

## Penentuan Efisiensi Extraction Ejector pada Sistem Tenaga Uap di Pusat Listrik Tenaga Panas-Bumi Lahendong – I Sulawesi Utara

Hardi Gunawan

Laboratorium Mesin Konversi Energi  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi  
e-mail: hardi\_gun@yahoo.com

### Abstrak

Aliran uap dari lapangan panas bumi di PLTP Lahendong I yang berkapasitas 20MW memiliki tekanan  $8.8 \text{ kg/cm}^2$  pada temperatur  $174.4^\circ\text{C}$ . Konversi energi termal ke energi mekanik berlangsung di turbin impuls 8-tingkat tekanan dengan kondisi akhir  $0.116 \text{ kg/cm}^2$   $57.3^\circ\text{C}$ . Kondisi vakum di kondensor tersebut didapatkan dengan dan dipertahankan oleh extraction ejector 2-tingkat. Suatu perhitungan dengan memakai data operasi dari sistem tenaga uap tersebut mendapatkan efisiensi total dari sub-sistem ejektor adalah 66.10%, yang tersusun dari efisiensi tingkat-1 77.7% dan tingkat-2 85.1%. Bila dibandingkan dengan efisiensi kondisi desain sebesar 68.75%, maka terdapat perbedaan relatif sebesar 3.85%.

### Abstract

Flow of steam from a geothermal field to the 20MW capacity PLTP Lahendong-I has a pressure of  $8.8 \text{ kg/cm}^2$  at  $174.4^\circ\text{C}$ . The thermal energy converts into mechanical energy in a 8-stage pressure impulse turbine which has a terminal condition of  $0.116 \text{ kg/cm}^2$   $57.3^\circ\text{C}$ . Vacuum of the condenser achieved with and maintained by a two-stage extraction ejector. The overall efficiency of the ejectors resulted from a calculation using operation data of the steam power system is 66.10%, which is consisted of 77.7% and 85.1% efficiency of the first and the second stage of the ejector consecutively. Compared to the design condition efficiency 68.78%, there is a relative difference of 3.85%.

Keywords : geothermal steam power system, extraction ejector, efficiency

### 1. Pendahuluan.

Sulawesi Utara adalah provinsi paling utara Indonesia berbatasan dengan Filipina. Provinsi ini ada dalam “Pacific Ring of Fire” dengan banyak gunung berapi sehingga memiliki sumber daya panas bumi (*geothermal power*).

Energi geotermal dari lapangan panas bumi Lahendong diperkirakan memiliki cadangan 200MW. Pemanfaatan yang dilakukan adalah melalui Pusat Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP), yang saat ini telah dimanfaatkan 2 x 20MW. Bersama dengan PLTA Tanggari dan beberapa PLTD, listrik yang diproduksi masuk dalam sistem Minahasa yang melayani kota Manado dan daerah Minahasa. Beban puncak sistem 139.2 MW dengan daya mampu (Sep2007) 126.3 MW, sehingga defisit 12.9 MW.

Energi listrik yang diproduksi PLTP Lahendong-I menggunakan uap yang diolah oleh Pertamina dari lapangan panasbumi Lahendong. Energi termal uap panasbumi oleh PLTP mula-mula dikonversi dahulu menjadi energi mekanik di dalam turbin suatu sistem tenaga uap. Energi mekanik yang dihasilkan turbin uap kemudian oleh generator listrik diubah menjadi energi listrik. Uap yang keluar dari turbin ditampung kondensor yang vakum agar konversi energi termal berlangsung optimal. Kondisi vakum diciptakan serta dipertahankan dengan memakai *extraction ejector*.

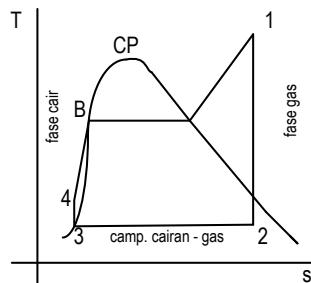
Kajian ini bertujuan menentukan besarnya perbedaan antara efisiensi kondisi operasi dengan kondisi desain dari *extraction ejector* pada sistem tenaga uap di PLTP Lahendong-I.

### 2. Sistem Tenaga Uap

Pembangkit daya yang memakai uap sebagai media dalam konversi energi termal menjadi energi mekanik pada umumnya memakai siklus Rankine sebagai siklus termodinamika standar. Siklus uap-air yang diperkenalkan oleh William J.M. Rankine (1820-1872) tersebut merupakan dasar analisis termodinamika suatu sistem tenaga uap. Siklus ideal Rankine untuk uap-air pada suatu sistem tenaga

uap terdiri dari 4(empat) komponen / subsistem utama, yaitu: turbin uap, kondensor, pompa air, dan pembangkit uap.

Suatu siklus ideal Rankine sederhana untuk suatu sistem tenaga uap dapat dilihat pada diagram T – s (temperatur mutlak – entropi spesifik) berikut.



Gambar-1. Siklus Ideal Rankine

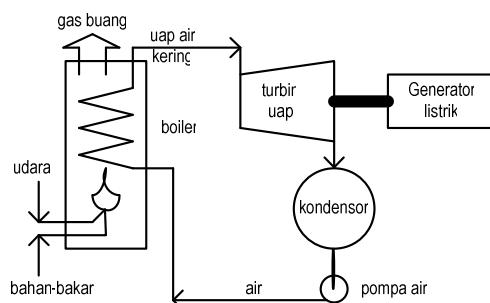
Keterangan

- 1-2 : ekspansi reversibel adiabatik di turbin
- 2-3 : pembuangan kalor (isobar) di kondensor
- 3-4 : kompresi reversibel adiabatik di pompa
- 4-B-1 : penambahan kalor (isobar) di boiler
- CP : titik kritis zat

Proses konversi energi termal yang dimiliki uap air menjadi energi mekanik (rotasi) berlangsung dalam turbin uap. Uap yang keluar dari turbin ditampung dalam kondensor dimana berlangsung proses kondensasi sehingga uap air berubah wujud menjadi air dan temperaturnya turun. Air kondensat ini kemudian dipompakan ke subsistem pembangkit uap.

Dalam subsistem pembangkit uap, air dipanaskan atau diberikan kalor sehingga berubah wujudnya menjadi uap air dengan tekanan dan temperatur relatif tinggi. Proses ini terjadi pada boiler ataupun alat penukar kalor. Kalor untuk pemanasan air didapat dari proses pembakaran bahan bakar fosil (padat, cair, atau gas) ataupun dari proses fusi ataupun fisi bahan bakar nuklir.

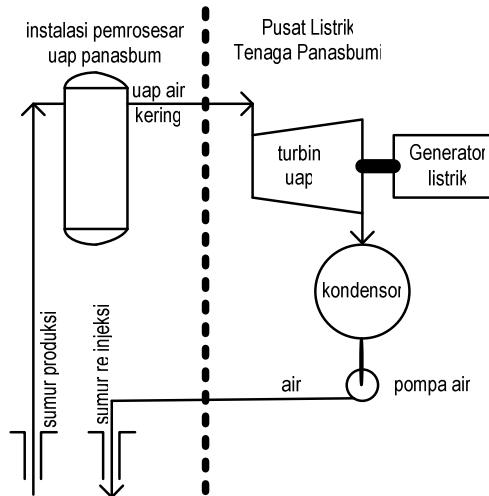
Gabungan dari suatu sistem tenaga uap dengan generator listrik adalah Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), yang secara skematis dapat dilihat pada Gambar-2 berikut.



Gambar-2. Diagram skematis PLTU

Seperti ditunjukkan dalam Gambar-2, uap air yang akan diekspansi dalam turbin didapat dengan memanaskan air dalam boiler memakai kalor yang dihasilkan dalam proses pembakaran dari bahan bakar fosil.

### 3. Pusat Listrik Tenaga Panasbumi



Gambar-3. Instalasi Tipikal PLTP

Suatu pusat listrik tenaga panasbumi (PLTP) merupakan suatu pusat pembangkitan energi listrik dengan menggunakan energi panasbumi (*geothermal energy*) yang bersifat terbarukan. Gambar-3 menunjukkan diagram skematis dari suatu instalasi tipikal suatu PLTP.

Berbeda dengan PLTU, energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTP bukan berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil yang berpotensi mencemari lingkungan dengan gas buangnya. Seperti ditunjukkan dalam Gambar-3, uap air bertekanan dan bertemperatur relatif tinggi langsung diperoleh dari sumur geotermal.

Di Indonesia, jalur gunung berapi membentang dari ujung pulau Sumatera melalui pulau Jawa, pulau Bali, kepulauan Nusa Tenggara Timur, kepulauan Nusa Tenggara Barat, kepulauan di laut Banda, Halmahera, dan pulau Sulawesi bagian Utara.

Perkiraan potensi sumber daya panasbumi di Indonesia mencapai 27,000 MW. Dalam Tabel-1 terlihat lapangan sumber daya panasbumi yang telah dikembangkan dan dibangun PLTP.

Tabel-1. Instalasi PLTP di Indonesia<sup>\*)</sup>

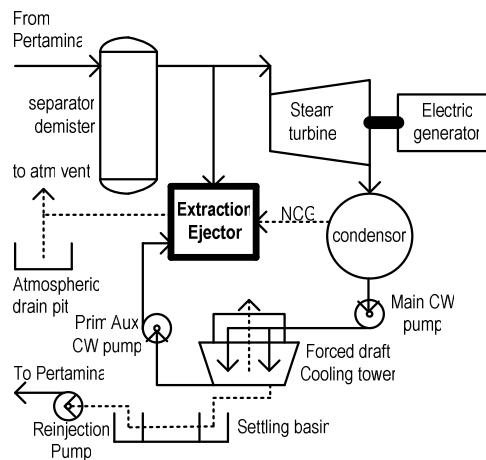
Lapangan Panasbumi	Fasilitas Power Plant	Kapasitas (MW)
Drajat 1	PLN	55
Drajat 2	Chevron & PTM	70
Dieng	OPIC	60
Kamojang 1,2,3	PLN	140
Salak 1,2,3	PLN	165
Salak 4,5,6	Unocal & PTM	165
Sibayak	Pertamina	2
Lahendong	PLN	2 x 20
Wayang Windu	Star Energy	110

<sup>\*)</sup> Dari beberapa sumber

Kapasitas terpasang dari fasilitas pembangkitan listrik di Indonesia yang memanfaatkan sumberdaya energi panas bumi telah mencapai 850 MW atau sekitar 3% total energi listrik yang dibangkitkan. Pembangunan PLTP dalam program kelistrikan 10.000 MW mencapai 30%. Sedangkan proyeksi kontribusi listrik yang dibangkitkan PLTP pada tahun 2025 di Indonesia adalah 9,500 MW.

#### 4. PLTP Lahendong-I

Fasilitas pemrosesan uap di area panasbumi Lahendong dikelola oleh Pertamina. Fasilitas ini dibangun tahun 1996 dan diselesaikan tahun 2001. Uap disalurkan ke PLTP Lahendong yang dikelola PLN (Perusahaan Listrik Negara) untuk membangkitkan energi listrik. Energi listrik tersebut disinkronisasi ke sistem Minahasa oleh PLN Wilayah Sulutenggo untuk melayani kota-kota Tomohon, Manado, Bitung serta kabupaten sekitarnya.



Gambar-4. Diagram Skematik PLTP Lahendong-I

Diagram skematik dari proses yang berlangsung di PLTP Lahendong-I dapat dilihat dalam Gambar-4. Uap yang diterima dari Pertamina ( kondisi: 8.8 bar abs, 174.4°C) terlebih dahulu disalurkan ke separator demister yang berfungsi memisahkan kotoran dan air yang dikandung uap sehingga benar-benar bersih dan kering sebelum dialirkan ke turbin dan subsistem gas-gas tak terkondensasi (*Non Condensable Gases / NCG Subsystem*).

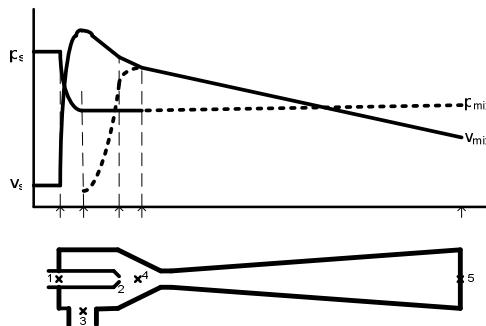
Turbin uap di PLTP Lahendong-I tergolong jenis turbin impuls dengan 8-tingkat tekanan. Turbin itu dibuat ALSTOM (Perancis) tipe T0203VV022 dengan nomor seri E300878. Uap yang diekspansi di turbin tersebut masuk ke kondensor (0.116 kg/cm<sup>2</sup>; 57.3 °C) sehingga terjadi kondensasi dan pengeluaran panas yang proporsional.

Konversi energi termal ke energi mekanik menjadi optimal jika tekanan di kondensor vakum (<P<sub>bar</sub>). Kondisi vakum dalam kondensor didapat dan dipertahankan dengan memasang subsistem gas-gas tidak terkondensasi (*NCG Subsystem*) yang merupakan *Extraction Ejector*.

Seluruh gas-gas tidak terkondensasi (*Non Condensable Gases*, NCG) yang dapat berpenetrasi dalam subsistem vakum dari suatu sistem tenaga uap harus diekstraksi untuk menciptakan dan mempertahankan kondisi vakum di kondensor utama.

#### 5. Extraction Ejector

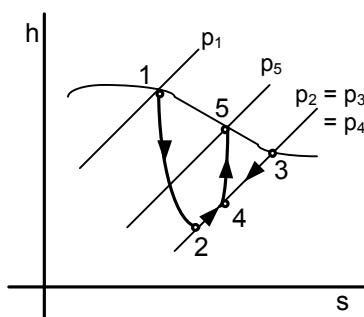
Subsistem vakum kondensor di PLTP Lahendong-I terdiri dari : *First-stage extraction ejector*, *Inter-Condenser*, *Second-stage extraction ejector*, dan *After-Condenser*. Keterkaitan dari ke-4 komponen utama tersebut sesuai dengan Gambar-5 yang ditempatkan diakhir tulisan ini. *NCG Extraction ejector* terdiri dari dua tingkat masing-masing tersusun dari dua *steam ejector* bekerja paralel.



Gambar-6. Konstruksi Ejektor serta Profil Tekanan dan Kecepatan dari Aliran.

Konstruksi *steam ejector* dan profil tekanan serta kecepatan aliran uap ataupun NCG dapat dilihat pada Gambar-6. Ada 5 titik perhatian, yaitu: (1) *steam inlet*, (2) *steam exit* dari nosel, (3) *NCG suction port*, (4) *mixing chamber*, dan (5) *diffuser outlet*.

Aliran uap ke turbin sebagian kecil disalurkan ke ejektor melalui titik-1. Di nosel, uap turun tekanannya dan naik kecepatan alirannya dan keluar melalui titik-2. Akibatnya di ruang pencampuran tekanan turun sehingga NCG akan tertarik dari kondensor melalui titik-3. Dalam *mixing chamber* titik-4 NCG bercampur dengan uap. Kemudian saat melalui bagian difuser dari ejector (4-5) tekanan uap naik dan kecepatan campuran turun. Diagram *h-s* (entalpi - entropi) dari kondisi uap, NCG dan campurannya di setiap titik ditunjukkan Gambar-7 berikut.



Gambar-7. Kondisi uap, NCG, dan campuran di *Extraction Ejector*

Tingkat kondisi vakum di kondenser menentukan tingkat efisiensi termal dari ekspansi uap di turbin. Konversi energi akan optimal jika ejektor bekerja normal. Dengan kata lain, tingkat efisiensi ejektor merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi unjuk kerja dari sistem tenaga uap tersebut.

## 6. Penentuan Efisiensi Ejektor

Efisiensi *extraction ejector* ( $\eta$ ) dihitung sebagai gabungan aspek termal dan aspek laju aliran massa. Dari aspek termal, efisiensi ejektor ( $\eta$ ) adalah perbandingan energi keluar difuser dengan yang masuk ke nosel. Dari aspek laju aliran massa,  $\eta_m$  adalah perbandingan laju aliran massa NCG di sisi isap dengan uap penarik.

Notasi pada persamaan-persamaan yang dipakai sesuai daftar berikut:

- w = laju aliran massa
- h = entalpi spesifik uap
- R = konstanta gas
- P = tekanan
- v = volume spesifik
- T = temperatur mutlak
- A = luas penampang saluran
- k = rasio panas spesifik =  $c_p/c_v$
- $c_p$  = kalor spesifik isobar
- V = kecepatan aliran

- $M_a$  = bilangan Mach  
 $L$  = panjang nosel, difuser  
 $i$  = subskrip inlet  
 $e$  = subskrip exit  
 $n$  = subskrip nosel  
 $0$  = subskrip kondisi stagnasi  
 $*$  = superskrip titik kritis ( $M_a=1$ )

Dengan subskrip sesuai Gambar-6, efisiensi *extraction ejector* ( $\eta$ ) dapat dituliskan:

$$\eta = \left[ \frac{w_3}{w_1} + 1 \right] \left[ \frac{h_5 - h_4}{h_1 - h_2} \right] \quad (1)$$

Dalam perhitungan, beberapa asumsi berikut diterapkan:

- Fluida kerja adalah gas ideal,  $Pv=RT$  dengan  $R=461 \text{ m}^2/(\text{s}^2 \cdot \text{K})$ ;  $k=1.33$
- Kondisi uap penarik masuk ejektor adalah jenuh
- Aliran adalah stedi satu dimensi
- Proses di nosel dan difuser adalah isentropik. Efisiensi nosel 95%
- Percampuran uap penarik dan NCG berlangsung isobar
- Campuran keluar ejektor dalam kondisi jenuh.
- Laju aliran massa uap penarik ( $w_1$ ) dan NCG masuk ejektor ( $w_3$ ) sesuai spesifikasi peralatan

Kecepatan aliran ( $V$ ) dihitung dengan persamaan kontinuitas aliran stedi satu dimensi.

$$V = \frac{w \cdot v}{A} = \frac{w \cdot R \cdot T}{P \cdot A} \quad (2)$$

Kecepatan suara dari aliran di nosel dan difuser ditentukan untuk kondisi aliran gas ideal,

$$a = \sqrt{k \cdot R \cdot T} \quad (3)$$

Bilangan Mach dari aliran,

$$Ma = V/a \quad (4)$$

Entalpi stagnasi nosel,

$$h_{0n} = h_i + V_i^2/2 \quad (5)$$

Temperatur stagnasi,

$$T_{0n} = T_i + V_i^2/(2 \cdot c_P) \quad (6)$$

Entalpi spesifik nosel aktual,

$$h_e = h_{0n} - \eta_n (h_{0n} - h_{e'}) \quad (7)$$

Kecepatan aliran keluar nosel,

$$V_e = \sqrt{2 \cdot (h_{0n} - h_e)} \quad (8)$$

Temperatur titik kritis,

$$T^* = T_{0n} \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \quad (9)$$

Tekanan titik kritis,

$$P^* = P_{0n} \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (10)$$

Posisi titik kritis,

$$L^* = L \frac{V^* - V_i}{V_e - V_i} \quad (11)$$

Temperatur campuran masuk difuser,

$$T_4 = \frac{T_3 \cdot w_3 + T_2 \cdot w_1}{w_3 + w_1} \quad (12)$$

Diameter dari saluran masuk ejektor, baik untuk uap penarik maupun untuk NCG diperoleh dari dimensi ejektor. Demikian juga untuk diameter saluran keluar dan panjang dari ejektor. Dimensi dan tekanan kerja ejektor terlihat dalam Tabel-2 berikut.

Tabel-2. Spesifikasi Ejektor

Besaran	Tingkat-I	Tingkat-II
Panjang Nosal, mm	600	400
Panjang Difuser, mm	2865	1550
Panjang Total, mm	3800	2400
Diameter inlet uap, mm	100	80
Diameter inter NCG, mm	350	200
Diameter outlet, mm	350	200
Tekanan NCG masuk *)	0.115	0.300
Tekanan Outlet, bar. abs	0.300	1.050
Tekanan Uap, bar. abs	8.00	8.00
Laju aliran uap, kg/jam	3200	2370
Laju aliran NCG, kg/jam	1707	1162

\*) bar. abs = 101.325 kPa

## 7. Data dan Hasil Perhitungan

Data, berupa hasil pengamatan dan spesifikasi peralatan diperoleh pada periode Mei – Juni 2005 atas bantuan pimpinan dan staf PLTP Lahendong-I. Hasil pengamatan harian tekanan uap penarik, NCG, campuran uap dan NCG setiap jam (08.00-17.00) selama 4 hari berturut-turut dalam selang waktu 27-30 Juni 2005 disusun dalam dua tabel berikut.

Tabel-3. Hasil Pengamatan Tekanan pada Ejektor Tingkat-I

Hari ke-	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>
1	8.38	0.180	0.340
2	8.30	0.179	0.262
3	8.20	0.180	0.330
4	8.20	0.176	0.324
Rerata	8.27	0.179	0.314

Tekanan uap masuk ejektor (P<sub>1</sub>) dibaca pada alat ukur tekanan merk Bourdon Sedeme (Perancis) yang memiliki kisar ukur 0 – 10 bar abs dan skala terkecil 0.2 bar abs.

Tabel-4. Hasil Pengamatan Tekanan pada Ejektor Tingkat-II

Hari ke-	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>
1	7.94	0.340	1.02
2	7.99	0.262	1.02
3	7.82	0.330	1.02
4	7.84	0.324	1.02
Rerata	7.90	0.314	1.02

Untuk tekanan CNG masuk ejector ( $P_3$ ) dan tekanan campuran keluar ejector ( $P_5$ ), alat ukur tekanannya ber-merek sama dengan kisaran ukur minus1...0 bar gauge dan skala terkecil 0.1 bar gauge.Tekanan outlet tingkat-I dan tekanan NCG masuk tingkat-II diukur dengan satu alat ukur. Sifat-sifat uap penarik yang masuk di inlet tiap tingkat ejektor didapat dari tabel uap. Perhitungan dilakukan atas dasar asumsi yang diambil dan data lapangan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel-5. Dengan hasil perhitungan dari tiap tingkat ejektor tersebut, efisiensi *extraction ejector* adalah  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 77.7\% * 85.1\% = 66.1\%$

Tabel-5. Hasil Perhitungan <sup>\*)</sup>

Besaran	Tingkat- I	Tingkat- II
Kecepatan masuk uap	26.3	31.9
Kecep. kritis di nosel	484	483
Tekanan kritis nosel	4.46	4.26
Kecep. di exit nosel	1044	991
Kecep. NCG di inlet	42.0	52.9
Kecep. di exit difuser	74.3	52.3
Ma di exit nosel	2.44	2.33
Ma di difuser	1.86	1.75
Posisi ttk kritis nosel	270	188
Posisi ttk kritis difuser	1370	856
Efisiensi Ejektor, %	77.7	85.1

<sup>\*)</sup> Satuan: Kecepatan dalam m/s; Jarak dalam mm  
Tekanan dalam bar abs

## 8. Diskusi

Kondisi operasi subsistem *extraction ejector* saat data diambil sedikit berbeda dengan kondisi desain sistem tenaga uap seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel-6. Perbandingan Efisiensi Desain dan Data Operasi <sup>\*)</sup>

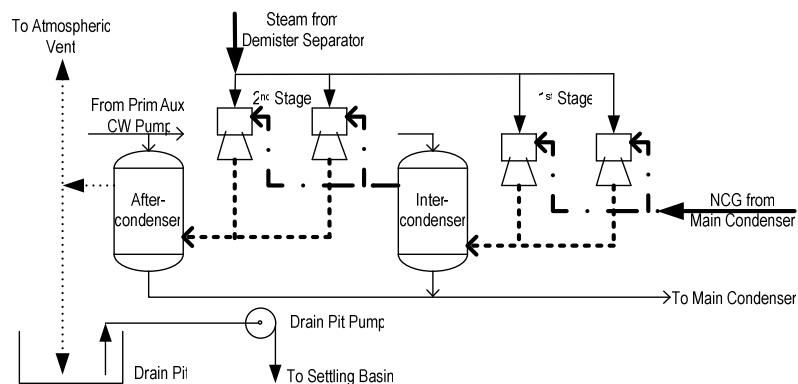
Besaran	Desain	Data
<u>Tingkat – I:</u>		
Tekanan uap di inlet port	8.00	8.27
Tekanan NCG di suction	0.115	0.179
Tekanan exit port ejector	0.300	0.314
Efisiensi, %	79.97	77.69
<u>Tingkat – II:</u>		
Tekanan uap di inlet port	8.00	7.90
Tekanan NCG di suction	0.300	0.314
Tekanan exit port ejector	1.05	1.02
Efisiensi, %	85.97	85.08
Efisiensi Ejektor, %	68.75	66.10

<sup>\*)</sup> Satuan tekanan: bar abs

Dari perbandingan antara tekanan operasi dengan tekanan desain yang sedikit berbeda seperti ditunjukkan dalam Table-6, didapatkan efisiensi operasi ejektor relatif berbeda sebesar 3.85% bila dibandingkan dengan efisiensi desain peralatan.

## 9. Penutup

Hasil kajian di PLTP Lahendong-I ini menunjukkan bahwa kondisi operasi *extraction ejector* yang sedikit menyimpang dari kondisi desain subsistem berakibat pada menurunnya tingkat efisiensi subsistem tersebut. Penurunan relatif nilai efisiensi ejektor sebesar 3.85% ini perlu diikuti dengan penelitian lanjutan untuk mengkaji dampaknya terhadap efisiensi sistem tenaga uap secara keseluruhan.



Gambar 5. Diagram skematis dari subsistem *Extraction Ejector*  
(Diolah berdasarkan informasi dari Pertamina Pabum Lahendong)

## Ucapan terimakasih

Dengan terlaksananya penelitian ini, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada pimpinan dan staf dari PLTP Lahendong, khususnya kepada Bpk. P. Sihombing, ST. Terimakasih juga disampaikan kepada Sdr. G. Muaya, ST yang telah membantu pelaksanaan pengambilan data di lapangan, serta semua pihak serta perseorangan yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Anonimous. *Operation Manual of Plant vol.004A*. GEC Alstom. France. 1999
- Anominours. *Process Vacuum and Power Systems*. Croll Reynolds Company Inc. New Jersey. 2004
- Dunstall, M.G., Lee, K.C. *Geothermal Engineering*. Geothermal Institute. The University of Auckland. 1996
- Gawell, K. and Greenberg, G. *Update on World Geothermal Development*. US Gethermal Energy Association. 2007
- Gunawan, H. Pembangunan Sistem Transmisi Uap Panasbumi Area Lahendong. Prosiding Seminar Dies Natalis ke-36 Fakultas Teknik Unsrat, Manado. 2000.
- Gunawan, H. *A Study of the Geothermal Power Plant PLTP Lahendong Unit-I Tomohon North Sulawesi*. Proc. International Seminar to Commemorate the 44<sup>th</sup> Anniversary of Engineering Faculty of UNSRAT. Manado 21 August 2008
- Moran et al. *Introduction to Thermal System Engineering*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 2003

## LAMPIRAN

Entropi (S) didefinisikan sebagai suatu sifat zat sesuai dengan hubungan  
 $dS \equiv (\delta Q/T)_{rev}$  (1)

dimana :  $\delta Q$  = beda kalor  
 $T$  = temperatur mutlak

Entropi zat adalah salah satu sifat zat dalam analisis termodinamika suatu sistem yang mengalami proses reversibel (rev) atau mampu-balik, yaitu suatu proses ideal. Kondisi khusus proses adiabatik reversibel adalah  $dS = 0$ . Proses ideal ini disebut juga proses isentropik.

Entalpi spesifik didefinisikan sebagai:

$$h \equiv u + p.v \quad (3)$$

dimana,  $u$  = energi dalam spesifik  
 $p$  = tekanan  
 $v$  = volume spesifik

Hasil proses uap panasbumi yang disalurkan oleh Pertamina ke instalasi PLTP Lahendong adalah sesuai dengan kondisi dalam Tabel-2 .

Tabel-2. Kriteria Uap Yang Disalurkan ke PLTP Lahendong<sup>\*\*)</sup>

Parameter	Kuantitas
Tekanan, bar.abs	8.8
Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	174.4
Wetness, %	1
NCG, %	$\leq 1$
TDS, ppm	$\leq 10$
Silica, ppm	$\leq 0.5$

\*\*) Sumber: PLTP Lahendong

Tabel-3. Spesifikasi Turbin Uap di PLTP Lahendong-I<sup>\*\*)</sup>

Parameter	Kuantitas
Daya, kW	20,000
Putaran, rpm	3,000
Tekanan Masuk, bar.abs	8
Tekanan Keluar, bar.abs	0.155

\*\*) Sumber: PLTP Lahendong

Tabel-3. Spesifikasi Separator Demister di PLTP Lahendong<sup>\*\*)</sup>

Parameter	Kuantitas
Laju aliran uap, ton/jam	156
Tekanan Kerja, bar	8.1
Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	176
Rugi Tekanan Maks, bar	0.1

\*\*) Sumber: PLTP Lahendong

Kondensor PLTP Lahendong-I buatan ALSTOM dengan spesifikasi sesuai Tabel-4 berikut.

Tabel-2. Spesifikasi Kondensor di PLTP Lahendong-I<sup>\*\*</sup>)

Parameter	Kuantitas
Daya, kW	20,000
Laju aliran uap , kg/s	40.37
Tekanan, mBar.abs	110.5
Aliran Air Masuk, kg/s	1677
Aliran Air Keluar, kg/s	1766
Temp.Air Masuk, $^{\circ}\text{C}$	29.5
Temp.Air Keluar, $^{\circ}\text{C}$	41.5

\*\*) Sumber: PLTP Lahendong