumah kaca sekitar 35 juta ton CO₂e per tahun, serta memperkuat ketahanan energi nasional berbasis sumber daya domestik yang berkelanjutan.

Kata kunci: Panas Bumi; Transisi Energi; Ketahanan Energi; Lembaga Survei Geosains; Dana Abadi; Eksplorasi

Abstract:

This study aims to analyze policy strategies in maximizing the utilization of Indonesia's geothermal potential as a pillar of national energy security and accelerating the transition to green energy. The main focus of the research is directed at the fundamental problem of the low success rate of geothermal exploration, which has been influenced by the limitations and fragmentation of geoscience data, thereby increasing the technical and financial risks of the project. This study uses a comprehensive policy analysis method through an inventory of related regulations, tabulation and comparison of policy data, and expert assessments to determine the most strategic policy alternatives. The results of the analysis show that the establishment of the Geoscience Survey Institute and the Geothermal Endowment Fund is the policy option with the highest priority level, indicated by a score of 4.4, because it is able to answer the root of the problem systemically. This policy is designed to provide integrated basic geoscience data, thus potentially reducing exploration risk by up to 50 percent, reducing project initial costs by up to 40 percent, and accelerating the development time of geothermal projects by two to three years. The implementation of the policy requires a comprehensive regulatory framework, including the institutional legal foundation, a sustainable endowment management mechanism, a system of integration and data disclosure, and strong monitoring and evaluation. With a logic model approach, this policy is projected to be able to support the achievement of the national geothermal capacity target of 6.4 GW by 2030, reduce greenhouse gas emissions by around 35 million tons of CO₂e per year, and strengthen national energy security based on sustainable domestic resources.

Keywords: Geothermal; Energy Transition; Energy Security; Geoscience Survey Institute; Endowment Fund; Exploration

PENDAHULUAN

Dalam peta energi global yang tengah bertransformasi, ketahanan energi dan transisi hijau telah menjadi dua agenda strategis yang tak terpisahkan bagi Indonesia. Komitmen ini tercermin dalam kerangka regulasi nasional, terutama Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun

2014 tentang Kebijakan Energi Nasional yang menetapkan target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Lebih dari sekadar mandat regulasi, transisi energi merupakan keniscayaan bagi Indonesia untuk memenuhi komitmen *Nationally Determined Contribution* (NDC) dalam Perjanjian Paris yang telah diratifikasi melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016, dengan target penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 29% dengan usaha sendiri dan 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030.

Dalam konteks ini, panas bumi muncul sebagai primadona transisi energi mengingat karakternya sebagai sumber energi baseload yang andal, tidak terpengaruh cuaca, dan memiliki intensitas karbon yang sangat rendah dibandingkan sumber energi fosil. Permintaan listrik Indonesia terus menunjukkan tren pertumbuhan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, dan peningkatan elektrifikasi. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN 2021-2030 memproyeksikan pertumbuhan kebutuhan listrik rata-rata 4,9% per tahun, yang membutuhkan penambahan kapasitas pembangkit sekitar 40,6 GW selama periode tersebut. Namun, kontribusi EBT dalam memenuhi kebutuhan ini masih belum optimal.

Data Kementerian ESDM (2023) mencatat porsi EBT dalam bauran energi nasional baru mencapai 13,1% pada akhir tahun 2022, suatu angka yang masih jauh dari target 23% pada 2025. Kesenjangan sebesar hampir 10% ini mengindikasikan perlunya akselerasi yang luar biasa dalam pengembangan EBT, dimana panas bumi diharapkan dapat menjadi penyumbang utama mengingat potensinya yang sangat besar dan karakternya yang andal sebagai pembangkit baseload.

Secara global, pemanfaatan panas bumi untuk pembangkit listrik telah menunjukkan perkembangan yang konsisten. Menurut laporan International Renewable Energy Agency (IRENA, 2023), kapasitas terpasang global mencapai sekitar 16 GW pada tahun 2022, dengan pertumbuhan rata-rata 3-4% per tahun. Negara-negara seperti Amerika Serikat, Filipina, dan Turki memimpin pemanfaatan energi ini. Indonesia, dengan potensi sekitar 23,9 GW atau setara dengan 40% dari potensi dunia (ESDM, 2023), merupakan pemain utama dan saat ini menduduki peringkat kedua dunia dengan kapasitas terpasang operasional sebesar 2.443 MW (per Juni 2024), di bawah Amerika Serikat. Posisi ini sekaligus menyoroti paradoks yang terjadi: meski menjadi negara dengan potensi terbesar di dunia, pemanfaatannya masih sangat minimal, menempatkan Indonesia pada posisi "sleeping giant" dalam peta geothermal global.

Secara historis, pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) di Indonesia konsisten tertinggal dari target yang ditetapkan dalam berbagai roadmap. Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 menargetkan kapasitas terpasang panas bumi sebesar 7.241,5 MW pada tahun 2025. Namun, realisasi hingga pertengahan 2024 yang baru sekitar 2.443 MW menunjukkan bahwa target tersebut hampir dipastikan tidak akan tercapai. Business Plan PT PLN (Persero) periode-periode sebelumnya juga kerap merevisi target panas bumi ke bawah, mengindikasikan adanya hambatan sistemik yang berulang dan belum tertangani secara komprehensif.

Analisis mendalam terhadap keteringgalan ini mengungkap kompleksitas siklus pengembangan PLTP yang memakan waktu 8-10 tahun, jauh lebih panjang dibandingkan

pembangkit EBT lainnya. Studi komprehensif yang dilakukan oleh World Bank (2021) dalam laporannya "Unlocking Geothermal Power in Indonesia" menyoroti bahwa hambatan tidak hanya terletak pada aspek teknis, tetapi juga pada regulasi, tata kelola, dan proses pengadaan lahan yang berbelit.

Selain itu, tumpang tindih regulasi antara UU No. 21 Tahun 2014 tentang Panas Bumi dengan UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup serta UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, menciptakan kerumitan birokrasi yang signifikan. Proses lelang Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) yang lambat dan tidak menarik bagi investor swasta semakin memperparah kondisi ini, menciptakan ketidakpastian investasi jangka panjang.

Potensi panas bumi Indonesia yang mencapai 23,9 GW (ESDM, 2023) berbanding terbalik dengan tingkat pemanfaatannya yang baru sekitar 10,2%. Rendahnya rasio pemanfaatan ini berakar pada tingginya risiko dan biaya di tahap eksplorasi. Kementerian ESDM (2020) memperkirakan biaya pemboran eksplorasi bisa mencapai USD 5-10 juta per sumur, dengan tingkat kegagalan (*dry hole risk*) yang tinggi mencapai 30-40%. Risiko ini menjadi penghalang utama (*barrier to entry*) bagi investor swasta, menjadikan proyek panas bumi kurang "bankable" tanpa intervensi pemerintah. Studi Asian Development Bank (2019) menegaskan bahwa tingginya biaya modal (*capital cost*) dan panjangnya *payback period* menjadi faktor kunci yang menghambat investasi di sektor panas bumi.

Dengan melihat Gambaran di atas, maka *problem statement* mendasar yang menjadi akar masalah adalah rendahnya tingkat keberhasilan eksplorasi panas bumi dikarenakan oleh ketiadaan kecukupan data dan informasi geosains yang akurat dan terintegrasi, yang seharusnya disediakan oleh lembaga yang bertanggung jawab penuh untuk pendanaan dan pelaksanaan survei pendahuluan skala nasional sehingga menimbulkan tingginya risiko sumber daya dan biaya modal dalam tahap eksplorasi panas bumi.

Audit yang dilakukan oleh Badan Pemeriksa Keuangan (BPK, 2019) terhadap pengelolaan panas bumi periode 2015-2018 menyoroti bahwa ketersediaan data dasar geosains dari pemerintah masih sangat terbatas, tidak terupdate, dan tidak terintegrasi dengan baik. Ketiadaan data publik yang berkualitas ini, yang seharusnya disediakan oleh lembaga negara melalui survei pendahuluan skala nasional, memaksa setiap pengembang untuk memikul biaya dan risiko survei dari nol. Situasi ini menciptakan paradoks dimana pemerintah sebagai pemegang kuasa pertambangan justru tidak memiliki data yang memadai tentang potensi sumber dayanya sendiri, sehingga menimbulkan tingginya risiko sumber daya dan secara signifikan meningkatkan biaya modal pada tahap eksplorasi (Irawan, 2021; Pramono, 2025).

Komitmen Indonesia menuju Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060, yang diperkuat dengan peta jalan "Indonesia NZE 2060" yang disusun oleh Kementerian ESDM, semakin mendesak perlunya akselerasi pengembangan EBT. Dalam peta jalan tersebut, panas bumi ditetapkan sebagai tulang punggung (*backbone*) sistem ketenagalistrikan dengan target kapasitas yang terus ditingkatkan secara signifikan. Pencapaian target NZE sangat bergantung pada kemampuan Indonesia untuk mengatasi hambatan di hulu sektor panas bumi, khususnya dalam mengurangi risiko eksplorasi melalui penyediaan data geosains yang komprehensif. Laporan International Energy Agency (IEA, 2022) menekankan bahwa tanpa kontribusi

signifikan dari panas bumi, target NZE Indonesia akan semakin sulit dicapai mengingat keterbatasan sumber EBT baseload lainnya.

Oleh karena itu, dalam kerangka Visi Indonesia Emas 2045 untuk mewujudkan negara berdaulat, maju, adil-makmur, dan berkepribadian, pemanfaatan panas bumi yang optimal adalah sebuah keniscayaan strategis. Tantangan utama terletak pada merancang strategi kebijakan yang komprehensif dan terintegrasi untuk memitigasi risiko eksplorasi melalui penyediaan data geosains yang memadai, penciptaan iklim investasi yang kondusif, dan penyederhanaan regulasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan merumuskan alternatif kebijakan yang efektif dan implementatif guna memaksimalkan pemanfaatan potensi panas bumi, sehingga dapat mendukung kemandirian energi nasional sekaligus menjadi penggerak utama transisi hijau Indonesia, selaras dengan amanat konstitusi dalam Pasal 33 UUD 1945 dan komitmen global Indonesia dalam pembangunan berkelanjutan.

Penelitian ini memberikan manfaat teoretis dan praktis dalam pengembangan kebijakan energi nasional dengan memperkaya kajian kebijakan publik dan energi berkelanjutan melalui pendekatan analisis berbasis data geosains terintegrasi dan *logic model*. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi pemerintah dan pemangku kepentingan dalam merancang kebijakan panas bumi yang mampu menurunkan risiko eksplorasi, meningkatkan efisiensi pengembangan proyek, menarik investasi, serta mendukung pencapaian target energi terbarukan, pengurangan emisi, dan penguatan ketahanan energi nasional berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Secara metodologis, makalah ini disusun melalui serangkaian tahapan yang sistematis. Tahap awal meliputi inventarisasi kebutuhan data dan pengumpulan bahan referensi yang komprehensif, yang mencakup berbagai instrumen hukum dan kebijakan seperti Undang-Undang (UU), Peraturan Pemerintah (PP), Peraturan Presiden (Perpres), serta peraturan dari Kementerian ESDM dan kementerian/lembaga terkait lainnya, yang menjadi landasan hukum analisis.

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dirumuskan, data yang terkumpul kemudian diolah melalui proses tabulasi dan integrasi untuk memastikan kelengkapan dan struktur yang analitis. Selanjutnya, dilakukan perumusan alternatif kebijakan dengan pendekatan teori kebijakan publik, yang kemudian dievaluasi berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan. Tahap akhir melibatkan pemilihan prioritas kebijakan melalui mekanisme penilaian skoring oleh *key person*, dengan mempertimbangkan efektivitas, efisiensi, feasibilitas, serta dampak jangka panjang dari setiap alternatif yang diusulkan.

Sebagai kerangka evaluasi yang komprehensif, pendekatan Logic Model diterapkan untuk menganalisis hubungan kausal dan konsistensi logis dalam rangkaian program dan sasaran kegiatan yang mendukung implementasi kebijakan. Model evaluasi ini tidak hanya berfungsi sebagai alat verifikasi atas keterkaitan antara input, aktivitas, output, outcome, dan impact, tetapi juga berperan sebagai sistem perencanaan strategis yang membantu memetakan keselarasan antara tujuan kebijakan dengan indikator kinerja yang terukur.

Melalui pendekatan ini, setiap tahapan program—mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi—dapat dikaji secara sistematis untuk memastikan bahwa sumber daya yang dialokasikan mampu menghasilkan dampak yang signifikan dan berkelanjutan, sekaligus mengidentifikasi celah dan tantangan yang mungkin timbul dalam proses implementasi kebijakan di sektor panas bumi.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain analisis kebijakan publik (policy analysis) yang bertujuan untuk mengkaji permasalahan struktural dalam pengembangan panas bumi di Indonesia serta merumuskan alternatif kebijakan yang strategis dan implementatif guna mendukung ketahanan energi dan transisi hijau. Data penelitian bersumber dari data sekunder, meliputi dokumen regulasi dan kebijakan nasional, dokumen perencanaan energi, laporan lembaga nasional dan internasional, serta literatur ilmiah yang relevan. Pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan dan dokumentasi dengan menitikberatkan pada kredibilitas, relevansi, dan keterkinian sumber data.

Analisis data dilakukan secara bertahap, dimulai dari inventarisasi dan klasifikasi data, analisis akar masalah kebijakan, perumusan alternatif kebijakan, hingga penentuan prioritas kebijakan menggunakan metode scoring berdasarkan kriteria efektivitas, efisiensi, dan dampak jangka panjang. Alternatif kebijakan terpilih selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan logic model untuk menilai keterkaitan logis antara input, aktivitas, output, outcomes, dan dampak kebijakan. Validitas analisis dijaga melalui triangulasi sumber dan konsistensi konseptual agar rekomendasi kebijakan yang dihasilkan bersifat rasional, terukur, dan berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Iklim dan Strategi Transisi Energi

Perubahan iklim merupakan tantangan global yang berdampak signifikan pada Indonesia sebagai negara kepulauan. Berdasarkan laporan UNDP (2021), Indonesia termasuk dalam 10 negara paling rentan terhadap dampak perubahan iklim dengan potensi kerugian ekonomi mencapai 0,6-1,3% dari PDB pada tahun 2030. World Bank (2022) mencatat bahwa kenaikan muka air laut, perubahan pola curah hujan, dan peningkatan frekuensi bencana hidrometeorologi telah mengancam ketahanan pangan, infrastruktur, dan kesehatan masyarakat. Sebagai respons, komunitas internasional telah membangun kerangka kerja sama melalui Persetujuan Paris yang mewajibkan negara-negara untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) secara kolektif.

Indonesia telah menunjukkan komitmen politik yang kuat melalui ratifikasi Protokol Kyoto dan Perjanjian Paris melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement kepada Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim. Komitmen ini kemudian diperkuat melalui dokumen Low Carbon Development Indonesia (LCDI) yang disusun oleh Bappenas (2021) dan Nationally Determined Contribution (NDC) yang diperbarui pada COP-26 Glasgow. Dalam dokumen NDC Updated (2022), Indonesia meningkatkan target penurunan emisi menjadi 31,89% dengan kemampuan sendiri dan 43,20% dengan dukungan internasional pada tahun 2030, dengan sektor energi menjadi kontributor utama melalui strategi transisi energi.

Transisi energi menuju sistem energi hijau merupakan pendekatan strategis yang tidak hanya bertujuan memitigasi perubahan iklim tetapi juga mewujudkan kemandirian energi nasional. Menurut kajian International Renewable Energy Agency (IRENA, 2023), transisi energi di Indonesia berpotensi menciptakan lapangan kerja hijau hingga 1,3 juta pekerjaan pada tahun 2050 serta mengurangi ketergantungan impor energi fosil yang selama ini membebani neraca perdagangan. Konsep transisi energi hijau ini secara operasional diwujudkan melalui pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT), dengan panas bumi sebagai prioritas utama mengingat karakteristiknya yang andal (baseload) dan berkelanjutan.

Peran Strategis Panas Bumi dalam Transisi Energi

Panas bumi memiliki posisi strategis dalam peta jalan transisi energi Indonesia mengingat potensinya yang mencapai 23,9 GW (ESDM, 2023) dan kemampuannya menyediakan pasokan listrik yang stabil. Studi Asian Development Bank (2022) menyebutkan bahwa panas bumi merupakan satu-satunya EBT yang dapat berperan sebagai base load power dengan *capacity factor* mencapai 85-90%, setara dengan pembangkit fosil. Pengembangan panas bumi juga selaras dengan prinsip kemandirian energi karena memanfaatkan sumber daya domestik dan mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar fosil yang fluktuatif harganya.

Komitmen transisi energi dijabarkan secara operasional dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan. Roadmap ini menargetkan peningkatan kapasitas pembangkit EBT menjadi 34,55 GW pada tahun 2030, dengan kontribusi panas bumi sebesar 6,4 GW. Target ini merupakan bagian dari strategi mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil sekaligus mencapai target pembangunan berkelanjutan melalui pengurangan emisi GRK sektor ketenagalistrikan. Implementasi roadmap ini diharapkan dapat memberikan pedoman yang jelas dalam pelaksanaan transisi energi sektor ketenagalistrikan hingga tahun 2050.

Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN 2021-2030, pengembangan panas bumi difokuskan pada 15 proyek strategis dengan total kapasitas 1.285 MW yang akan dibangun secara bertahap. Pemerintah telah menyiapkan berbagai insentif fiskal dan non-fiskal untuk mendorong investasi di sektor panas bumi, termasuk tax allowance, pembebasan PPN, dan jaminan pemerintah melalui skema Government Guarantee. Langkah-langkah ini diharapkan dapat mempercepat pemanfaatan panas bumi menuju target yang telah ditetapkan.

Saat ini, panas bumi telah memberikan kontribusi nyata dalam penyediaan listrik dan penurunan emisi GRK. Data Kementerian ESDM (2024) mencatat kapasitas terpasang PLTP mencapai 2.443 MW yang menyumbang sekitar 15% dari total bauran EBT dalam penyediaan listrik nasional. Berdasarkan perhitungan Institute for Essential Services Reform (IESR, 2023), kontribusi PLTP dalam penurunan emisi GRK mencapai 12,4 juta ton CO₂e per tahun, setara dengan emisi dari 2,7 juta kendaraan bermotor. Angka ini menunjukkan peran strategis panas bumi dalam mendukung target penurunan emisi Indonesia.

Potensi panas bumi Indonesia yang mencapai 23,9 GW menawarkan peluang besar untuk meningkatkan kontribusi dalam ketahanan energi dan transisi hijau. Kajian World Bank (2022)

memperkirakan bahwa dengan memanfaatkan 30% dari total potensi, panas bumi dapat menyumbang hingga 8% dari target penurunan emisi NDC sektor energi pada tahun 2030. Pengembangan 6,4 GW PLTP sesuai target Permen ESDM No. 10/2025 diproyeksikan dapat mengurangi emisi GRK sektor ketenagalistrikan hingga 35 juta ton CO₂e per tahun sekaligus menghemat devisa untuk impor BBM dan batubara sebesar USD 4,2 miliar per tahun.

Pengembangan PLTP menghadapi berbagai hambatan struktural yang kompleks. Dari aspek ekonomi, studi International Geothermal Association (IGA, 2023) menunjukkan bahwa biaya modal (CAPEX) PLTP mencapai USD 3-5 juta per MW, lebih tinggi dibandingkan pembangkit fosil dan EBT lainnya. Risiko sumber daya (resource risk) pada tahap eksplorasi menjadi kendala utama, dimana tingkat keberhasilan eksplorasi di Indonesia masih berada pada kisaran 30-40%. Selain itu, tantangan dalam pengelolaan data sumber daya, tumpang tindih regulasi, dan penetapan tarif listrik yang ekonomis turut memperlambat laju investasi di sektor panas bumi.

Tantangan Pengembangan Panas Bumi

Tantangan teknis meliputi keterbatasan data geosains terintegrasi dan kompleksitas karakteristik reservoir. Audit BPK (2019) mengungkapkan bahwa hanya 30% dari total WKP yang memiliki data eksplorasi memadai. Dari aspek regulasi, tumpang tindih perizinan di kawasan hutan konservasi berdasarkan UU No. 41/1999 tentang Kehutanan menjadi kendala signifikan. Kajian Kementerian ESDM (2023) mencatat rata-rata waktu pengembangan PLTP dari eksplorasi hingga komersial mencapai 8-10 tahun, jauh lebih lama dibandingkan negara lain seperti Filipina yang hanya 5-6 tahun.

Rendahnya tingkat keberhasilan eksplorasi panas bumi di Indonesia menjadi masalah krusial dalam pengembangan sektor ini. Data International Geothermal Association (2023) menunjukkan bahwa success rate eksplorasi panas bumi di Indonesia hanya 30-40%, jauh lebih rendah dibandingkan negara pionir seperti Islandia (70-80%) dan Selandia Baru (65-75%). Kondisi ini berdampak pada tingginya biaya modal dan risiko investasi, dimana menurut laporan World Bank (2021), biaya pemboran eksplorasi dapat mencapai USD 5-10 juta per sumur dengan tingkat kegagalan yang tinggi.

Akar masalah utama terletak pada ketiadaan data dan informasi geosains yang akurat dan terintegrasi dari lembaga nasional. Laporan BPK (2019) menyoroti bahwa ketersediaan data dasar geosains dari pemerintah masih sangat terbatas, tidak terupdate, dan terfragmentasi di berbagai kementerian/lembaga. Kondisi ini memaksa setiap pengembang untuk melakukan survei dari nol, menimbulkan inefisiensi biaya dan waktu. Studi Asian Development Bank (2022) memperkirakan dampak ekonomi dari kondisi ini mencapai USD 150-200 juta per tahun berupa duplikasi survei dan biaya eksplorasi yang berulang.

Penyediaan data dan informasi geosains pernah dilakukan melalui program Government Drilling yang selama ini dikelola PT SMI. Berdasarkan evaluasi implementasi oleh Kementerian ESDM (2023), program Government Drilling PT SMI bersifat reaktif dan parsial - hanya menyediakan pemboran eksplorasi untuk proyek-proyek tertentu yang sudah dalam tahap lanjut, tanpa membangun fondasi data yang komprehensif. Program ini lebih berfokus pada risk sharing di tahap akhir eksplorasi melalui mekanisme cost recovery, namun

tidak menyelesaikan masalah utama berupa ketiadaan data dasar di tahap awal. Studi World Bank (2022) mencatat bahwa program existing hanya menjangkau 15-20% dari total WKP dan tidak menciptakan ekosistem data yang berkelanjutan.

Penyediaan data dan informasi geosains juga dilakukan dengan mekanisme penugasan survei kepada pihak lain yang diatur dalam Pasal 28 UU No. 21/2014 tentang Panas Bumi dan Permen ESDM No. 14/2021. Berdasarkan evaluasi implementasi oleh Direktorat Panas Bumi (2023), mekanisme penugasan existing bersifat reaktif, parsial, dan terfragmentasi - hanya mengakomodasi kebutuhan survei berdasarkan permintaan spesifik Badan Usaha tanpa membangun database nasional yang terpadu. Program penugasan ini lebih berfokus pada pemenuhan kebutuhan jangka pendek proyek tertentu, namun gagal menciptakan ekosistem data yang komprehensif dan berkelanjutan.

Alternatif Kebijakan Strategis

Atas kondisi dan permasalahan di atas, dapat disusun alternatif kebijakan untuk mengatasi permasalahan. Alternatif pertama yang dapat ditawarkan adalah pembentukan lembaga survei geosains dan dana abadi panas bumi. Kebijakan pembentukan lembaga khusus dengan dana abadi bertujuan menyediakan data geosains dasar yang komprehensif melalui pemetaan sistematis dan pemboran stratigrafi. Dampak positifnya mencakup pengurangan risiko eksplorasi hingga 50%, percepatan waktu pengembangan proyek 2-3 tahun, dan peningkatan minat investasi melalui penyediaan data publik yang kredibel (World Bank, 2021). Tantangan utamanya adalah kebutuhan anggaran awal yang besar (USD 200-300 juta) dan kapasitas teknis yang terbatas. Upaya mengatasi tantangan dapat dilakukan melalui alokasi progresif APBN, kerjasama teknis dengan lembaga internasional, dan pemanfaatan sebagian PNBP migas untuk dana abadi panas bumi.

Alternatif kedua adalah penyediaan skema jaminan risiko eksplorasi (exploration risk guarantee fund). Kebijakan ini membentuk dana penjaminan bersama pemerintah-swasta untuk menanggung sebagian biaya jika pemboran eksplorasi gagal. Dampak positifnya meliputi peningkatan partisipasi swasta hingga 40%, penurunan weighted average cost of capital 2-3%, dan stimulasi eksplorasi di daerah high-risk-high-reward (ADB, 2022). Tantangan implementasi mencakup potensi moral hazard dan keterbatasan kapasitas fiskal. Mitigasinya melalui mekanisme evaluasi teknis ketat oleh panel ahli independen, pembatasan klaim maksimal 70% per proyek, dan skema co-sharing risk dengan investor tetap menanggung 30% biaya kegagalan.

Alternatif ketiga adalah penerapan kebijakan satu peta geothermal terintegrasi. Kebijakan ini mengintegrasikan semua data geospasial panas bumi dalam platform digital terpusat dengan standar interoperabilitas. Dampak positifnya berupa efisiensi administratif (pengurangan 6-12 bulan proses perizinan), transparansi data, dan optimalisasi pemanfaatan lahan (Bappenas, 2023). Tantangan meliputi resistensi berbagi data antar kementerian dan kesenjangan kapasitas digital. Solusinya melalui Perpres yang mewajibkan integrasi data, pembentukan tim teknis antar-kementerian, dan pengembangan sistem informasi geospasial berbasis cloud computing.

Alternatif keempat adalah skema insentif fiskal berbasis kinerja untuk eksplorasi. Kebijakan ini memberikan insentif fiskal berupa tax allowance dan super deductible untuk

kegiatan eksplorasi dan pengembangan teknologi. Dampak positif mencakup peningkatan investasi hulu 25-30%, percepatan adopsi teknologi, dan peningkatan kegiatan R&D (Kemenkeu, 2022). Tantangan meliputi potensi penyalahgunaan dan beban fiskal awal. Mitigasinya melalui mekanisme klaim berbasis realisasi kegiatan, audit kinerja berkala, dan pembatasan insentif hanya untuk WKP yang telah memiliki data dasar memadai.

Alternatif kelima adalah penguatan kapasitas litbang dan pendidikan vokasi panas bumi. Kebijakan ini memfokuskan pada pengembangan pusat unggulan panas bumi di perguruan tinggi dan politeknik energi. Dampak positif meliputi peningkatan jumlah tenaga ahli geothermal 200-300 orang/tahun, inovasi teknologi lokal, dan peningkatan success rate eksplorasi melalui penelitian terapan (IESR, 2023). Tantangan berupa kesenjangan kurikulum dan keterbatasan fasilitas praktikum. Solusinya melalui kerjasama *triple helix* pemerintah-industri-akademisi, pengembangan laboratorium pusat, dan program magang berkelanjutan di proyek PLTP.

Alternatif Kebijakan Terbaik

Untuk memilih alternatif kebijakan terbaik, dilakukan analisis prioritas berdasarkan penilaian komprehensif dari key persons yang terdiri dari perwakilan Kementerian ESDM, pelaku usaha panas bumi, asosiasi industri, dan akademisi, berikut adalah prioritas kelima alternatif kebijakan berdasarkan kriteria efektivitas, efisiensi, dan dampak jangka panjang. Penilaian menggunakan sistem skoring 1-5, dengan kriteria penilaiannya adalah efektivitas (bobot 40%), efisiensi (30%), dan dampak jangka panjang (30%).

Tabel 1. Skoring Alternatif Kebijakan

Prioritas	Alternatif Kebijakan	Efektivitas (40%)	Efisiensi (30%)	Dampak Jangka Panjang (30%)	Skor Total	Keterangan
1	Pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi Panas Bumi	5	3	5	4,4	Solusi paling fundamental untuk mengatasi akar masalah
2	Penerapan Kebijakan Satu Peta Geothermal Terintegrasi	4	4	4	4,0	Menciptakan tata kelola data yang transparan dan terintegrasi
3	Skema Jaminan Risiko Eksplorasi (Exploration Risk Guarantee Fund)	4	3	4	3,7	Stimulus langsung untuk mengurangi risiko investasi
4	Penguatan Kapasitas Litbang dan Pendidikan Vokasi Panas Bumi	3	3	5	3,6	Investasi jangka panjang untuk kemandirian teknologi
5	Skema Insentif Fiskal Berbasis Kinerja untuk Eksplorasi	3	3	3	3,0	Komplementer untuk mendukung kebijakan lainnya

Kebijakan Pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi Panas Bumi dinilai sebagai solusi paling strategis karena secara fundamental mengatasi akar masalah berupa

ketiadaan data geosains terintegrasi yang selama ini menjadi penghambat utama pengembangan panas bumi. Berdasarkan studi World Bank (2021), keberadaan lembaga khusus dengan pendanaan berkelanjutan akan menghilangkan duplikasi survei yang selama ini dilakukan masing-masing pengembang, sehingga mampu mengurangi biaya eksplorasi hingga 40% dan memperpendek waktu pengembangan proyek 2-3 tahun.

Lembaga ini berfungsi sebagai "penyedia data publik" yang kredibel, menyediakan peta geologi, geokimia, dan geofisika terkini serta hasil pemboran stratigrafi di seluruh Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP), yang secara signifikan menurunkan tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) bagi investor.

Dana abadi yang dikelola secara profesional memastikan keberlanjutan kegiatan survei dan pemutakhiran data, sekaligus menjadi instrumen strategis untuk menarik pendanaan hijau (*green funding*) dan investasi *impact investment* yang semakin marak di pasar global. Mekanisme *endowment fund* ini, sebagaimana dikemukakan dalam kajian Asian Development Bank (2022), mampu menciptakan *multiplier effect* dengan mentransformasi panas bumi dari sektor *high-risk* menjadi *investable asset*, sekaligus memperkuat posisi tawar Indonesia dalam kerja sama internasional dan perdagangan karbon.

Elemen Kebijakan

Langkah berikutnya adalah analisis antara kebijakan, program, dan kegiatan, serta hasil yang diharapkan dalam rangka mendukung kebijakan Kebijakan Pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi Panas Bumi maka dilakukan analisis *logic model* yang mengacu pada model evaluasi dari W.K. Kellogg Foundation (2004). Kebijakan ini mencakup beberapa elemen penting berupa Input/Resources, Aktivitas/Program, Output, Outcomes (Jangka Menengah), dan Impact (Jangka Panjang), dengan penjelasan sebagai berikut.

Input/Resources: Kebijakan ini membutuhkan alokasi APBN awal sebesar USD 200-300 juta untuk dana abadi, pembentukan kerangka hukum melalui Peraturan Presiden, integrasi sumber daya manusia ahli geosains dari berbagai institusi, serta pengembangan infrastruktur teknologi informasi untuk pengelolaan data. Sumber daya pendukung lainnya mencakup kerja sama teknis dengan lembaga internasional seperti World Bank dan International Geothermal Association, serta pemanfaatan fasilitas riset existing di Badan Geologi dan perguruan tinggi.

Aktivitas/Program: Program utama meliputi: (1) Pemetaan geosains sistematis menggunakan teknologi *airborne geophysics* dan *remote sensing*; (2) Pemboran stratigrafi di lokasi-lokasi prospektif untuk validasi model bawah permukaan; (3) Pengembangan platform data digital terintegrasi dengan standar interoperabilitas; (4) Pembentukan sistem monitoring dan updating data berkelanjutan; (5) Kapasitas building dan knowledge management untuk tenaga teknis.

Output: Keluaran langsung yang dihasilkan berupa: Peta potensi panas bumi skala 1:50.000 yang mencakup 80% WKP, database terintegrasi menyangkut 500 parameter geosains, laporan hasil pemboran stratigrafi di 50 lokasi prioritas, platform digital dengan akses *tiered system* untuk berbagai pemangku kepentingan, serta tersedianya protokol standar nasional untuk eksplorasi panas bumi.

Outcomes (Jangka Menengah): Dalam kurun 3-5 tahun, diharapkan terjadi peningkatan success rate eksplorasi dari 30% menjadi 60%, penurunan biaya eksplorasi sebesar 30%, percepatan waktu dari survei hingga lelang WKP dari 5 tahun menjadi 2 tahun, peningkatan minat investasi swasta sebesar 40%, serta penguatan kapasitas teknis nasional dalam pemodelan reservoir panas bumi.

Impact (Jangka Panjang): Dampak strategis yang ingin dicapai meliputi: Pencapaian target kapasitas panas bumi 6,4 GW pada 2030, kontribusi penurunan emisi GRK sebesar 35 juta ton CO₂e/tahun, penghematan devisa impor energi fosil USD 4,2 miliar/tahun, posisi Indonesia sebagai hub teknologi dan inovasi panas bumi regional, serta terwujudnya ketahanan energi nasional berbasis sumber daya domestik.

Berdasarkan analisis logic model ini, dapat disimpulkan bahwa kebijakan Pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi memiliki rangkaian sebab-akibat yang logis dan terukur, dimana setiap input yang dialokasikan akan menghasilkan output spesifik yang pada akhirnya berkontribusi pada outcomes dan impacts yang selaras dengan tujuan transisi energi dan ketahanan energi nasional.

Pembagian Tugas dalam Implementasi Kebijakan

Implementasi kebijakan Pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi memerlukan koordinasi yang terintegrasi antar berbagai instansi pemerintah dengan pembagian peran yang jelas. Kementerian ESDM berperan sebagai leading sector yang bertanggung jawab dalam perumusan kebijakan teknis, koordinasi strategis, dan pengawasan keseluruhan program. Melalui Badan Geologi, Kementerian ESDM akan menyediakan infrastruktur teknis dan SDM ahli yang diperlukan. Kementerian Keuangan memegang peran krusial dalam pengelolaan Dana Abadi, termasuk alokasi awal, investasi aset, dan pengawasan keuangan melalui skema endowment fund yang dikelola secara profesional dengan prinsip-prinsip kehati-hatian.

Pada tingkat implementasi teknis, Lembaga Survei Geosains yang akan dibentuk berfungsi sebagai pelaksana operasional yang bertugas melaksanakan pemetaan sistematis, survei terintegrasi, dan pengelolaan database nasional. Lembaga ini akan bekerjasama erat dengan Pemerintah Daerah dalam hal penyediaan data spasial, koordinasi perizinan lapangan, dan penyelarasan dengan Rencana Umum Energi Daerah (RUED). Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) berperan dalam pengembangan teknologi survei mutakhir dan riset aplikatif, sementara Kementerian PPN/Bappenas memastikan keselarasan program dengan target pembangunan nasional dan pencapaian SDGs.

Peran BUMN khususnya PT Pertamina Geothermal Energy dan PT PLN difokuskan pada pemanfaatan data untuk akselerasi pengembangan proyek dan penyediaan infrastruktur pendukung. Skema kolaborasi yang diterapkan adalah model hybrid implementation dimana Lembaga Survei Geosains menghasilkan data dasar, sementara BUMN berkonsentrasi pada pengembangan lanjutan dan komersialisasi. Mekanisme koordinasi diwadahi dalam Satuan Tugas Nasional Geothermal yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan dan bertanggung jawab langsung kepada Menteri ESDM.

Sistem Monitoring, Pengawasan, dan Evaluasi

Sistem monitoring dan evaluasi kebijakan ini dirancang dengan pendekatan *real-time dashboard* dan *outcome-based assessment*. Kementerian ESDM melalui Inspektorat Jenderal menyelenggarakan pengawasan internal terhadap kinerja lembaga dan penggunaan anggaran, sementara Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) melakukan audit eksternal secara berkala dengan fokus pada kinerja keuangan dan pencapaian target. Sistem ini mengadopsi model dengan indikator kinerja kunci yang terukur pada setiap tingkatan *output*, *outcome*, dan *impact*.

Monitoring teknis dilaksanakan melalui Geothermal Data Analytics Platform yang memantau progres survei, kualitas data, dan utilisasi data oleh pengguna. Platform ini terintegrasi dengan sistem e-monitoring Kementerian Keuangan untuk *track record* penggunaan Dana Abadi. Evaluasi triwulanan oleh Tim Pakar Independen yang terdiri dari akademisi, praktisi industri, dan perwakilan asosiasi profesional memastikan objektivitas penilaian. Mekanisme *corrective action plan* diterapkan untuk menangani penyimpangan secara cepat dan efektif.

Aspek evaluasi jangka panjang mengacu pada *Development Impact Assessment* yang mengukur kontribusi kebijakan terhadap penurunan emisi GRK, penghematan devisa, penciptaan lapangan kerja, dan penguatan ketahanan energi. Laporan evaluasi komprehensif disampaikan kepada Dewan Perwakilan Rakyat setiap tahun sebagai bentuk akuntabilitas publik. Sistem ini memungkinkan pelaporan dan penanganan pengaduan dari masyarakat dan pelaku usaha terkait implementasi kebijakan. Dengan pembagian tugas yang jelas dan sistem monev yang robust, kebijakan ini diharapkan dapat diimplementasikan secara efektif, efisien, dan akuntabel, sehingga mampu menjadi game changer dalam pengembangan panas bumi Indonesia menuju ketahanan energi dan transisi hijau yang berkelanjutan.

Dalam rangka mendukung kebijakan Kebijakan Pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi Panas Bumi, maka diperlukan kerangka peraturan yang mengatur tugas, wewenang, pelaksanaan program sebagai pedoman yang mengatur prosedur pelaksanaan dan koordinasi antar instansi terkait.

Kerangka Hukum Pendirian dan Kelembagaan

Pembentukan Lembaga Survei Geosains memerlukan payung hukum yang kuat melalui Peraturan Pemerintah (PP) tentang Pembentukan Lembaga Survei Geosains yang akan mengatur status hukum, kedudukan, tugas, fungsi, dan wewenang lembaga. Berdasarkan pengalaman pembentukan lembaga serupa seperti Badan Informasi Geospasial (BIG), PP ini perlu secara tegas menetapkan lembaga sebagai instansi pemerintah non-kementerian yang bertanggung jawab langsung kepada Presiden (UU No. 4/2011 tentang Informasi Geospasial). Pengaturan lebih lanjut mengenai struktur organisasi, tata kerja, dan hubungan institusional diatur melalui Peraturan Presiden tentang Organisasi dan Tata Kerja Lembaga Survei Geosains, yang akan memastikan posisi strategis lembaga dalam koordinasi antar sektor.

Regulasi Pengelolaan Dana Abadi

Dana Abadi Panas Bumi memerlukan keraturan khusus mengingat sifatnya sebagai *endowment fund*. Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Dana Abadi Panas Bumi perlu disusun dengan merujuk pada PP No. 46/2011 tentang Penghimpunan dan Pengelolaan Dana Abadi, namun dengan penyesuaian spesifik untuk sektor panas bumi. PP ini akan mengatur

mekanisme pembentukan dana, sumber pendanaan, tata kelola investasi, dan kriteria penggunaan hasil pengelolaan dana. Implementasi operasionalnya diatur melalui Peraturan Menteri Keuangan tentang Tata Kelola Investasi dan Penggunaan Dana Abadi Panas Bumi yang memuat pedoman teknis investasi, pengawasan risiko, dan distribusi hasil investasi untuk kegiatan survei.

Regulasi Koordinasi dan Integrasi Data

Mengatasi masalah fragmentasi data memerlukan Peraturan Presiden tentang Koordinasi dan Integrasi Data Geosains Nasional yang menetapkan Lembaga Survei Geosains sebagai otoritas tunggal dalam standardisasi, integrasi, dan publikasi data geosains panas bumi. Peraturan ini harus secara tegas mewajibkan semua kementerian/lembaga (ESDM, LHK, ATR/BPN, BRIN) untuk berbagi data dan mengadopsi standar yang ditetapkan, sebagaimana prinsip One Map Policy dalam Perpres No. 9/2016. Implementasi teknis diatur melalui Peraturan Menteri ESDM tentang Standar dan Prosedur Integrasi Data Geosains Panas Bumi yang memuat spesifikasi teknis metadata, format data, dan protokol pertukaran data.

Regulasi Operasional dan Teknis

Agar kegiatan survei dapat dilaksanakan secara efektif, diperlukan Peraturan Menteri ESDM tentang Pedoman Teknis Survei dan Eksplorasi Panas Bumi yang mengatur standar metodologi, spesifikasi peralatan, dan kualifikasi tenaga teknis. Peraturan ini harus selaras dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk eksplorasi panas bumi dan mengadopsi *best practices* internasional dari standar IGA dan ISO. Selain itu, Peraturan Direktur Jenderal EBTKE tentang Prosedur Operasional Baku Survei Geosains diperlukan untuk menjamin konsistensi kualitas data dan efisiensi operasional di lapangan.

Regulasi Monitoring dan Akuntabilitas

Untuk memastikan akuntabilitas pengelolaan program, diperlukan Peraturan Menteri ESDM tentang Sistem Monitoring, Evaluasi, dan Pelaporan Lembaga Survei Geosains yang mengatur mekanisme pengawasan kinerja, indikator keberhasilan, dan sistem pelaporan periodik. Peraturan ini harus mengacu pada PermenPANRB No. 12/2019 tentang Sistem Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah dan menetapkan key performance indicators (KPI) yang terukur untuk output, outcome, dan impact kegiatan survei.

Regulasi Tata Hubungan Antar Lembaga

Koordinasi yang efektif memerlukan Peraturan Bersama Menteri ESDM, Menteri Keuangan, dan Menteri PPN tentang Tata Cara Koordinasi dan Pengambilan Keputusan Strategis dalam Pengembangan Panas Bumi. Peraturan bersama ini akan mengatur forum koordinasi tetap, mekanisme pengambilan keputusan, dan resolusi konflik antar sektor. Pada tingkat teknis, diperlukan Peraturan Direktur Jenderal EBTKE tentang Koordinasi Teknis dengan Pemerintah Daerah yang memuat prosedur sinergi program dengan RUED dan mekanisme pemberdayaan pemerintah daerah dalam kegiatan survei.

Regulasi Transisi dan Implementasi

Untuk memastikan kelancaran transisi dari mekanisme existing, diperlukan Peraturan Menteri ESDM tentang Prosedur Transisi dan Alih Kelola Data yang mengatur transfer data dari berbagai pemegang izin, mekanisme kompensasi, dan timeline implementasi bertahap.

Peraturan ini harus mempertimbangkan aspek kepentingan usaha dan perlindungan data sesuai UU No. 27/2022 tentang Perlindungan Data Pribadi.

Analisis Kebutuhan Harmonisasi Regulasi

Implementasi kerangka regulasi ini memerlukan harmonisasi dengan berbagai peraturan existing: 1) UU No. 21/2014 tentang Panas Bumi: Perlu revisi untuk mengakomodasi kelembagaan baru dan mekanisme pendanaan abadi. 2) UU No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup: Perlunya penyederhanaan prosedur AMDAL untuk kegiatan survei. 3) UU No. 41/1999 tentang Kehutanan: Perlu penyesuaian untuk akses survei di kawasan hutan konservasi 4) UU No. 3/2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara: Perlunya kejelasan boundary dengan sektor panas bumi. Dengan kerangka regulasi yang komprehensif ini, Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi dapat beroperasi secara efektif, memiliki landasan hukum yang kuat untuk koordinasi antar instansi, dan memastikan keberlanjutan program dalam mendukung percepatan pengembangan panas bumi Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis komprehensif terhadap kondisi, tantangan, dan alternatif kebijakan pengembangan panas bumi di Indonesia, dapat disimpulkan bahwa rendahnya tingkat keberhasilan eksplorasi akibat ketiadaan data geosains yang akurat dan terintegrasi merupakan akar masalah utama yang menghambat optimalisasi potensi panas bumi nasional. Di tengah urgensi ketahanan energi dan target transisi hijau menuju Net Zero Emission 2060, panas bumi memiliki peran strategis sebagai sumber energi baseload rendah emisi dengan potensi terbesar di dunia, namun belum dimanfaatkan secara optimal.

Hasil evaluasi kebijakan menunjukkan bahwa pembentukan Lembaga Survei Geosains dan Dana Abadi Panas Bumi merupakan alternatif paling fundamental dan strategis karena mampu mengatasi masalah struktural di hulu melalui penyediaan data publik yang kredibel, berkelanjutan, dan terintegrasi, sekaligus menurunkan risiko eksplorasi, biaya modal, dan waktu pengembangan proyek. Dengan dukungan kerangka regulasi yang kuat, tata kelola lintas sektor yang terkoordinasi, serta sistem monitoring dan evaluasi berbasis logic model, kebijakan ini berpotensi menjadi game changer dalam percepatan pengembangan panas bumi, pencapaian target kapasitas 6,4 GW pada 2030, penurunan emisi GRK secara signifikan, serta penguatan kemandirian dan ketahanan energi nasional yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asian Development Bank. (2022). *Geothermal energy development in Indonesia: Challenges and opportunities*. Asian Development Bank.
- Asian Development Bank. (2023). *Best practices in geothermal data management*. Asian Development Bank.
- Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. (2019). *Laporan hasil pemeriksaan BPK atas pengelolaan panas bumi tahun 2015–2018*. BPK RI.
- Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. (2022). *Laporan hasil pemeriksaan BPK atas pengelolaan dana energi terbarukan*. BPK RI.

- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2021). *Low carbon development Indonesia (LCDI)*. Bappenas.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2023). *Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2025–2029*. Bappenas.
- Institute for Essential Services Reform. (2022). *Financing geothermal development in Indonesia*. IESR.
- Institute for Essential Services Reform. (2023). *Indonesia geothermal power market assessment*. IESR.
- International Energy Agency. (2022). *Geothermal energy market assessment 2022*. IEA.
- International Energy Agency. (2023). *Enhanced geothermal systems: Technology roadmap*. IEA.
- International Geothermal Association. (2022). *Success factors in geothermal exploration: Case studies from Iceland and New Zealand*. IGA.
- International Geothermal Association. (2023). *Global geothermal market report 2023*. IGA.
- International Renewable Energy Agency. (2022). *Global landscape of geothermal policy and regulation*. IRENA.
- International Renewable Energy Agency. (2023). *Global geothermal market and technology assessment*. IRENA.
- Irawan, A. D. F. (2021). Dialektika regulasi pertambangan Pemerintah Indonesia dan PT Freeport Indonesia melalui pendekatan obsolescing bargaining model. *Padjadjaran Journal of International Relations*, 3(1), 32–43. <https://doi.org/10.24198/padjir.v3i1.XXXXX>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2022). *Peta jalan transisi energi Indonesia menuju net zero emission 2060*. Kementerian ESDM.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2023). *Laporan kinerja Direktorat Jenderal EBTKE tahun 2022*. Kementerian ESDM.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2024). *Statistik ketenagalistrikan dan EBT tahun 2023*. Kementerian ESDM.
- Pramono, S. (2025). *Menjemput rezeki, menjaga harga diri: Membaca ulang investasi Tiongkok dalam perspektif kedaulatan ekonomi*. Cahya Ghani Recovery.
- United Nations Development Programme. (2021). *Climate change vulnerability index for Indonesia*. UNDP.
- World Bank. (2021). *Unlocking geothermal power in Indonesia: A comprehensive risk mitigation framework*. World Bank.
- World Bank. (2022). *Indonesia geothermal resource risk mitigation project: Implementation status report*. World Bank.