

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi panas bumi atau geotermal merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi signifikan dalam mendukung transisi energi bersih serta pengurangan emisi karbon secara global. Tidak seperti sumber energi terbarukan lainnya, energi geotermal mampu menyediakan daya secara berkelanjutan dengan kapasitas beban dasar (*baseload*) melalui pemanfaatan panas dari bawah permukaan bumi untuk menghasilkan uap atau fluida panas yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik tanpa proses pembakaran bahan bakar fosil (Watson, 2013). Hingga saat ini, sebagian besar Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) masih mengandalkan sistem hidrotermal konvensional, yang mengekstraksi fluida panas dari reservoir berpermeabilitas tinggi ke permukaan. Meskipun terbukti efektif, sistem ini memiliki keterbatasan geografis dan teknis, antara lain ketergantungan pada permeabilitas reservoir serta potensi penurunan produksi akibat berkurangnya massa fluida dan penurunan tekanan reservoir secara progresif (Beckers dkk., 2024; Yuan dkk., 2021).

Kondisi tersebut sering mengakibatkan sebagian sumur yang sebelumnya produktif beralih status menjadi sumur tidak aktif (*idle well*), baik karena penurunan performa maupun alasan keekonomian. Salah satu Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) yang memiliki potensi pemanfaatan sumur tidak aktif adalah WKP Patuha yang dikelola oleh PT Geo Dipa Energi. Pendekatan konvensional yang umum dilakukan untuk mengoptimalkan kembali *idle well* di Indonesia, seperti integrasi ulang (*tie-in*) ke sistem produksi uap telah terbukti dapat meningkatkan daya turbin hingga 60–61 MW pada PLTP Patuha dengan *availability factor* di atas 95% (Kardani dkk., 2024). Namun demikian, metode tersebut tetap bersifat ekstraktif dan memerlukan reinjeksi, yang dalam jangka panjang berpotensi mempercepat penurunan tekanan reservoir.

Salah satu alternatif teknologi yang memiliki prospek untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah *Closed-Loop Geothermal Sistem* (CLGS). Sistem ini bekerja dengan mensirkulasikan fluida kerja di dalam pipa tertutup tanpa kontak

langsung dengan fluida atau batuan reservoir, sehingga memungkinkan ekstraksi panas secara non-ekstraktif dan menjaga massa cadangan panas bumi. Konfigurasi koaksial (*coaxial*) menjadi salah satu desain yang menjanjikan karena kesederhanaan strukturnya, kompatibilitasnya untuk dipasang pada sumur yang telah ada, serta kemampuannya mempertahankan efisiensi transfer panas dengan pengaturan laju sirkulasi fluida (Beckers dkk., 2024; White dkk., 2024). Selain itu, sistem ini fleksibel dalam penggunaan berbagai jenis fluida kerja, seperti air dan karbon dioksida superkritis, sesuai dengan kondisi termodinamika sumur serta tujuan konversi energinya (Scherer dkk., 2020; Tangirala & Vilarrasa, 2025).

Kajian teknis terkait CLGS di Indonesia masih terbatas, khususnya pada penerapan di lapangan uap dominan seperti Patuha. Meskipun demikian, dengan temperatur dasar reservoir sekitar  $\pm 225$  °C dan tekanan  $\pm 68$  Bar, terdapat potensi panas bumi yang signifikan untuk dimanfaatkan secara non-ekstraktif pada *idle well*. PT Geoenergi Solusi Indonesia (Geoenergis) merupakan salah satu pihak industri yang telah melakukan kajian awal dan publikasi mengenai penerapan CLGS pada sumur non-produktif di Indonesia. Adanya keterlibatan industri yang memiliki pengalaman riset di bidang ini membuka peluang kolaborasi antara dunia akademik dan sektor profesional, yang dapat mempercepat adopsi teknologi CLGS di tanah air.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi potensi ekstraksi panas dari *idle well* di PLTP Patuha melalui pendekatan pemodelan numerik sistem CLGS berkonfigurasi koaksial. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan landasan teknis awal bagi implementasi teknologi ini sekaligus menawarkan masukan yang relevan bagi pengembangan proyek serupa di industri geotermal Indonesia.

Pada skripsi ini, istilah *Closed-Loop Geothermal Sistem* selanjutnya disingkat sebagai CLGS. Penyebutan CLGS digunakan secara konsisten untuk merujuk pada sistem panas bumi tertutup yang memanfaatkan sirkulasi fluida kerja di dalam rangkaian pipa sehingga pertukaran dengan formasi terutama berupa perpindahan panas, tanpa adanya pertukaran massa. Penulisan satuan mengikuti

satuan baku yang digunakan pada simulasi, yaitu temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ), tekanan (Bara), dan kedalaman (m).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensiumulasikan performa termal CLGS koaksial pada sumur *Idle*
2. Mengestimasi potensi daya listrik dari perpindahan panas oleh fluida kerja.
3. Menganalisis pengaruh penggunaan jenis fluida kerja terhadap efisiensi konversi energi.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Manfaat Akademik:

Penelitian ini memberikan manfaat akademik berupa kontribusi pada pengembangan kajian dan metode analisis kinerja *Closed-Loop* Geotermal Sistem (CLGS), khususnya melalui evaluasi pengaruh jenis fluida kerja dan laju alir massa terhadap efisiensi sistem sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian sejenis.

2. Manfaat Praktis:

Adapun manfaat praktisnya, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan teknis awal bagi pemangku kepentingan dalam pemilihan parameter operasi dan penapisan (*screening*) potensi pemanfaatan kembali sumur tidak aktif melalui penerapan CLGS sebelum dilakukan perancangan rinci.