

**PENGARUH KONFIGURASI
STEAM JET EJECTOR - LRVP
TERHADAP KINERJA PLTPB 55 MW**

TESIS

**Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar
Magister Teknik Mesin
Institut Teknologi Nasional**

Oleh

FAJRI JAYAKELANA

81 2014 001



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2017**

PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajri Jayakelana

NRP : 812014001

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis saya yang berjudul:

**PENGARUH KONFIGURASI STEAM JET EJECTOR – LRVP
TERHADAP KINERJA PLTPB 55 MW**

adalah hasil karya sendiri dan bukan jiplakan hasil karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Jika di kemudian hari terbukti bahwa tesis saya merupakan hasil jiplakan maka saya bersedia untuk menanggalkan gelar magister yang saya peroleh.

Bandung, 14 September 2017



Fajri JK

LEMBAR PENGESAHAN
TESIS
PENGARUH KONFIGURASI
STEAM JET EJECTOR - LRVP
TERHADAP KINERJA PLTPB 55 MW

Oleh
FAJRI JAYAKELANA
81 2014 001

Disetujui dan disahkan
Pada tanggal 14 September 2017

Pembimbing



Dr. Agus Hermanto, Ir., M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi S2



Dr. Ing. M. Alexin Putra

ABSTRAK

Pemanfaatan sumber panas bumi untuk pembangkit tenaga listrik panas bumi (PLTPB) selalu dikaitkan dengan keberadaan gas yang tidak dapat dikondensasi atau *noncondisable gas* (NCG), sebagai komponen alami dari uap. Untuk menjaga performa PLTPB maka keberadaan NCG di kondensor harus dihilangkan, yang menyebabkan naiknya tekanan kondensor dan menyebabkan kurang vakuman di kondensor. Untuk menghadapi kasus ini digunakanlah *Gas Removal System* (GRS) yang terdiri dari dua peralatan utama, yaitu: *steam jet ejectors* (SJE) dan *liquid ring vacuum pump* (LRVP). Menentukan penggunaan SJE atau LRVP bisa menjadi tugas yang sulit dan bergantung pada beberapa faktor operasional dan ekonomi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan karakteristik terbaik dari penggunaan SJE dan LRVP, terhadap laju kenaikan NCG yang selalu meningkat.

Digunakanlah Cycle Tempo 5.0 sebagai simulasi termodinamika dalam mensimulasikan penggunaan SJE dan LRVP. Faktor analisis utama dalam penelitian ini adalah: pengaruh NCG terhadap kenaikan tekanan pada kondensor, pengaruh NCG pada performa sistem PLTPB, pengaruh penggunaan SJE dan LRVP pada performa sistem PLTPB. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa pengaruh kenaikan NCG menyebabkan meningkatnya tekanan kondensor, menurunnya performa pada sistem PLTPB. Penggunaan LRVP pada *stage 2* sangat baik dalam menghemat daya jika konsentrasi NCG lebih dari 0,5%, Untuk kenaikan konsentrasi NCG setiap 0,5% menggunakan LRVP pada *stage 2* menghasilkan performa sistem PLTPB lebih baik dari pada menggunakan SJE pada *stage 2*.

Kata kunci : Konfigurasi, *Gas Removal System*, *Steam Jet ejector*, *Liquid ring vacuum pump*, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.

ABSTRACT

Utilization of geothermal resources for geothermal power plants (GPP) is always associated with the existence of non-condensable gas (NCG), as a natural component of steam. To maintain the performance of GPP, the presence of NCG in the condenser must be removed, which causes the rise of condenser pressure and causes vacuum disruption in the condenser. To deal with this case was used Gas Removal System (GRS) consisting of two main equipment, namely: steam jet ejectors (SJE) and liquid ring vacuum pump (LRVP). Determining the use of SJE or LRVP can be a difficult task and depends on several operational and economic factors. This study was conducted to obtain the best characteristic of the use of SJE and LRVP, against the increasing rate of NCG.

Used Cycle Tempo 5.0 as a thermodynamic simulation to simulate the use of SJE and LRVP. The main factors of analysis in this research are: the influence of NCG on the increase of pressure on the condenser, the influence of NCG on the performance of GPP system, the influence of the use of SJE and LRVP on the performance of GPP system. The results of the simulation show that the effect of NCG increased causes increased condenser pressure, decreasing performance in GPP system. Used of LRVP on stage 2 is very good at saving power if NCG concentrations are more than 0.5%. To increase each NCG concentration by 0.5% using LRVP on stage 2 results in better GPP system performance than using SJE on stage 2.

Keywords: Configuration, Gas Removal System, Steam Jet ejector, liquid ring vacuum pump, Geothermal Power Plant.

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan, Alhamdulillah, penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul "PENGARUH KONFIGURASI STEAM JET EJECTOR – LRVP TERHADAP KINERJA PLTPB 55 MW".

Selama dalam menyelesaikan laporan penelitian ini, banyak sekali rintangan dan cobaan yang dihadapi, dengan adanya dorongan, motivasi, dan dukung, akhirnya dapat menyelesaikan laporan penelitian ini. Laporan ini saya dedikasikan untuk ibunda tercinta Neneng N.S dan dukungan yang tak henti-hentinya dari keluarga tercinta dan kerabat yang tidak dapat di sebutkan satu persatu. Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

- Yth. Dr. Agus Hermanto Ir.,M.T., selaku pembimbing, yang tak henti-hentinya memberikan motivasi, arahan, masukan dan sabar selama kegiatan penelitian ini dilakukan.
- Yth. Dani R S.T.,M.T., PhD yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam kegiatan penelitian ini.
- Yth. Dr.Ing.M.Alexin Putra, selaku ketua Program Studi S2 Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung. yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam kegiatan penelitian ini.
- Yth. Liman Hartawan S.T.,M.T., selaku dosen wali S1 saya, yang selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan Program studi S2 ini.
- Yth. Tri Sigit Purwanto S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing S1 saya, yang selalu menjadi tempat yang baik dalam berdiskusi.
- Yth. Seluruh tim dosen jurusan teknik mesin ITENAS yang selalu saya mintai bantuannya.

- Yth. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2007 (122007 “Doa Ibu Corps”) yang telah memberikan motivasi, bantuan dan dukungannya.
- Yth. Teman-teman Teknik Mesin S2 angkatan 2014 (2122014 “Wirosableng”) yang telah memberikan motivasi, bantuan dan dukungannya.
- Yth. Serta semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan laporan penelitian ini dan tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan penelitian ini banyak kekurangan yang perlu di perbaiki maka dengan hal ini penulis mengharapkan masukan, koreksi dan saran untuk menutupi kekurangan tersebut.

Bandung, 14 September 2017

Fajri JK

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geothermal	5
2.1.1 Terjadinya Panas Bumi	5
2.1.2 Terjadinya Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	6
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	7
2.3 Karakteristik Uap di Suatu PLTPB kapasitas 55 MW.....	7
2.4 Sistem Pembuang Gas (GRS)	8
2.4.1 Steam Jet Ejector (SJE)	10
2.4.2 Liquid Ring Vacuum Pump (LRVP)	13

2.5 Skematik PLTPB Kapasitas 55 MW	15
2.6 Skematik PFD PLTPB Kapasitas 55 MW	15
2.6.1 Skematik PFD Pada Sistem Penyaring Uap	18
2.6.2 Skematik PFD Pada Sistem Penghasil Daya	19
2.6.3 Skematik PFD Pada Sistem Pendingin	20
2.6.4 Skematik PFD Pada Sistem Pendingin	20
2.7 Penggunaan Perangkat Lunak Cycle Tempo 5.0	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Perhitungan	23
3.1.1 Perhitungan Konsumsi Uap	27
3.1.2 Perhitungan Konsumsi Daya pada LRVP	34
3.2 Simulasi	34
3.2.1 Konfigurasi 1	34
3.2.2 Konfigurasi 2	35
3.3 Hasil Dari Simulasi Untuk Konfigurasi 1 dan Konfigurasi 2	40
BAB IV ANALISA	41
4.1 Perhitungan Kerugian Daya Pada GRS stage 2 Pada SJE 130%	41
4.2 Hasil Simulasi Konfigurasi 1 dan Konfigurasi 2	43
4.3 Dari Skema Konfigurasi Pola Aliran NCG	46
4.4 Steam Jet Ejector (SJE)	47
4.4.1 Kelebihan SJE	47
4.4.2 Kekurangan SJE	47
4.5 Liquid Ring Vacuum Pump (LRVP)	48
4.5.1 Kelebihan LRVP	48
4.5.2 Kekurangan LRVP	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
KESIMPULAN	49
SARAN	50
DAFTAR PUSTAKA	51



Daftar Tabel

Tabel 2.1 Salah Satu Spesifikasi Design PLTPB kapasitas 55 MW	8
Tabel 2.2 tingkat keadaan dalam Skema PLTPB kapasitas 55 MW	18
Tabel 3.1 Hasil perhitungan uap terbang (SC) dan daya terbang pada SJE 40% <i>stage</i> 1.	32
Tabel 3.2 Hasil perhitungan uap terbang (SC) dan daya terbang pada SJE 60% <i>stage</i> 1.	33
Tabel 3.3 Hasil perhitungan uap terbang (SC) dan daya terbang pada kapasitas terpasang SJE 130% <i>stage</i> 2. Pada pembukaan GRS <i>stage</i> 1 SJE 40% dan SJE 60%.	33
Tabel 3.4 Konsentrasi NCG dan uap pendorong yang dibutuhkan dalam SJE, pada GRS <i>stage</i> 1 SJE 40% dan SJE 60%, dan GRS <i>stage</i> 2 menggunakan Konfigurasi 1 dan Konfigurasi 2.	34
Tabel 3.5 Hasil Simulasi dari Konfigurasi 1.	37
Tabel 3.6 Hasil Simulasi dari Konfigurasi 2.	39
Tabel 3.7 Hasil simulasi untuk Konfigurasi 1 dan Konfigurasi 2.	40
Tabel 4.3 Pola Konfigurasi GRS pada PLTPB 55 MW.	46

Daftar Gambar

Gambar 1. Metodologi Penelitian	3
Gambar 2.1 Skema panas di dalam bumi.....	5
Gambar 2.1.1 Perpindahan Panas Di Bawah Permukaan	6
Gambar 2.1.2 Terjadinya PLTPB	6
Gambar 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.....	7
Gambar 2.4 konsentrasi NCG di PLTPB di Jawa Barat.....	9
Gambar 2.4.1.1 Skematik <i>Steam Jet ejector</i>.....	11
Gambar 2.4.1.2 Skematik <i>Steam Jet Ejector</i>.....	12
Gambar 2.4.1.3 SJE pada PLTPB kapasitas 55 MW	13
Gambar 2.4.2.1 Skematik LRVP..	14
Gambar 2.4.2.2 LRVP pada PLTPB kapasitas 55 MW	14
Gambar 2.5 Skematik PLTPB kapasitas 55 MW.....	15
Gambar 2.6 Skema PLTPB kapasitas 55 MW menggunakan dua tingkat GRS	17
Gambar 2.6.1 Sistem penyaring uap (<i>Demister</i>).....	19
Gambar 2.6.2 Sistem penghasil daya (Turbin dan Generator)	19
Gambar 2.6.3 Sistem pendingin (Kondensor dan <i>Cooling tower</i>)...	20
Gambar 2.6.4 Sistem penjemur NCG (Ejektor dan LRVP)	21
Gambar 2.7 Tampilan Software Cycle Tempo 5.0	22
Gambar 3.1 Pola Aliran NCG Konfigurasi 1	24
Gambar 3.1 Pola Aliran NCG Konfigurasi 2	25
Gambar 3.3 Skema DCS PLTPB kapasitas 55 MW	26
Gambar 3.4 <i>Temperature correction Factor</i>	28
Gambar 3.5 <i>Molecular Weight Entrainment Ratio</i>	29
Gambar 3.6 <i>Air to Steam Ratio</i>.....	31
Gambar 3.7 Hasil Simulasi menggunakan Cycle Tempo 5.0 pada NCG 3% pada konfigurasi 1.....	36

Gambar 3.8 Hasil Simulasi menggunakan Cycle Tempo 5.0 pada NCG 3% pada konfigurasi 2.....	38
Gambar 4.1 Grafik Hasil perhitungan hilangnya daya terhadap kenaikan NCG.....	41
Gambar 4.2.1 Grafik Hasil perhitungan penurunan daya karena kenaikan NCG.....	43
Gambar 4.2.2 Grafik Hasil perhitungan penurunan daya karena kenaikan tekanan kondensor.....	45
Gambar 4.1 Grafik Hasil perhitungan hilangnya daya terhadap kenaikan NCG.....	41



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu unsur kebutuhan yang penting dalam kehidupan manusia. Sumber energi listrik yang terdapat di Indonesia beraneka ragam, mulai dari aliran air di sungai-sungai, aliran angin, uap, panas bumi dan radiasi sinar matahari. Dalam pemenuhan kebutuhan listrik, pemerintah telah menyediakan pemanfaatan sumber energi listrik tersebut untuk menunjang kebutuhan masyarakat Indonesia dengan membangun PLTA, PLTB, PLTG, PLTPB dan PLTS.

Di Indonesia belum semua tempat dapat teraliri listrik hal ini dapat dilihat dari rata-rata rasio elektrifikasi Indonesia sebesar 72,95% pada tahun 2011, Jawa Barat sendiri baru sebesar 70,82% sedangkan yang paling memperhatikan adalah Papua sebesar 34,64%. Hal ini tidak merata pada setiap daerah karena lokasi, potensi pembangkit, dan infrastruktur yang ada.

Secara geologis Indonesia masuk kedalam jalur gunung api dunia, atau lebih dikenal dengan *Ring of Fire* Oleh karenanya potensi energi panas bumi yang dimiliki oleh Indonesia merupakan yang terbesar di dunia. Secara keseluruhan total potensi panas bumi Indonesia mencapai 27.189 MW atau setara dengan 11 milyar barel minyak. Besarnya angka potensi Indonesia tersebut merupakan 40% dari total potensi dunia. Potensi panas bumi Jawa Barat sangat besar, yaitu setara dengan 5311 MW atau 20% dari total potensi Indonesia. Berarti bahwa 8% potensi panas bumi dunia berada di Jawa Barat.

Proses perubahan energi termal menjadi energi listrik dimulai dari proses pengaliran fluida panas menuju permukaan, setelah mencapai permukaan fluida panas berbentuk uap akan dipisahkan melalui *separator*, *demister* dan *scrubber* setelah dipisahkan selanjutnya uap panas menuju turbin uap, dari uap tersebut akan menggerakkan sudu-sudu turbin

sehingga menghasilkan energi listrik. Setelah uap keluar dari turbin selanjutnya masuk ke kondensor tetapi tidak semua uap dapat dikondensasikan.

Terdapat *noncondensable gas* (NCG) senyawa yang tidak dapat dikondensikan di kondensor sebesar 3%. Dibutuhkan kerja dari *gas removal system* (GRS) untuk menghisap gas-gas NCG yang selanjutnya dialirkan menuju menara pendingin. GRS yang terdiri dari *steam jet ejector* (SJE) atau *liquid ring vacuum pump* (LRVP), kedua alat tersebut bisa digunakan salah satunya atau kedua-duanya jika mendapatkan kandungan NCG yang tinggi.

1.2 Tujuan Penelitian yang Dilakukan.

Adapun dari tujuan penelitian yang dilakukan ini adalah :

1. Mendapatkan pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB) menggunakan *Cycle Tempo 5.0* dengan data beban 55 MW.
2. Melakukan pemodelan SJE dan LRVP pada sistem PLTPB menggunakan *Cycle Tempo 5.0*.
3. Memperoleh pengaruh kinerja SJE dan LRVP terhadap variasi tekanan kondenser utama dan pengaruhnya terhadap kenaikan atau penurunan performa sistem PLTPB menggunakan *Cycle Tempo 5.0*.
4. Memperoleh pengaruh kinerja SJE dan LRVP terhadap variasi kenaikan NCG dan pengaruhnya terhadap kenaikan atau penurunan performa sistem PLTPB menggunakan *Cycle Tempo 5.0*.

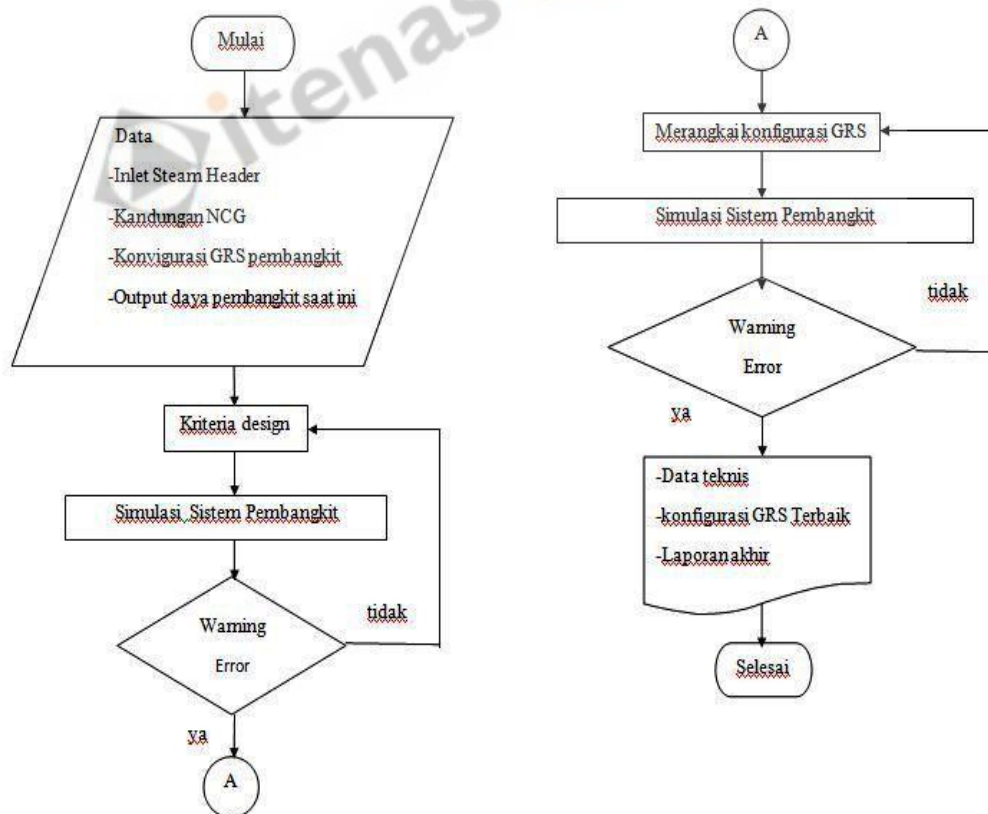
1.3 Batasan masalah

Pada laporan kajian ini tentunya memiliki batasan masalah karena ruang lingkup masalah yang ada cukup luas, batasan masalah meliputi :

- Bagaimana membuat pemodelan sistem termodinamika PLTPB menggunakan *Cycle Tempo 5.0*.
- Bagaimana melakukan analisis sistem termodinamika PLTPB berdasarkan hasil simulasi pada *Cycle Tempo 5.0*.
- Bagaimana pengaruh pengoperasian SJE dan LRVP pada kondenser utama dan pengaruhnya terhadap kenaikan atau penurunan performa sistem PLTPB.
- Bagaimana pengaruh pengoperasian SJE dan LRVP terhadap variasi kenaikan NCG dan pengaruhnya terhadap kenaikan atau penurunan performa sistem PLTPB.

1.4 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan studi literatur, Pemodelan konfigurasi *Gas Removal System* dengan langkah-langkah yang digunakan antara lain:



Gambar 1. Metodologi Penelitian

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika laporan ini meliputi BAB 1 yang berisi Pendahuluan, berisi tentang latar belakang dan rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metoda penelitian dan sistematika penulisan. Kemudian di BAB 2 berisi Tinjauan pustaka, menguraikan secara ringkas landasan teori tentang Geotermal, proses produksi listrik tenaga panas bumi, kondisi data *inlet steam header* dan kandungan NCG, serta komponen-komponen penyusun konfigurasi GRS. Kemudian di BAB 3 berisi Pemilihan konfigurasi SJE dan LRVP untuk konfigurasi GRS, meliputi pemodelan konfigurasi GRS, pembuatan model GRS dan hasil simulasi GRS terhadap performa sistem PLTPB menggunakan *Cycle Tempo 5.0*. di BAB 4 berisi hasil analisis pada bab sebelumnya, meliputi analisis hasil konfigurasi GRS terhadap performa sistem PLTPB. Dan pada BAB 5 berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang didapat.



DAFTAR PUSTAKA

1. Moran. ; N. Shapiro.; "Fundamental of Engineering Thermodynamics" Fifth edition, Jhon Wiley & son.
2. Cengel, Y.; Boles, M.; "Thermodynamics and engineering approach" Fifth edition, McGraw Hill, 2006.
3. Saptadji, Nenny M.; Teknik Panas Bumi. ITB. Bandung, 2012.
4. Dokumentasi. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi PATUHA unit 1. PT. Geo Dipa Energi. Jakarta, 2015
5. File Presentasi. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi DARAJAT. PT. Indonesia Power. Garut, 2014
6. Perry, R.; "Chemical engineering handbook" Eighth edition, McGraw Hill, 2008.
7. Heat Exchange Institute; "HEI standards for steam jet vacuum systems" Fifth edition, Heat exchange institute Inc, 2000.
8. Siregar, P.; "Optimization of electrical power production process for the Sibayak geothermal field, Indonesia" Geothermal training programme reports, UNU-GTP, 2004.
9. File dokumen. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi PATUHA unit 1. PT. Geo Dipa Energi. PT. Wiratman. Jakarta, 2013.
10. Cycle Tempo 5.0.; Simulation Heat Mass balance. Delft university of Tecnology (TU Delft) Belanda, 2010.
11. Pálsson, H.; "Utilization of geothermal energy for power productions" Geothermal power development lecture notes, Iceland University, Iceland, 2010.
12. DiPippo, R.; "Geothermal power plants, principles, applications, cases studies and environmental impact" Second edition, Elsevier science, 2008.