

Optimalisasi Sumur Panas Bumi LHD-X untuk menjaga kestabilan steam supply pembangkitan PLTP Lahendong Unit 6

Akhmad Burhani Prasetyo^{1,2}, Nazrul Effendy³, Rifqi Imanto⁴

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

² Operation Departemen, PT PGE Tbk. Area Lahendong, Tomohon
akhmadburhaniprasetyo@mail.ugm.ac.id

³Intelligent and Embedded System Research Group, Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
nazrul@ugm.ac.id

⁴Engineering Project Departemen, PT Ecolab International Indonesia, Jakarta
rifqi@iman.to

Intisari— Salah satu tantangan dalam operasi bisnis panas bumi adalah menjaga penurunan produksi akibat decline rate sumur, yang berkisar 8-10% per tahun agar tidak bertambah. Terdapat beberapa cara untuk mempertahankan kelangsungan bisnis panas bumi yaitu Pemboran sumur Make Up, Optimalisasi reinjeksi dengan study dan kajian, serta mengoptimalkan sumur produksi panas bumi yang ada. Salah satu cara yang cepat adalah dengan mengoptimalkan sumur produksi eksisting yang memiliki Wellhead Pressure (WHP) yang tinggi untuk menambah produksi uap dengan cara merubah ukuran atau menambah jalur pipa baru dengan harapan WHP akan turun dan produksi fluida panas bumi bertambah. PLTP Lahendong Unit 6 milik PT PGE yang berada di kabupaten Minahasa merupakan salah satu Pembangkit yang memanfaatkan fluida panas bumi untuk menghasilkan Listrik yang dijual ke PLN. Terdapat permasalahan pada salah satu sumur untuk suplai uap untuk Pembangkit PLTP Unit 6 sumur LHD -Y sehingga diperlukan optimalisasi sumur suplai lainnya LHD -X dengan menambahkan jalur pipa baru yang sejajar dan terhubung ke pipa utama yang sama. Dibutuhkan kajian komprehensif dalam penentuan Tingkat keberhasilan dalam proses optimalisasi karena terdapat faktor constrain dari sisi reservoir yaitu decline rate dan laju pengurasan reservoir. Sumur LHD-X dapat dilakukan optimalisasi berdasarkan dari hasil kajian dan data dari grafik Deliverability Output Curve dan juga didukung dengan menggunakan kajian Pipe Stress Analysis (PSA). Kajian Soil investigation tidak dilakukan karena berada dilokasi wellpad eksisting yang sudah terdapat data report sebelumnya. Penerapan standar yang berlaku di PT PGE dan standard international menjadi hal yang penting agar resiko kegagalan akibat desain yang tidak sesuai dapat dihindari dengan tetap mengutamakan Kesehatan Keselamatan dan Lindung Lingkungan (K3LL). Studi kasus di PLTP Lahendong Unit 6 menunjukkan bahwa dengan menggunakan simulasi HYSYS dan analisis tekanan pipa (CAESAR II) untuk menentukan ukuran pipa baru sangat tepat sehingga didapatkan ukuran pipa 12" untuk mengurangi risiko pressure drop yang dapat merusak pipa. Tahap akhir mencakup proses lelang dan eksekusi teknis, dengan penekanan pada kepatuhan terhadap standar pengelasan dan keselamatan. Keseluruhan proses ini bertujuan untuk memastikan keberlangsungan pasokan uap bagi pembangkitan listrik dan mempertahankan efisiensi operasional.

Kata Kunci—Optimalisasi, Wellhead Pressure, Decline Rate, Deliverability Output Curve, Pipe Stress Analysis,

I. PENDAHULUAN

PT Pertamina Geothermal Energi Tbk. (PT PGE) adalah anak perusahaan dari *Sub Holding* Pertamina yang bergerak di bidang Energi Baru dan Terbarukan (*Power & New Renewable Energy*). Pertamina (Persero) memiliki enam sub holding, termasuk *sub holding Upstream, Refining & Petrochemical, Gas, Shipping Co., dan Power & New Renewable Energy*. PT PGE diberikan kepercayaan untuk mengelola bisnis panas bumi secara terintegrasi, baik di sektor hulu maupun hilir. Aktivitas utama PT PGE meliputi eksplorasi, eksploitasi, dan produksi panas bumi, serta pembangkitan listrik dari sumber daya tersebut untuk memenuhi kebutuhan energi nasional, khususnya di Indonesia.

Dalam upaya menjangkau seluruh warga negara, PT PGE mengembangkan wilayah produksi di Sumatera, Jawa, dan Sulawesi, yang terletak pada jalur "*Ring of Fire*." Proses produksi panas bumi dilakukan dengan mengebor sumur dengan kedalaman rata-rata tiga ribu kilometer, diikuti dengan pembangunan pipa produksi untuk mengalirkan uap panas bumi ke Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP). Ukuran dan panjang pipa disesuaikan dengan desain, kapasitas, serta jumlah sumur yang dimanfaatkan, sesuai dengan kontrak.

Salah satu wilayah kerja panas bumi yang dimiliki PT PGE adalah WKP area Lahendong yang berlokasi di Kabupaten Minahasa dan Kota Tomohon, Sulawesi Utara. Terdapat dua skema bisnis PT PGE yang berlokasi di Lahendong yaitu Jual beli Uap dengan PLTP dan Jual beli Listrik. PLTP Lahendong Unit 6 merupakan salah satu dari Pembangkit Listrik panas bumi yang dimiliki dan dioperasikan langsung oleh PT PGE dengan skema bisnis Jual beli Listrik dengan PT PLN. Pembangkit ini disuplai dari 2 sumur produksi panas bumi yaitu sumur LHD -X dan sumur LHD -Y yang masing-masing sumur memiliki nilai *decline rate* (Nilai faktor penurunan produksi rata-rata) kurang lebih 8 – 10% per tahun. Pemboran sumur panas bumi memiliki beberapa tujuan yaitu untuk pengembangan prospek bisnis panas bumi dengan pembuatan Pembangkit PLTP baru dan sebagai salah satu upaya mempertahankan pasokan uap yang digunakan untuk membangkitkan Listrik di PLTP eksisting. Tingkat kesuksesan pemboran *make up well* yang digunakan untuk mempertahankan pasokan uap kurang lebih sekitar 30 – 40%. Hal ini dikarenakan pemboran sumur panas bumi memiliki Tingkat resiko kegagalan yang tinggi dibandingkan pemboran sumur minyak dan gas bumi. Reservoir panas bumi berbeda dengan reservoir minyak dan gas bumi, dimana panas bumi umumnya berasosiasi dengan aktivitas vulkanik yang mana tantangan dalam pemboran akan berhadapan dengan batuan vulkanik yang sifatnya keras dan berongga (*Permeable*). Sedangkan untuk reservoir minyak dan gas bumi, cenderung berada pada daerah sedimentasi dengan karakteristik batuan yang sedimen yang lunak. Dengan batuan vulkanik yang cukup keras, potensi kegagalan dalam proses pemboran sumur akibat terjepit (*Stuck*) dan tidak terdapat progress kemajuan kedalaman (*Stall*). Sehingga untuk mengurangi serta mempertahankan proses produksi diperlukan strategi operasional lainnya serta mengoptimalkan proses reinjeksi melalui *study* dan kajian.

Menjaga keberlangsungan bisnis panas bumi bisa dikatakan sulit jika dilihat dari Tingkat keberhasilan pemboran sumur *make up* selain itu untuk mendapatkan reservoir baru sebagai cadangan uap panas bumi membutuhkan waktu yang cukup lama karena dibutuhkan survei geologi, geofisika dan geokimia sehingga salah satu cara yang paling memungkinkan adalah dengan melakukan optimalisasi produksi sumur-sumur panas bumi yang sudah ada. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk optimalisasi produksi tetapi yang memiliki tingkat keberhasilan paling tinggi adalah dengan menurunkan tekanan kepala sumur (*Wellhead Pressure*) untuk mendapatkan uap lebih banyak. Metode tersebut dilakukan dengan merubah ukuran pipa atau menambah pipa produksi yang digunakan.

Perubahan atau pembuatan pipa produksi baru merupakan kegiatan yang cukup sulit dilakukan dan memiliki proses yang cukup kompleks dalam perencanaannya akan tetapi lebih sering dilakukan dalam kegiatan perusahaan panas bumi pada umumnya. Terdapat beberapa tahapan yang perlu diperhatikan dalam proses perubahan atau pembuatan jalur pipa produksi baru yaitu kondisi pipa produksi yang sudah akan diubah atau ditambah, kapasitas pipa yang akan diganti atau ditambahkan, kekuatan dari pondasi support dan tanah, Analisa kondisi pipa apabila dalam kondisi mengalir jika dihubungkan dengan pipa eksisting dari pergerakan pipa dan support akibat gempa atau pergerakan fluida didalam pipa, segi perubahan temperature yang mempengaruhi pergerakan pipa dan material akibat pemuaihan, serta simulasi aliran fluida didalam pipa (Kecepatan aliran serta *pressure drop*). Semua hal tersebut dilakukan pada saat *fase engineering* (studi) baik dilakukan oleh internal Perusahaan atau konsultan engineering dan dibuatkan laporan sebagai data yang akan digunakan dalam proyek.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perencanaan Jaringan pipa Produksi

Perencanaan perubahan atau pembuatan jaringan pipa produksi menggunakan Code and Standard yang berlaku untuk lingkungan *Geothermal* dan Migas. Standar yang digunakan selain Standar Nasional Indonesia (SNI), terdapat juga standar *American Society Mechanical Engineers (ASME)*, *American Petroleum Institute (API)*, *American National Standards Institute (ANSI)* dan *American Welding Society (AWS)*. PT PGE juga menggunakan standar spesifikasi Perusahaan yang berguna untuk memudahkan kontraktor dalam melakukan pekerjaan konstruksi.

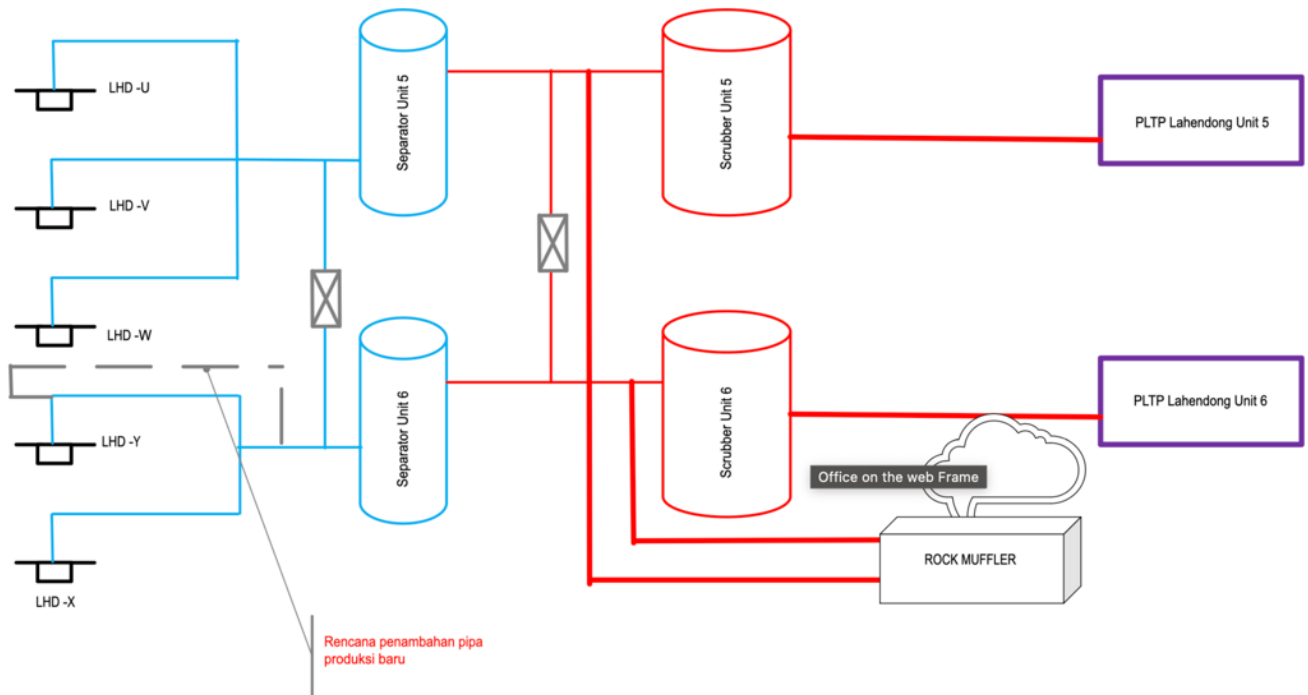
Pembuatan penambahan pipa produksi baru dengan mengoptimalkan sumur LHD -X yang dilakukan di PT PGE Tbk. area Lahendong merupakan salah satu cara untuk mempertahankan steam suplai pembangkitan PLTP Lahendong Unit 6 dengan memanfaatkan *Pressure* Kepala Sumur yang masih tinggi untuk mendapatkan tambahan *fluida* dua fasa panas bumi. Desain pipa baru ini memerlukan pertimbangan yang matang karena berada diantara pipa produksi lainnya yang sedang dalam kondisi *online* sehingga prosedur serta proses konstruksi perlu dilakukan perencanaan dan pengawasan yang baik. Perancangan pipeline ini mengacu pada standar internasional sebagai acuan utama baik dalam hal pemilihan jalur, pemilihan material, pelaksanaan konstruksi maupun dalam hal pengoperasiannya.

Pembangunan penambahan pipa produksi baru di PLTP Lahendong Unit 6 ini memiliki tantangan yaitu pada area kerja yang cukup sempit karena berada diantara pada dua pipa produksi di area *wellpad 27* yang kecil serta kondisi *wellpad 27* yang sudah dilakukan pengecoran dan pembesian sehingga membutuhkan usaha yang cukup besar untuk membuat galian pada saat konstruksi. Metode yang akan dilakukan juga memandang dari segi keselamatan bagi pekerja, peralatan dan lingkungan sekitar.

Studi kasus ini merupakan salah satu contoh dari pembangunan penambahan pipa produksi baru untuk mengoptimalkan produksi sumur LHD -X sebagai salah satu sumur yang digunakan untuk steam suplai PLTP Lahendong Unit 6 yang memerlukan desain *sizing* pipa yang akan digunakan. Hal ini dilakukan karena salah satu sumur suplai PLTP Lahendong Unit 6 lainnya (LHD -Y) mengalami

penurunan produksi yang cukup signifikan akibat adanya perubahan reservoir yang kemungkinan disebabkan adanya aktifitas magmatik pada reservoir panas bumi.

Berikut adalah gambar pipe layout penambahan pipa produksi baru Cluster 27 (Wellpad 27)



Gambar 1. Infrastruktur Pipe Layout PLTP LHD Unit 6



Gambar 2. Jaringan Pipa Fluida Panas Bumi PLTP Lahendong Unit 5 & 6 (Cluster 27)

B. Sistem Panas Bumi PLTP Lahendong Unit 5 & 6

Sistem panas bumi yang digunakan sebagai steam supply PLTP Lahendong unit 5&6 memiliki karakteristik *fluida* berupa 2 fasa (air dan uap) dengan komposisi *dryness* bervariasi antara 20 -30% sehingga memerlukan separator yang berfungsi untuk memisahkan uap dan air yang selanjutnya uap akan dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin. Suhu dalam reservoir panas bumi lahendong dapat mencapai sekitar 250°C hingga 300°C, dengan tekanan yang cukup tinggi mampu mendukung efisiensi dalam proses pembangkitan listrik.

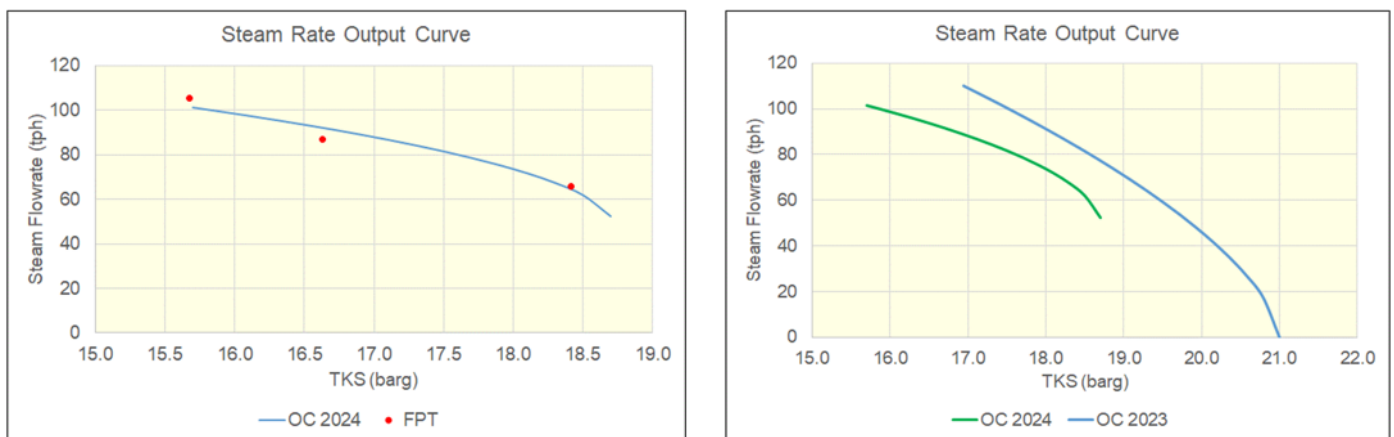
III. PROSES PEKERJAAN OPTIMALISASI SUMUR PANAS BUMI LHD -X

Proses pekerjaan Optimalisasi Sumur Panas Bumi LHD-X ini dilakukan dengan menambahkan jalur pipa baru yang dipasang berdampingan dengan jalur pipa produksi eksisting dan ditapping ke pipa jalur utama yang sama dengan jalur eksisting untuk menurunkan tekanan kepala sumur (*Wellhead Pressure*) sehingga produksi fluida 2 fasa dari sumur Panas Bumi LHD -X bertambah sesuai dengan estimasi dari grafik *Deliverability Output Curve* sumur LHD -X. Proses penambahan jalur pipa ini memiliki beberapa batasan yang harus diperhatikan dalam penyusunan *desain* dan *sizing* pipa yaitu terkait batasan maksimum tekanan kepala sumur yang optimal agar tidak terjadi *over exploitation* dan keterbatasan terkait kapasitas pipa produksi utama. Terkait adanya batasan tersebut dalam proses pekerjaan penambahan jalur pipa produksi ini memiliki beberapa tahapan yang perlu dilakukan antara lain Survei Lapangan dan *Desk Study*, Penentuan jalur, Simulasi PSA (*Pipe Stress Analysis*), kajian *Soil Investigation* yang dalam kasus ini tidak dilakukan karena area kerja berada pada wellpad sumur eksisting yang sudah terdapat kajian sebelumnya, perhitungan dan penyusunan *desain support* pipa, penyusunan MTO (*Material Take Off*) dan analisa satuan pekerjaan jasa, serta tahapan akhir berupa proses lelang, eksekusi lapangan dan pengawasan.

A. Tahap Awal

Proses pekerjaan tahap awal ini meliputi Survei lapangan & *Desk Study*, Penentuan desain jalur, Simulasi PSA, Perhitungan dan penyusunan desain *Support* Pipa, hingga penyusunan MTO dan Analisa Harga Jasa yang akan dijadikan sebagai dasar penyusunan dokumen pengadaan serta *Owner Estimate*. Tahap awal ini PT PGE area Lahendong menggunakan jasa konsultan dalam penyusunan dan penyelesaiannya kajian hingga penyusunan dokumen Pengadaan. PT PGE area Lahendong melakukan *review* terhadap hasil kajian terkait kesesuaian dengan kondisi dilapangan terkait adanya konstrain yang telah disampaikan, standar yang berlaku di lingkungan PT Pertamina Geothermal Energi Tbk. serta *budgetary* yang telah dibuat pada tahun sebelumnya. Usulan yang disampaikan oleh PT PGE area Lahendong adalah terkait penggunaan sistem *double deck* dan sejajar pipa eksisting dengan menambahkan *tee connection* diatas rangkaian *wellhead* eksisting. Berdasarkan perhitungan dan simulasi stress analysis, proyeksi tersebut berisiko terhadap kestabilan dan dapat menyebabkan adanya kebocoran pada sambungan casing head dengan master valve. Sehingga dilakukan perubahan dengan menyusun rangkaian pipa baru berlawanan dengan arah pipa eksisting dan kemudian memutar untuk tapping tie in ke pipa utama.

Penentuan nilai tekanan kepala sumur (*Wellhead Pressure/WHP*) dilakukan oleh PGE berdasarkan data dari hasil uji produksi *Flow Performance Test* yang telah dilakukan dan kemudian dilakukan interpolasi dan diplot berupa grafik *Deliverability Output Curve*. Penentuan WHP ini dilakukan dengan memperhatikan dari laju pengurasan reservoir, faktor *decline rate* serta tekanan separator agar fluida dari reservoir panas bumi tetap mengalir dari hulu ke hilir.

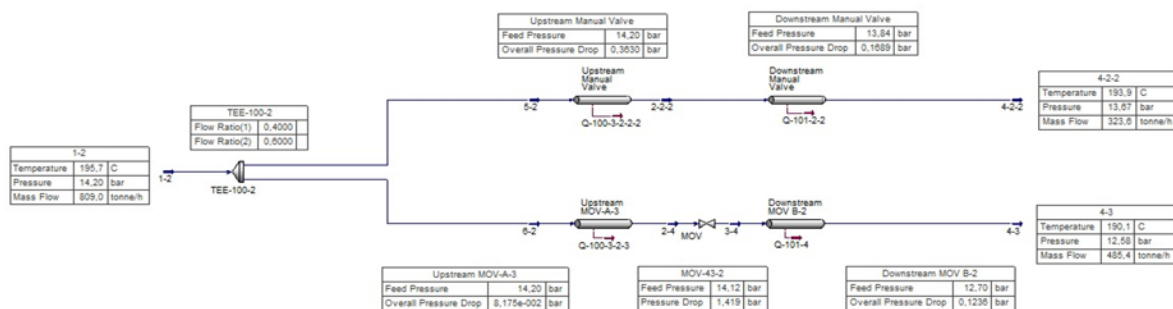


Gambar 3. Grafik Deliverability Output Curve sumur panas bumi LHD -X

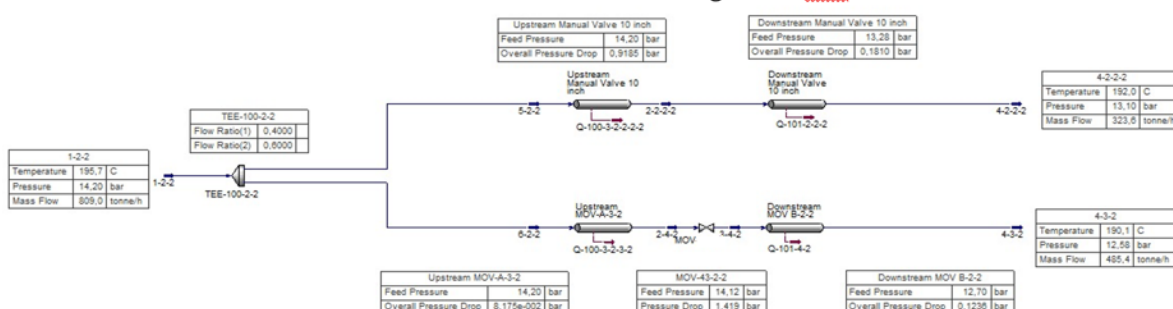
Berdasarkan hasil dari *Output Curve* tersebut, kemudian dilakukan simulasi *Hysys* untuk mendapatkan *line pipe sizing* yang optimal berdasarkan parameter konstrain yang disebutkan yaitu maksimum kapasitas pipa utama dan separator *vessel*. Pada gambar 4 dibawah ini ditunjukkan hasil simulasi *Hysys* untuk *line pipe* baru sumur LHD -X dengan setting perbandingan rasio antara jalur pipa lama 18" dengan jalur pipa baru 12" sebesar 60 % dibanding 40 % dengan dasar pertimbangan sesuai dengan Desain PFD as Built PLTP LHD U5&6 adalah 135,2 Ton/Jam dan berdasarkan deliverability curve LHD -X memiliki two phase flowrate sebesar 184

Ton/Jam. Selain itu berdasarkan tren, didapatkan bahwa LHD -X memiliki kecenderungan jumlah brine yang meningkat dan jumlah uap yang menurun sehingga membutuhkan fluida dua fasa panas bumi lebih banyak agar mendapatkan jumlah uap yang sesuai.

Simulasi HYSYS dengan Line Size 12"



Simulasi HYSYS dengan Line Size 10"



Gambar 4. Hasil simulasi HYSYS untuk line sizing sumur LHD -X

Dari hasil simulasi HYSYS tidak terlihat perbedaan yang signifikan antara penggunaan pipa dengan diameter 10" dan 12" akan tetapi penggunaan pipa 10" lebih menyebabkan terjadinya *pressure drop* yang lebih dominan dibandingkan dengan pipa 12". Kejadian *pressure drop* tersebut akan menyebabkan *velocity* aliran fluida didalam pipa menjadi tinggi dan berpotensi dapat menimbulkan *slug* atau mempercepat usia dari material pipa akibat erosi yang terjadi dengan fluida panas bumi. Sehingga dari hasil analisa tersebut disepakati *line sizing* pipa baru menggunakan pipa berukuran diameter 12". Dan dari data HYSYS tersebut selanjutnya diolah untuk didapatkan *Pipe Stress Analysis* dengan menggunakan *software CAESAR II* guna mensimulasikan bagaimana kekuatan pipa terhadap gangguan yang terjadi baik eksternal (Gempa atau pergeseran tanah) serta internal (*Pressure dan Temperature*). Selain itu

Tabel 1. Proses Line Pipe Data Input pada Caesar II

Parameter	Value	Unit	Note
Class Rating	150#	-	Line Class A11S [Ref. 4]
Operating Pressure	9.8	barg	
Operating Temperature	179	°C	
Design Pressure	10.67	barg	
Design Temperature	200	°C	
Hydrostatic test pressure	16.	barg	1.5 X DP
Fluid Density	26.7	Kg/m ³	
Corrosion Allowance	3 (0.118)	mm (Inch)	
Insulasi:			
Tipe	Hot	-	
Material	Calcium Silicate	-	
Ketebalan	50	mm	

Parameter	Symbol	Value	Unit
Jenis Pipa		ASTM A106 Gr. B	
Diameter Pipa	Inch	12.75	
Specified Min. Yield Strength	SMYS	35 (241,317)	Ksi (kPa)
Specified Min. Tensile Strength	SMTS	60 (413,685)	Ksi (kPa)
Young Modulus		207,000	MPa
Poisson's Ratio		0.3	-
Thermal Coeff.		1	/°C
Density		7850	kg/m ³

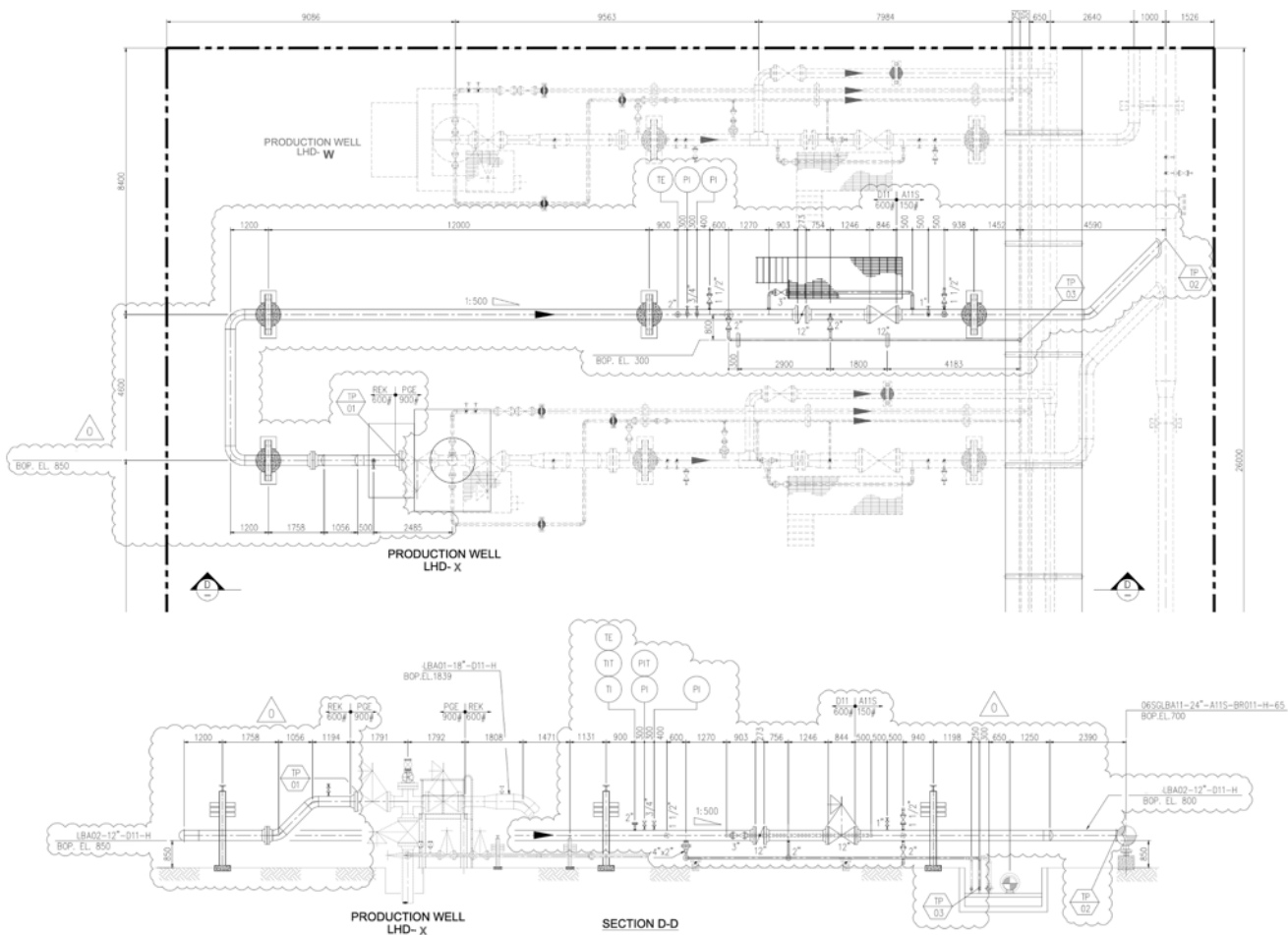
Tabel 2. Load Case Data Input pada Caesar II

Load Case	Definition
CASE 1 (HYD) WW+HP	Hydrostatic Test Load
CASE 2 (OPE) W+T1+P1	Operating Case
CASE 3 (OPE) W+T2+P1	Design Case
CASE 4 (OPE) W+T1+P1+U1	Operating Case + Seismic (+X Direction)
CASE 5 (OPE) W+T1+P1-U1	Operating Case + Seismic (-X Direction)
CASE 6 (OPE) W+T1+P1+U2	Operating Case + Seismic (+Z Direction)
CASE 7 (OPE) W+T1+P1-U2	Operating Case + Seismic (-Z Direction)
CASE 8 (OPE) W+T1+P1+U3	Operating Case + Seismic (+Y Direction)
CASE 9 (OPE) W+T1+P1-U3	Operating Case + Seismic (-Y Direction)
CASE 10 (SUS) W+P1	Sustain Case
CASE 11 (OCC) L4-L2	Seismic +X Load
CASE 12 (OCC) L5-L2	Seismic -X Load
CASE 13 (OCC) L6-L2	Seismic +Z Load
CASE 14 (OCC) L7-L2	Seismic -Z Load
CASE 15 (OCC) L8-L2	Seismic +Y Load
CASE 16 (OCC) L9-L2	Seismic -Y Load
CASE 17 (OCC) L11+L10	Occasional Case (Sustain + Seismic +X Direction)
CASE 18 (OCC) L12+L10	Occasional Case (Sustain + Seismic -X Direction)
CASE 19 (OCC) L13+L10	Occasional Case (Sustain + Seismic +Z Direction)
CASE 20 (OCC) L14+L10	Occasional Case (Sustain + Seismic -Z Direction)
CASE 21 (OCC) L15+L10	Occasional Case (Sustain + Seismic +Y Direction)
CASE 22 (OCC) L16+L10	Occasional Case (Sustain + Seismic -Y Direction)
CASE 23 (EXP) L2-L10	Expansional Case (Operating Case)
CASE 24 (EXP) L3-L10	Expansional Case (Design Case)

Tabel 3. Hasil Stress Analysis pada Caesar II

NODE	LOAD CASE	CALCULATED STRESS (kPa)	ALLOWABLE STRESS (kPa)	RATIO (%)	REMARK
160	HYDROTEST L1 (HYD) : WW+HP	36,726.4	217,179.9	16.9	ACCEPTABLE
160	SUSTAINED L10 (SUS) : W+P1	21,453.8	117,897.7	18.2	ACCEPTABLE
400	SEISMIC + X DIRECTION L11 (OCC) : L4 - L2	68,104.3	135,582.3	50.2	ACCEPTABLE
230	SEISMIC - X DIRECTION L12 (OCC) : L5 - L2	49,760.8	135,582.3	36.7	ACCEPTABLE
230	SEISMIC +Z DIRECTION L13 (OCC) : L6 - L2	5,787.5	135,582.3	4.3	ACCEPTABLE
140	SEISMIC -Z DIRECTION L14 (OCC) : L7 - L2	2,170.4	135,582.3	1.6	ACCEPTABLE
230	SEISMIC +Y DIRECTION L15 (OCC) : L8 - L2	51,754.9	135,582.3	38.2	ACCEPTABLE
230	SEISMIC -Y DIRECTION L16 (OCC) : L9 - L2	71,770.1	135,582.3	52.9	ACCEPTABLE
400	SUSTAIN+SEISMIC +X DIRECTION L17 (OCC) : L11+L10	75,966.7	135,582.3	56.0	ACCEPTABLE
400	SUSTAIN+SEISMIC -X DIRECTION L18 (OCC) : L12+L10	56,278.8	135,582.3	41.5	ACCEPTABLE
160	SUSTAIN+SEISMIC +Y DIRECTION L19 (OCC) : L13+L10	20,000.4	135,582.3	14.8	ACCEPTABLE
160	SUSTAIN+SEISMIC -Y DIRECTION L20 (OCC) : L14+L10	22,909.3	135,582.3	16.9	ACCEPTABLE
230	SUSTAIN+SEISMIC +Z DIRECTION L21 (OCC) : L15+L10	56,060.6	135,582.3	41.3	ACCEPTABLE
230	SUSTAIN+SEISMIC -Z DIRECTION L22 (OCC) : L16+L10	71,756.6	135,582.3	52.9	ACCEPTABLE
230	THERMAL EXPANSION (DESIGN) L23 (EXP) : L2-L10	157,533.4	287,772.0	54.7	ACCEPTABLE
400	THERMAL EXPANSION (OPERATING) L24 (EXP) : L3-L10	184,678.5	287,260.5	64.3	ACCEPTABLE

Dari hasil stress analysis tersebut, didapatkan bahwa posisi titik yang mengalami tingkat stress paling tinggi adalah pada *Node* 230 dan 400 yaitu pada titik-titik percabangan akan tetapi masih dalam batas toleransi yang diijinkan. Selanjutnya dari hasil PSA tersebut dilanjutkan dalam penyusunan desain support dan jenis support yang telah disimulasikan dengan mempertimbangkan data terkait support dan kondisi tanah eksisting. Selain itu, dilanjutkan untuk penyusunan MTO dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Jasa.



Gambar 5. General Arrangement LHD -X Area

B. Tahap Akhir

Tahap akhir pekerjaan ini merupakan tahapan yang paling penting dalam sebuah proyek yaitu proses lelang dan eksekusi teknis lapangan dari dokumen teknis yang telah disusun sebelumnya. Keberhasilan dalam proyek optimalisasi ini ditentukan dari control seorang engineer dalam membaca dan menerjemahkan dokumen teknis serta pengawasannya. Dalam tahapan ini, ditentukan dalam dokumen pengadaan bahwa semua pengelasan yang dilakukan harus memenuhi persyaratan standar yang ditetapkan oleh PT PGE dan yang berlaku di industri geothermal serta pelaksanaan Sertifikasi Kelayakan Penggunaan Peralatan (SKPP) sebagai salah satu kriteria bahwa instalasi yang dibuat dalam kondisi aman dan siap dipakai.



Gambar 6. Dokumentasi proses eksekusi jalur pipa baru sumur LHD -X

Pada gambar 6 diatas ditunjukkan proses konstruksi pipa baru sumur LHD -X proses penggantian koneksi *Wellhead* dari *Tee Connection* menjadi *Crosstee Connection*, serta inspeksi baik UT (*Ultrasonic Thickness*), *Dye Penetrant*, dan *Radiograf* serta proses penggalian untuk support dan proses pengelasan pipa.

IV. KESIMPULAN

Pekerjaan optimalisasi produksi sumur panas bumi LHD-X di PLTP Lahendong Unit 6 melalui penambahan jalur pipa baru terdapat beberapa poin kunci yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. **Pentingnya Optimalisasi:** Dengan adanya decline rate produksi pada sumur-sumur yang ada, optimalisasi produksi menjadi langkah krusial untuk memastikan keberlangsungan pasokan uap untuk pembangkit listrik. Penambahan jalur pipa baru dianggap sebagai solusi untuk meningkatkan produksi uap dan menjaga efisiensi operasional.
2. **Proses Perencanaan yang Komprehensif:** Tahapan awal proyek melibatkan survei lapangan, desk study, dan simulasi menggunakan software seperti HYSYS dan CAESAR II. Semua langkah ini bertujuan untuk merancang pipa yang aman dan efektif, serta memperhatikan berbagai parameter teknis dan lingkungan.
3. **Pemilihan Material dan Desain Pipa:** Pemilihan diameter pipa yang tepat, yaitu 12 inci, didasarkan pada analisis simulasi aliran dan tekanan. Penggunaan pipa ini diharapkan dapat meminimalkan risiko pressure drop yang dapat merugikan sistem.
4. **Tantangan dalam Konstruksi:** Konstruksi pipa baru di area yang terbatas dan antara pipa eksisting menghadirkan tantangan tersendiri. Perencanaan yang matang dan pemantauan yang ketat diperlukan untuk memastikan keselamatan dan keberhasilan proyek.

5. **Pentingnya Standar dan Regulasi:** Penerapan standar internasional serta standar perusahaan dalam proses desain dan konstruksi menjadi sangat penting untuk menjamin keselamatan dan keandalan sistem.
6. **Pemboran:** Diperlukan pengeboran sumur panas bumi baru yang dapat dijadikan sebagai tambahan *fluida* panas bumi karena optimalisasi sumur produksi eksisting bersifat *temporary* untuk menunda pelaksanaan *campaign* untuk *drilling make up well* serta perbaikan dalam proses reinjeksi *fluida* panas bumi setelah digunakan untuk menggerakkan turbin

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada PT Pertamina Geothermal Energy Tbk. Area Lahendong dan Pembimbing serta Civitas Akademika Universitas Gadjah Mada yang telah memerikan support dan arahan dalam penulisan bahan seminar, sehingga menjadi bahan seminar yang bermanfaat bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Fahmi Fanani, Teguh Prabowo, Gamal Hastriansyah, Fernando Pasaribu, Marihot Silaban, "Application of the Flow Production Test to Update Well Production Capacity in Lahendong Geothermal Field", Jakarta: PT Pertamina Geothermal Energy, 2021.
- [2] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings, 2016.
- [3] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, ASME B31.3 Process Piping, 2016.
- [4] Hermas Alberto Davila Jose, "Two-phase geothermal well deliverability output curve linearization analysis", Proceedings 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, 2016.
- [5] Hermas Alberto Davila Jose, "Deliverability Output Curve Linearization Analysis: Matching the Power Equation with the Offset Elliptical Equation". PROCEEDINGS, 42st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, California, February 13-15, 2017 SGP-TR-212
- [6] J. Schmidt et al., "Two-phase pressure drop across sudden constrictions in duct areas", Int. J. Multiphas. Flow (1997)
- [7] Mubarak, M. H., Zarrouk, S. J., & Carter, J. E., "Two phase flow measurement of geothermal fluid using orifice plate: Field Testing and CFD validation" Renewable Energy, 134, 927-946, 2019.
- [8] R. DiPippo, Geothermal Power Plants, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008
- [9] R. GENGADEVI, "Validation of Piping Stresses with Caesar II and FEM and Comparison of Results," International Journal of Petrochemical Engineering and Technology, vol. 1, no. 1, pp. 16–20, 2020.
- [10] S Sadono, S Sihana, N Effendy, "Identifikasi Sistem Governor Control Valve Dalam Menjaga Kestabilan Putaran Turbin Uap PLTP Wayang Windu Unit 1", Teknofisika 2 (3), 84-92
- [11] Y. B. SHINGER and THAKUR AG, "Stress Analysis of Steam Piping System," Journal of Applied Mechanical Engineering, vol. 04, no. 02, 2015.