

Unjuk Kerja Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Dalam Pandangan Pendidikan Islam

Untung Joko Basuki

Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi

AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak No. 28 Komplek Balapan – Yogyakarta

email: untungjb@akprind.ac.id

Abstract

Perspective of Islamic education as based on data released by the Ministry of Energy and Mineral Resources, Indonesia has an estimated geothermal potential of 27,000 MW spread across 256 locations [Suyanto]. The number of states Indonesia is an area which has reserves of geothermal energy 40% of the world's total geothermal reserves. PT PLN (Persero) PLTP Ulubelu is the largest geothermal plant in Lampung with capacity of Unit 1 and Unit 2 of 110 MW. In this research, analysis of the performance of the steam turbine mengenai geothermal power plants and analysis of the influence of the turbine inlet temperature and pressure as well as vacuum pressure in the condenser at Ulubelu PLTP Unit 1. Based on average yield calculation analysis indicating that the actual turbine power of 49 736 kW, ideal turbine power amounting to 56617.46 kW, amounting to 48741.28 kW power generator, isentropis efficiency of 87.85%, the specific steam consumption (steam turbine rate) 6.6712591 kg / kWh, turbine heat rate 18443.66 kJ / kWh and thermal efficiency by 19 , 53%. Turbine performance is influenced by temperature, inlet pressure turbine and condenser vacuum pressure, evidenced from the results of the analysis in which the inlet temperature of 165.5 ° C 6.9543 bar inlet pressure and pressure-a vacuum condenser br 0,074-a is able to produce the actual power 50100 kW, power 55341.1516 ideal kW, $\eta_s = 90.5293\%$, the specific steam consumption of 6.44 kg / kWh, turbine heat rate 17781.03 kJ / kWh and $\eta_{th} = 20.24\%$.

Keywords: Geothermal, Turbine, Performance, Islamic Education

1. Pendahuluan

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya siang dan malam, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia menghidupkan bumi sesudah matinya dan Dia sebarakan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh terdapat tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkannya”. Q.S : Al-Baqarah ayat 164.

Kebutuhan energi listrik sebagai penunjang pembangunan pada abad ke 20 meningkat dengan Energi Panas Bumi di Indonesia.

Di Indonesia usaha pencarian sumber energi panasbumi pertama kali dilakukan di daerah Kawah Kamojang pada tahun 1918. Pada tahun 1926 hingga tahun 1929 lima sumur. eksplorasi dibor dimana sampai saat ini salah satu darisumur tersebut, yaitu sumur KMJ-3 masih memproduksi uap panas kering atau dry steam.

sistim satu fasa, sistim umumnya berisi air yang mempunyai temperatur 90 – 180 ° C dan

pesat, yaitu sekitar 15-17 % per tahun. Oleh karena itu upaya diversifikasi energi untuk memanfaatkan seluruh sumber daya alam sudah merupakan hal yang mendesak terlebih dengan semakin terbatasnya cadangan minyak bumi. Salah satu energi alternatif yang mempunyai potensi cukup besar di Indonesia adalah energi panas bumi. Beberapa karakteristik yang merupakan ciri dari energi panas bumi ini adalah : tersedia secara kontinyu dalam jumlah yang besar.

Tabel 1 Klasifikasi Sistem Panas Bumi Berdasarkan Temperatur

(Sumber : Nur Suhartono, 2012)

	Muffer & Cataldi (1978)	Benderiter & Cormy (1990)	Haenel, Rybach & Stegna (1988)	Hochstein (1990)
Sistim panasbumi entalphi rendah	<90°C	<100°C	<150°C	<125°C
Sistim panasbumi entalphi sedang	90~150°C	100~200°C	~	125~225°C
Sistim panasbumi entalphi tinggi	>150°C	>200°C	>150°C	>225°C

tidak terjadi pendidihan bahkan selama eksploitasi. Ada dua jenis sistim dua fasa, yaitu:

a.) *Vapour Dominated System*

atau sistim dominasi uap, yaitu sistim panas bumi di mana sumur-sumurnya memproduksi uap kering atau uap basah karena rongga-rongga batuan reservoirnya sebagian besar berisi uap panas. Dalam sistim dominasi uap, diperkirakan uap mengisi rongga-rongga, saluran terbuka atau rekahan-rekahan, sedangkan air mengisi pori-pori batuan. Karena jumlah air yang terkandung di dalam pori-pori relatif sedikit, maka saturasi air mungkin sama atau hanya sedikit lebih besar dari saturasi air konat (Swc) sehingga air terperangkap dalam pori-pori batuan dan tidak bergerak

b). *Water Dominated System*

atau sistim dominasi air yaitu sistim panas bumi dimana sumur-sumurnya menghasilkan fluida dua fasa berupa campuran uap air. Dalam sistim dominasi air, diperkirakan air mengisi rongga-rongga, saluran terbuka atau rekahan-rekahan. Pada sistim dominasi air, baik tekanan maupun temperatur tidak konstant terhadap kedalaman.

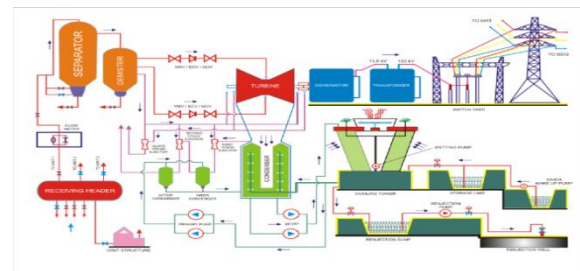
Prinsip Kerja PLTP tipe *Single-Flash Power Plant*

Uap yang telah bersih itu dialirkan melalui *main steam valve/electric control valve/governor valve* menuju ke *turbine*. Di dalam turbin, uap tersebut berfungsi untuk memutar *double flow condensing* yang dikopel dengan generator, pada kecepatan 3000 rpm. Proses ini menghasilkan energi listrik dengan arus 3 phase, frekuensi 50 Hz, dan tegangan 11 kV. Melalui step-up *Main Transformer 11/150 kV 60 MVA*, arus listrik dinaikkan tegangannya hingga 150 kV, selanjutnya dihubungkan secara paralel dengan sistem penyaluran selain itu terdapat juga *Distribution Transformer 20/150 kV 30 MVA* dengan 4 penyulang untuk melayani kebutuhan konsumen.

Agar turbin bekerja secara efisien, maka *exhaust steam* yang keluar dari turbin harus dalam kondisi vakum (0,10 bar), dengan mengkondensasikan uap dalam *condenser* kontak langsung yang dipasang di bawah turbin. *Exhaust steam* dari turbin masuk dari sisi atas *condenser*, kemudian terkondensasi sebagai akibat penyerapan panas oleh air pendingin yang diinjeksikan lewat *spray-nozzle*. Level kondensat dijaga selalu dalam kondisi normal oleh *cooling water pump*, lalu didinginkan dalam *cooling water* sebelum disirkulasikan kembali.

Uap dari sumur produksi mula-mula dialirkan ke *steam receiving header* yang berfungsi menjamin pasokan uap tidak akan mengalami gangguan meskipun terjadi perubahan pasokan dari sumur produksi. Selanjutnya melalui *flow meter* dialirkan

ke *separator* dan *demister* untuk memisahkan zat padat, silika dan titik-titik air yang terbawa didalamnya. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya vibrasi, erosi, dan pembentukan kerak pada sudu dan *nozzle turbine*. Dibawah ini Gambar 2.8 skema sistem PLTP *Single flash steam cycle*.



Gambar 1. Skema pembangkitan listrik PLTP tipe *Single flash Power Plant*

(Sumber : PLTP Kamojang, 2012)

Untuk menjaga kevakuman *condenser*, gas yang tak terkondensasi harus dikeluarkan secara kontinyu oleh sistem ekstraksi gas. Sistem pendingin di PLTP merupakan sistem pendingin dengan sirkulasi tertutup dari air hasil kondensasi uap, dimana kelebihan kondensat yang terjadi direinjeksi ke dalam sumur reinjeksi. Prinsip penyerapan energi panas dari air yang disirkulasikan adalah dengan mengalirkan udara pendingin secara paksa dengan arah aliran tegak lurus, menggunakan *forced draft fan*. Proses ini terjadi di dalam *cooling water*. Sekitar 70% uap yang terkondensasi akan hilang karena penguapan dalam *cooling water*, sedangkan sisanya diinjeksikan kembali ke dalam *reservoir*. Reinjeksi dilakukan untuk mengurangi pengaruh pencemaran lingkungan, mengurangi *ground subsidence*, menjaga tekanan, serta recharge water bagi *reservoir*. Aliran air dari *reservoir* disirkulasikan lagi oleh *primary pump*. Kemudian melalui *after condenser* dan *intercondenser* dimasukkan kembali ke dalam *reservoir*.

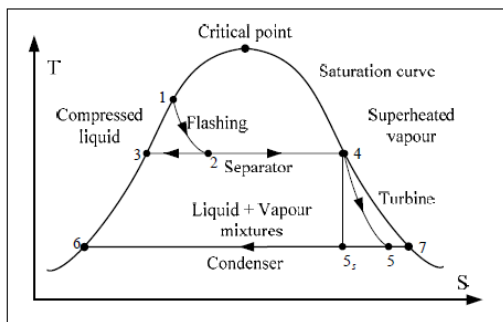
Turbin Uap pada PLTP Ulubelu Unit 1

Pada sistem PLTP Ulubelu Unit 1 mempergunakan turbin jenis silinder tunggal dua aliran (*Single Cylinder Double Flow*) yang merupakan

kombinasi dari turbin aksi (*impuls*) dan reaksi. Yang membedakan antara turbin aksi dan reaksi adalah pada proses ekspansi dari uapnya. Pada turbin aksi, proses ekspansi (*penurunan tekanan*) dari fluida kerja hanya terjadi di dalam baris sudu tetapnya saja, sedangkan pada reaksi proses dari fluida kerja terjadi baik di dalam baris sudu tetap maupun sudu beratnya.

Turbin tersebut dapat menghasilkan daya listrik sebesar 55 MW per unit aliran ganda dengan putaran 3000 rpm. Turbin ini dirancang dengan memperhatikan efisiensi dan performanya disesuaikan dengan kondisi dan kualitas uap panas bumi.

Siklus pada PLTP *Single Flash Power Plant*

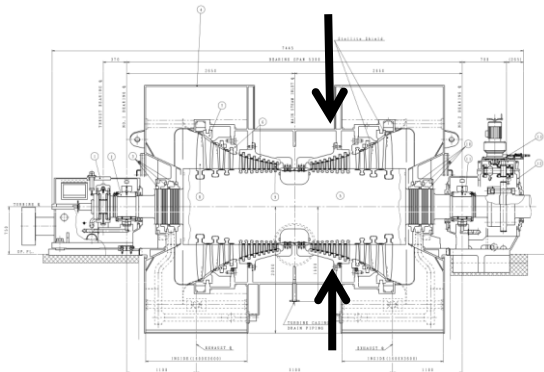


Gambar 2. Diagram Temperatur-entropi dari *single flash steam cycle*
(Sumber : Ronald DiPippo,2008)

3. Metodologi Penelitian

3.1. Objek Penelitian

Penelitian dilakukan pada turbin tipe *Single Cylinder Double Flow* di PLTP Ulubelu Unit 1 dengan spesifikasi desain sebagai berikut:



Gambar 3. Desain Turbin Uap PLTP Ulubelu tipe *single cylinder double flow*
(Sumber : Data deasi PLTP Ulubelu Unit 1)



Gambar 4. Turbin pada PLTP Ulubelu Unit 1 saat *Overhaul*
(Sumber : PLTP Ulubelu)

Penelitian dilakukan di PT.PLN (Persero) PLTP Ulubelu Unit-1 yang berlokasi di Pekon Muara Dua Kec. Ulubelu, Kab. Tanggamus, Lampung.

3.2. Peralatan yang Digunakan

Selain objek penelitian berupa turbin uap, perlengkapan lain yang juga digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa: *Thermometer* (pengukur temperatur), *Manometer* (pengukur tekanan), *Flow meter steam* (pengukur aliran uap /massa uap)



Gambar5. *Thermometer*. Gambar6. *Manometer*



Gambar 7. *Flow meter steam*
(Sumber : Agung Nugroho, 2015)

3.3. Hipotesis

Performa turbin uap pembangkit listrik tenaga panas bumi dapat ditingkatkan dengan melakukan upaya perbaikan sistem secara termodinamika maupun secara mekanis.

3.4. Metode Analisis Data

Metode analisa dan perhitungan data pada turbin uap PLTP Ulubelu Unit 1 yaitu dengan data teknis dari turbin uap tersebut diantaranya: Pengambilan data dilakukan dengan cara mencatat variabel pengukuran berupa *Temperatur Inlet Turbin* (T_4),

Temperatur Uap Outlet Turbin (T_5), Tekanan Inlet Turbin (P_4), Main steam flow atau Laju aliran massa dari demister ($\dot{m}_{dm}$), Laju aliran massa ke ejektor ($\dot{m}_{ej}$), Laju aliran massa ke turbin ($\dot{m}_{tur}$), Tekanan Vakum Kondensor (P_{cond}), dan Beban Generator (W_{gen}). data di ambil selama 10 hari di ambil setiap 5 jam sekali. Untuk beberapa perhitungan dalam menentukan kinerja pada turbin yaitu menghitung *enthalpy inlet turbin*, *enthalpy outlet turbin*, *enthalpy isentropik turbin*, *entropy inlet turbin* dan *kualitas uap*

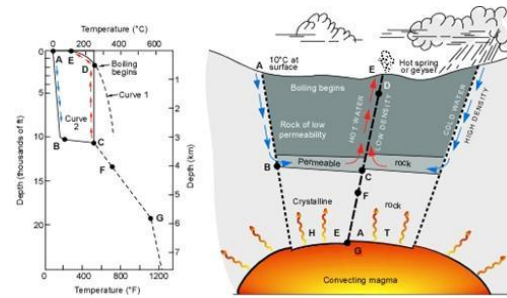
4. Hasil Dan Pembahasan

Allah memberikan ilmuNya kepada orang yang mau berfikir.

“ Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya siang dan malam, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia menghidupkan bumi sesudah matinya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh terdapat tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkannya”. Q.S : Al-Baqarah ayat 164.

Sistem Hidrotermal

Pada dasarnya sistim panas bumi jenis hidrothermal terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas. Perpindahan panas secara konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung (bouyancy). Air karena gaya gravitasi selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak kebawah, akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan. Keadaan ini menyebabkan air yang lebih panas bergerak ke atas dan air yang lebih dingin bergerak turun ke bawah, sehingga terjadi sirkulasi air atau arus konveksi.



Gambar 8. Sistem Hidrotermal
(Sumber : Nur Suhartono, 2012)

Berdasarkan pada jenis fluida produksi dan jenis kandungan fluida utamanya, sistim hidrothermal dibedakan menjadi dua, yaitu sistim satu fasa atau sistim dua fasa. Pada

1. Menghitung Kualitas Uap

Untuk menghitung kualitas uap (x) dapat dicari dari data interpolasi entropy yang masuk turbin dapat dihitung dengan rumus :

$$x = \frac{s_4 - s_{f5}}{s_{g5} - s_{f5}}$$

2. Menghitung Kerja Turbin Isentropis

Perhitungan kerja turbin isentropis (kerja turbin ideal) di peroleh dari persamaan :

$$W_{ts} = h_4 - h_{5s}$$

Untuk menghitung h_{5s} (enthalpy isentropis) menggunakan rumus :

$$h_{5s} = hf + x \cdot h_{fg}$$

3. Menghitung Kerja Turbin Aktual :

Untuk menghitung kerja turbin pada kondisi aktual menggunakan persamaan rumus :

$$W_{ta} = h_4 - h_5$$

Untuk itu perlu di cari terlebih dahulu nilai enthalpy outlet turbin (h_5) pada kondisi aktual.

Nilai h_5 (enthalpy exhaust turbin aktual) di dapat dari persamaan :

$$h_5 = \frac{h_4 - A \left[1 - \left(\frac{h_{5f}}{h_{5g} - h_{5f}} \right) \right]}{1 + \frac{A}{h_{5g} - h_{5f}}}$$

Dimana $A = 0,425 \times (h_4 - h_{5s})$

Mencari nilai enthalpy pada kondisi gas / uap Enthalpy fase gas dicari dari persamaan :

$$\begin{aligned} h_{5fg} &= h_{5g} - h_{5f} \\ h_{5g} &= h_{5fg} + h_{5f} \end{aligned}$$

4. Menghitung Nilai Effisiensi Isentropis Turbin

Untuk mencari nilai effisiensi isentropis turbin digunakan rumus:

$$\eta_{\text{turbin isentropis}} = \frac{W_{\text{turbin aktual}}}{W_{\text{turbin isentropis}}} \times 100\%$$

5. Menghitung Daya Turbin Isentropis

Perhitungan daya turbin menggunakan persamaan :

$$\dot{W}_t = \dot{m} \cdot (h_4 - h_{5s}) = \dot{m} \times w_{ts}$$

Dimana : $\dot{W}_t$ = Daya turbin

$\dot{m}$ = Steam flow inlet turbine

w_{ts} = kerja turbin kondisi ideal

Pada saat pengambilan data performa turbin didapat *flow steam* yang di pakai oleh *auxiliary steam* untuk menyerap NCG yang terkandung di dalam uap yang tidak terkondensasi didalam kondensor yaitu dengan menggunakan ejektor.

Jadi *steam flow inlet turbine* diperoleh dari persamaan :

Steam flow inlet turbine = Main steam flow - Steam ejector flow

Menghitung Daya Generator

Perhitungan daya generator menggunakan persamaan :

$$\dot{W}_e = \eta_g \times \dot{W}_t$$

Dimana : $\dot{W}_e$ = Daya generator

η_g = Effisiensi generator

$\dot{W}_t$ = Daya turbin

7. Menghitung Nilai Konsumsi Uap Spesifik Turbin (Turbine Steam Rate)

Untuk menghitung nilai konsumsi uap spesifik di peroleh dari persamaan berikut :

$$\text{Turbine Steam Rate} = \frac{\dot{m} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)}{\dot{W} \text{ (kW)}}$$

Dimana :

$\dot{m}$ = Main steam flow atau uap yang di pakai (kg/h)

$\dot{W}$ = Daya output atau daya yang dibangkitkan (kW)

8. Menghitung Nilai Heat Rate

Untuk menghitung nilai heat rate menggunakan persamaan :

$$\text{Turbine Heat Rate} = \text{TSR} \times (h_4)$$

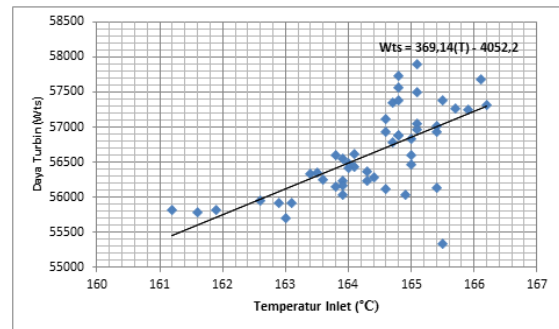
9. Menghitung Effisiensi Termal Turbin

Untuk menentukan nilai effisiensi termal turbin dapat dihubungkan dari nilai heat rate, dengan persamaan :

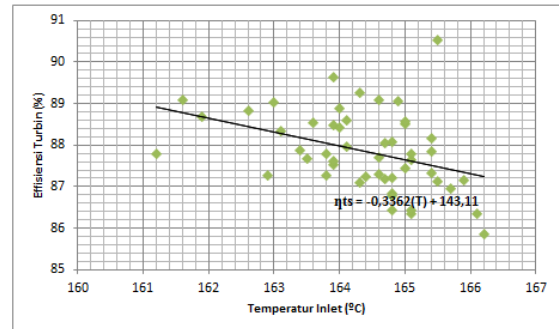
$$\text{Effisiensi termal } (\eta_{th}) = \frac{3600}{\text{Nilai Heat rate}} \times 100 \%$$

Pengaruh Temperatur Inlet Turbin Terhadap Performa Turbin

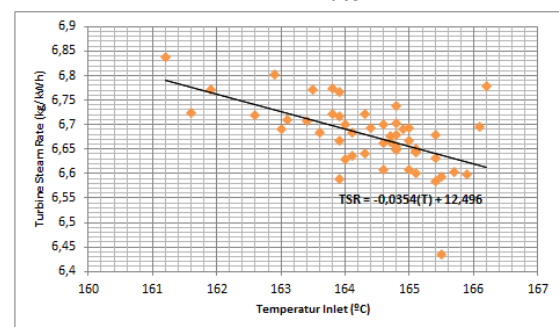
- Pengaruh Temperatur Inlet Terhadap Daya Turbin Turbin Ideal



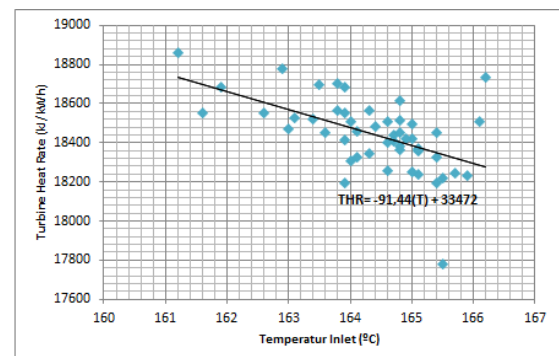
9. Pengaruh Temperatur Inlet Terhadap Effisiensi Turbin



10. Pengaruh Temperatur Inlet Turbine Steam Rate



11. Pengaruh Temperatur Inlet Terhadap Turbine Heat Rate



12. Pengaruh Temperatur Inlet Terhadap Effisiensi Termal

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil rata-rata nilai Efisiensi turbin Isentropis 87,8533 %, Daya turbin aktual (Wt) 49736 kW, Daya turbin ideal (Wts) 56617,46 kW,
2. Temperatur inlet turbin berpengaruh terhadap unjuk kerja turbin uap, hasil perhitungan membuktikan semakin tinggi temperatur inlet turbin akan menghasilkan daya yang semakin besar.
3. Tekanan inlet turbin berpengaruh terhadap unjuk kerja turbin uap.
4. Tekanan vakum kondensor berpengaruh terhadap unjuk kerja turbin uap.
5. Allah mencukupkan segala kebutuhan manusia.

Daftar Pustaka

- Ali Rakhshani Moghaddam.,2006 :” A Conceptual Design of a Geothermal Combined Cycle and Comparison With a Single-Flash Power Plant For Well Nws-4, Sabalan, Iran”, MOSHANIR - Power Engineering Consultant, Geothermal Training Programmeunited, Number 18, United Nation University,Iceland.
- Andi Joko Nugroho.,2011 : “Optimization of Electrical Power Production from High Temperature Geothermal Fields with respect to Silica Scaling Problems”, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Computer Science University of Iceland.
- Árni Jakob Ólafsson.,2014 :” Verification of design models for geothermal power plants”, Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science University of Iceland.
- Behnam Radmehr and Saeid Jalilinasrabady.,2015 : ” Modeling of the Single and Double Flash Cycles and Comparing Them for Power Generation in Sabalan Geothermal Field, Iran”, Geothermal Power Plant Project, Meshgin Shahr, Iran and Kyushu University, Fukuoka, Japan, Proceedings World Geothermal Congress Melbourne, Australia.
- Cengel, Y.A. and Boles, M.A., 2006: *Thermodynamic: an engineering approach* (5th edition).McGraw-Hill, Inc, New York.
- Dwi Dharma Risqiawan dan Ary Bachtar Khrisna Putra.,2013 : “Studi Eksperimen Perbandingan Pengaruh Variasi Tekanan *Inlet* Turbin dan Variasi Pembebanan Terhadap Karakteristik Turbin Pada *Organic Rankin Cycle*” Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- Eka Rachmania Dimitri Balqis,dkk.,2012 : ”Optimasi Daya Listrik pada PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang, Jawa Barat” Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri , Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),Surabaya.
- El-Wakil, M.M., 1984: *Power Plant Technology*. McGraw-Hill, Inc, New York.
- Fitrah Andriyanto Kuspanji.,2015 : “Resume of Single Flash Steam Power Plant” Geothermal Bidang Keahlian Geothermal,Jurusan Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- Gamma Ajiyantono.,2014 :” Termodinamika dan Perpindahan Panas”, Edisi I, hal 2-17,PLN Corporate University.
- Habtamu Geremew.,2012 :” A Study of Thermodynamic Modelling and Gas Extraction System Design for Aluto Langano Geothermal Power Plant II In Ethiopia”, Ethiopian Electric Power Corporation – EEPCo, Geothermal Training Programmeunited, Number 10, United Nation University,Iceland.
- Hamoud Souleiman Cheik.,2010 :” Prefeasibility Design of a 2x25 MW *Single-Flash* Geothermal Power Plant In Asal, Djibouti”, Ministry of Energy and Natural Resources, Geothermal Training Programmeunited, Number 28, United Nation University,Iceland.
- Hanifah Bagus Sulistiyardi.,2010 : “Basic Design of Lumut Balai 2x55 MW Geothermal Power Plant, Indonesia”, Pertamina Geothermal Energy, Geothermal Training Programmeunited, Number 29, United Nation University,Iceland.
- Hyungsul Moon and Sadiq J. Zarrouk.,2012 : “Efficiency Of Geothermal Power Plants: A Worldwide Review, Department of Engineering Science, University of Auckland, New Zealand.
- Ivan Sunit Rout,dkk.,2013 : “Thermal Analysis of Steam Turbine Power Plants”, Department of Mechanical Engineering, Sam Higginbottom Institute of Agriculture, Technology and Sciences, Allahabad, India
- Junaldi dan Katherin Indriawati.,2012 :” Prediksi Daya Listrik *Geothermal Power Plant* Berdasarkan Metode *Weighted Moving Average* di PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng”, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),Surabaya.
- Nenny Saptadji.,2008 : “Energi Panas Bumi di Indonesia” Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- NK.Caturwati.,2011 : ”Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Efisiensi Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)”,Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,Banten
- Nugroho Agung pambudi,dkk.,2014 : ” Exergy Analysis and Optimization of Dieng *single-flash* Geothermal Power Plant”, Energy Resources Engineering Laboratory, Faculty of Engineering, Kyushu University, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan and Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta 55281, Indonesia.
- Nurdan Yildirim and Gulden Gokcen.,2015 :” Thermodynamic Performance of Single-Flash Geothermal Power Plants from the Point of View of Noncondensable Gas Removal Systems”, Department of Energy Systems Engineering, Yasar University, Bornova, Izmir,Turkey.
- Purwanta, 2007, Pilar-pilar Kajian Teknologi Qur’ani dan Nilai-nilai Sinergitas Sains Teknologi dalam Kalamullah”, PKPTQ Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.