

Kajian Gas Removal System Dengan Memanfaatkan *Second Ejector* Dan Men-Stanby-Kan *Liquid Ring Vacuum Pump* Pada Sub Unit Darajat, UPJP Kamojang

Ammar Asof

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : ammar_asof@yahoo.co.id

Nurmiati Pasra

Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : nurmi.pasra@gmail.com

Taufik Hidayat

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstract

Gas Removal System at the Center for Geothermal Plant (PLTP) plays an important role as Non Condensable exhaust gas (NCG) in the condenser, to keep the condenser pressure remains low. Therefore steam expanded in the turbine will be condensed by water that is on the condenser.

Keywords : Kondensor dan Gas Removal Sytem

1. PENDAHULUAN

Lokasi Indonesia yang berada pada jalur cincin api (*ring of fire*) dunia dengan banyaknya gunung api disamping memberikan dampak yang berbahaya juga memberikan anugerah dengan tersedianya energi yang ramah lingkungan, yaitu panas bumi. Cincin api ini membentang dari pesisir pantai Benua Amerika bagian selatan ke utara, menyeberang ke Asia Timur melewati Samudra Pasifik bagian utara, dan turun ke selatan hingga melewati Asia Pasifik dan bermuara di Indonesia.

Potensi panas bumi yang dimiliki oleh Indonesia hampir 28.100 MW dengan potensi sumber daya 13.440 MW dan reserves 14.473 MW tersebar di 265 lokasi di seluruh Indonesia. Dengan saat ini baru sekitar 1.189 MW (4%) yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik.

Di dalam Perpres No. 5/2006 tentang Kebijakan Nasional (KEN), pemanfaatan energi panas bumi untuk pembangkit listrik dalam *energy mix* ditargetkan sekurang-kurangnya 5% pada tahun 2025. Untuk mendorong pengembangan energi panasbumi, UU No. Tahun 2003 tentang Panas Bumi telah memberikan kepastian hukum dalam pengembangan sumber energi panas bumi. Untuk mengimplementasikan UU. No. 27/2003 ini, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral telah rnenetapkan di dalam *road-map (action plan)* bahwa target pengembangan

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi sampai dengan tahun 2025 adalah sebesar 9.000 MW, dengan tahapan 2.000 MWe (Tahun 2010), 3.442 MWe (Tahun 2012), 4.600 MWe (Tahun 2016), dan 9.000 MWe (Tahun 2025). Tetapi, karena sampai dengan saat ini 1.189 MW (4%) yang dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik, maka tanpa adanya percepatan pengembangan, target diatas akan sangat sulit untuk dicapai. Setiap 200 MW listrik yang dihasilkan dari energi panas bumi memiliki potensi penghematan bahan bakar minyak sekitar 200.000 tahun. Untuk mencapai target pemerintah yang sangat ambisius diatas, pengembangan yang hanya dilakukan pada lapangan panas etara Rp. 1,1 triliun/tahun.

Bumi dengan potensi dan skala yang besar (*enthalpy* tinggi) melalui Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) skala besar saja masih kurang memadai. Pemanfaatan potensi bumi skala kecil (*enthalpy* rendah-menengah) yang jumlahnya sangat besar di Indonesia ini sangat diperlukan dan mendesak untuk segera dilakukan dalam rangka percepatan pencapaian target 9.000MW tersebut.

Ada banyak cara untuk memproses sumber panas bumi tersebut untuk menjadi energi listrik. Sebenarnya hal tersebut sangat tergantung pada jenis sumber panas bumi itu sendiri. Jenis sumber panas bumi yang paling banyak ada di

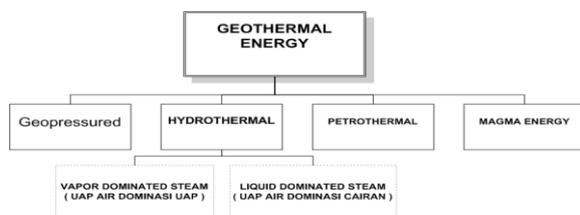
dunia adalah *Hydrothermal*. Jenis itu pun terbagi lagi menjadi dua jenis, yakni *Dry Steam* atau *Vapour dominated steam* dan *Liquid dominated steam*. Dan dari kedua jenis itu, jenis *liquid dominated steam* yang mendominasi

Salah satu pembangkit listrik panas bumi yang menggunakan sistem Liquid Dominated di Indonesia adalah PLTP Darajat. Unit PLTP Darajat terletak di kaki Gunung Papandayan dan Lokasi PLTP Darajat terletak di Kampung Cileuleuy, Desa Padawaas, Kecamatan Samarang, Kabupaten Garut, Jawa Barat pada ketinggian ± 1750 meter diatas permukaan laut.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Jenis-Jenis Sumber Energi Panas Bumi

Secara umum ada empat pengelompokkan jenis-jenis sumber energi panas bumi, yakni *Hydrothermal*, *Geopressured*, *Petrothermal*, dan Energi Magma. Kesemuanya secara garis besar dibedakan berdasarkan kedalaman pengeboran sumur produksinya dan tentunya akan mempengaruhi sifat dan jenis uap air yang terkandung dan digunakan. Dari semua energi tersebut di atas, energi dari sistim hidrotermal (*hydrothermal system*) yang paling banyak dimanfaatkan karena pada sistim hidrotermal, pori-pori batuan mengandung air atau uap, atau keduanya, dan reservoir umumnya letaknya tidak terlalu dalam sehingga masih ekonomis untuk diusahakan. Kedalaman pengeboran pada sistem ini sekitar 2000-3000 m di bawah permukaan bumi dan temperatur uap airnya dapat mencapai 315°C di permukaan bumi (tergantung kualitas sumur produksinya).



Gambar 1 Jenis-jenis sumber energi panas bumi

Jenis yang paling banyak digunakan dalam PLTP di dunia adalah *hydrothermal*. Sumber panas bumi jenis ini memiliki kedalaman rata-rata 2000-3000 m dan temperatur fluidanya dapat mencapai 315°C dengan tekanan 8-20 bar tergantung kualitas *reservoir*-nya. Sumber panas bumi ini memiliki dua sub-tipe lagi sesuai dengan jenis fluidanya, yakni hidrotermal dominasi uap dan hidrotermal dominasi cairan.

2.2. Peralatan Pada Pembangkit Panas Bumi

1. Separator

Sumur-sumur panas bumi umumnya memproduksi fluida campuran, uap dan air, sedangkan turbin di PLTP digerakkan oleh fluida kerja berupa uap kering atau hampir *superheated* (uap air). Pemisahan uap dan air ini dilakukan di separator.

2. Demister

Demister berfungsi untuk mengeliminasi butir-butir air yang terbawa oleh uap dari sumur panas bumi. *Demister* ini dipasang pada jalur uap utama setelah alat pemisah akhir (*final separator*) yang ditempatkan pada bangunan rangka besi yang sangat kokoh dan terletak di luar gedung pembangkit.

3. Turbin

Turbin adalah suatu mesin penggerak dimana energi fluida kerja, dalam hal ini adalah uap, dipergunakan langsung untuk memutar rotor turbin. Bagian turbin yang berputar dinamakan rotor turbin. Rotor turbin ini terletak didalam rumah turbin.

4. Generator

Generator adalah alat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik (putaran) menjadi energi listrik. Sistem penguatan generator dapat berupa sistem penguatan sendiri maupun sistem penguatan terpisah. Generator itu sendiri terdiri dari 2 kumparan utama, yaitu kumparan rotor dan kumparan stator. Kumparan rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang telah diberi arus penguat dari *main exciter*.

5. Kondensor

Ada dua jenis kondensor, yaitu *direct contact or jet condensor* dan *surface condensor*. Pada *direct contact condensor*, uap yang keluar dari turbin langsung bersentuhan dengan fluida pendingin. Sedangkan pada *surface condensor*, uap yang keluar dari turbin tidak bersentuhan langsung dengan fluida pendingin. Proses pendinginannya terjadi pada alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang umumnya berupa *Shell and Tube Heat Exchanger*.

6. Gas Removal System

Uap panas bumi mengandung kotoran seperti zat padat yang terlarut dan *non-condensable gases* (NCG) atau dengan kata lain NCG adalah bagian dari uap panas bumi. Kandungan NCG di

dalam uap panas bumi bervariasi dari hampir nol hingga 15 % berat tergantung lokasi dari sumur. Pada suatu PLTP, setelah diekspansi di dalam turbin, uap panas bumi dikondensasi oleh air pendingin di dalam kondensator, sementara NCG tetap dalam kondisi gas. Karena pada PLTP darajat ini menggunakan kondensator tipe direct contact atau kontak langsung, dimana uap bekas dari hasil memutar turbin langsung masuk ke kondensator yang berada di bawah turbin. Sehingga NCG yang terakumulasi di dalam kondensator menyebabkan tekanan kondensator naik, yang pada gilirannya mengurangi *output power* dari turbin

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan perencanaan yang dilakukan tanpa dengan disertai eksperimen secara langsung. Perencanaan ini dilakukan dengan pengamatan terhadap data yang ada di lapangan baik data tunggal ataupun majemuk, dan diperkuat dengan dasar-dasar teori dan pengalaman eksperimen para ahli yang dituangkan dalam literatur mereka.

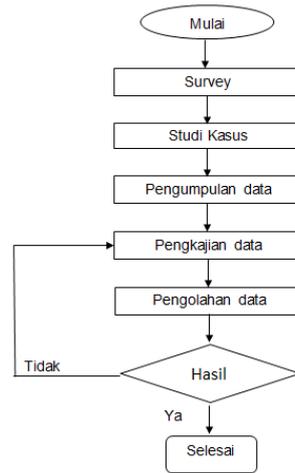
3.1 Teknik Pengumpulan Data

Agar tujuan telah diuraikan sebelumnya dapat tercapai dengan baik, maka diperlukan data yang akurat sebagai dasar penelitian. Data untuk dasar penelitian ini penulis dapat dengan cara sebagai berikut :

1. Studi Lapangan / pengamatan langsung
2. Pengamatan (Observasi)
3. Studi Literatur
4. Wawancara

3.2 Diagram Alir Pemecahan Masalah

Untuk mempermudah melakukan penelitian maka dibuat Diagram Alir pemecahan masalah pada gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir pemecahan masalah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data Operasi Yang Terkait Dengan Pola Operasi GRS Saat Ini Gas Removal System (GRS) di PLTP Darajat dilengkapi dengan :

- A. Ejector tingkat 1 (2unit)
 - Fungsi : Menghisap fluida yang tidak terkondensasi dalam *Condensator* dan dialirkan ke *Inter condensor*.
 - Suction : 94.5 mbar abs
 - Discharge: 1000 mbar abs
 - Kapasitas gas : 6896 kg/jam dengan temperatur 27.5°C, terdiri atas :
 - NCG : 5188 kg/jam
 - Udara : 260 kg/jam
 - Uap : 1448 kg/jam
 - Uap penggerak : 4978 kg/jam
- B. Ejector tingkat 2 (stand by)
 - Fungsi : Menghisap fluida yang tidak terkondensasi dalam *Condensator* dan dialirkan ke *Intercondensator* dan dialirkan ke *aftercondensator*.
 - Suction : 231 mbar abs
 - Discharge: 1000 mbar abs
 - Kapasitas gas: 6512 kg/jam dengan temperatur 37.7°C, terdiri atas :
 - NCG : 5264 kg/jam
 - Udara : 265 kg/jam
 - Uap : 983 kg/jam
 - Uap penggerak : 13967 kg/jam
- C. *Inter Condensator*
 - Fungsi : Mengkondensasikan fluida dari ejector tingkat 1.
 - Air pendingin : 173 m³/jam, pada temperature 25.5°C

- Kenaikan suhu air: 20°C
- Tekanan shell : 230 mbar abs
- D. *Liquid Ring vacuum Pump* (2 unit)
 - Fungsi : Menghisap fluida yang tidak terkondensasi dalam *Inter Condensor* dan dialirkan ke *separator*.
 - Jumlah : 2 unit
 - Voltage : 6.3 kV
 - Arus maksimal : 38.3 A
 - Kapasitas : 6900 cfm (=11723 m³ /jam,vac.20 in Hg(678 mbar)
6400 cfm (=10874 m³/jam,vac 6 in Hg (203 mbar)
- E. *LRVP separator* (2unit)
 - Fungsi : mengkondensasikan fluida dari LRVP
 - Air pendingin : 49 m³ / jam (untuk 2 separator)
- F. *Aftercondensor (stand by)*
 - Fungsi : mengkondensasikan fluida dari *ejector* tingkat2
 - Air pendingin : 434 m³ / jam, pada temperatur 25.5°C
 - Kenaikan suhu air: 22.2°C
 - Tekanan shell : 1000 mbar abs

4.2. Kondisi NCG Saat ini

Pada Prinsipnya, NCG yang ada pada *condensor* harus dikeluarkan agar tidak mengganggu kevakuman pada *condensor*. Hal ini sudah ditanggulangi dengan baik oleh Ejector tingkat 1 yang berarti jumlah NCG dalam *condensor*, sekitar 5.188 kg/jam jika diasumsikan kandungan dalam uap 1,5% dapat terhisap oleh peralatan ini. Angka ini sangat optimis jika mengingat tren penurunan NCG dari setiap pengukuran per triwulan yang rutin dilaksanakan (saat ini NCG berkisar pada 0,6%).

Tabel 1. Pemantauan NCG di PLTP Darajat

PEMANTAUAN		Triwulan 2	Triwulan 3	Triwulan 4	Triwulan 1	Triwulan 2	Rata-Rata
		2014	2014	2014	2015	2015	
NCG	% Berat	0,55	0,67	0,59	0,68	0,72	0,6
Komposisi :							
H2S	%	3,26	5,47	4,75	5,04	5,83	4,87
CO2	%	94,6	93,72	87,54	89,37	92,44	91,53
O2	%	0,47	0,82	0,93	3,85	1,79	1,57
N2	%	1,62	2,18	3,7	3,82	7,96	3,86
NH3	%	0,03	0,17	0,13	0,05	0,19	0,114
H2O	%	99,45	97,83	99,68	98,57	98,62	98,83

Sumber : PLTP Darajat, Garut. 2015

Sedangkan jumlah fluida yang menjadi beban *Inter Condensor* adalah uap penggerak Ejector tingkat 1 ditambah kapasitas pemindahan gas

Ejector, yaitu 11.874 kg/jam. Sisa uap, udara, dan NCG dari *Inter Condensor* diekstrasikan kembali untuk meminimalkan jumlah NCG yang dilepaskan ke udara melalui Fan Cooling Tower.

Untuk mencari alternatif pengganti LRVP, perlu diketahui laju aliran massa (ataupun laju aliran volume) dari NCG, udara, dan uap yang harus dipindahkan dari *Inter Condensor*.

4.3. Investigasi dan Evaluasi yang Terkait dg Pola Operasi GRS 1ST Ejector + 2nd Ejector dan 1 LRVP

SOP darajat vacuum pump dengan 1st ejector + 2nd ejector dan 1 LRVP

Langkah kerja :

1. Pastikan motor *valve* Gas Discharge sudah membuka minimal 2 buah.
2. Cek saringan untuk seal LRVP A/B bersih dan *valve* nya terbuka IKB 201 A, IKB 202 A / IKB 201B & IKB 202 B)
3. Buka CV 0684 di OIS & atur pembukaan *valve* sisi keluar Intercooler sistim Primary.
4. Buka *valve* manual untuk sistim air gland seal LRVP No.A/B di lokal dan monitor PI 0693/0694(tekanan masuk > 1 bar)
5. Buka *valve* manual keluar dari condensor ke 1 st stage ejector (3V-003A/B).
6. Buka *valve* manual sisi masuk 1 st stage ejector (2V-014 A/B) dilokal.
7. Buka *valve* manual sisi keluar 1 st stage ejector (21V-101 A/B) dilokal.
8. Buka *valve* (PV-0690) sisi masuk separator after Condensor di OIS.
9. Buka *valve* manual sisi keluar after Condensor yg ke Condensor 3V-012 di lokal.
10. Buka *valve* manual sisi uap 2nd Stage Ejector 2V-017 di lokal.
11. Buka *valve* sisi uap masuk after Condensor (PV-0096) dan diautokan di OIS.
12. Buka *valve* (PV-0095) untuk perapat Turbin di OIS.
13. Buka dan atur *valve* manual untuk sistim Gland Steam 2V-044>0,1 bar dilokal.
14. Masukkan Breaker LRVP A/B (Rack in) selector switch posisi remote diswitch gear.

15. Tampilkan display untuk sistim Gland Steam dan Gas Extraction di OIS.
16. Buka *valve* udara luar (by-pas) PV-0691/PV 0692 di OIS.
17. Start LRVP No.A/B di OIS.
18. Tutup kembali *valve* by-pas (PV-0691/0692) di OIS.
19. Buka secara cepat *valve* manual sistim Gas yang masuk Ke LRVP A/B dari *Intercondensor* (21V 103A/21V-103B) dilokal.
20. Atur pembukaan *valve* manual untuk sistim air Gland seal LRVP di lokal sambil memonitor level LRVP yang distart jangan sampai level high.
21. Cek ampere LRVP No.A/B di swith gear.
22. Buka PV -0094 dan diautokan di OIS.
23. Atur pembukaan *valve* manual sistim uap masuk ke 1st stage ejector (2V-014 A/B).
24. Perhatikan Tekanan *condensor* akan turun di OIS.
25. Tutup vacuum breaker (PV-0685) pada tekanan ± 700 mbar di OIS.

4.4. Hasil Review

Kesesuaian :

Dari SOP (Standart Operational Prosedure) semua prosedur dan langkah kerjanya telah sesuai, tetapi perlu penambahan SOP untuk pengoperasian 1st Ejector + 2nd Ejector & 1 LRVP.

Berikut penambahan SOP untuk mode pengoperasian 1st Ejector + 2nd Ejector & 1 LRVP :

1. Buka *valve* (PV-0690) sisi masuk separator after *Condensor* di OIS.
2. Buka *valve* manual sisi keluar after *Condensor* yg ke *Condensor* 3V-012 di lokal.
3. Buka *valve* manual sisi uap 2nd Stage Ejector 2V-017 di lokal.
4. Buka *valve* sisi uap masuk after *Condensor* (PV-0096) dan diautokan di OIS.

Tabel 4. Pemanfaatan 2nd Ejector Pengganti LRVP

No	Perbandingan	Keuntungan	Kerugian	Kendala	Solusi
1	LRVP	a) Mampu menghisap NCG lebih maksimal b) Uap yang dibutuhkan lebih sedikit c) Kebutuhan air lebih sedikit	a) Mengurangi Produksi Listrik b) Pemeliharaan Mahal, terdapat motor & pompa c) Meningkatkan PS		Memanfaatkan 2nd Ejector sebagai pengganti LRVP
2	2nd Ejector	a) Menghemat Pemakaian Sendiri b) Pemeliharaan murah c) Daya hasil standby LRVP bisa di Transmisikan ke Jaringan	a) Kebutuhan uap lebih banyak b) Kebutuhan air pendingin ke <i>Intercondensor</i> r lebih banyak	a) Level air kondensat didalam kondensor naik b) Pengaturan air pendingin ke <i>Intercondensor</i> & <i>Aftercondensor</i> sulit dilaksanakan	a) Perlu tambahan pompa untuk memindahkan air kondensat b) Perlu pengaturan air pendingin urtuk menjaga kenaikan temperatur di <i>Intercondensor</i> & <i>Aftercondensor</i>

4.5. Pemilihan Pompa Tambahan

Karena dalam penulisan ini penulis tidak mendapatkan data yang spesifik tentang air yang kurang di *Condensor* dan hanya mendapatkan data berupa penambahan tekanan, turunnya level ketinggian, dan penambahan temperatur. Sehingga penulis hanya mengambil dari data turunnya level ketinggian air pada *Condensor*.
Diketahui :

- Debit air (Q) masuk *Condensor*
= 11800 m³/jam = 3,28 m³/detik
- Kapasitas debit pompa utama = 4750 m³/jam
= 1,32 m³/detik
- Level air normal (Lev. Normal)
= - 181 mm = - 0,181 m
- Level air setelah perubahan (Lev. B) = - 205 mm = - 0,205 m

Sebelum menghitung debit yang dibutuhkan untuk pendinginan lebih dan mengembalikan level air ke level normal maka dibutuhkan air sisa yang ada di Hot Well :

$$Q \text{ Hot well} = Q \text{ masuk} - Q \text{ pompa utama}$$

$$Q \text{ Hot well} = 3,28 \text{ m}^3/\text{detik} - 2 (1,32 \text{ m}^3/\text{detik})$$

$$Q \text{ Hot well} = 0,64 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4.6. Saving, Gain Dan Benefit

Dengan memanfaatkan *Second Ejector* kita dapat menghemat Pemakaian Sendiri (PS).

Berikut perhitungan yang bisa kita dapatkan :

a) Saving

1 LRVP arusnya 38,3 Amphere dan tegangannya 6,3 kV = 6300 V

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times I \times V \times \cos \pi \\
 &= 1,73 \times 38,3 \text{ A} \times 6300 \text{ V} \times 0,85 \\
 &= 354816,94 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energi Listrik} &= 354816,94 \text{ Watt} \times 1 \text{ Jam} \\
 &= 354816,94 \text{ Watt.Jam} \\
 &= 354,81694 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Adanya pompa baru .

$$\begin{aligned}
 \text{Energi Listrik Total} &= \text{Energi Listrik} - \text{Daya Pompa} \\
 &= 354,81694 \text{ kWh} - 160\text{kWh} \\
 &= 194,81694 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

b) Gain

$$\begin{aligned}
 \text{Selama 1 hari} &= 24 \times 194,81694 \text{ kWh} \\
 &= 4675,60656\text{kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Selama 1 Bulan} &= 4675,60656\text{kWh} \times 30 \\
 &= 140268,1968\text{kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Unit PLTP Darajat} &= \text{Rp } 1.352 \times 140268,1968 \\
 \text{kWh} &= \text{Rp } 189642602,0736
 \end{aligned}$$

c) Benefit

1. Apabila *Second Ejector* dioperasikan, maka dapat menghemat pemakaian sendiri (PS) sebesar 195 kW.
2. Apabila terjadi kerusakan pada LRVP A/B , bisa di gantidengan LRVP yang *stand-by*.

Kesimpulan

Dari hasil Kajian GRS Pemanfaatan 2nd Ejector yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Pengoperasian 2nd Ejector dapat dilakukan dengan syarat penambahan Pompa untuk memindahkan air kondensat dalam kondensor, Perlu pengaturan air pendingin untuk menjaga temperatur di *intercondensor* 20°C dan *aftercondensor* 22,2 °C
2. Potensi Saving yang didapat adalah 189642602,0736 kWh
3. Potensi Gain yang didapat adalah:
 - Selama 1 hari =24×194,81694 kWh
 - = 4675,60656 kWh
 - Selama 1 Bulan = 4675,60656 kWh
 - × 30
 - = 140268,1968 kWh
 - Unit PLTP Darajat = Rp 1.352 ×
 - 140268,1968kWh
 - =Rp
 - 189642602,0736

Daftar Pustaka

Ir. Astu Pudjanarsa. “*Mesin Konversi Energi Non-Konvensional*”, *Mesin Konversi Energi*, Hal. 257, Penerbit ANDI, 2006.

DiPippo Ronald, “*Geothermal Power Plants; Principles, Applications, Case Studies and Environment Impact*”. Elsevier, Hal 417.

Edy, Jasmid. “*Energi Terbarukan, Suatu Keniscayaan*”, Majalah Triwulanan Teknologi dan Energi, STT PLN Jakarta, Vol.6, No.2, April, 2006.

Dr. Taufan Surana, Meng, “*Riset Peningkatan Kapasitas IPTEK Sistem Produksi*”. LITBANG, 2010

William D Stevenson, Jr, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi ke 4, diterjemahkan oleh Ir. Kamal Idris, Penerbit Erlangga, 1984