



## Energi Panas Bumi: Sumber Daya yang Dibentuk oleh Struktur Geologi

**Citra Wahyu Ningrum**

Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jaya

E-mail : [citra.wahyuningrum@dsn.ubharajaya.ac.id](mailto:citra.wahyuningrum@dsn.ubharajaya.ac.id)

**Edo Stanzah**

Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jaya

E-mail : [edostanzah4@gmail.com](mailto:edostanzah4@gmail.com)

**Assyeh Annasrul Majid**

Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jaya

E-mail: [anas@gmail.com](mailto:anas@gmail.com)

**Abstract :** *Geothermal energy is a renewable energy source that can be used to generate electricity, heat homes and businesses, and provide hot water for industrial processes. The interior of the Earth is hot, and this heat can be transferred to the surface through geological structures such as faults, fractures and sedimentary basins. These structures provide pathways for geothermal fluids to flow, and they can also trap these fluids, creating geothermal reservoirs. The type and size of geological structures that affect geothermal energy can vary depending on the location. For example, in some areas, faults and fractures are the most important structures, while in other areas, sedimentary basins are the most important. The distribution of these structures also plays a role in determining the potential for developing geothermal energy. The study of geological structure is very important to understand the distribution and potential of geothermal energy resources. By understanding how these structures influence the circulation and accumulation of geothermal fluids, we can develop and better manage these resources. This abstract provides a brief overview of the topic of geothermal energy and the role of geological structures in this field. It is intended to provide a starting point for further research and discussion.*

**Keywords :** *Renewable energy, Energy development, Energy management*

**Abstrak :** Energi panas bumi adalah sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, menghangatkan rumah dan bisnis, serta menyediakan air panas untuk proses industri. Bagian dalam bumi panas, dan panas ini dapat dipindahkan ke permukaan melalui struktur geologis seperti patahan, rekahan, dan cekungan sedimen. Struktur ini menyediakan jalur bagi cairan panas bumi untuk mengalir, dan mereka juga dapat menjebak cairan ini, menciptakan reservoir panas bumi. Jenis dan ukuran struktur geologi yang mempengaruhi energi panas bumi dapat berbeda-beda tergantung lokasinya. Sebagai contoh, di beberapa daerah, sesar dan rekahan merupakan struktur yang paling penting, sedangkan di daerah lain, cekungan sedimen adalah yang paling penting. Sebaran struktur tersebut juga berperan dalam menentukan potensi pengembangan energi panas bumi. Studi tentang struktur geologi sangat penting untuk memahami distribusi dan potensi sumber daya energi panas bumi. Dengan memahami bagaimana struktur ini memengaruhi sirkulasi dan akumulasi cairan panas bumi, kita dapat mengembangkan dan mengelola sumber daya ini dengan lebih baik. Abstrak ini memberikan gambaran singkat tentang topik energi panas bumi dan peran struktur geologi dalam bidang ini. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan titik awal untuk penelitian dan diskusi lebih lanjut.

**Kata kunci :** Energi terbarukan, Pengembangan energy, Manajemen energi

## **PENDAHULUAN**

Energi panas bumi adalah sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, menghangatkan rumah dan bisnis, serta menyediakan air panas untuk proses industri. Bagian dalam bumi panas, dan panas ini dapat dipindahkan ke permukaan melalui struktur geologis seperti patahan, rekahan, dan cekungan sedimen. Struktur ini menyediakan jalur bagi cairan panas bumi untuk mengalir, dan mereka juga dapat menjebak cairan ini, menciptakan reservoir panas bumi. Jenis dan ukuran struktur geologi yang mempengaruhi energi panas bumi dapat berbeda-beda tergantung lokasinya. Sebagai contoh, di beberapa daerah, sesar dan rekahan merupakan struktur yang paling penting, sedangkan di daerah lain, cekungan sedimen adalah yang paling penting. Sebaran struktur tersebut juga berperan dalam menentukan potensi pengembangan energi panas bumi.

Studi tentang struktur geologi sangat penting untuk memahami distribusi dan potensi sumber daya energi panas bumi. Dengan memahami bagaimana struktur ini memengaruhi sirkulasi dan akumulasi cairan panas bumi, kita dapat mengembangkan dan mengelola sumber daya ini dengan lebih baik. Energi panas bumi telah digunakan selama berabad-abad, tetapi baru belakangan ini menjadi alternatif yang layak untuk bahan bakar fosil. Hal ini disebabkan oleh kemajuan teknologi pengeboran dan ekstraksi, serta meningkatnya kesadaran akan kebutuhan akan sumber energi terbarukan.

Energi panas bumi merupakan sumber energi yang bersih dan berkelanjutan, serta memiliki potensi untuk menyediakan sebagian besar kebutuhan energi kita di masa depan. Namun, pengembangan sumber energi panas bumi tergantung pada pemahaman kita tentang struktur geologi. Dengan mempelajari struktur ini, kami dapat mengidentifikasi dan mengembangkan sumber daya panas bumi dengan lebih baik, dan kami dapat membantu memastikan masa depan energi yang bersih dan berkelanjutan.

## **METODE PENELITIAN**

Pembuatan jurnal ini menggunakan metode penelitian sebagai berikut.

1. Tinjauan Pustaka.
2. Pengumpulan data.
3. Analisis data.
4. Diskusi.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

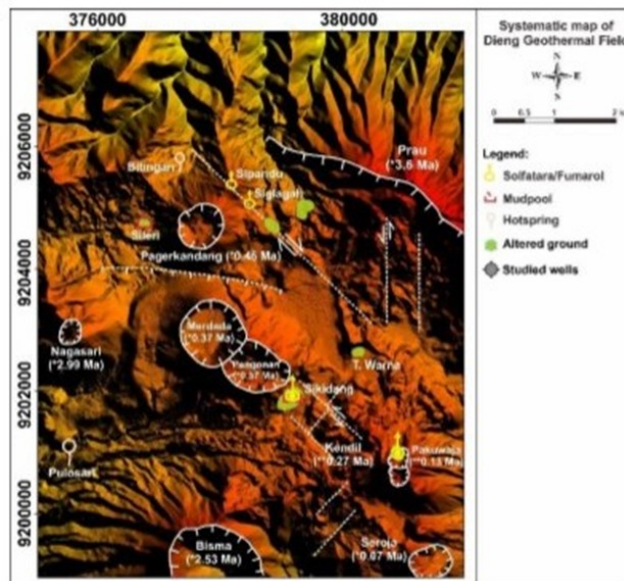
Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebaran struktur geologi berpengaruh signifikan terhadap sebaran dan potensi sumber daya energi panas bumi. Sesar dan rekahan adalah struktur yang paling penting untuk energi panas bumi, karena menyediakan jalur bagi cairan panas bumi untuk mengalir. Cekungan sedimen juga bisa menjadi penting, karena dapat menjebak cairan panas bumi, menciptakan reservoir panas bumi.

Temuan penelitian memiliki implikasi penting bagi pengembangan sumber energi panas bumi. Dengan memahami peran struktur geologi, kita dapat mengidentifikasi dan mengembangkan sumber daya panas bumi dengan lebih baik. Ini akan membantu memastikan bahwa energi panas bumi dapat memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi kita di masa depan. Penelitian ini juga berimplikasi pada pengelolaan sumber daya energi panas bumi. Dengan memahami bagaimana struktur geologis memengaruhi sirkulasi dan akumulasi cairan panas bumi, kita dapat mengelola sumber daya ini dengan lebih baik dan memastikan bahwa sumber daya tersebut digunakan secara berkelanjutan. Studi ini juga menemukan bahwa suhu dan tekanan fluida panas bumi dipengaruhi oleh struktur geologi.

Cairan yang mengalir melalui patahan dan rekahan biasanya lebih panas daripada cairan yang mengalir melalui cekungan sedimen. Ini karena patahan dan rekahan menyediakan jalur yang lebih langsung ke bagian dalam Bumi yang panas.

### **Struktur Geologi Dieng**

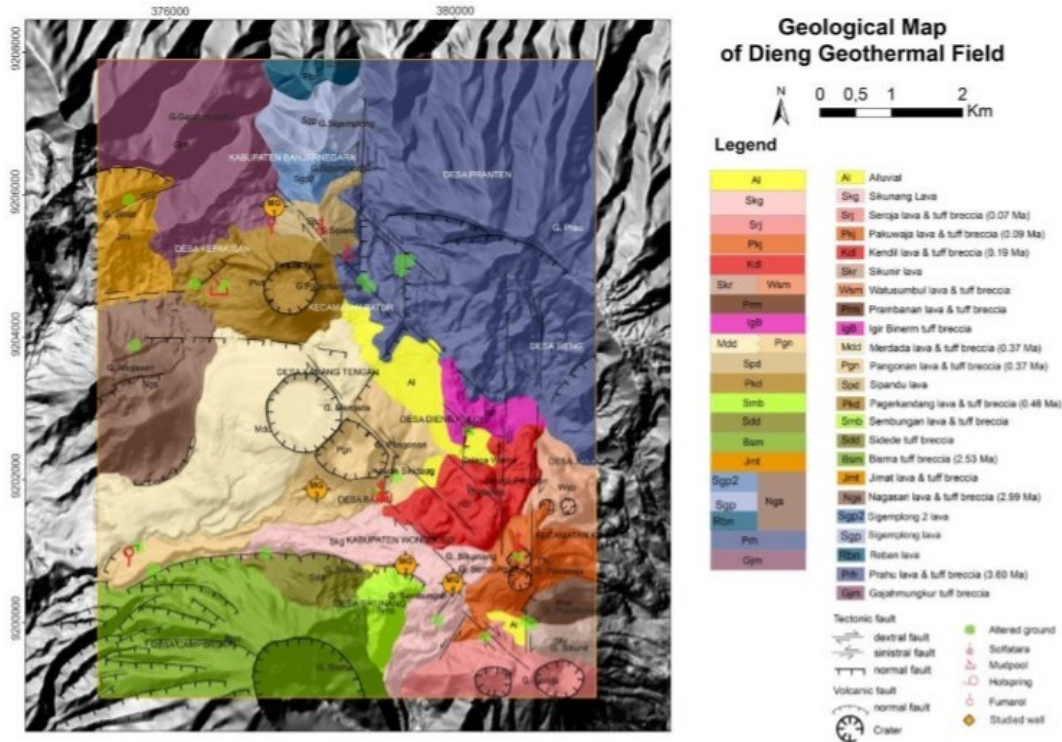
Struktur geologi Sistem Panas Bumi Dieng dicirikan oleh patahan berarah NW-SE yang terlihat dari keselarasan daerah manifestasi termal. Sesar-sesar tersebut berasosiasi dengan pusat vulkanik seperti Sipandu, kawasan Sileri (berasosiasi dengan Pagerkandang), kawasan Sikidang (berasosiasi dengan Pangonan), dan Pakuwaja. Sesar ini mungkin masih berfungsi sebagai penyedia permeabilitas, karena masih aktif.



**Gambar 1** : Peta sistematis yang menunjukkan usia dan distribusi gunung api di dalam kompleks vulkanik Dieng, serta lokasi manifestasi dan sumur yang dipelajari (dimodifikasi dari IFSAR- DTM lapangan panas bumi Dieng; data usia radiometrik berdasarkan dan sumur dari pekerja sebelumnya adalah KPS-1 dari, GLP-XX dari, dan GRH-2 dari).

Struktur Geologi. Bukti utama dari struktur geologi yang tidak terganggu di permukaan sulit dikenali, karena penggunaan lahan di mana sebagian besar daerah penelitian telah dibuat terasering untuk tujuan pertanian. Oleh karena itu, struktur geologi diinterpretasikan dari IFSAR-DTM. Struktur vulkanik yang diinterpretasikan sebagai pelek kawah berasosiasi dengan Mts. Pakerkandang, Pagonan Merdada, Pakuwaja, dan Seroja. Struktur ini dapat dihubungkan dengan bawah permukaan, yang ditunjukkan dengan adanya beberapa kerugian sirkulasi dalam pengeboran. Manifestasi panas aktif secara spasial berasosiasi dengan pusat vulkanik yaitu Sipandu, kawasan Sileri (berasosiasi dengan Pakerkandang), kawasan Sikidang (berasosiasi dengan Pagonan), dan Pakuwaja. Saat ini, kesalahan ini mungkin masih berfungsi sebagai penyedia permeabilitas, karena panas yang terkait dengannya masih aktif.

Pokok utama dari hasil dan pembahasan adalah bahwa Sistem Panas Bumi Dieng berkembang di dalam kompleks vulkanik Dieng, dengan stratigrafi bawah permukaan yang terdiri dari lava basaltik-andesitik dan batuan piroklastik. Intrusi Diorit hadir di bawah Mts. Pagonan-Merdada. Batuan bawah permukaan telah teralterasi, dengan intensitas berkisar antara 0,2-1,0, dan diamati tiga gaya alterasi: penggantian, pelindian/pelarutan, dan pengendapan langsung. Distribusi mineral hidrotermal memberikan petunjuk tentang kondisi termal sistem masa lalu.



**Gambar 2 :** Peta geologi lapangan panas bumi Dieng, Jawa Tengah (dimodifikasi dari Nurpratama).

**Struktur Geologi Wayang Windu**

Struktur geologi Lapangan Panas Bumi Wayang Windu terdiri dari beberapa formasi antara lain Formasi Loka, Formasi Waringin, Formasi Pengalengan, Formasi Wayang Windu, Formasi Dogdog, dan Formasi Malabar. Formasi Waringin merupakan induk reservoir yang didominasi uap dan tersusun atas lava andesitik dan piroklastik sedang hingga kasar. Aliran lahar bagian atas menandai batas antara Formasi Waringin dan Formasi Pengalengan di atasnya, yang terdiri dari batuan halus piroklastik dan epiklastik. Porositas pada Formasi Waringin menurun seiring kedalaman akibat pemadatan dan litifikasi batuan tufan.

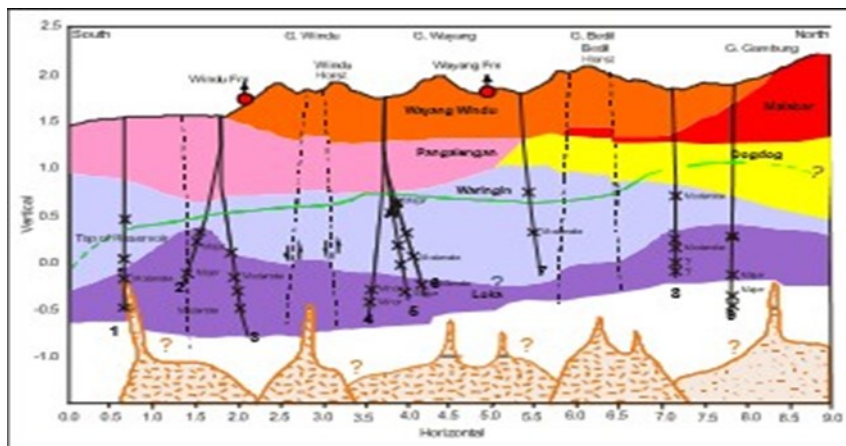
Distribusi permeabilitas pada Wayang Windu terutama dipengaruhi oleh porositas sekunder dari sesar dan rekahan, serta rekahan/lava breksi dan batuan intrusi beku. Jejak patahan dan rekahan diidentifikasi melalui kelurusan permukaan dan dikonfirmasi oleh data bawah permukaan seperti log citra dan core. Sejarah letusan gunung berapi di daerah tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar pusat erupsi terletak di sisi utara dan timur lapangan.

Alterasi hidrotermal pada Formasi Waringin dikategorikan ke dalam interlayered illite-smectite (argillic assemblage) bertransisi menjadi prophylic assemblage dengan adanya epidot. Illite menjadi lembaran silikat utama pada kedalaman yang lebih besar, dan wairakite, phrenite, dan epidote adalah alterasi umum dan mineral urat di reservoir cair yang

dalam. Kehadiran epidot berfluktuasi pada kedalaman di zona dominasi uap dan terletak di atas reservoir cairan yang dalam. Alterasi di dalam dan di atas zona yang didominasi uap sekarang berada di atas permukaan air dan merupakan batuan penutup reservoir panas bumi.

Batas-batas zona yang didominasi uap di Wayang Windu, termasuk Windu VDZ, Wayang VDZ, Gambung VDZ, dan Puncak Besar VDZ, sebagian ditentukan dari data sumur dan selanjutnya digambarkan secara lateral menggunakan kontur dasar konduktor MT. Batas barat dan selatan terdefinisi dengan baik, sedangkan batas timur Wayang VDZ memiliki ketidakpastian yang lebih tinggi karena kurangnya sumur yang ada.

Secara keseluruhan, struktur geologi Lapangan Panas Bumi Wayang Windu dicirikan oleh formasi yang berbeda, letusan gunung berapi, alterasi hidrotermal.



**Gambar 3** : Skema Model Geologi Wayang Windu dari selatan ke utara. Dimodifikasi dari laporan UGI (2002).

Energi panas bumi terbentuk oleh struktur geologis kerak bumi, khususnya di daerah yang memiliki aliran panas yang tinggi serta adanya batuan dan fluida yang permeabel. Struktur geologi memainkan peran penting dalam pembentukan dan keberlanjutan reservoir panas bumi.

Faktor penting pertama adalah adanya sumber panas, biasanya ruang magma atau badan batuan panas di kedalaman. Sumber panas ini bertanggung jawab untuk memanaskan batuan dan cairan di sekitarnya. Panas dipindahkan melalui proses konduksi dan konveksi.

Faktor kedua adalah adanya batuan permeabel yang memungkinkan pergerakan fluida. Batuan ini, seperti batuan vulkanik yang retak atau berpori, bertindak sebagai reservoir untuk fluida panas. Permeabilitas batuan ini memungkinkan cairan mengalir melaluinya, membawa panas ke permukaan.

Faktor ketiga adalah adanya lapisan pembatas atau caprock yang mencegah keluarnya fluida panas dan mempertahankan tekanan di dalam reservoir. Caprock ini dapat terdiri dari



batuan kedap air, seperti tanah liat atau serpih, yang bertindak sebagai segel.

Faktor keempat adalah adanya sesar dan rekahan pada struktur geologi. Rekahan ini menyediakan jalur bagi cairan untuk mengalir dan menumpuk di reservoir. Kesalahan juga dapat bertindak sebagai saluran untuk panas mencapai permukaan.

Kombinasi faktor-faktor ini menciptakan sistem panas bumi, di mana fluida panas terperangkap di dalam reservoir dan dapat diekstrak untuk produksi energi. Struktur geologi menentukan ukuran, bentuk, dan keberlanjutan reservoir panas bumi.

### **Struktur Geologi Kamojang**

Struktur geologi lapangan panas bumi Kamojang terdiri dari beberapa kenampakan tektonik dan satuan vulkanik. Daerah ini terbagi menjadi dua satuan yaitu satuan Pangkalan di bagian barat yang terdiri dari batuan andesit lapuk, dan satuan Gandapura di bagian timur yang tersusun oleh batuan andesit piroksen. Kawasan Danau Pangkalan yang terletak di antara dua satuan ini tersusun atas endapan gunung api-sedimen.

Lima fitur tektonik yang menonjol telah ditetapkan di daerah tersebut, termasuk pinggiran lubang keruntuhan Pangkalan dan sesar yang menerpa N 60. Ada juga sesar yang menerpa N 140, khususnya di bagian timur lapangan. Sesar ini dapat dibagi menjadi beberapa sub struktur yang bersesuaian dengan graben kecil dan horst.

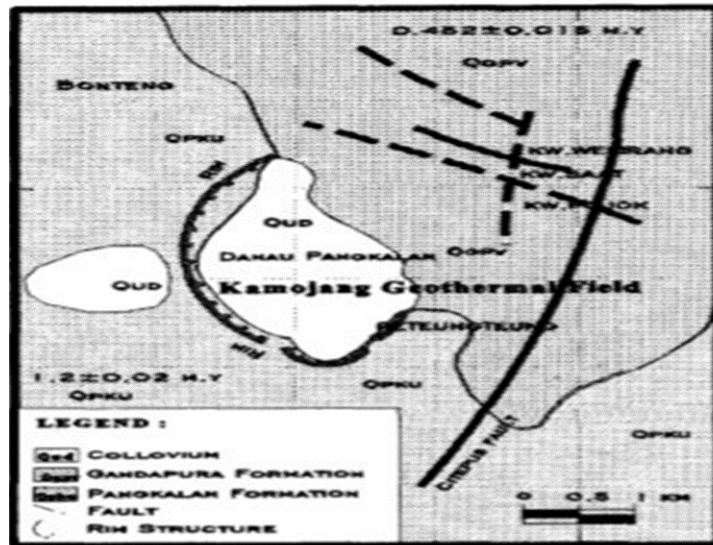
Pemetaan geologi dan analisis tektonik daerah tersebut telah menunjukkan bahwa struktur sesuai dengan fitur permukaan. Sesar dan rekahan di lapangan telah memainkan peran yang berbeda sepanjang sejarah geologisnya, dari tipe lateral dengan perpindahan kecil hingga tipe normal baru-baru ini yang mengarah ke utara. Kompleks vulkanik atau kerucut sepanjang sistem N 60 dapat mewakili kemungkinan sumber panas untuk lapangan panasbumi.

Struktur geologi Lapangan Kamojang juga meliputi zona permeabel dan non permeabel. Graben N 140 adalah zona permeabel yang sangat baik di mana uap mengalir dengan mudah, sedangkan sistem sesar N 60 yang dekat dengan K23 merupakan penghalang permeabilitas dengan suhu rendah.

Analisis petrografi inti dan cutting dari sumur di lapangan telah menunjukkan bukti adanya alterasi hidrotermal, yang menunjukkan bahwa proses hidrotermal telah aktif di lapangan panas bumi Kamojang.

Secara keseluruhan, struktur geologi lapangan panas bumi Kamojang dicirikan oleh kenampakan tektonik, satuan vulkanik, dan zona permeabel yang berperan penting dalam

pengembangan dan produksi energi panas bumi.



**Gambar 4 :** Peta Geologi Kamojang, Jawa Barat Ref: Genzl 1974 - 1975).

Energi panas bumi terbentuk oleh struktur geologis kerak bumi, khususnya di daerah yang memiliki aliran panas yang tinggi dan adanya formasi batuan yang permeabel. Prosesnya dimulai dengan panas yang dihasilkan oleh peluruhan unsur radioaktif jauh di dalam mantel bumi. Panas ini menyebabkan batuan di sekitarnya menjadi panas dan cair, membentuk ruang magma.

Di daerah di mana kerak bumi tipis atau retak, seperti di sepanjang batas lempeng tektonik atau daerah vulkanik, ruang magma bisa lebih dekat ke permukaan. Saat magma panas naik, ia memanaskan batuan dan air tanah di sekitarnya, menciptakan reservoir panas bumi.

Struktur geologi memainkan peran penting dalam pembentukan waduk ini. Formasi batuan permeabel, seperti batuan retak atau berpori, memungkinkan air panas bersirkulasi dan menumpuk di reservoir bawah tanah. Reservoir ini dapat ditemukan dalam berbagai kenampakan geologis, termasuk patahan, rekahan, dan batuan vulkanik yang berpori.

Patahan dan rekahan bertindak sebagai jalur bagi air panas untuk naik ke permukaan, membentuk sistem panas bumi. Struktur ini menyediakan saluran bagi air untuk mengalir, memungkinkannya menyerap panas dari bebatuan di sekitarnya dan menjadi bertekanan. Air kemudian muncul sebagai uap atau air panas melalui ventilasi atau sumur panas bumi.

Batuan vulkanik, seperti basal atau andesit, juga penting dalam pembentukan energi panas bumi. Batuan ini memiliki permeabilitas tinggi dan dapat menyimpan panas dalam jumlah besar. Saat air bersentuhan dengan batuan ini, ia dapat menyerap panas dan menjadi



panas dengan sendirinya, berkontribusi pada reservoir panas bumi.

Secara keseluruhan, struktur geologi yang meliputi formasi batuan permeabel, sesar, rekahan, dan batuan vulkanik berperan penting dalam pembentukan dan penyimpanan energi panas bumi. Struktur ini memungkinkan sirkulasi dan akumulasi air panas, yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga panas bumi yang bersih dan berkelanjutan.

## **KESIMPULAN**

Penelitian yang disajikan dalam makalah ini menunjukkan bahwa sebaran struktur geologi memiliki dampak yang signifikan terhadap sebaran dan potensi sumber daya energi panas bumi. Sesar dan rekahan adalah struktur yang paling penting untuk energi panas bumi, karena menyediakan jalur bagi cairan panas bumi untuk mengalir. Cekungan sedimen juga bisa menjadi penting, karena dapat menjebak cairan panas bumi, menciptakan reservoir panas bumi. Suhu dan tekanan fluida panas bumi juga dipengaruhi oleh struktur geologi. Cairan yang mengalir melalui patahan dan rekahan biasanya lebih panas daripada cairan yang mengalir melalui cekungan sedimen. Ini karena patahan dan rekahan menyediakan jalur yang lebih langsung ke bagian dalam Bumi yang panas. Temuan penelitian ini memiliki implikasi penting bagi pengembangan dan pengelolaan sumber daya energi panas bumi. Dengan memahami peran struktur geologi, kita dapat mengidentifikasi dan mengembangkan sumber daya panas bumi dengan lebih baik. Ini akan membantu memastikan bahwa energi panas bumi dapat memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi kita di masa depan. Penelitian tentang peran struktur geologi dalam energi panas bumi masih berlangsung. Ada sejumlah bidang di mana penelitian masa depan dapat dilakukan, seperti peran struktur geologi lainnya dalam energi panas bumi, dampak perubahan iklim terhadap sumber daya energi panas bumi, dan pengembangan teknologi baru untuk eksplorasi dan pengembangan sumber daya energi panas bumi. Secara keseluruhan, penelitian yang disajikan dalam makalah ini memberikan kontribusi yang berharga untuk pemahaman kita tentang peran struktur geologi dalam energi panas bumi. Penelitian ini akan membantu untuk menginformasikan pengembangan dan pengelolaan sumber daya energi panas bumi di masa depan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Djoko, Hantono., Agus, Mulyono., Aidil, Hasibuan., (2013). Structural Control Is A Strategy For Exploitation Well At Kamojang Geothermal Field, West Java, Indonesia.
- Fajar, Hendrasto. (2014 ) Daerah Resapan Lapangan Panasbumi Wayang Windu Berdasarkan Analisis Rekahan Dihubungkan Dengan Neraca Air Dan Sistem Reservoir Panasbumi
- Mayang, Bunga Puspito., Waahyudi., Agung, Harijoko., Imam, Suyanto. (2017)Pemodelan Struktur Geologi Bawah Permukaan Menggunakan Data Gravitasi Pada Area Sikidang- Merdada dan Area Sileri, Kompleks Gunungapi Dieng
- Shalihin, M. R. T. (2020) The Subsurface Geology and Hydrothermal Alteration of the Dieng Geothermal Field, Central Java: A Progress Report.
- Yuris, Ramadhan., Lukman, Sutrisno., Ahmad, Tasrif., Ian, Bogie. (2012) Geological Evaluation of the Waringin Formation as the host of a Vapor-Dominated Geothermal Reservoir at the Wayang Windu Geothermal Field