

KAJIAN PENYEBAB KERUSAKAN MOTOR KATUP KLA23 AA01 PADA SISTEM VENTILASI RSG-GAS

ADIN SUDIRMAN, ASEP SAEPULOH, TEGUH S

*Sub. Bidang Elektrik
Bidang Sistem Reaktor*

Abstrak

KAJIAN PENYEBAB KERUSAKAN MOTOR KATUP KLA23 AA01 PADA SISTEM VENTILASI RSG-GAS. Telah dilakukan kajian penyebab kerusakan motor katup KLA 23 AA001 pada sistem ventilasi RSG-GAS. Metoda yang digunakan adalah pengukuran dan perhitungan tahanan impedansi pada kawat antar fasa, tahanan isolasi kabel antara fasa ke ground dan perhitungan ketidak seimbangan tegangan antar fasa dan arus motor. Berdasarkan hasil pengukuran tahanan impedansi pada kawat antar fasa diperoleh $U1-V1 = 0 \Omega$, $V1-W1 = 249,5 \Omega$ dan $U1 - W1 = 0 \Omega$. Hasil pengukuran ini menunjukkan kumparan motor putus sehingga diperoleh nilai tahanan impedansi kawat antar fasa lebih kecil dari nilai yang disyaratkan yaitu 500Ω (harga tahanan motor baru). Pengukuran tahanan isolasi kabel antara fasa ke ground, diperoleh $U-G = 1000 M\Omega$, $V-G = 1000 M\Omega$, $W-G = 1000 M\Omega$ dan $N-G = 1000 M\Omega$. Hasil pengukuran ini menunjukkan nilai tahanan isolasi kabel antara fasa ke ground lebih besar atau sama dengan dari nilai yang disyaratkan yaitu $1,38 M\Omega$. Sedangkan hasil perhitungan ketidakseimbangan tegangan antar fasa diperoleh $0,52 \%$. Berdasarkan standar NEMA, hasil perhitungan ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1% , dan hasil perhitungan arus motor pada terminal diperoleh sebesar $1,523 A$. Hasil perhitungan arus motor ini melebihi nilai batas yang diijinkan yaitu $0,35 A$. Berdasarkan kajian ini timbul kenaikan arus yang menyebabkan panas berlebih (*overheating*) sehingga merusak tahanan isolasi kumparan dan menimbulkan hubung singkat pada motor.

Kata kunci: Motor katup, Sistem ventilasi KLA23

Abstract

CAUSE OF DAMAGE ASSESSMENT OF VALVE MOTOR KLA23 AA01 ON THE VENTILATION RSG-GAS. The assessment of cause of damage of valve motor KLA 23 AA001 at ventilatilation system RSG-GAS has been done by using method and calculation resistance impedansi at cord between phasa, cable insulation resistance between phasa to ground and calculation in-(un- strain balance between phasa and motor current. Based on result of gauging of resistance impedance at cord between phasa is obtained $U1-V1 = 0 \Omega$, $V1-W1 = 249,5 \Omega$ and $U1 - W1 = 0 \Omega$. Result of this shows broken motor coil causing is obtained resistance value impedance cord between phasa smaller than value required that is 500Ω (new motor resistance). Gauging of cable insulation resistance between phasa to ground, obtained $U-G = 1000 M\Omega$ $V-G = 1000 M\Omega$ $W-G = 1000 M\Omega$ and $N-G = 1000 M\Omega$. Result of this gauging shows cable insulation resistance value between phasa to bigger ground or equal to from value required that is $1,38 M\Omega$. While result of calculation imbalance of strain between phasa is obtained $0,52 \%$. Based on standard NEMA, result of this calculation within measure permitted that is 1% , and result of calculation motor current at terminal is obtained $1,523 A$. Result of calculation this motor current exceeds limiting value permitted that is $0,35 A$. Based on this study arises increase of current causing excessive temperature (*overheating*) causing destroys coil insulation resistance and generates linking is brief at motor.

Key word: Motor valve. ventilation System of KLA23

PENDAHULUAN

Dalam tata udara sistem ventilasi di RSG-GAS merupakan salah satu komponen yang memegang peranan sangat penting. Jika terjadi gangguan pada tata udara (Air Condition, AC), maka akan berakibat buruk terhadap sirkulasi udara di dalam ruangan, ini akan mengakibatkan akumulasi panas di dalam gedung reaktor yang diakibatkan oleh peralatan-peralatan dan terganggunya kenyamanan personil yang bekerja di dalam ruang tersebut. Fungsi utama sistem ventilasi di RSG-GAS, antara lain: menyerap kalor yang ada didalam gedung (yang dibangkitkan oleh alat/peralatan dan manusia), mempertahankan suhu, kelembaban dan beda tekanan antar ruangan dan tekanan negatif gedung, dapat mengisolasi ruang/balai dan gedung bila terjadi kontaminasi, dapat melakukan dekontaminasi ruang/balai dan gedung, dapat mempertahankan kebisingan yang ditimbulkan hingga batas yang aman bagi manusia.

Sistem *KLA23 AA001* (Sistem ventilasi udara zona radiasi menengah) merupakan bagian dari sistem ventilasi yang ada di gedung reaktor GA-SIWABESSY. Sistem *KLA23 AA001* adalah katup otomatis yang berfungsi untuk mengeluarkan udara dari gedung reaktor yang akan dilepas ke lingkungan. Motor katup pada sistem ini bekerja secara otomatis untuk membuka/menutup sesuai dengan kebutuhan pelepasan udara yang di atur pada sistem elektronik (schlimat), sehingga operasi motor katup ini sangat berat.

Dari hasil evaluasi permintaan perbaikan dan ijin kerja (PPIK), motor listrik penggerak katup *KLA23 AA001* sering mengalami kerusakan. Tujuan dari penulisan ini diharapkan dapat mengetahui penyebab gangguan yang terjadi di motor katup ventilasi, sehingga diharapkan dapat meminimalkan kerusakan pada motor listrik tersebut sehingga sistem ventilasi di gedung reaktor dapat beroperasi dengan baik dan handal sehingga tata udara di gedung reaktor tetap terjaga.

Diskripsi

Prinsip kerja sistem ventilasi pengeluaran udara (*KLA23 AA001*)

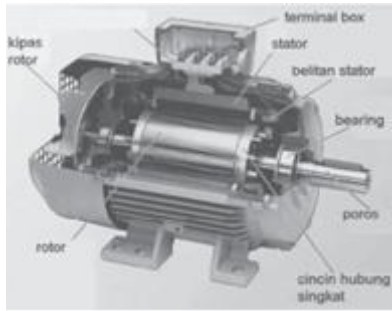
Sistem ventilasi udara zona radiasi menengah (*KLA23 AA001*) merupakan salah satu bagian dari sistem ventilasi yang terpasang di gedung RSG-GAS. Sistem *KLA23 AA001* memiliki katup otomatis yang berfungsi untuk mengeluarkan udara dari gedung reaktor yang akan dilepas ke lingkungan. Apabila katup otomatis ini gagal beroperasi, maka dapat menyebabkan kondisi gedung terisolasi (*isolation building*), sehingga tidak terjadi pengeluaran udara dari dalam gedung reaktor secara normal (pengeluaran udara dilakukan hanya oleh *unit blower* dari sistem tekanan rendah), dan tidak ada pemasukan udara kedalam gedung karena katup yang mengatur pemasukan udara ke dalam gedung akan menutup. Katup pada sistem ini bekerja secara otomatis untuk membuka/menutup sesuai dengan kebutuhan pembuangan udara yang di atur pada sistem elektronik (schlimat). Untuk menggerakkan katup ini digunakan motor listrik ac 3 fasa yang dicatu dari panel *BHD06*.

Prinsip kerja motor katup

Motor katup yang digunakan pada sistem *KLA23 AA001* yaitu jenis motor induksi 3 fasa yang akan beroperasi jika catu daya listrik dihubungkan ke stator sehingga menghasilkan medan magnet. Pada sistem *KLA23 AA01*, motor katup yang digunakan jenis motor induksi asinkron.

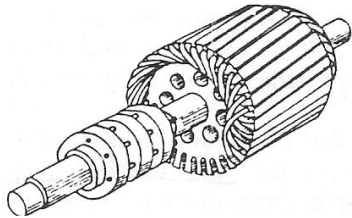
Motor induksi bekerja sebagai berikut: Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar.

Walaupun begitu, di dalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada "kecepatan dasar" yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya "slip/geseran" yang meningkat dengan meningkatnya beban. *Slip* hanya terjadi pada motor induksi. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung persentase *slip/geseran*. Seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kontruksi motor ac

Rotor adalah bagian yang berputar. utama antara motor sinkron dengan motor induksi adalah bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet.



Gambar 2. Kontruksi rotor

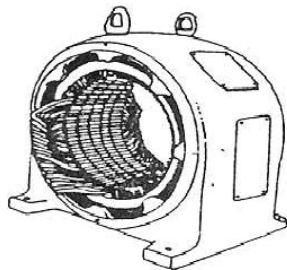
Stator. Stator menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekwensi yang dipasang. Motor ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$Ns = 120 f / P \quad (2)$$

Dimana:

f = frekwensi jala-jala

P = jumlah kutub



Gambar 3. Kontruksi stator

Kondisi Catu Daya

Pada motor ac 3 fase harus seimbang, apabila terjadi ketidak seimbangan tegangan (*unbalanced voltage*) antar fase ini dapat menimbulkan masalah yang serius pada motor. Memang seimbang secara sempurna tidak akan pernah ada, namun harus diminimalkan. Kondisi ketidakseimbangan tegangan lebih sering disebabkan oleh variasi dari beban dan juga akibat kumparan motor tidak sama tahanan impedansinya Z di tiga phasanya. Ketika baban satu fase dengan fase lain berbeda, maka saat itulah kondisi keseimbangan terjadi. Di bawah ini persamaan untuk menghitung ketidak seimbangan tegangan (*unbalance voltage*).

Persen ketidak seimbangan = $100\% \times$
Selisih maksimum tegangan dengan
tegangan rata-rata dibagi tegangan
rata-rata (3)

Saat terjadi *unbalance*, arus motor listrik akan naik dan jika berjalan terus menerus motor listrik akan terbakar. Dibawah ini adalah beberapa cara untuk menjaga agar motor tetap beroperasi, yaitu dengan menurunkan beban motor. Jika beban motor listrik diturunkan maka toleransi *unbalance* tegangan bisa lebih longgar.

- A. Saat *Unbalance* 1%, penurunan beban menjadi 98 %
- B. Saat *Unbalance* 2%, penurunan beban menjadi 95 %
- C. Saat *Unbalance* 3%, penurunan beban menjadi 88 %
- D. Saat *Unbalance* 4%, penurunan beban menjadi 82 %
- E. Saat *Unbalance* 5%, penurunan beban menjadi 75 %

Unbalance tegangan bisa disebabkan beberapa hal berikut :

1. Beban *Single Phase* yang tidak seimbang di setiap phase.
2. Jaringan Delta terputus.
3. Terjadi phase loss di trafo.
3. *Tap setting* trafo yang tidak tepat.
4. Power Faktor koreksi tidak sama dengan hasil pengukuran

Kenaikan arus listrik I dan *resistansi* R akan mengakibatkan panas berlebih (*overheating*) sehingga efisiensi motor berkurang. Arus dan resistansi dapat berubah dipengaruhi oleh usia motor, lama operasi,

waktu kerja yang padat. Kenaikan arus listrik dan resistansi dapat dilihat dengan persamaan:

$$V = I.R \quad (4)$$

Beberapa penyebab motor listrik terbakar^[8]:

- Overload, Single Phasing*
- Bearing Problem*
- Terkontaminasi, masalah di rotor
- Usia pakai dan lain-lain

Kerusakan motor disebabkan oleh 5 faktor, yaitu :

Panas

Penyebab terbesar kerusakan motor sehingga motor tidak dapat mencapai umur pakai yang seharusnya ialah "over-heating atau panas berlebihan", Setiap mengalami Kenaikan temperatur 10 derajat, dari temperatur normalnya, berakibat memotong umur motor 50% , meskipun kenaikan terjadi hanya sementara.

Sebab over-heating, antara lain:

- Memilih motor terlalu kecil, sehingga motor harus menderita *over-current*, berarti kondisi operasinya lebih panas. Tetapi jika memilih motor terlalu besar berakibat pemakaian listrik tidak efisien berarti pemborosan.
- Sistem starting, kebanyakan motor dipasang dengan "*direct starting*". Sistem ini menimbulkan arus *Starting-current* terlampaui besar (5 kali), sehingga akan menimbulkan panas yang besar, terutama jika sering *start-stop*. Untuk itu perlu dipasang *sistem start*, sebagai berikut: *star-delta*, *fluid-coupling*, pengubah-frekwensi.
- Start-stop* terlalu sering tanpa memperhatikan jeda antar waktu *start* sangat menimbulkan kerusakan.
- Suhu lingkungan tinggi akan mengakibatkan suhu operasi motor lebih tinggi dari seharusnya.
- Ventilasi ruang kurang bagus menimbulkan sistem pendinginan motor tidak baik. Mengakibatkan operating temperature motor naik.
- Kondisi motor: fan rusak, body motor kotor, saluran pendingin buntu/kotor. Mengganggu pendinginan.
- Kondisi beban : kopling misalignment, beban terlalu besar, beban tidak normal

Kotor

Debu / Kotoran yg terakumulasi akan merusak komponen listrik maupun mekanikal. Umumnya terakumulasi pada permukaan badan motor , saluran pendinginan, fan yang akan mengakibatkan pendinginan terganggu dan panas motor berlebih.

Lembab

Lembab atau embun juga merusak komponen listrik dan mekanik, yang mengakibatkan pengkaratan pada poros, bearing, rotor, stator, laminasi. Jika penetrasi ke isolasi mengakibatkan degradasi isolasi dan rusak.

Vibrasi

Vibrasi merupakan indikasi bahwa kondisi motor sedang mengalami masalah. Besar *Vibrasi* yang melebihi harga yang diijinkan dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah. Sumber *vibrasi* dapat dari motor atau dari beban yang digerakan (*load*) bahkan mungkin juga dari kedua-duanya.

Sebab-sebab *vibrasi*, anatara lain:

- Alignment* (kesejajaran) motor terhadap beban (*load*)
- Kendor pada fondasi nya motor atau beban
- Kondisi *Soft-foot* pada fondasi nya Motor atau load
- Rotor unbalance* (Motor atau beban)
- Bearing* aus atau rusak, meyebabkan poros berputar tidak sentris
- Akumulasi karat atau kotoran pada komponen putar (rotor)
- Pada saat memasang rotor/*bearing* motor sehabis *overhaul/rewinding* tidak sejajar

Kualitas Supply Listrik

Kualitas *supply* tenaga sangat menentukan umur motor listrik, hal-hal yang harus dihindari, antara lain:

- Tegangan sering naik-turun melebihi harga toleransi, *under/over voltage* dapat menimbulkan *overheating* didalam winding, berakibat umur motor menjadi pendek.
- Voltage spike* akibat *power swicthing* atau serangan halilintar (*lightning strikes*) juga menyebabkan kerusakan isolasi kumparan (*winding*).

3. Tegangan 3 phase tidak seimbang melebihi harga toleransi, sering terjadi sebagai sebab kerusakan kumparan (*winding*).

METODOLOGI

Metode yang dilakukan dalam mengkaji kerusakan pada motor katup sistem ventilasi KLA23 AA001 dalam makalah ini dilakukan dari sisi sistem elektriknya, yaitu, dengan mengamati kerusakan yang terjadi pada motor katup secara langsung (*visual*), melakukan pengukuran ketidakseimbangan tegangan antar fasa pada catu motor, pengukuran tahanan isolasi kabel, pengukuran tahanan impedansi Z antar fasa kawat, melakukan perhitungan ketidakseimbangan tegangan antar fasa, perhitungan arus motor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi motor katup *KLA23 AA001*

Type : AS
P : 0,04 kW
V : 220 V/380 V
I : 0,35 A
f : 50 Hz



Gambar 4. Motor katup KLA23 AA001



Gambar 5. Motor katup KLA23 AA001

Pengukuran Tahanan dan Tegangan

Pengukuran tahanan motor katup *KLA23 AA001*

Hasil pengukuran pengukuran tahanan isolasi kabel antara ground ke fasa dan netral ke ground, seperti pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil pengukuran tahanan isolasi kabel

No	Fasa	Hasil pengukuran (Ohm)	Standard harga tahanan isolasi $V_n + 1 M\Omega = 380 \times 1000 + 1 M\Omega$
1	U - G	1000 M Ω	$\geq 1,38 M\Omega$
2	V - G	1000 M Ω	
3	W - G	1000 M Ω	
4	N - G	1000 M Ω	

Hasil pengukuran pada Tabel 1 dapat dijelaskan, bahwa hasil pengukuran tahanan isolasi kabel sebesar 1000 M Ω , masih baik, karena nilainya tahanannya masih di atas 1,38 M Ω .(nilai standar harga tahanan isolasi).

Hasil pengukuran tahanan kumparan antar fasa dapat dilihat pada tabel 2.

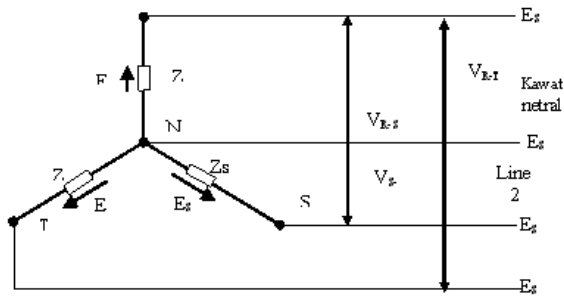
Tabel 2. Hasil pengukuran tahanan kumparan antar

No	Fasa	Hasil pengukuran (Ohm)	Harga resistansi motor baru (Ohm)
1	$U_1 - V_1$	0	500 Ω
2	$V_1 - W_1$	249,5 Ω	500 Ω
3	$U_1 - W_1$	0	500 Ω

Pada Tabel 2 setelah dilakukan pengukuran dapat diketahui bahwa nilai resistansi, antara fasa $U_1 - V_1$ sebesar 0 Ω , sedangkan pada fasa $V_1 - W_1$ sebesar 249,5 Ω dan fasa $U_1 - W_1$ sebesar 0 Ω

Pengukuran Tegangan Antar Fasa

Pengukuran tegangan catu motor, pada fasa R, S, dan T



Gambar 6. Hubung bintang

Tabel 3. hasil pengukuran tegangan antar fasa

No	Fasa	Tegangan (V)
1	R	385
2	S	387
3	T	386
Rata-rata		385

Perhitungan Ketidak Seimbangan Tegangan (*unbalanced voltage*)

Setelah dilakukan pengukuran tahanan impedansi z antar fasa seperti pada tabel 2 diketahui nilai tahanan antara $U_1 - V_1$ dan $U_1 - W_1 = 0$ berarti kumparan pada fasa tersebut putus. Untuk mengetahui penyebab putusnya kumparan tersebut, maka dilakukan perhitungan ketidak seimbangan tegangan pada catu daya motor. Ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai tegangan antar fasa seperti pada tabel 3 masih diijinkan untuk mencatu motor katup. Kondisi ketidakseimbang disebabkan antara lain: kondisi beban secara keseluruhan sistem, dimana beban satu fasa tidak sama dengan fasa yang lain, sehingga impedansi dari beban-beban tersebut. tidak sama fasa satu sama lainnya atau juga impedansi sebuah motor tidak sama fasa satu dengan yang lain.

$$\text{Persen ketidak seimbangan} = 100\% \times \frac{\text{Selisih maksimum tegangan dengan tegangan rata-rata}}{\text{tegangan rata-rata}} \quad (3)$$

Diketahui tegangan rata-rata = $(385 + 387 + 384) : 3 = 385$ Volt

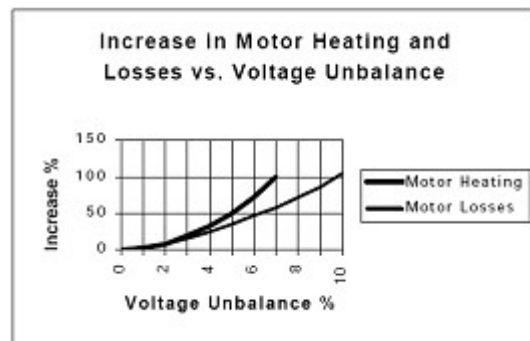
Ketidak seimbangan % = $100\% \times (387 - 385) : 385 = 0,52\%$

Setelah dilakukan perhitungan ketidakseimbangan tegangan (*unbalanced voltage*), didapat hasil perhitungan sebesar 0,52%, dari hasil tersebut catu daya ke motor

masih memenuhi sebagai catu daya. Menurut peraturan internasional (NEMA) batas yang diijinkan untuk mencatu motor listrik sebesar 1%, dan jika nilai *unbalance voltage* melebihi dari 1%, maka tidak direkomendasikan sebagai catu daya ke motor, sebab motor akan cepat rusak. Jika terjadi ketidakseimbangan tegangan (*unbalanced voltage*) antar fasa akan berakibat, antara lain:

1. Menimbulkan *overcurrent* atau arus berlebih dan menimbulkan panas berlebih (*overheat*), akibatnya umur motor menjadi pendek dan kemudian bisa terbakar.
2. Putaran motor tidak sesuai dengan yang diharapkan karena putaran rata-rata tidak dapat tercapai.
3. Kerusakan pada isolasi kumparan (*winding*), sehingga umur isolasi kumparan berkurang separonya setiap kenaikan temperature 10°C . Persamaan ketidak seimbangan tegangan.

Dibawah ini grafik ilustrasi ketidakseimbangan tegangan antara kenaikan temperatur dengan *loose motor*



Gambar 7. Grafik ketidak seimbangan tegangan antara kenaikan temperatur dengan loose motor

Pada gambar 7 ditunjukkan jika ketidakseimbangan tegangan meningkat sebesar 5%, akan berakibat panas meningkat sebesar 50% dan *looses* dalam motor meningkat sebesar 37%. Jika motor katup *KLA23 AA001* sering dioperasikan terus-menerus dengan kondisi *unbalance voltage*, tentunya efisiensi menjadi berkurang. Berkurangnya efisiensi diakibatkan oleh naiknya arus listrik (I) dan resistansi (R) karena panas. Kenaikan I dan R berkontribusi pada kenaikan panas. Jika panas naik terus tidak terkendali hasilnya deteriorasi pada kumparan.

Perhitungan Arus Motor

Untuk mengetahui berkurangnya efisiensi motor dapat diketahui dari persamaan dibawah ini

$$V = I.R \quad (4)$$

Diketahui:

$$V = 380\text{Volt (nameplate motor)}$$

$$R = 249,5 \ \Omega \text{ (tabel 2),}$$

$$I = V/R = 380 / 249,5$$

$$I = \mathbf{1,523A} \text{ (nameplate motor } I = 0,35A)$$

Dari hasil perhitungan, maka dapat dibuktikan adanya kenaikan arus I dari 0,35 A (name plate) menjadi 1,523 A, ini disebabkan dari nilai tahanan R pada kumparan menurun sehingga arus yang mengalir naik dan menimbulkan panas yang berlebih di kumparan motor yang mengakibatkan efisiensi motor berkurang dan akan mengakibatkan motor terbakar.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Berdasarkan hasil perhitungan arus motor motor katup *KLA23 AA001* diperoleh sebesar 1,523 A. Nilai ini melebihi nilai arus nominal motor tersebut yaitu 0,35 A.
2. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh:
 - a. Tahanan impedansi pada kawat antar fasa diperoleh $U_1-V_1 = 0 \ \Omega$, $V_1-W_1 = 249,5 \ \Omega$ dan $U_1-W_1 = 0 \ \Omega$. Hasil pengukuran ini menunjukkan kumparan motor putus sehingga diperoleh nilai tahanan impedansi kawat antar fasa lebih kecil dari nilai yang disyaratkan yaitu 500 Ω .
 - b. Tahanan isolasi kabel antara fasa ke *ground*, diperoleh $U-G = 1000 \ M\Omega$, $V-G = 1000 \ M\Omega$, $W-G = 1000 \ M\Omega$ dan $N-G = 1000 \ M\Omega$. Hasil pengukuran ini menunjukkan nilai tahanan isolasi kabel antara fasa ke *ground* lebih besar atau sama dengan dari nilai yang disyaratkan yaitu 1,38 $M\Omega$. Sedangkan hasil perhitungan ketidakseimbangan tegangan antar fasa diperoleh 0,52 %.
3. Rusaknya motor katup *KLA23 AA001*, diakibatkan adanya peningkatan arus motor dari 0,35 A menjadi 1,523 A (hasil

perhitungan). Harga arus motor ini melebihi nilai arus nominal motor yang tertera pada *nameplate*.. Peningkatan arus motor ini yang menyebabkan panas berlebih (*overheating*) yang merusak tahanan isolasi kumparan dan menimbulkan hubungan singkat pada motor.

DAFTAR PUSTAKA

- SENTOT ALIBASYAH, Pemeliharaan Sistem Ventilasi Reaktor RSG-GAS, Bahan ajar diklat Coaching Perawatan Panel Listrik Sistem Ventilasi, Serpong, RSG-GAS, 2009
- PRSG-GAS, Program Perawatan dan Perbaikan Sistem Ventilasi, Serpong RSG-GAS, 2009
- Inter Atom, Maintenance Repair of Manual (MRM) 2/3.1/10-12, 1986
- TEGUH SULISTYO, Motor Listrik Sistem Ventilasi, Bahan ajar diklat Coaching Perawatan Panel Listrik Sistem Ventilasi, Serpong, RSG-GAS, 2009
- SUMANTO, Motor Listrik Arus Bolak-balik, Yogyakarta Edisi pertama, 1993
- A.E. FITZGERALD , Mesin-mesin Listrik, edisi ke_empat. Penerbit Erlangga Jakarta, 1990
- ZUHAL, Dasar Tenaga Listrik, Penerbit ITB Bandung, 1982
- HTTP:// maintenanc.wordpress.com/2009/10/19/beberapa-sebab-kerusakan-motor-listrik/

