

ANALISA PENYEBAB TERBAKARNYA MOTOR DC OIL PUMP DAN DAMPAKNYA TERHADAP PELUMASAN BEARING TURBIN

Deni Kristanto

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad

Arsyad Al Banjari Banjarmasin, 19650086

Email : denikristanto93@gmail.com

Abstrak

Tuntutan kinerja perusahaan pada era industri 4.0 saat ini adalah kecepatan respon dengan efisiensi dalam segala hal untuk mendapatkan hasil produksi maksimal serta fokus kepada pelayanan pelanggan. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap pencapaian kinerja tersebut adalah durasi *down time* untuk pemeliharaan peralatan terutama peralatan yang berpengaruh langsung terhadap produksi. Perkembangan yang dinamis saat ini menuntut adanya terobosan metode pengoperasian atau pemeliharaan yang tepat metode, tepat lokasi dan tepat penggunaannya. Mode kerusakan yang sering terjadi pada motor listrik adalah terbakarnya belitan yang disebabkan oleh *degradasi* isolasi *winding* dan adanya kelembaban pada belitan karena motor jarang dioperasikan.

Di PLTU Pulang Pisau terdapat salah satu contoh motor listrik yaitu motor *DC Oil pump* yang berfungsi sebagai penggerak pompa untuk pengaman terakhir dari sistem pelumasan bantalan bearing turbin ketika unit *blackout*. Motor *DC oil pump short circuit* disebabkan oleh belitan motor terbakar. Solusi dari permasalahan tersebut diatas adalah dengan melakukan rewinding ulang dan melakukan pengoperasian secara rutin serta mempersiapkan strategic part motor DC guna mengurangi durasi downtime untuk mencapai target kinerja. Mengoperasikan unit pembangkit tanpa adanya motor *DC lube oil pump* sangat berisiko, karena jika sewaktu-waktu unit mengalami *blackout*, maka tidak ada pelumasan pada turbin, ditambah lagi risiko terlambat atau gagal *start emergency* diesel generator (EDG) dapat mengakibatkan kerusakan pada bearing turbin.

Kata kunci: *down time*, motor listrik, motor DC, kinerja

Abstrak

The company's performance demands in the current industrial 4.0 era are response speed with efficiency in all respects to get maximum production results and focus on customer service. One of the factors that greatly influence the achievement of this performance is the duration of down time for equipment maintenance, especially equipment that has a direct effect on production. Today's dynamic development demands a breakthrough in operating or maintenance methods with the right method, the right location and the right use. The mode of damage that often occurs in electric motors is burning of the windings caused by the degradation of the winding insulation and the presence of moisture in the windings because the motor is rarely operated.

At the PLTU Pulang Pisau, there is an example of an electric motor, namely the DC Oil pump motor which functions as a pump driver for the last safety of the turbine bearing lubrication system when the unit blackout. The DC motor oil pump short circuit is caused by the motor winding being burned out. The solution to the problems mentioned above is to rewrite and perform routine operations as well as prepare strategic DC motor parts in order to reduce the duration of downtime to achieve performance targets.

Operating a generating unit without a DC lube oil pump motor is very risky, because if at any time the unit experiences a blackout, then there is no lubrication on the turbine, plus the risk of delay or failure to start the emergency diesel generator (EDG) which can result in damage to the turbine bearing.

Keywords: down time, electric motor, DC motor, performance

I. PENDAHULUAN

PLTU Pulang Pisau merupakan pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas 2 x 60 MW, yang terletak di Desa Buntoi, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Di dalam pembangkit listrik terdapat peralatan utama dan peralatan bantu, antara lain turbin dan *auxiliary* nya, generator, trafo, boiler dan *auxiliary* nya, *coal handling system*, *ash handling system* dan *water treatment plant system*

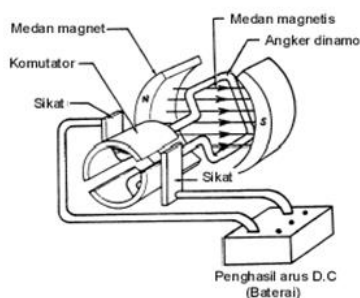
Di dalam *auxiliary* turbin terdapat satu peralatan yaitu *DC lube Oil Pump* yang berfungsi untuk pengaman terakhir dari sistem pelumasan bantalan turbin, ketika unit mengalami *blackout*. Suplai tegangan motor *DC lube oil pump* dipasok dari baterai (arus searah), dimana pompa akan *start* secara otomatis jika $\text{pressure oli pelumas} < 0.04 \text{ Mpa}$ (*manual book*). Jenis gangguan yang terjadi adalah gangguan jaringan pada unit 1 PLTU Pulang Pisau yang berdampak pada terbakarnya motor *DC lube oil pump*. Adapun yang menjadi identifikasi masalah pada saat terjadi gangguan motor *DC oil*

pump adalah tidak adanya parameter yang terukur di *Distributed Control System* (DCS) pada peralatan motor *DC oil pump* dan terbakarnya belitan motor. Terbakarnya belitan motor disebabkan degradasi isolasi *winding* karena motor *DC Oil Pump* jarang sekali dioperasikan, banyak debu/kotoran yang menempel pada belitan motor dan terjadi kelembaban yang mengakibatkan belitan motor *short circuit*.

Mengoperasikan unit tanpa adanya *DC lube oil pump* sangat berisiko, karena sewaktu-waktu unit bisa mengalami *blackout*, maka tidak ada pelumasan pada turbin, ditambah lagi risiko terlambat atau gagal *start emergency* diesel generator (EDG).

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dll.

Motor DC memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.



Gambar 1. Motor DC Sederhana

Prinsip kerja motor DC jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar

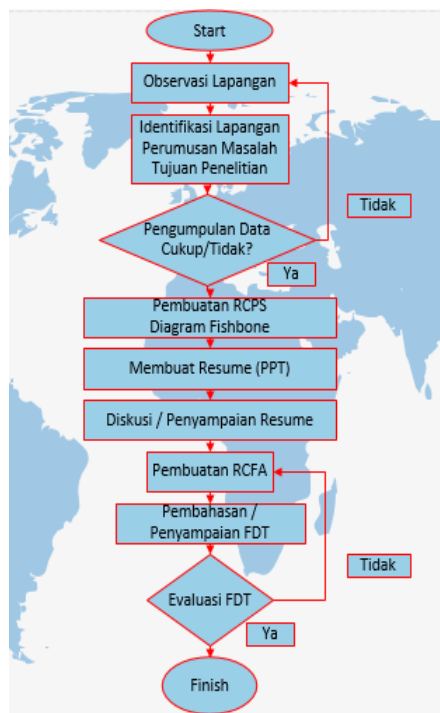
konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks.

Jenis-Jenis Gangguan pada motor DC antara lain

1. Gangguan Bantalan
2. Gangguan Pada bagian Pendingin
3. Kopling
4. Gangguan Kedudukan Motor

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT PJB UBJOM Pulang Pisau, Desa Buntoi, Kec. Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau. Di PLTU Pulang Pisau memiliki beberapa peralatan utama dan peralatan bantu. Peralatan utama antara lain boiler system, turbin system, generator system dan transformator. Yang akan dijadikan subjek skripsi adalah peralatan bantu di turbin system yaitu motor *DC oil pump* yang berfungsi sebagai motor penggerak pompa oli untuk suplai ke bearing turbin saat terjadi *blackout* jaringan atau saat *pressure oil drop*.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data

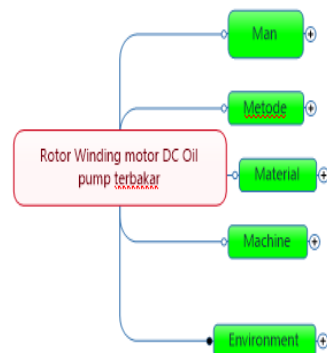
trending dari *DCS* dan pengukuran dilokal menggunakan alat ukur vibrasi, *thermograf*, dan AVO dengan metode pengumpulan data, analisis dan rekomendasi. Dan dalam pelaksanaannya peneliti menerapkan analisis dengan diagram *fishbone* dimana dalam analisis tersebut mencari akar permasalahannya dari kejadian motor *DC oil pump* yang terbakar. Metode yang digunakan di dalam penelitian ini meliputi :

1. Langkah awal dalam penelitian ini adalah melakukan observasi ke lapangan untuk memperoleh data yang diperlukan dan mencari permasalahan yang bisa dikaji antara lain spesifikasi motor dan pompa. Berikut tabel spesifikasi motor dan pompa

Tabel 1. Spesifikasi motor DC dan pompa

No	Equipment	Spesifikasi
1	Motor	Type:ZJ26-61 Output :17 KW Speed :3000 r/min Ex.Current :0,641 A Voltage :220 V Insulation: E Current : 90,5 A Ex.Volt : 220 V Bearing NDE : 6309 HR8 China
2	Pompa	Type : 100AY60B Capacity : 79 m ³ /h Rate speed: 3000 rpm Motor power : 17 KW Head : 39 m (NPSH)r : 3,5 m

2. Dari Pengumpulan data dirasa cukup untuk dilakukan analisis dengan membuat *Root Cause Problem Solving* dengan metode *fault tree*.



Gambar 3. Fault tree motor DC terbakar

3. Dari RCPS tersebut setelah itu dibuat resume singkat sebelum diskusi atau penyampaian ke bidang terkait.

4. Setelah dilakukan penyampaian, penelitian dilanjut dengan membuat *Root Cause Failure Analysis* yang didalamnya terdapat Analisa permasalahannya, kajian kelayakan operasi, kajian kelayakan finansial, dan analisa resiko dan FDT (Failure Defense Task). Untuk perhitungan *loss opportunity* dihitung dengan harga jual listrik per kWh dikalikan dengan durasi perbaikan kerusakan tersebut dan dikalikan berapa kapasitas unit yang mengalami gangguan. Adapun rumusan potensi loss opportunity dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Potensial loss} = \text{harga jual listrik (kWh)} \times \text{durasi perbaikan (jam)} \times \text{jumlah unit} \times \text{kapasitas unit (kWh)}$$

5. Dari hasil RCFA tersebut dilakukan penyampaian FDT atau rekomendasi dan dilakukan evaluasi FDT agar permasalahan tersebut tidak terulang dikemudian hari.

III. HASIL dan PEMBAHASAN

a. Hasil Penelitian

Dari pengukuran yang dilakukan pada bulan April dan Mei didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Pengukuran Bulan April 2021

TANGGAL & BULAN	Unit	Current	Temp. Body Motor	Temp motor	Temp Pompa	Vibrasi Motor	Vibrasi Pompa
		A	°C	°C	°C	(mm/s)	(mm/s)
4/9/2021	I	71.5	34.3	33.5	58.6	0.83	1.01
4/9/2021	II	69.7	35.7	43.2	63.2	2.23	1.75
4/22/2021	I	71.5	35.1	33.9	55.9	0.95	1.14
4/22/2021	II	72.2	41.7	35	60.2	2.36	1.71

Tabel 3. Pengukuran Bulan Mei 2021

TANGGAL & BULAN	Unit	Current	Temp. Body Motor	Temp motor	Temp Pompa	Vibrasi Motor	Vibrasi Pompa
		A	°C	°C	°C	(mm/s)	(mm/s)
5/6/2021	I	73.2	37	34.8	58.9	0.93	0.95
5/6/2021	II	74.4	37.5	42.9	69.1	1.91	1.75
5/27/2021	I	71.5	37.5	36.3	60.1	0.77	1.02
5/27/2021	II	-	-	-	-	-	-

Dari tabel pengukuran diatas rata-rata arus pada motor *DC oil pump* #1 sebesar 71,925 A dan motor *DC oil pump* #2 sebesar 72,1 A. Untuk batasan arus yang diijinkan sesuai dengan name plate motor adalah 90,5 A. Berikut perhitungan arus kerja nominal motor *DC oil pump* sebagai berikut

Jadi arus yang terukur pada motor DC oil pump dengan kapasitas 17 kW yaitu sebagai berikut

$$17 \text{ kW} = 220 \text{ V} \times I$$

$$17.000 = 220 \times I$$

$$I = \frac{17000}{220}$$

$$I = 77,27 \text{ A}$$

Jadi arus nominal pada motor DC oil pump sebesar 77,27 A (85% dari Arus di name plate).

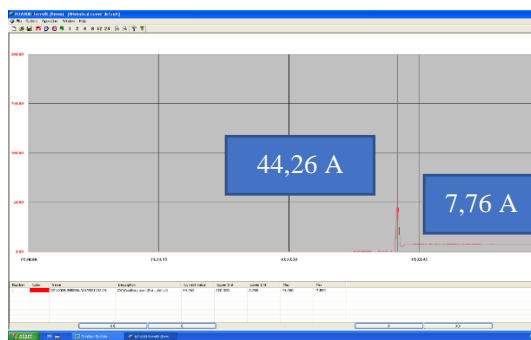
Sedangkan untuk batasan vibrasi sesuai dengan standart **ISO 10816-3** dengan nilai batasan *alarm* di 2,8 mm/s dan *high* 4,5 mm/s. Saat dilakukan pengukuran vibrasi didapatkan nilai tertinggi vibrasi motor adalah 2,36 mm/s.

Setelah dilakukan pengujian pada motor *DC oil pump* yang terpasang dapat disimpulkan bahwa motor *DC oil pump* saat ini masih layak digunakan.

b. Pembahasan

Saat terjadinya short circuit pada motor DC arus *start* yang terukur adalah 44,26 A dan arus nominalnya sebesar 7,76 A. Hal tersebut berdampak signifikan terhadap belitan motor menjadi panas karena motor tidak bekerja di arus semestinya. Dari panas tersebut dapat mengakibatkan *short circuit* pada belitan rotor yang berdampak pada gagalnya pelumasan bearing turbin.

Jika unit beroperasi tanpa *DC Oil pump* sangat beresiko, jika saat operasi terjadi *blackout* jaringan tidak adanya pelumasan pada bearing turbin dan dapat berdampak fatal yaitu kerusakan bearing turbin sehingga unit *shutdown* dalam waktu yang lama.



Gambar 4. Penunjukan Arus Motor Saat *Short Circuit*

Untuk melakukan analisa dan mencari akar permasalahan dari kerusakan rotor *winding* motor *DC oil pump* diatas dengan menggunakan diagram *fault tree*, yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5. Fault tree

Berdasarkan dari analisa menggunakan *fault tree* sesuai gambar 5 disebutkan beberapa analisa kemungkinan penyebab terbakarnya *rotor winding* motor *DC oil pump* #1 PLTU Pulang Pisau antara lain :

1. Man

Dari sisi manusia tidak menjadi penyebab dikarenakan operator dan teknisi telah dilakukan pelatihan dan kompetensi karyawan memenuhi

2. Method

Dari sisi method tidak menjadi penyebab dikarenakan patrol check rutin dilaksanakan, pengoperasian sudah sesuai dengan *standart operation procedure* yang berlaku dan *preventive*

maintenance area *DC oil pump* juga dilaksanakan

3. *Machine*

Dari sisi *machine* kemungkinan yang dapat menyebabkan motor *DC oil pump* terbakar antara lain ***short circuit, overload***. Kemungkinan penyebab terjadinya *short circuit* diinisiasi dari kondisi *winding* motor yang tidak kering sepenuhnya (lembab) ataupun adanya akumulasi debu / kotoran pada *winding* motor yang pada akhirnya berdampak pada penurunan nilai tahanan isolasi *winding*. Kemungkinan besar hal tersebut terjadi dikarenakan frekuensi pengoperasian motor sangat kecil yaitu hanya ketika unit mengalami *blackout*.

Namun saat kejadian *trending* arus motor *DC oil pump* di DCS tidak terbaca, hal tersebut disebabkan komputer *server* sistem *trending* DCS dalam posisi “*sleep*”, sehingga tidak dapat

diketahui nilai arus motor *DC oil pump* ketika terbakar.



Gambar 6. Kerusakan motor *DC oil pump* unit 1

Untuk *overload* kemungkinan penyebabnya antara lain *unbalance*. Ketika hal tersebut diatas terjadi maka motor akan mengkonsumsi daya lebih dan secara otomatis arus motor juga ikut naik, akibatnya motor akan *overheat* dan seiring waktu tahanan isolasi *winding* akan turun.

Dari data CBM *DC oil pump* pernah mengalami gangguan vibrasi, yaitu sebagai berikut :

Nama Peralatan	Batasan RMS (mm/s)	Tanggal		Minggu		
		Posisi	I	II		
GLAND SEAL HEATER AIR FAN 1B 10MAV10AA005 5.5 KW 2900 Rpm 380 V 11 A	Alarm 4.5	Horizontal	-	-		
	High 7.1	Vertical	-	-		
		Axial	-	-		
		Temp	-	-		
VACUUM PUMP 1A 10MAJ11AP001 75 KW 740 Rpm 380 V 142 A	Alarm 4.5	Horizontal	1,8	1,2		
	High 7.1	Vertical	0,6	1,1		
		Axial	-	1,1		
		Temp	-	-		
VACUUM PUMP 1B 10MAJ12AP001 75 KW 740 Rpm 380 V 11 A	Alarm 4.5	Horizontal	-	-		
	High 7.1	Vertical	-	-		
		Axial	-	-		
		Temp	-	-		
TURBINE DC LUBE OIL PUMP 1 17 KW 3000 Rpm 380 V 90.5 A	Alarm 4.5	Horizontal	4	5,5		
	High 7.1	Vertical	2,5	4,5		
		Axial	-	2,9		
		Temp	-	-		
TURBINE AC LUBE OIL PUMP 1 18.5 KW 2930 Rpm 380 V 35.5 A	Alarm 4.5	Horizontal	2,3	2,6		
	High 7.1	Vertical	1,2	1,1		
		Axial	-	2,9		
		Temp	-	-		
TURBINE JACKING OIL PUMP 1A 10MAV51AP001 30 KW 1470 Rpm 380 V 55.3 A	Alarm 4.6	Horizontal	1,6	1,1		
	High 7.2	Vertical	1,7	1,1		
		Axial	1,6	3,3		
		Temp	-	-		

Gambar 7. Hasil test vibrasi *DC oil pump*

Namun sesuai data diatas, data pengukuran vibrasi *DC oil pump* tidak *update*, sehingga tidak diketahui apakah saat kejadian terbakarnya motor *DC oil pump*, nilai vibrasinya tinggi atau rendah. Sedangkan untuk proteksi berdasarkan *wiring diagram*, motor *DC oil pump* tidak dilengkapi dengan *overload protection*.

4. Material

Motor *DC oil pump* hanya memiliki sebuah *breaker* (*No Fuse Breaker*) dengan *working current* 250 A. Sedangkan berdasarkan *name plate*, arus motor *DC oil pump* hanya 90.5 A, itu berarti ± 276 % dari arus beban penuh, sedangkan berdasarkan standar **IEEE C37.96-2000** untuk beban penuh tipe termal

disetel maksimal pada nilai 125% dari arus beban penuh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$125 \% \times 90,5 \text{ A} = 113,125 \text{ A}$$

Namun, dikarenakan besaran NFB 113 A tidak tersedia dijual dipasaran, maka dapat menggunakan NFB yang ukurannya lebih besar namun dengan besaran arus terdekat dari 113,12 A, yaitu NFB 125 Ampere.



Gambar 8. NFB motor *DC oil pump* unit 1

5. Environment

Dari sisi *environment* kemungkinan yang dapat menyebabkan motor *DC oil pump* terbakar antara lain debu / kotoran dan *moisture*. Kemungkinan penyebab adanya debu / kotoran pada *winding* motor antara lain dari lingkungan itu sendiri dan atau dari serpihan *carbon brush* sisa operasi

sebelumnya. Motor *DC oil pump* terbakar adalah jarang dioperasikannya motor *DC oil pump*. Motor *DC oil pump* hanya dioperasikan ketika unit mengalami *blackout*, dari data yang dimiliki, unit 1 mengalami *blackout* sebanyak tiga kali ditambah *test running* motor *DC oil pump* sebanyak satu kali, jadi motor *DC oil pump* baru dioperasikan sebanyak empat kali. Ketika sebuah motor jarang dioperasikan maka *winding* motor akan dingin / lembab sehingga tahanan isolasi dari *winding* akan turun.

c. Kerugian Jika Terjadi Gagal Pelumasan

Secara finansial apabila motor *DC Oil pump* tidak beroperasi dan menyebabkan gagal pelumasan pada bearing turbin mengakibatkan kerusakan bearing. Biaya perbaikan bearing sebagai berikut :

1. Asumsi perbaikan bearing turbin selama 14 hari dengan biaya per kWh Rp 1134,08,- /kWh (sesuai RUPTL-PLN 2017-2026)

2. Perhitungan saat penggantian saja, tidak termasuk dengan biaya perbaikan bearing turbin ataupun spare part bearing turbin

Maka biaya potensi kerugian PLTU Pulang Pisau jika tidak terjadi kerusakan bearing turbin adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Perhitungan Loss Opportunity Gagal Pelumasan

Deskripsi	Durasi Outage (Jam)	Potensi Energi Loss (kWh)	Rp/kWh	Loss Opportunity (Rp)
Penggantian bearing turbin	336	60,000	1134,08	22,863,052,800

Jadi kerugian PLTU Pulang Pisau tidak beroperasi dari dampak kerusakan bearing turbin yang disebabkan gagalnya pelumasan akibat *winding* rotor motor *DC oil pump* terbakar yaitu sebesar Rp 22,863,052,800

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor penyebab motor DC oil terbakar yaitu terjadinya *short circuit* pada *winding*, ditambah nilai kerja *breaker* yang digunakan terlalu besar. Short circuit ini terjadi karena adanya degradasi tahanan isolasi *winding*, yaitu adanya akumulasi debu, kotoran dan atau *moisture* pada *winding* motor dan motor mengalami *overload*
2. Dampak Motor *DC oil pump* tidak bekerja mengakibatkan gagalnya pelumasan pada bearing turbin yang berdampak kerusakan pada bearing turbin mengakibatkan unit tidak siap operasi.
3. Perbaikan motor *DC oil pump* dengan melakukan rewinding pada belitan rotor dan rutin *weekly test (test running)* agar dapat memonitoring kesiapan motor. Kerugian yang ditimbulkan akibat gagal pelumasan pada bearing turbin adalah Rp. 22,863,052,800,-

DAFTAR PUSTAKA

- Bagia, I.N & Parsa, I.M. 2018. Motor-Motor Listrik. Kupang : Penerbit CV Rasi Terbit.
- Dhopir, M., Ilham, M., Prasetyo. 2016. Rancang Bangun Alat Otomatisasi Pembuatan Beton Berbasis PLC. :9-10
- Marsudi, D. 2016. Pembangkitan Energi Listrik. 4-31.
- PT PLN (Persero). Diklat Pelatihan Pemeliharaan Motor Listrik.
- Pinem, A. 2008. Tugas Akhir Pengaturan Kecepatan Motor DC Penguatan Shunt Dengan Integral Siklus Kontrol (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU). :5-6
- Siswoyo. 2008. Teknik Listrik Industri. Jilid 2. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- Simamora, J.V. 2020. Perancangan Sistem Monitoring Dan Pengisian Tangki Bahan Bakar Generator Dengan Sistem Distributed Control System (DCS) Berbasis Outseal Programmable Logic Control (PLC) :10-11
- Stephen, J.C. 1999. *Electric Machinery Fundamentals - 5th Ed Chapman*. Mc. Graw-Hill International Edition.