

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Indonesia menyimpan 40% cadangan panas bumi dunia. Berdasarkan data Badan Geologi-Kementerian ESDM (Desember 2020), total potensi energi panas bumi Indonesia diperkirakan mencapai 23,7 GW dari potensi tersebut, Pemerintah telah menetapkan Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) & Wilayah Penugasan Survei Pendahuluan dan Eksplorasi (WPSPE) yang siap dikembangkan (Ermawati, 2014).

Cadangan panas bumi (mungkin, terduga, terbukti) total hanya sebesar 14,6 GW. Apabila diperhitungkan juga sumberdaya spekulatif dan hipotetik menjadi 24 GW (KESDM, 2021). Untuk itu perlu dikembangkan secara serius aspek sumberdaya panas bumi (spekulatif dan hipotetik) menjadi cadangan, selain pengembangan cadangan sumberdaya panas bumi perlu diperhatikan juga kapasitas existing terpasang untuk mempertahankan kapasitas yang sudah terpasang, secara alamiah karakteristik panas bumi yang sudah termanfaatkan itu cenderung *decline* dan perlu pengeboran sumur baru ataupun rekayasa *surface facility* untuk mendapatkan sumur *make up* demi mempertahankan produksinya (Hilah & Subekti, 2022).

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) XYZ di Jawa Barat ini merupakan PLTP tertua di Indonesia dengan kapasitas terpasang 230 MW yang terdiri dari lima unit PLTP: PLTP Unit-X1, X2 dan X3 merupakan kontrak Perjanjian Jual Beli Uap (PJBU) dan PLTP Unit-X4 & X5 merupakan Perjanjian Jual Beli Listrik (PJBL) (Kementerian ESDM, 2017). selama ini untuk PLTP Unit- X1, X2, X3 dan X5 tidak terdapat penurunan pembangkitan selama periode operasi tahun 2023 tetapi untuk pembangkit Unit-X4 mengalami penurunan pembangkitan yang disebabkan oleh penurunan pasokan uap, oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan *problem solving* terhadap penurunan pembangkitan supaya kembali ke semula sesuai *Unit Rated Capacity* (URC), Penelitian tersebut penulis batasi pada PLTP Unit-X4 dari sisi Steam Gathering System (SGS) sampai steam supply PLTP Unit-X4. PLTP Unit-X4 yang komersial pada tahun 2008 dengan pasokan uap memakai delapan sumur produksi dan mampu membangkitkan di 60,854 MW Netto yang listriknya di jual *single buyer* ke PLN melalui kontrak Perjanjian Jual Beli Listrik (PJBL).

Pasokan uap PLTP XYZ Unit-X4 di pasok oleh delapan sumur produksi pada saat pertama *Commisioning* pada tahun 2008, seiring dengan perjalanan operasi pada tahun 2013 ada satu penambahan sumur K-3X dan pada tahun 2015 ada penambahan dua sumur produksi K-2X dan K-1X sampai sekarang telah terjadi penurunan kapasitas sebesar 5 MWe atau setara 40 ton uap, berdasarkan dokumen K-OPS-PI01-015-PC-BED-001 PLTP Unit-X1,2 dan 3 memiliki uap cadangan sebesar 5 MWe sehingga dapat dimanfaatkan dengan optimal. Upaya mitigasi permasalahan tersebut maka diperlukan beberapa alternatif solusi untuk mengoptimalkan pembangkitan supaya tetap terjaga sesuai desain awal. Penulis merencanakan beberapa alternatif solusi dengan memodelkan kondisi existing SGS dan interkoneksi dengan sumur K-21X serta Penambahan dua sumur baru setelah selesai dilakukan pengeboran dan pengukuran.

Sifat alamiah geothermal adalah terjadinya penurunan baik tekanan, temperatur ataupun flow uap sangat umum terjadi seluruh wilayah kerja panas bumi, hal tersebut juga terjadi pada salah satu pembangkit di Jawa Barat, dari hasil pengamatan penulis berdasarkan data dari Exaquantum pada *Distribute Control System* (DCS) terdapat penurunan pasokan uap untuk pembangkit PLTP Unit-X4 dimana pembangkitan Netto mencapai beban minimum 54,7 MW perbulan maret sampai september 2023, apabila dibiarkan terus menerus akan berpotensi terkena *Delivery Or Pay* (DOP) sedangkan hasil *Unit Rated Capacity* (URC) sebesar 60,854 MW sebagai dasar kontrak untuk penentuan DOP dan *Take Or Pay* (TOP) antara kedua belah pihak (Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik PLTP Unit-X4) .

Sebagaimana bisnis pada umumnya, kegiatan bisnis jual beli energi geothermal juga didasarkan pada kesepakatan kontrak yang mengikat pengembang sebagai penjual energi dan PLN sebagai pembeli. Umumnya kontrak ini dikenal dengan Perjanjian Jual Beli Uap (PJBU) dan Perjanjian Jual Beli Listrik (PJBL). Ketentuan hukum yang mengatur mengenai perjanjian jual beli tenaga listrik antara PT. PLN (Persero) dengan pengembang kemudian secara khusus diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 10 Tahun 2017 tentang Pokok-Pokok Dalam Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik (PJBTL), di dalam PJBTL diatur Mengenai hak dan kewajiban dari pengembang dan PLN, diantaranya adalah pengembang wajib menyediakan energi dan PLN wajib membeli sebesar energi yang telah disediakan oleh pengembang.

Perlu diketahui bahwa PLTP XYZ Unit-X4 ini memiliki *inlet presure turbine* sebesar 11 bara dan temperature 184,07 derajat celcius berbeda dengan pembangkit yang lainnya PLTP Unit-X5 memiliki *inlet presure turbine* sebesar 6.5 bara dengan temperatur sebesar 166.8 derajat celcius

dan PLTP Unit-X1, 2 dan 3 memiliki tekanan Manifold sebesar 7,35 bara sehingga sulit untuk melakukan interkoneksi pada Steam Gathering System yang terdekat dan di sisi header pembangkit serta *Drilling Campain Program* masih lama, diperkirakan *Potential Loss Production* (LPO) pertahun sebesar 48.518.136 KWh/year atau setara dengan 4.977.961 USD per tahun.

Penulis merencanakan beberapa alternatif solusi dengan memodelkan kondisi *existing* SGS untuk mencari alternatif solusi yang relevan dengan menggunakan perangkat lunak software Aspen Hysys sebagai pendekatan perhitungan pada kondisi aktual, dimana untuk pemodelan dan simulasi Pipeline (PL)-X05 ini menggunakan dua kali pemodelan, model yang pertama memodelkan kondisi *existing* dan yang kedua memodelkan kondisi setelah penambahan uap dari K-21X, untuk pemodelan yang kedua ini menggunakan beberapa kali Perhitungan dilakukan sebanyak empat kali pemodelan, dimana di kondisikan dari kondisi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% untuk mencapai pembangkitan yang maksimum sesuai design.

Penulis menemukan beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya sebagai berikut; a. “Darajat Unit II/III *Interface Debottlenecking*” Project ini membahas tentang Penelitian Wibisono dkk., memodifikasi jalur jaringan pipa header dan memasang PCV secara paralel untuk menurunkan *pressure drop* di jaringan pipa header sehingga dengan turunnya *pressure drop* ini akan menaikkan tekanan di header, dengan naiknya tekanan di header akan memungkinkan penyesuaian *Well Head Pressure* (WHP) (Yamin et al., 2018). Apabila *Well Head Pressure* turun flow akan naik dari tiap-tiap sumur. Teori yang digunakan adalah aplikasi *Derivable Capability Curve* pada setiap sumur produksi, b. “Pemodelan Desain Gathering System dalam Pengembangan Lapangan Panas Bumi Ulumbu untuk mengoptimalkan Kapasitas Produksi” (Nugroho, 2020). Tesis ini menitik beratkan pada optimalisasi kapasitas produksi dengan melakukan pemodelan dan simulasi pada sumur-sumur yang baru selesai di bor yang direncanakan sebesar 2X20 MWe, setelah dilakukan pemodelan dan simulasi di dapatkan sebesar 57.02 MWe sehingga memungkinkan untuk di bangun PLTP dengan kapasitas 2x20 MW (tesis ini yaitu pemodelan sumur pada saat awal design bukan setelah beroperasi), c. “*Comparison and Selection of A steam gathering System in Ulubelu Geothermal Project, Sumatera Utara, Indonesia*” (Purwono, 2010). Hasil kajian ini menunjukkan bahwa sistem instalasi pipa *hybrid* memberikan solusi optimal untuk menyalurkan fluida sumur ke pembangkit listrik, tetapi hanya dengan margin yang kecil. Lokasi terpisah dari sumur reinjeksi menyebabkan skenario ini menjadi pilihan yang sedikit lebih baik dibandingkan skenario lainnya, meskipun biayanya mahal. Sistem *hybrid* hanya membutuhkan dua

pipa brine sedangkan pipa satu fasa membutuhkan tiga brine saluran pipa; oleh karena itu, biaya konstruksi dan biaya material selain pipa juga lebih tinggi. Karena semuanya, pipa aliran dua fase memerlukan sumur reinjeksi tambahan untuk dibor di cluster A dan kondensat akan dialirkan kembali ke *cluster* A (Kajian ini dilakukan untuk mencari skenario yang paling efisien untuk konstruksi pemipaan Steam Gathering System PLTP Unit-1 & 2).

Maksud dan tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan pembangkitan PLTP unit-X4 dengan memodelkan dan mensimulasikan *Steam Gathering System* yang meliputi: menentukan hasil pemodelan dan simulasi *Steam Gathering System Existing*, menghitung *line sizing*, *steam velocity*, *pressure drop*, dan laju kondensat pada pemipaan baru, menentukan hasil simulasi setelah penambahan uap pada *Steam Gathering System* yang di *design* dan menganalisis perhitungan keekonomian.

1.2.Rumusan Masalah

Permasalahan diidentifikasi dan dianalisis guna mencapai tujuan optimalisasi pembangkitan pada sistem Steam Gathering System (SGS) Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Unit-X4. Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana kondisi hasil pemodelan dan simulasi Steam Gathering System existing ?
- b. Bagaimana kontribusi peningkatan kapasitas pembangkit panas bumi dengan Interkoneksi dengan Sumur yang terdekat untuk mencapai kondisi operasi yang optimal?
- c. Bagaimana Kondisi konfigurasi hasil pemodelan dan simulasi Steam Gathering System SGS yang Optimal ?
- d. Bagaimana analisa perhitungan keekonomian pada tie in pemipaan K-21X ke PL-X05 dan X01?

1.3.Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian umum adalah optimalisasi pembangkitan Pembangkit listrik Panas Bumi dengan melakukan pemodelan dan simulasi pada Steam Gathering System sedangkan tujuan penelitian khusus adalah:

- a. Analisis hasil pemodelan dan simulasi Steam Gathering System existing
- b. Menghitung dan menganalisis *Line Sizing*, *Steam Velocity*, *Pressure Drop* dan Laju Kondensat pada pemipaan baru

- c. Analisis hasil konfigurasi pemodelan dan simulasi setelah penambahan uap Steam Gathering System SGS yang Optimal.
- d. Analisis perhitungan keekonomian pada *tie in* pemipaan sumur produksi K-21X ke PL-X05 dan X01.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk meningkatkan kinerja efisiensi energi pada PLTP Kamojang Unit-X4 dengan tujuan sebagai berikut:

- a. Memberikan *point of view* pembangunan PLTP yang memiliki *inlet pressure turbine* yang berbeda.
- b. Meminimalisir adanya *loss energy* di sepanjang Pipa Utama
- c. Optimalisasi kapasitas pembangkit listrik tenaga panas bumi setelah interkoneksi dengan Sumur K-21X dari PL-X01 dengan empat kali permodelan 25%, 50%, 75% & 100%.

1.5. Orisinalitas Penelitian

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan pemodelan dan simulasi Steam Gathering System (SGS) pada Pembangkit Panas Bumi, beberapa diantaranya menggunakan aplikasi perangkat lunak seperti: Hysys, Python, EES dan lain-lain telah banyak dilakukan. Ringkasan penelitian sebelumnya dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 1. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analisis
1	Yamin et al., 2018	Darajat Unit II/III Interface Debottlenecking Project	Penelitian ini dengan memodifikasi header antarmuka untuk mendedikasikan jalur uap, dan kemudian diikuti oleh memasang PCV paralel untuk mengurangi penurunan tekanan. Dari model reservoir, permukaan pengurangan penurunan tekanan fasilitas yang dihasilkan dari proyek-proyek debottlenecking ini dapat menurunkan tingkat penurunan dari 9,3%	Penelitian Wibisono dkk., memodifikasi jalur jaringan pipa header dan memasang PCV secara paralel untuk menurunkan pressure drop di jaringan pipa header sehingga dengan turunnya <i>pressure drop</i> ini akan menaikkan tekanan di header,

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analisis
			menjadi 7,6%, sehingga menguntungkan perusahaan dengan menunda pengeboran 11 sumur.	dengan naiknya tekanan di header akan memungkinkan mengadjust <i>Well Head Pressure</i> (WHP), apabila <i>Well Head Pressure</i> turun <i>flow</i> akan naik dari tiap-tiap sumur. Teori yang digunakan adalah pemahaman aplikasi <i>Derivable Capabilty Curve</i> setiap sumur produksi.
2	Nugroho, 2020	Pemodelan Desain Gathering System dalam Pengembangan Lapangan Panas Bumi Ulumbu untuk mengoptimalkan Kapasitas Produksi	Tesis ini tentang design Pengembangan Lapangan panas bumi Ulumbu direncanakan sebesar 2x20 MWe. Perencanaan pengembangan lapangan panas bumi Ulumbu menggunakan 9 sumur produksi yang berada pada 3 klaster yang tersebar, dengan laju aliran massa yang sama yaitu 13.41 kg/s dengan jarak klaster yang beragam antara lain 2052 m, 1161m, 963 m dari unit pembangkit dan desain inlet turbin sebesar 12 bar. Hasil simulasi mendapatkan ukuran diameter pipa yang optimal untuk segmen sumur ke header klaster menggunakan diameter dalam 0.254 m dan diameter luar 0.273 m. kemudian segmen header klaster ke header utama menggunakan diameter dalam 0.447 m dan diameter luar 0.508 m. Total	Tesis Nugroho Ady menitik beratkan pada optimalisasi kapasitas produksi dengan melakukan pemodelan dan simulasi pada sumur-sumur yang baru selesai di bor yang direncanakan sebesar 2X20 MWe, setelah dilakukan pemodelan dan simulasi di dapatkan sebesar 57.02 MWe sehingga memungkinkan untuk di bangun PLTP dengan kapasitas 2x20 MW.

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analisis
			penurunan tekanan pada klaster D sebesar 1,79 bar, penurunan tekanan pada klaster E sebesar 1,18 bar dan penurunan tekanan pada klaster F sebesar 1,11 bar. Untuk mengoptimalkan kehilangan panas pada pipa dengan diameter 0.27 m menggunakan insulator dengan ketebalan 100 mm dan pada pipa dengan diameter 0.50 m menggunakan insulator dengan ketebalan 114 mm. Dalam perencanaan 9 sumur tersebut bisa menghasilkan sebesar 57.02 MWe sehingga bisa membangkitkan turbin 2x20 MW.	
3	Purwono, 2010	Comparison and Selection of A steam gathering System in Ulubelu Geothermal Project, Sumatera Utara, Indonesia	Kajian ini fokus pada desain konseptual jaringan pipa panas bumi khususnya untuk sistem pengumpulan uap. Alat untuk menghitung sistem perpipaan yang menekankan pada perbandingan dan pemilihan sistem perpipaan untuk mentransmisikan cairan panas bumi, sehubungan dengan desain dan biaya yang optimal. Tentu hal ini berkaitan dengan aliran fluida dalam suatu sistem perpipaan. Perhitungan membandingkan tiga sistem konseptual transmisi fluida panas bumi yang berbeda: aliran satu fasa, aliran dua fasa dan kombinasi kedua sistem (hibrida) dan juga membandingkan transmisi fluida menggunakan pipa	Hasil kajian bapak A. Novi Purwono menunjukkan bahwa sistem pipa <i>hybrid</i> memberikan solusi optimal untuk menyalurkan fluida sumur ke pembangkit listrik, tetapi hanya dengan margin yang kecil. Lokasi terpisah dari sumur reinjeksi menyebabkan skenario ini menjadi pilihan yang sedikit lebih baik dibandingkan skenario lainnya, meskipun biayanya mahal. Sistem <i>hybrid</i> hanya membutuhkan dua pipa brine

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analisis
			tunggal dan dua pipa paralel. Sebuah studi kasus dibuat tentang sistem pengumpulan uap untuk panas bumi Ulubelu proyek 2×55 MW, unit 1 dan 2, hasilnya menunjukkan bahwa ketiga sistem yang diteliti memberikan desain dan biaya yang serupa untuk proyek ini, namun sistem hibrida akan menjadi yang paling efisien sehubungan dengan karakteristiknya lokasi proyek yang ada. Umumnya transmisi satu pipa lebih irit dibandingkan dua pipa paralel. Terdapat perbedaan yang tidak signifikan pada diameter pipa dengan desain.	sedangkan pipa satu fasa membutuhkan tiga brine saluran pipa; oleh karena itu, biaya konstruksi dan biaya material selain pipa juga lebih tinggi. Karena semuanya, pipa aliran dua fase memerlukan sumur reinjeksi tambahan untuk dibor di cluster A dan kondensat akan dialirkan kembali ke cluster A.

BAB II

