



Sistem Pemeliharaan Pendingin Pada Generator di PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang

Novindra Odi Ardiansyah¹⁾, Muhammad Amiruddin²⁾, Bambang Hadi Kunaryo³⁾.

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang
E-mail : odismkbtbjwn@gmail.com

Abstrak-PLTU Rembang yang menghasilkan daya listrik sebesar 2×315 mw dengan menggunakan generator sinkron sebagai sumber pembangkit listrik hasil dari keluaran generator menjadi 150 kv yang nantinya akan memenuhi kebutuhan listrik konsumen. dalam proses pendinginan generator maka perlu adanya pemeliharaan dengan menggunakan air (h_2o), hydrogen (h_2), stator cooling (oil) untuk menghindari generator dari gangguan - gangguan yang tidak diinginkan. Kerja praktek ini mengamati tentang "sistem pemeliharaan pendingin pada generator di PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang". Pengumpulan data menggunakan metode perpustakaan dan observasi di lapangan, panas yang di sebabkan generator oleh arus yang mengalir melewati konduktor bisa menyebabkan kumparan menjadi rusak sehingga dapat terjadi short circuit oleh karena itu di butuhkan suatu sistem pendinginan untuk menghilangkan panas tersebut dengan menggunakan air (h_2o), hydrogen (h_2), stator cooling (oil). Pemeliharaan pendingin pada generator di pt pjb ubj o&m pltu rembang merupakan suatu hal yang perlu dijaga mengingat dari fungsinya. Pada PLTU Rembang terdapat 2 generator, pemeliharaan terbagi menjadi dua jenis, yaitu pemeliharaan yang bersifat rutin dan periodik. Generator saat beroperasi maupun tidak beroperasi akan menjalani pemeliharaan, perbedaannya jika generator dalam keadaan beroperasi maka hanya menitik beratkan pada pressure dan temperature, bila generator dalam keadaan tidak beroperasi maka akan dilakukan perawatan total agar generator dapat berjalan dengan baik

Kata Kunci : Generator, Pendingin Generator, Sistem Pemeliharaan

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki jumlah penduduk sangat banyak, serta menduduki peringkat ke empat dunia dalam kepadatan jumlah penduduk. Sampai saat ini jumlah penduduk Indonesia mencapai 262 juta jiwa menurut badan pusat statistic, oleh sebab itu dibutuhkan banyak sekali sumber daya alam yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan penduduk Indonesia. Termasuk salah satunya dalam bidang energi yang digunakan dalam berbagai hal, diantaranya bahan bakar kendaraan yang digunakan untuk menjalankan kendaraan agar memudahkan manusia dalam melakukan aktivitasnya, tak terkecuali listrik yang digunakan dalam berbagai aspek kehidupan penduduk Indonesia.

Dengan adanya peningkatan jumlah penduduk tersebut, maka diperlukan juga peningkatan jumlah pasokan listrik yang didistribusikan kepada masyarakat. Tetapi pada kenyataannya, sumber pembangkit listrik yang ada hanya mengalami peningkatan yang tidak begitu signifikan. Oleh sebab itu, pemerintah mengagendakan dibuatnya pembangkit-pembangkit baru yang memiliki kapasitas 10.000 mega watt (MW), dengan harapan agar pasokan listrik dapat terpenuhi.

Salah satu pembangkit yang dibangun pemerintah saat itu adalah PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang yang menghasilkan daya listrik sebesar 2×315 MW, PLTU ini memiliki 5 komponen utama yaitu boiler, turbin uap, pompa, kondensor, dan generator. Lima komponen tersebut memiliki fungsi diantaranya boiler sebagai tempat mengubah air menjadi uap air, turbin uap sebagai penggerak dari generator yang berasal dari tekanan uap, pompa sebagai alat untuk mendorong air agar dapat mengalir lebih cepat, kondensor sebagai pendingin dari uap air dan peralatan lain, dan generator sebagai konversi energi dari energi gerak menjadi energi listrik.

Sistem pendingin pada generator PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang menggunakan gas hydrogen. Penggunaan gas hydrogen sebagai pendingin generator dikarenakan gas hydrogen tidak



berbau dan berwarna serta tidak menyebabkan korosi. Sehingga untuk pemeliharaan generator menjadi mudah.

Pada generator bagian pendingin hydrogen tidak dapat dipastikan terus dalam keadaan normal. Suatu ketika pasti mengalami kebocoran. Ketika terjadi kebocoran gas hydrogen yang bersifat tidak berwarna dan berbau menjadi sesuatu yang merugikan karena membuat kebocoran sulit dideteksi.

Kebocoran pada system hydrogen generator ini berpotensi terjadi kebakaran bila terdapat percikan api. Selain itu kebocoran tersebut juga dapat menimbulkan kerugian finansial pada PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang. Maka perlu adanya gas detector untuk mendeteksi adanya kebocoran gas. Seperti pada line pengisian di dalam generator collector compartment. Hal ini merupakan upaya untuk mengetahui lebih awal saat terjadi kebocoran

METODELOGI

Persiapan Parameter

Sebelum melaksanakan kegiatan, untuk menunjang keberhasilan pekerjaan harus diperhatikan parameter sebagai berikut :

- a) Instruction manual dari pabrik.
- b) Kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan harus sesuai dengan manual book yang disediakan oleh pabrik untuk setiap tipe generator.
- c) SOP (Standart Operational and Procedure) Operasi.
- d) Selain mengacu pada manual book yang disediakan pabrik, tim pelaksana pemeliharaan juga harus memperhatikan SOP operasi, yaitu SOP yang dibuat oleh bagian operasi. Dalam SOP, kegiatan pemeliharaan disesuaikan dengan kebutuhan unit tersebut.
- e) Sebagai pelengkap perlu diperhatikan pula SOP pemeliharaan, yaitu SOP yang dikeluarkan oleh bagian pemeliharaan.
- f) IK (Instruksi Kerja) Keselamatan Kerja.
- g) Standar keselamatan kerja harus dipahami dan dilaksanakan seluruhnya oleh tim pelaksana pemeliharaan terutama karena kegiatan pemeliharaan dilaksanakan ketika unit masih beroperasi.

Tim pelaksana pemeliharaan harus mempersiapkan ke empat parameter tersebut sebelum bekerja, karena keberhasilan pekerjaan dan keselamatan para pelaksana sangat tergantung pada persiapan parameter tersebut.

Persiapan Pekerjaan

Sebelum melakukan pekerjaan pemeliharaan rutin harus dipersiapkan hal-hal sebagai berikut :

- a) Work order pemeliharaan rutin
- b) IK pemeliharaan rutin
- c) Log sheet (lembar pemeriksaan)
- d) Material yang diperlukan
- e) Consummable
- f) Tools harus lengkap
- g) Alat ukur harus akurat
- h) Safety permit
- i) Alat pelindung diri

Material atau bahan yang diperlukan dalam menunjang pekerjaan diantaranya minyak pembersih. Dalam pemeliharaan rutin, material atau bahan yang diperlukan relative sedikit dan tergantung pada jenis kegiatan yang dilaksanakan.



Pelaksanaan Kerja

Kegiatan yang dilaksanakan pada pemeliharaan rutin pendingin generator adalah pengecekan terhadap sistem pendingin generator, pengecekan terhadap kebocoran H₂, dan pengecekan terhadap seal oil H₂.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data ini diambil dari hasil pemeriksaan dan pengujian di PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang yang berlokasi di Rembang Jawa Tengah Indonesia. Telah kita bahas tentang sebuah generator listrik dapat menghasilkan panas yang bersifat merugikan proses konversi energi gerak menjadi listrik. Jika hal ini dibiarkan begitu saja, panas yang timbul dapat mengurangi performa generator secara signifikan, menciptakan keausan dan kerusakan yang parah, bahkan dapat melelehkan kumparan tembaga yang ada. Tentu saja hal-hal tersebut sangat dihindari pada sebuah generator listrik. Maka di sinilah peran penting sistem pendingin generator berada. Sistem pendingin ini bertugas untuk menyerap panas yang timbul pada setiap sudut komponen generator dan membuangnya ke luar sistem.

Secara umum sistem pendingin pada generator dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan beban listrik yang ditanggungnya. Generator dengan beban hingga 300 MW dapat didinginkan hanya dengan udara sirkulasi saja. Untuk generator berbeban 250 hingga 450 MW perlu menggunakan pendingin gas hidrogen. Sedangkan generator berukuran besar dengan beban listrik hingga 1800 MW, wajib menggunakan sistem pendingin hidrogen dan air bersirkulasi sekaligus. Akan tetapi pengklasifikasian tersebut tidaklah baku, sebab inovasi sistem pendinginan generator terus dilakukan. Bahkan saat ini generator 425 MW sudah mampu didinginkan dengan hanya sistem pendingin udara saja.

1. Sistem Pemeliharaan Generator

Sistem pemeliharaan generator dilaksanakan secara bertahap, dari pemeliharaan yang dilaksanakan harian, mingguan, bulanan, hingga tahunan. Sistem pemeliharaan yang biasa dilakukan sebagai berikut :

A. Pemeliharaan Rutin

Sistem pemeliharaan rutin adalah rangkaian kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan secara harian, mingguan, atau bulanan saat unit dalam keadaan operasi. Tujuannya untuk mengetahui jika terjadi penyimpangan parameter pada kondisi normal.

B. Pemeliharaan Tahunan (Minor Inspection)

Sistem pemeliharaan tahunan adalah sistem pemeliharaan yang dilaksanakan per tahun, berupa pengecekan dan perbaikan di beberapa bagian tertentu dari generator sesuai dengan rekomendasi yang diperoleh dari hasil pengecekan rutin dan instruction manual dari pabrikan, dilaksanakan dalam kondisi unit shut down selama kurang dari 10 hari.

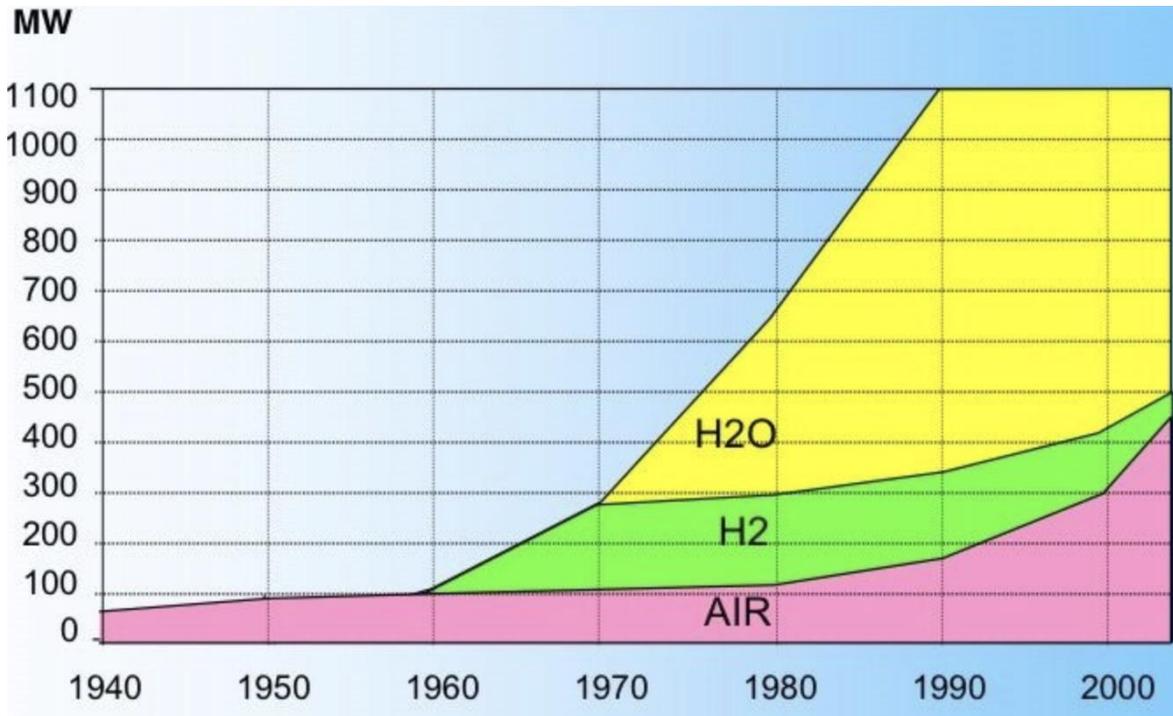
C. Pemeliharaan Dua Tahunan (Simple Inspection)

Sistem pemeliharaan dua tahunan adalah pengecekan dari perbaikan Sebagian peralatan generator sesuai dengan rekomendasi yang diperoleh dari hasil pengecekan rutin atau instruction manual dari pabrikan. Dilaksanakan dalam kondisi shut down selama kurang dari 30 hari.

D. Pemeliharaan Empat Tahunan (Major Inspection)



Sistem pemeliharaan empat tahunan adalah pemeliharaan yang dilaksanakan setiap empat tahun berupa pengecekan dan perbaikan semua peralatan dari generator berdasarkan hasil rekomendasi dari pengecekan rutin atau instruction manual dari pabrikan. Dilaksanakan dalam kondisi shutdown selama kurang dari 45 hari.



Gambar Grafik Sistem Pendingin pada Generator Listrik

2. Sistem pemeliharaan Generator Berpendingin Udara

Udara telah menjadi fluida yang paling lazim digunakan sebagai pendingin generator. Jumlahnya yang melimpah serta konduktifitas termalnya yang cukup baik menjadi alasan utama mengapa udara digunakan sebagai media pendingin generator. Menggunakan udara sebagai *coolant* juga tidak memerlukan sistem *seal* yang rumit seperti pada generator berpendingin hidrogen. Alhasil, generator dengan pendingin udara memiliki harga yang lebih murah ketimbang tipe lainnya. Harga yang relatif murah menjadi dasar utama dikembangkannya generator berpendingin udara hingga mampu menghasilkan daya semu (MVA) energi listrik semaksimal mungkin. Generator berpendingin udara terbesar saat ini yang diketahui, mampu menghasilkan energi listrik hingga 400 MVA. Hingga saat ini angka 400 MVA tersebut masih yang paling maksimum. Mengapa bisa demikian? Mengapa generator berpendingin udara tidak (atau mungkin belum) mampu mencapai angka lebih tinggi lagi?

Secara teoritis, daya semu (S) yang dihasilkan oleh generator dipengaruhi oleh beberapa faktor sesuai dengan rumusan berikut:

$$S = k D^2 L B A n$$

Dimana:

k = konstanta

D = diameter rotor



L = panjang aktif

B = induksi *gap*-udara

A = kerapatan arus linear

n = kecepatan putaran

Berdasarkan rumusan di atas nampak bahwa untuk meningkatkan produksi listrik sebuah generator, ada beberapa parameter yang dapat “dimainkan”. Tapi perlu diingat pula bahwa ada batasan-batasan spesifik sehingga beberapa parameter tidak mungkin dipermanikan secara ekstrim. Seperti induksi *gap*-udara misalnya tentu tidak mungkin dibuat terlalu besar, mengingat kekuatan induksi magnet yang juga ada batasnya. Begitu pula dengan meningkatkan kerapatan arus linier, sebab besar arus linier berkaitan langsung dengan panas yang dihasilkan oleh kumparan. Semakin besar arus kumparan memang akan membuat induksi magnet semakin besar, namun juga akan meningkatkan kerugian panas pada kumparan, yang tentunya menuntut sistem pendinginan yang lebih besar.

3. Sistem Pemeliharaan Pendingin Generator Memakai Hidrogen (H2)

Mendinginkan temperatur (Suhu) di belitan stator dan rotor menggunakan hidrogen (H2) di dalam generator yang ditarik oleh fan rotor dan dihembuskan ke celah-celah belitan stator dan rotor, sehingga terjadi sirkulasi udara secara terus menerus melalui alat pendinginan H2 (H2 cooler). Pada tabel berikut dapat dilihat perbandingan hidrogen dan udara pada setiap tekanan pengoperasian yang berbeda. Meskipun demikian, disamping ada keuntungannya, penggunaan hidrogen sebagai media pendingin juga memiliki kerugian.

Tekanan ATM	Specific Panas	Kerapatan	Daya hantar panas	Koefisien perpindahan panas
HIDROGEN	1,0	1,0	1,0	1,0
0.34 b	14..35	0.07	6.69	1.55
1.0 b	14..35	0.14	6.69	1.65
2.0 b	14..35	0.22	6.69	2.65
3.0 b	14..35	0.30	6.69	4.4
4.0 b	14..35	0.30	6.69	4.85

Kelebihan dan kekurangan generator dengan sistem menggunakan hidrogen sebagai berikut :

Kelebihan	Heat transfer temperature cepat Komponen generator lebih bersih Koefisien perpindahan panas untuk hydrogen lebih besar Life time lebih Panjang Kelembaban udara sangat kecil Tidak menimbulkan korosi Pendingin hi drogen menghasilkan suara bising yang rendah Tidak memerlukan heater
Kekurangan	Pemeliharaan lebih sulit Biaya pemeliharaan lebih tinggi Resiko kebakaran lebih besar



4. Spesifikasi Teknis Hydrogen Cooling System

Equipment	Item	Technical Specifications	Unit	
CO2 Evaporator	Model	QRJ-F		
	Rated Power	5	KW	
	Rated Voltage	380 (Motor)	V	
	Flow	100	m ³ /h	
	Design Ambient Temperature		°C	
	Pressure of Inlet Safety Valve	0.7	Mpa	
	CO2 Outlet Temperature	5-45	°C	
Generator Hydrogen Dryer	Model	XQS-DB-E		
	Electrical Power Source	380V, 50Hz, 3KW		
	Hydrogen Handling Capacity	100	Nm ³ /h	
	COOLING WATER	Feed Water Pressure	0,05-0,6	MPa
		Inlet Water Temperature	≤38	°C
		Flow	0,7-1,5	m ³ /h
Manufacture	Munanjiang Lianhe Electric Equipment Co., Ltd.			
Hydrogen Cooler	Qty.	4x25%		
	H2 Pressure	0,45	MPa	
	Hydrogen Temperature (Hot/Cold Hydrogen)		°C	
	Pressure Drop at Hydrogen Side		Pa	
	Closed Cooling Water Flow	450	m ³ /h	
	Maximum Inlet Water Temperature	38	°C	
	Water Pressure at Closed Cooling Water Side	200	kPa	
	Heat Exchange Capacity	2500	KW	
	Model	QCWQ II 2500E/A		
Gas Purity Instrument	Model	LH1500		
	H ₂ in the air	H ₂ in the air : 2% DPDT		
	Switching Value Alarm Setting	4-20	mA	
	Output	Low Alarm : DPDT		

5. Sistem Pemeliharaan Generator Stator Cooling System

Agar dihasilkan energi listrik yang optimal dari suatu unit pembangkit, diperlukan sistem pemeliharaan peralatan, salah satunya adalah mengenai sistem pendinginan. Sistem pendinginan diperlukan agar peralatan, seperti pada generator listrik tetap dalam kondisi terbaik saat melakukan fungsinya. Sistem pendinginan juga digunakan untuk mengurangi penurunan kualitas isolator, kerugian hambatan tembaga listrik, kerugian gesekan, dan penurunan *lifetime* pada peralatan listrik.



6. Spesifikasi Teknis Stator Cooling Water System Pump

Equipment	Items	Technical Specifications	Unit
Pump Manufacturer	Model	DFBII 125-80-250	
	Type	Centrifugal Pump	
	Qty	2x100%	
	Volume	130	m ³ /h
	Lift	80	M
	Net Positive Suction	4,6	M
	Speed	2900	r/min
	Pump Manufacture	Changzhou Wujin Pump Industry Co., Ltd.	
Motor of Stator Cooling Pump	Motor Model	YX3-250M-2	
	Power	55	KW
	Voltage	380	V
	Rated Current	99,9	A
	Speed	2914	r/min
	Insulation Class	F	
	Degree of Protection	IP55	
		Jiangsu Leader Standard Motors Co., Ltd.	
Stator Cooling Water Filter	Model	SG-III-125/10	
	Qty.	2x100%	
	Design Pressure	1,0	MPa
	Working Pressure	0,8	MPa
	Filter Precision	5	Mm
	Water Filtration	125	m ³ /h
	Filter Element	SZ-1-40/5	
Cooler	Qty.	2x100%	
	Model	DSL-60	
	HT.area	78,5	m ²
	Manufacturer	Shanghai Gangwei Mechanical & Electric	
	Design Pressure (Tube)	1/1	MPa
Exchanger	Model	XLZ-30160	
	Exchange Capacity		m ³ /h
	Maximum Permissible	8m ³ /h	m ³ /h
	Inlet Water	≤60	°C
	Design Pressure	1,0	MPa
	Working Pressure	0,8	MPa
	Resin Type	Use Power Plant Chemical	
	Design Temperature	≤60	°C
	Manufacturer	Shanghai Mechanical & Electric Equipment Co.,	



Vessel of Water	Capacity	2,7	m ³
	Liquid Level Control Switch Power Supply	200V AC, 1,3W	
	Type of Liquid Level Control Switch	FTL50 Series	
Stator Cooling Water Conductometer	Model	SX-60	
	Place of Origin	Shanghai Gangwei Mechanical & Electric Equipment Co., Ltd.	

7. Seal Oil System

Rotor pada generator dikopel dengan poros turbin dan berputar bersama-sama dengan kecepatan yang sama, dan ujung lain rotor masuk ke *exciter house* untuk proses eksitasi. Maka dari itu pada kedua sisi di *housing* generator terdapat celah tempat poros yang menghubungkan *housing* generator, *exciter* dan turbin berputar. Agar gas hidrogen (H₂) yang berada dalam *housing* generator tidak bocor keluar maka dibutuhkan sesuatu sistem untuk menjaga hidrogen tetap berada pada celah yang ada pada sisi *housing*. *Seal Oil System* merupakan suatu sistem alat bantu dalam generator yang berfungsi sebagai pelumas *seal ring* sekaligus perapat hidrogen. *Seal Oil System* ini ditopang oleh dua sisi tekanan, yakni sisi udara (*Air Side*) dan sisi hidrogen (*H₂ Side*)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dengan melakukan pemeriksaan dan pengujian secara langsung di lapangan dapat mengetahui proses serta tahap-tahap yang dilakukan pada pemeriksaan dan pengujian. Hasil yang di dapat dari lapangan dengan acuan tabel yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dapat mengetahui bahwa sistem pendinginan pada Generator terdapat tiga proses penting. Sehingga Generator yang dinyatakan baik dapat diketahui dari setiap penggunaan proses pendinginan dari masing-masing tahapan tersebut. Dari hasil pemeriksaan dan Pengujian Pembangkit di PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang yang berlokasi di Rembang, dapat disimpulkan bahwa Generator tersebut layak beroperasi karena telah memenuhi aspek yaitu:

1. Untuk pengisian dan pengosongan hidrogen di PLTU Rembang menggunakan karbon dioksida guna media penghilang udara, karena gas hidrogen sangat berbahaya sekali bila bercampur dengan oksigen, yaitu dapat menimbulkan ledakan (*explosive*)
2. Sistem *stator supply water device* dirancang untuk mengalirkan air dengan aliran kecil secara terus menerus untuk mencegah kehilangan air dalam sistem dan meningkatkan kualitas air pendingin. Air yang digunakan sebagai *make-up water* diambil dari *desalted water* dan *condensate system* dan air yang digunakan harus memiliki konduktivitas antara 0,5-1,5µs/cm, agar tidak menjadi konduktor saat di alirkan dalam stator generator.
3. PLTU Rembang menggunakan *seal oil system* agar hidrogen tetap tinggal di *housing* generator dengan memberikan tekanan yang telah diatur pada kedua sisi (air side dan H₂ side), dimana poros generator berada. Selain itu, hidrogen sebagai pendingin dipantau dan dikontrol melalui *hidrogen control cabinet* untuk menjaga bahwa sistem berjalan dengan normal.

Saran

Saran yang dapat diberikan penulis selama kerja praktik di PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang adalah sebagai berikut :



1. Untuk mahasiswa, diharapkan untuk lebih aktif dalam mencari data
2. Perlu adanya suatu standar proses belajar dari perusahaan untuk mahasiswa sehingga proses Pendidikan di PLTU dapat lebih tertata dan terarah dengan baik
3. Sebaiknya proses *maintenance* yang dilakukan di pembangkit dapat lebih terdata dan terjadwal sehingga proses *maintenance* yang dilakukan dapat lebih efisien karena terprediksinya kerusakankerusakan yang akan terjadi

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PJB UBJ O&M PLTU REMBANG yang telah berkenan memberikan kesempatan untuk Melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di wilayah Jawa Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. (2002). Guidelines for single laboratory validation of chemical methods for dietary supplements and botanicals. *AOAC International*, 1–38.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th ed.). Berlin: Springer-Verlag.
- Hua, X., & Yang, R. (2016). Enzymes in Starch Processing. In R. L. Ory & A. J. S. Angelo (Eds.), *Enzymes in food and beverage processing* (pp. 139–170). Boca Raton: CRC Press. <http://doi.org/10.1021/bk-1977-0047>
- OECD-FAO. (2011). OECD-FAO Agricultural Outlook - OECD.
- Pratiwi, T. (2014). *Uji Aktivitas Ekstrak Metanolik Sargassum hystrix dan Eucheuma denticulatum dalam Menghambat α -Amilase dan α -Glukosidase*. Universitas Gadjah Mada.
- Setyaningsih, W., Saputro, I. E., Palma, M., & Barroso, C. G. (2016). Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from rice (*Oryza sativa*) grains. *Food Chemistry*, 192. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.102>
- Setyaningsih, W., Saputro, I. E., Palma, M., & Carmelo, G. (2015). Profile of Individual Phenolic Compounds in Rice (*Oryza sativa*) Grains during Cooking Processes. In *International Conference on Science and Technology 2015*. Yogyakarta, Indonesia.