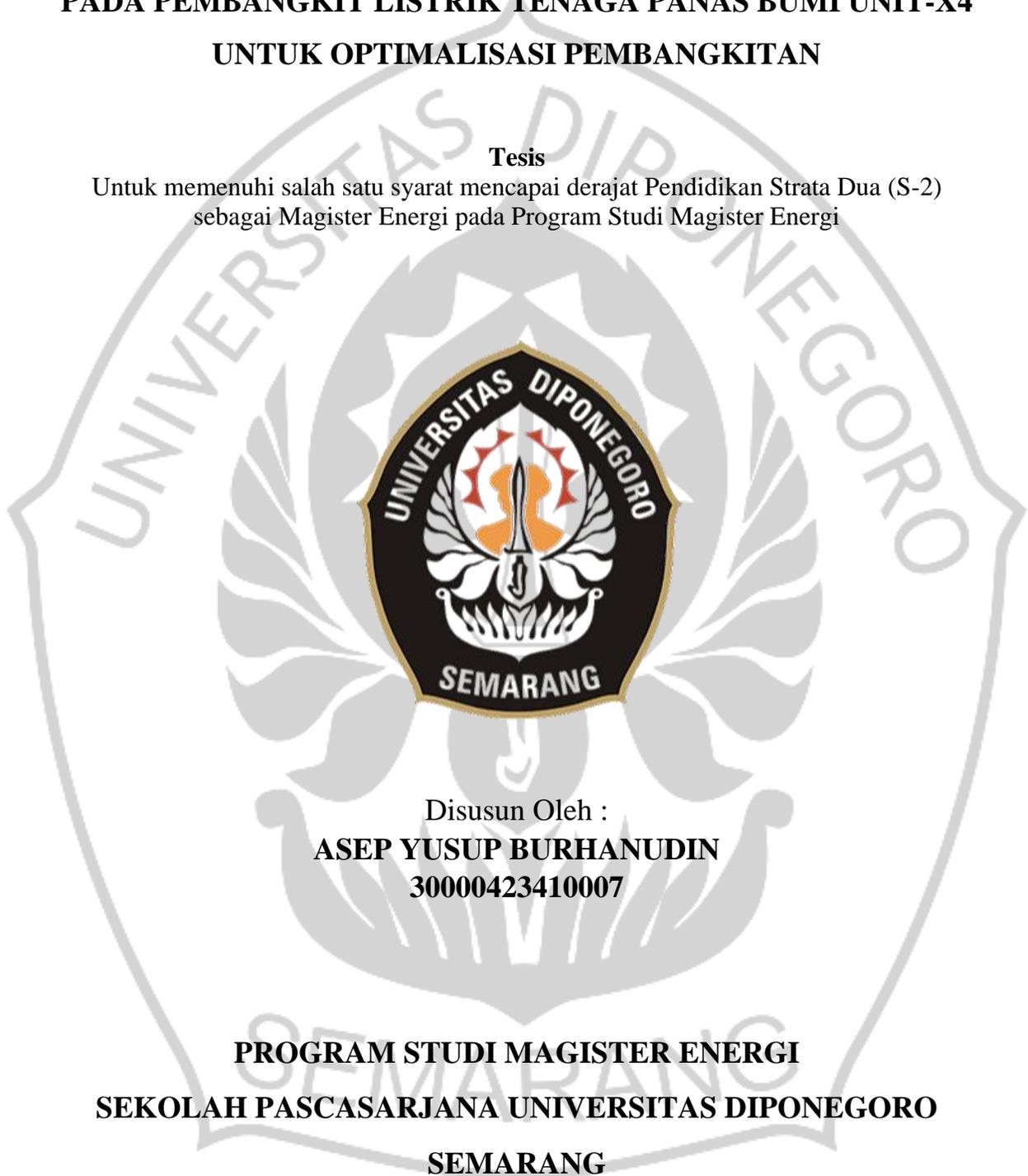


**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS MELALUI PEMODELAN
DAN SIMULASI STEAM GATHERING SYSTEM (SGS)
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI UNIT-X4
UNTUK OPTIMALISASI PEMBANGKITAN**

Tesis

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Pendidikan Strata Dua (S-2)
sebagai Magister Energi pada Program Studi Magister Energi



Disusun Oleh :
ASEP YUSUP BURHANUDIN
30000423410007

**PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI
SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2025

PERSETUJUAN UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing dari:

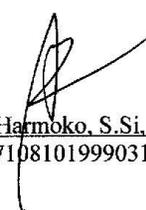
Mahasiswa : Asep Yusup Burhanudin
NIM : 30000423410007
Program Studi : Magister Energi
Judul Tesis : ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS MELALUI PEMODELAN DAN
SIMULASI STEAM GATHERING SYSTEM (SGS) PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI UNIT-X4 UNTUK
OPTIMALISASI PEMBANGKITAN

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah melaksanakan Ujian Proposal Tesis dan Ujian Seminar Hasil Tesis sehingga menyetujui dan layak untuk melaksanakan Ujian Tesis.

Semarang, 5 Februari 2025

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Dr. Udi Harmoko, S.Si, M.Si)
NIP. 197108101999031001


(Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean Eng)
NIP. 196405261989031002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Semarang, 5 Februari 2025



ASEP YUSUP BURHANUDIN

NIM. 30000423410007

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

TESIS

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS MELALUI PEMODELAN DAN SIMULASI
STEAM GATHERING SYSTEM (SGS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
PANAS BUMI UNIT-X4 UNTUK OPTIMALISASI PEMBANGKITAN**

Disusun oleh:
ASEP YUSUP BURHANUDIN
30000423410007

**Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada tanggal 10 Februari 2025**

Tim Penguji,

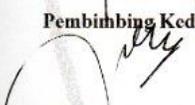
Pembimbing Pertama


Dr. Udi Harmoko, S.Si, M.Si
NIP. 197108101999031001

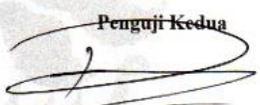
Penguji Pertama


Prof. Ir. Sulistvo, MT., PhD
NIP. 196209171991021001

Pembimbing Kedua


Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean Eng
NIP. 196405261989031002

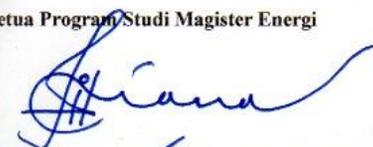
Penguji Kedua


Dr. Denny Nurkertamanda, S.T., M.T.
NIP. 197312211999031002

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Energi**

Tanggal, Februari 2025

Ketua Program Studi Magister Energi


Prof. Dr. Ing. Ir. Silviana S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197412162000122001

Dekan Sekolah Pascasarjana



Prof. Ir. Mochamad Agung Wibowo M.M., M.Sc., Ph.D.
NIP. 196702081994031005

PERNYATAAN PERSETUJUAN

PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Mahasiswa : Asep Yusup Burhanudin
NIM : 30000423410007
Program Studi : Magister Energi
Sekolah : Program Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS MELALUI PEMODELAN DAN SIMULASI STEAM GATHERING SYSTEM (SGS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI UNIT-X4 UNTUK OPTIMALISASI PEMBANGKITAN“

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksektif ini, Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di: Semarang
Pada Tanggal: 5 Februari 2025

Saya menyatakan,



Asep Yusup Burhanudin
30000423410007

V

V

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan karuniaNya, sehingga saya dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Teknis dan Ekonomis melalui Pemodelan dan Simulasi Steam Gathering System (SGS) pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Unit-X4 untuk Optimalisasi Pembangkitan”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Energi pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro. Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tesis ini, khususnya kepada:

1. Dr. Udi Harmoko, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing satu atas waktu, tenaga, arahan dan saran dalam membimbing penulis mengerjakan proposal.
2. Dr.Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean Eng, selaku Pembimbing dua atas waktu, tenaga, arahan dan saran dalam membimbing penulis mengerjakan proposal.
3. Ir. M. Agung Wibowo, MM. MSc. PhD selaku Dekan Pascasarjana, Universitas Diponegoro.
4. Prof. Dr. Ing. Ir. Silviana, S.T., M.T., IPM., Asean Eng, selaku Ketua Program studi Master Energy.
5. Bapak dan Ibu dosen Magister Energi yang telah memberikan pengajaran yang sangat luar biasa kepada penulis.
6. Kepada kedua orangtua, Istriku tercinta dan putra putriku tersayang yang selalu mendukung dalam setiap langkah.
7. Teman-teman Magister Energi yang selalu mendukung dan Teman-teman Magister Energi yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.

Penulis menyadari terdapat banyak kekurangan didalamnya, oleh karena itu, saran dan kritik yang sangat diharapkan guna pengembangan tesis kearah yang lebih baik.

Semarang, 5 Februari 2025

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN UJIAN TESIS.....	II
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN TESIS.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	Error! Bookmark not defined.
defined.	
KATA PENGANTAR.....	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR TABEL.....	X
DAFTAR GAMBAR.....	XI
ABSTRAK.....	XV
BAB I.....	17
PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5. Orisinalitas Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II.....	Error! Bookmark not defined.
TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Hukum Termodinamika.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Teknologi Pembangkit Panas Bumi.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1. <i>Dry Steam Power Plants</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.2. <i>Single Flash Steam Power Plants</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.3. <i>Double Flash System</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.4. <i>Binary Cycle Power Plants (BCPP)</i>	Error! Bookmark not defined.

2.4.	Kondisi Eksisting Pembangkitan PLTP XYZ Unit-X4.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.	Perangkat Lunak Aspen Hysys	Error! Bookmark not defined.
2.6.	Pemodelan & Simulasi	Error! Bookmark not defined.
2.7.	Pemodelan & Simulasi Kondisi setelah Penambahan Uap dari K-21X.....	Error! Bookmark not defined.
2.8.	Perhitungan Manual	Error! Bookmark not defined.
2.8.1	<i>Heat Mass Balance Basic Data</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8.2	<i>Steam Velocity</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8.3	<i>Line Sizing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8.4	<i>Pressure Drop</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8.5	Perhitungan Bukaan Valve	Error! Bookmark not defined.
2.8.6	Perhitungan Laju Kondensat	Error! Bookmark not defined.
2.9.	Analisis Keekonomian	Error! Bookmark not defined.
	BAB III.....	Error! Bookmark not defined.
	METODOLOGI PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.	Objek Penelitian dan Jadwal Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.	Jenis Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.	Alur Kegiatan.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.	Ruang Lingkup Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.	Jenis Dan Sumber Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.	Teknik Pengumpulan Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.7.	Teknik Analisa Data.....	Error! Bookmark not defined.
	BAB IV	Error! Bookmark not defined.
	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.	Data Sumur Produksi.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.	<i>Heat Mass Balance</i> dan Pemodelan Simulasi	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Simulasi 100% dari <i>well head flow</i> K-21X ke PL-X05....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Simulasi 75% dari <i>well head flow</i> K-21X ke PL-X05	Error! Bookmark not defined.
4.2.3	Simulasi 50% dari <i>well head flow</i> K-21X ke PL-X05	Error! Bookmark not defined.

4.2.4	Simulasi 25% dari well head flow K-21X ke PL-X05	Error! Bookmark not defined.
4.4.	<i>Line Sizing</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.1.	<i>Line Sizing Based Data</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.2.	Perhitungan <i>Line Sizing</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.1.	<i>Pipe dan Fittings</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.2.	Expander	Error! Bookmark not defined.
4.6.	Perhitungan Buka-an Valve	Error! Bookmark not defined.
4.6.1.	CV (<i>Valve Flow Coefficient</i>).....	Error! Bookmark not defined.
4.6.2.	Penentuan Buka-an Valve.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.	Perhitungan Laju Kondensat.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.1.	Basis desain.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.2.	Desain Steam Trap.....	Error! Bookmark not defined.
4.8.	Perhitungan Keekonomian.....	Error! Bookmark not defined.
	BAB V	Error! Bookmark not defined.
	KESIMPULAN DAN SARAN.....	Error! Bookmark not defined.
5.1.	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.	Saran	Error! Bookmark not defined.
	DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 1	Dokumentasi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2	Pemodelan & Simulasi Hysys.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3	Perhitungan Manual.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4.	Perhitungan keekonomian.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 1 kondisi operasi tahun 2008	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 2 kondisi operasi tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 4 Desain Basis Perhitungan Laju Kondensat	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 5 Data desain steam trap.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 6 Tabel pengukuran Parameter aspek keekonomian instalasi tie-in K-21X.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Tabel 3. 1 Pengukuran Parameter Pasca Survei tie-in K-21X ke PL-X05 ..	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Tabel 3. 2 Tabel pengukuran Parameter aspek keekonomian instalasi tie-in K-21X.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 1 Sumur Produksi tahun 2008.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Sumur Produksi tahun 2023.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Hasil Simulasi Hysys	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Heat Mass Balance (100% to PL-X05).....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 <i>Heat Mass Balance</i> (75% to PL-X05).....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Heat Mass Balance (50% to PL-X05).....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Heat Mass Balance (25% to PL-X05).....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Simulasi flowrate dari wellhead K-21X	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Velocity pada beberapa ukuran pipa.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 Panjang pipa dan panjang ekuivalen.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 11 Total Pressure drop	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 12 Variasi Flow dan pressure drop	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan CV	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 14 Rentang bukaan valve pada beberapa ukuran valve berbeda ...	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Tabel 4. 15 Desain Basis Perhitungan Laju Kondensat	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Laju Alir Kondensat Steam Trap ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 17 Desain Basis Steam Trap	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Desain Laju Kondensat (m) dan Perbedaan Tekanan (ΔP)...	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 19 Spesifikasi steam trap	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 20 Spesifikasi diameter pipa	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 21 Owner Estimate Pekerjaan <i>Tie- In</i> Pemipaan Sumur Produksi K-21X	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 28 Resume hasil analisis keekonomian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 29 Hasil perhitungan produksi pemodelan dan simulasi 100% & 75% selama 20 tahun.....	76
Tabel 4. 30 Hasil perhitungan produksi pemodelan dan simulasi 50% selama 20 tahun.....	76
Tabel 4. 31 Hasil perhitungan produksi pemodelan dan simulasi 25% selama 20 tahun.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perpindahan massa dan energi dalam sistem termodinamika	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 2 Siklus Rankine Ideal.....	10
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 4. Dry Steam power Plant (Yusupov & Almaktar, 2021).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 5. Flash Steam power Plant (Yusupov & Almaktar, 2021).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 6. Double Flash System (Yusupov & Almaktar, 2021)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 7. Binary Cycle power Plant (Yusupov & Almaktar, 2021).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 8 Grafik kondisi operasi tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 9 Tampilan awal pada Hysys	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 10 Enlargement Loss Curve.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Lay Out PL-X05.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 Flowchart Alur Kegiatan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Simulasi Hysys.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Steam Curve.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Process Flow Diagram	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Simulasi Hysys 100%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Simulasi Hysys 75%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Simulasi Hysys 50%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Simulasi Hysys 25%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Enlargement Loss Curve.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Valve Opening VS Mass Flow.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Discharge Capacity Chart Thermodynamic Disc Valve Steam Trap-1 (1618LBB01 LCN001) (TLV PowerDyne Steam Trap, 2022)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Discharge Capacity Chart Thermodynamic Disc Valve Steam Trap-1A (1618LBB01 LCN001A) (TLV PowerDyne Steam Trap, 2022) ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12 Discharge Capacity Chart Thermodynamic Disc Valve Steam Trap-2 (1618LBB01 LCN002) (TLV PowerDyne Steam Trap, 2022)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 13 Discharge Capacity Chart Thermodynamic Disc Valve Steam Trap-3 (1618LBB01 LCN003) (TLV PowerDyne Steam Trap, 2022)	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 14 Discharge Capacity Chart Thermodynamic Disc Valve Steam Trap-4 (1618LBB01 LCN004)(TLV PowerDyne Steam Trap, 2022)**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 15 Spesifikasi dan material steam trap (TLV PowerDyne Steam Trap, 2022).... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 16 Dimensi dan berat steam trap (TLV PowerDyne Steam Trap, 2022)..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 17 Skema Drain Pot**Error! Bookmark not defined.**



ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

1. PLTP	: Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
2. SGS	: <i>Steam Gathering System</i>
3. URC	: <i>Unit Rated Capacity</i>
4. TOP	: <i>Take or Pay</i>
5. DOP	: <i>Delivery or Pay</i>
6. PLN	: Perusahaan Listrik Negara
7. PJBU	: Perjanjian Jual Beli Uap
8. PJBL	: Perjanjian Jual Beli Listrik
9. PJBTL	: Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik
10. WKP	: Wilayah Kerja Panas Bumi
11. WPSPE	: Wilayah Penugasan Survei Pendahuluan dan Eksplorasi
12. ESDM	: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
13. GW	: <i>Giga Watt</i>
14. DCS	: <i>Distribute Control System</i>
15. PL	: <i>Pipe Line</i>
16. WHP	: <i>Well Head Pressure</i>
17. MW	: <i>Mega Watt</i>
18. LPO	: <i>Loss Production</i>
19. ESDM	: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
20. kWh	: <i>kilowatt hour</i>
21. USD	: <i>United States Dollar</i>
22. PCV	: <i>Pressure Control Valve</i>
23. Q	: Kalor yang dipindahkan
24. W	: Kerja yang dilakukan dalam satuan kalor
25. \dot{m}	: Lajur aliran massa
26. h	: <i>Enthalpi</i>
27. ΔU	: Perubahan Energi Dalam
28. BCPP	: <i>Binary Cycle Power Plants</i>
29. ROH	: Rencana Operasi Harian
30. HMB	: <i>Heat Mass Balance</i>
31. CV	: <i>Valve flow coefficient</i>
32. OE	: <i>Owner Estimate</i>
33. M	: Biaya Pemeliharaan (<i>maintenance</i>)
34. I	: Biaya Investasi (<i>investment</i>)
35. NVP	: <i>Net Present Value</i>
36. BCR	: <i>Benefit Cost Ratio</i>
37. PBP	: <i>Pay Back Period</i>
38. PWB	: <i>Present Worth Benefit</i>
39. PWC	: <i>Present Worth Cost</i>
40. YBR	: <i>Year Before Recovery</i>
41. Investment Cost	: Biaya Investasi Awal

42. NPV Kumulatif	: Jumlah Kas Bersih.
43. Gross Power	: Jumlah Energi Listrik Yang Dihasilkan Generator (kWh)
44. Netto Power	: Jumlah Energi Listrik (<i>Gross Power – Parasitic load</i>) (kWh)
45. Parasitic Load	: Jumlah Energi Listrik Pemakaian Sendiri (kWh)
46. RJBR	: Region Jawa Barat
47. kWh	: <i>Kilo Watt Hour</i>
48. m	: Laju Kondensat
49. ΔP	: Perbedaan Tekanan
50. A	: Luas Penampang (m^2)
51. d	: diameter (m)
52. T_{op}	: Temperatur Operasi ($^{\circ}C$)
53. P_{op}	: Tekanan Operasi (bara)
54. μ	: <i>Coefficient of friction = 0,016</i>
55. l	: Length/ panjang pipa (m)
56. v	: <i>Velocity</i> (m/s)
57. ρ	: Density (kg/m^3)
58. N_e	: <i>Enlargement Loss factor</i> (from curve)
59. V	: <i>Specific volume</i> (ft^3/lb) = 1,8688 ft^3/lb
60. G	: <i>Mass flux</i> ($lb/h.ft^2$) = 231.876 $lb/h.ft^2$
61. Y	: Faktor Ekspansi
62. x	: Rasio Penurunan Tekanan Terhadap Tekanan Awal
63. p_1	: Tekanan sebelum valve (barA)
64. p_2	: Tekanan setelah valve (barA)
65. ρ_1	: Densitas fluida (kondisi sebelum valve) (kg/m^3)
66. F_k	: <i>Specific Heat Of Ratio Factor</i>
67. k	: <i>Rasio Heat Capacity Isobarik Terhadap Isokhorik</i>
68. C_p	: Koefisien panas (isobarik) ($kJ/kg^{\circ}C$)
69. C_b	: Koefisien panas (isokhorik) ($kJ/kg^{\circ}C$)
70. S	: <i>Safety Factor</i>
71. m_0	: <i>Condensate Inlet</i>
72. k	: <i>Thermal Conductivity</i> (W/m.k)
73. μ	: <i>Viscosity</i> ($N/s.m^2$)
74. Pr	: <i>Prandl Number</i>
75. β	: <i>Expansion Coefficient</i> (1/K)
76. v	: <i>Kinematic Viscosity</i> (m^2/s)
77. C_p	: <i>Specific Heat</i> ($kJ/Kg.K$)
78. A	: <i>Alpha</i> (m^2/s)
79. Re	: <i>Reynold Number</i>
80. Ra	: <i>Rayleigh Number</i>
81. $h_{\text{Radiation}}$: <i>Radiation</i> ($W/m^2.K$)
82. Nu_{Forced}	: <i>Forced Convection</i>
83. Nu_{Free}	: <i>Free Convection</i>
84. h_{air}	: <i>Overall air side HTC</i>
85. k_{pipe}	: <i>Pipe Thermal Conductivity</i> (W/m.K)
86. r_{pipe}	: <i>Pipe Wall Resistance</i> ($m^2.K/W$)
87. $k_{\text{insulation}}$: <i>Insulation Thermal Conductivity</i> (W/m.K)

88. $r_{\text{insulation}}$: *Insulation Resistance* ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
89. r_{Overall} : *Heat Flow* ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
90. $T_{\text{interface}}$: *Interface Temperature* ($^{\circ}\text{C}$)
91. T_{surface} : *Surface Temperature* ($^{\circ}\text{C}$)



ABSTRAK

Penurunan tekanan, temperatur, dan aliran massa uap merupakan karakteristik alami yang sering terjadi di kawasan kerja geothermal, termasuk pada pembangkit PLTP Unit-X4 ini. Berdasarkan data dari exaquantum, terdapat penurunan pasokan uap yang menyebabkan pembangkitan netto mencapai beban minimum 54,7 MW, jika dibiarkan, kondisi ini 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. Perkiraan *Potential Loss Opportunity* (LPO) sebesar 48.518.136 KWh/tahun atau setara 4.977.961 USD/tahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pembangkitan Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) melalui pemodelan dan simulasi pada *Steam Gathering System*. Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana data-data primer yang didapatkan di masukkan kedalam pemodelan dan simulasi Hysys V.14 dan selanjutnya di analisa baik secara teknis dan keekonomian. Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa hasil pemodelan dan simulasi *Steam Gathering System Existing* menunjukkan deviasi yang tidak signifikan ($\leq 2\%$) antara parameter aktual lapangan dan hasil simulasi Hysys V.14, sehingga simulasi tersebut valid dan layak dijadikan *baseline* untuk pemodelan selanjutnya, hasil *Line Sizing* menunjukkan bahwa *steam velocity* yang optimal pada pipa 12 inch dengan *pressure drop* 4,15 bara. *Well head pressure* 17 bara cukup untuk mengatasi overpressure 12%. Ukuran control valve 10" dan 12" memenuhi kriteria bukaan valve untuk flow 25%-100%, steam trap yang dipilih diameter 1 inch untuk kemudahan operasi dan pemeliharaan, hasil simulasi penambahan uap dari sumur K-21X ke PL-X05 menunjukkan bahwa pada 25% dan 50% penambahan uap, netto power masih di bawah URC 60.856 MW, sehingga kurang relevan. Namun, pada 75% dan 100% penambahan uap, netto power masing-masing mencapai 63,56 MW dan 66,36 MW, melebihi URC dan dapat diaplikasikan, analisis keekonomian menunjukkan simulasi 75% dan 100% paling menguntungkan, dengan BCR 2,82, PBP 0,15 tahun (53 hari), dan NPV USD 19.267.154. Simulasi 50% memiliki BCR sama dengan PBP dan NPV sedikit lebih rendah, meskipun ada deviasi kecil dalam produksi energi. Simulasi 25% memiliki BCR 2,73, PBP 0,28 tahun (101 hari), dan NPV USD 9.952.304, dengan deviasi lebih besar dalam produksi energi dan kerugian USD 2.357.130.

Kata Kunci: Geothermal, *Steam Gathering System* (SGS), Pemipaan, Pemodelan dan Simulasi.

ABSTRACT

Reduced pressure, temperature and steam mass flow are natural characteristics that often occur in geothermal work areas, including at the Unit-X4 PLTP plant. Based on data from exaquantum, there is a decrease in steam supply which causes net generation to reach a minimum load of 54.7 MW. If left unchecked, this condition has the potential to be subject to Delivery or Pay (DOP), while the Unit Rated Capacity (URC) result is 60,854 MW as the basis for the contract for determining DOP and Take or Pay (TOP) between the two parties. The estimated Potential Loss Opportunity (LPO) is 48,518,136 KWh/year or the equivalent of 4,977,961 USD/year. This research aims to optimize the generation of Geothermal Power Plants (PLTP) through modeling and simulation on the Steam Gathering System. This research method uses a quantitative method where the primary data obtained is entered into Hysys V.14 modeling and simulation and then analyzed both technically and economically. Based on the problem formulation and research objectives, it can be concluded that the modeling and simulation results of the Existing Steam Gathering System show an insignificant deviation ($\leq 2\%$) between the actual field parameters and the results of the Hysys V.14 simulation, so that the simulation is valid and worthy of being used as a baseline for further modeling. Line Sizing results show that steam velocity is optimal in a 12 inch pipe with a pressure drop of 4.15 bara. Well head pressure of 17 bara is enough to overcome 12% overpressure. The control valve sizes of 10" and 12" meet the valve opening criteria for a flow of 25% -100%, the steam trap chosen is 1 inch in diameter for ease of operation and maintenance. Simulation results of steam addition from the K-21X well to PL-X05 show that at 25% and 50% steam addition, the net power is still below URC 60,856 MW, so it is less relevant. However, at 75% and 100% steam addition, the net power reaches 63.56 MW and 66.36 MW respectively, exceeding the URC and being applicable, the economic analysis shows that the 75% and 100% simulations are the most profitable, with BCR 2.82, PBP 0.15 years (53 days), and NPV USD 19,267,154. The 50% simulation has the same BCR as PBP and slightly lower NPV, although there is a small deviation in energy production. The 25% simulation has a BCR of 2.73, PBP of 0.28 years (101 days), and NPV of USD 9,952,304, with a larger deviation in energy production and a loss of USD 2,357,130.

Keywords: *Geothermal, Steam Gathering System (SGS), Piping, Modeling and Simulation.*

BAB I

