

KAJIAN PENYEBAB KERUSAKAN MOTOR KATUP PADA SISTEM VENTILASI DI REAKTOR RSG-GAS

Kiswanto, Adin Sudirman, Koes Indrakoesoema, Yayan Andrianto
Sub Bidang Sistem Elektrik
Bidang Sistem Reaktor

ABSTRAK

KAJIAN PENYEBAB KERUSAKAN MOTOR KATUP PADA SISTEM VENTILASI DI REAKTOR RSG-GAS. Telah dilakukan kajian penyebab kerusakan motor katup pada sistem ventilasi RSG-GAS. Metoda kajian adalah dengan cara mengukur dan menghitung ketidak seimbangan tegangan motor dan arus motor. Diperoleh hasil pengukuran tahanan impedansi pada kawat antar fasa $U_1-V_1 = \infty\Omega$; $V_1-W_1 = 273,5 \Omega$ dan $U_1 - W_1 = \infty \Omega$, tahanan isolasi kabel antara fasa ke *ground*, diperoleh sebesar $U-G = 1050 M\Omega$; $V-G = 950 M\Omega$, $W-G = 1000 M\Omega$ dan $N-G = 1000 M\Omega$. Sedangkan hasil perhitungan ketidakseimbangan tegangan antar fasa motor adalah 0.516 % dan arus motor 1.31 A. Dapat disimpulkan bahwa penyebab kerusakan motor bukan berasal dari ketidak seimbangan karena nilai persentase perhitungasn masih di bawah 1% dari nilai yang direkomendasikan oleh *NEMA*. Penyebab kerusakan katup adalah adanya kenaikan arus pada kumparan motor katup dari kondisi normal 0,35 A menjadi 1.31 A, mengakibatkan tahanan isolasi kumparan tidak mampu menerima panas yang berlebih sehingga menyebabkan motor katup rusak (terjadi hubungan singkat).

Kata kunci: Motor katup, Sistem ventilasi

ABSTRACT

ASSESSMENT OF A VALVE MOTOR FAILURE AT THE GA SIWABESSY REACTOR VENTILATIONS SYSTEM. *It has already been done an assessment of valve motor failure at the ventilation system of RSG-GAS. Method of the assessment used are measurement and calculation of unbalanced motor voltage and motor current. Result of the measurement of impedance resistance between two phasa wires are $U_1-V_1 = \infty \Omega$; $V_1-W_1 = 273,5 \Omega$ and $U_1 - W_1 = \infty \Omega$. Resistance of cable insulation are $U-G = 1050 M\Omega$; $V-G = 950 M\Omega$; $W-G = 1000 M\Omega$ and $N-G = 1000 M\Omega$. Meanwhile, calculation of unbalanced voltage between two-phase of wires is 0,516% and motor current is 1,31 A. It can concluded that cause of motor valve failure was not unbalance of voltage and current of the valve motor but it was caused by an increase of current at coil of motor valve from normal condition of 0,35 A to 1,31 A. This situation causing resistance of coil insulation receive exceeding heat more than its limiting value.*

Keyword : Motor valve. ventilation system

PENDAHULUAN

Dalam tata udara sistem ventilasi RSG-GAS merupakan salah satu sistem yang memegang peranan sangat penting. Jika terjadi gangguan pada tata udara (air conditioning, AC), akan berakibat buruk terhadap sirkulasi udara di dalam ruangan. Hal ini akan mengakibatkan akumulasi panas karena bekerjanya peralatan di dalam gedung reaktor 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 kelembaban dan beda tekanan antar ruangan dan tekanan negatif gedung dan mengisolasi ruang/balai dan gedung bila terjadi kontaminasi, melakukan dekontaminasi ruang/balai dan gedung, mempertahankan kebisingan yang ditimbulkan hingga batas yang aman bagi manusia.

Dalam sistem ventilasi RSG-GAS dibagi dalam 2 (dua) zone, yaitu: zone radiasi menengah (IRZ) dan zone radiasi rendah (LRZ). Dalam makalah ini akan dibahas salah satu komponen dari sistem ventilasi udara zona radiasi menengah, yaitu motor katup otomatis yang berfungsi untuk mengeluarkan udara dari gedung reaktor yang akan dilepas ke lingkungan. Motor katup bekerja secara otomatis untuk membuka/menutup sesuai dengan kebutuhan pelepasan udara yang di atur melalui sistem elektronik (*schlimat*), sistem katup otomatis ini bekerja selama 24 jam penuh, sehingga operasi motor katup ini sangat berat.

Dari hasil evaluasi permintaan perbaikan dan ijin kerja (PPIK), motor listrik penggerak katup ventilasi udara buang sering mengalami kerusakan. Tulisan ini mengkaji

penyebab kerusakan yang terjadi di motor katup ventilasi. Hasil kajian dapat digunakan sebagai masukan untuk meminimalkan kerusakan pada motor listrik. Diharapkan sistem ventilasi di gedung reaktor dapat beroperasi dengan baik dan handal sehingga tata udara di gedung reaktor tetap terjaga.

DISKRIPSI

Prinsip Kerja Katup Sistem Ventilasi

Sistem ventilasi udara zona radiasi menengah merupakan salah satu bagian dari sistem ventilasi yang terpasang di gedung RSG-GAS. Sistem ventilasi ini dilengkapi oleh beberapa buah motor katup yang berfungsi untuk mengeluarkan udara buang dari gedung reaktor. Pergerakan katup diatur oleh motor. Apabila katup otomatis ini gagal beroperasi, 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*. Dari laporan Permohonan Perbaikan Intruksi Kerja (PPIK), bahwa motor katup ini sering sekali terjadi kerusakan. Dari laporan PPIK tersebut kami penulis berupaya mencari penyebab kerusakan dari motor katup tersebut.

Prinsip Kerja Motor Katup

Motor katup yang digunakan pada sistem ventilasi ini adalah motor induksi 3 phasa yang akan beroperasi jika catu daya listrik dihubungkan ke stator dan sehingga menghasilkan medan magnet. Pada sistem motor katup ini yang digunakan adalah jenis motor induksi asinkron.

Motor induksi bekerja sebagai berikut: Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet 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

Rotor motor induksi tidak berputar pada kecepatan sinkron, tetapi agak *ketinggalan*. Misalnya motor induksi yang mempunyai kecepatan sinkron 1800 rpm akan sering mempunyai kecepatan kerja 1750 rpm pada horse power kerja. Ketinggalan tersebut biasanya dinyatakan sebagai persentase kecepatan sinkron yang disebut *slip*.



Gambar 2. Kontruksi rotor

Stator

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

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

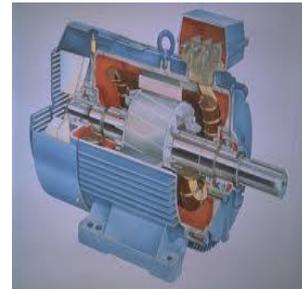
Dimana:

F = frekwensi jala-jala

P = jumlah kutub

N_s = Jumlah gulungan

f = Frekwensi



Gambar 3. Kontruksi stator dan rotor

Kondisi Catu Daya

Pada motor ac 3 phasa tegangan harus seimbang, apabila terjadi ketidak seimbangan tegangan (*unbalanced voltage*) antar phasa 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 phasa dengan phasa lain

berbeda, maka saat itulah kondisi ketidakseimbangan terjadi. Di bawah ini persamaan untuk menghitung ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*).

Persen ketidakseimbangan = $100\% \times$
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 *phaseloss* di trafo.
4. *Tap setting* trafo yang tidak tepat.
5. 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

- a. *Overload, Single Phassing*
- b. Bearing Problem
- c. Terkontaminasi, masalah di rotor
- d. Usia pakai dan lain lain

Kerusakan motor disebabkan oleh 5 faktor, yaitu :

1. 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:

- a) 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.
- b) Sistem starting, kebanyakan motor dipasang dengan "*direct starting*" . sistem ini menimbulkan arus *Starting-current* terlampau 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.
- c) *Start-stop* terlalu sering tanpa memperhartikan jeda antar waktu *start* sangat menimbulkan kerusakan.
- d) Suhu lingkungan tinggi akan mengakibatkan suhu operasi motor lebih tinggi dari seharusnya.
- e) Ventilasi ruang kurang bagus menimbulkan sytem pendinginan motor tidak baik. Mengakibatkan operating temperature motor naik.
- f) Kondisi motor: fan rusak, body motor kotor, saluran pendingin buntu/kotor. Mengganggu pendinginan.

- g) Kondisi beban : kopling misalignment, beban terlalu besar, beban tidak normal

2. 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.

3. 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.

4. 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 berasal dari motor atau dari beban yang digerakan (*load*) bahkan mungkin juga dari kedua-duanya.

Sebab-sebab *vibrasi*, anatara lain:

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

5. Kualitas Supply Listrik

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

- a) Tegangan sering naik-turun melebihi harga toleransi, *under/over voltage* dapat menimbulkan *overheating* didalam winding, berakibat umur motor menjadi pendek.
- b) *Voltage spike* akibat *power swicthing* atau serangan halilintar (*lightning strikes*) juga menyebabkan kerusakan isolasi kumparan (*winding*).
- c) Tegangan 3 phase tidak seimbang melebihi harga toleransi, sering terjadi sebagai sebab kerusakan kumparan (*winding*).

METODOLOGI

Metode pengkajian kerusakan pada motor katup sistem ventilasi udara buang dalam makalah ini dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Pengamatan kerusakan secara langsung (*visual*).
2. Melakukan pengukuran ketidak-seimbangan tegangan antar fasa pada catu motor.
3. Pengukuran tahanan isolasi kabel, bertujuan untuk mengetahui apakah antar kabel power telah terjadi hubung singkat
4. Pengukuran tahanan impedansi Z antar fasa kawat, bertujuan untuk mengetahui nilai resistansi gulungan perfasa.
5. Melakukan perhitungan ketidak-seimbangan tegangan antar fasa, perhitungan arus motor, bertujuan untuk mengetahui apakah nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus motor masih sesuai dengan yang disyaratkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi motor katup ventilasi udara
buang
Type : AS

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



Gambar 4. Katup dan motor ventilasi udara buang



Gambar 5. Motor katup ventilasi udara buang



Gambar 6. Stator dan rotor motor katup ventilasi udara buang

Pengukuran tahanan isolasi kabel, tahanan kumparan antar fasa dan tegangan antara ground dan fasa

Pengukuran tahanan motor katup ventilasi udara buang

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
1	U - G	1050 MΩ	Vn + 1 MΩ = 380 x 1000 + 1 MΩ
2	V - G	950 MΩ	
3	W - G	1000 MΩ	
4	N - G	1000 MΩ	

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

Tabel 2. Hasil pengukuran tahanan kumparan antar fasa

No	Fasa	Hasil pengukuran	Harga resistansi motor baru (ohm)
1	U ₁ - V ₁	∞	500 Ω
2	V ₁ - W ₁	273,5 Ω	500 Ω
3	U ₁ - W ₁	∞	500 Ω

Pengukuran Tegangan Antar Fasa

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

Tabel 3. hasil pengukuran tegangan antar fasa

No	Fasa	Tegangan (V)
1	R	386
2	S	389
3	T	386
4	V rata-rata	387

Perhitungan Ketidak Seimbangan Tegangan (unbalanced voltage)

Setelah dilakukan pengukuran tahanan impedansi z antar fasa seperti pada tabel 2 diketahui nilai tahanan antara U₁ - V₁ dan U₁ - W₁ = ∞ 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.

Persentase ketidak seimbangan = 100% x Selisih maksimum tegangan dengan tegangan rata-rata dibagi tegangan rata-rata (3)

Diketahui tegangan rata-rata = 387 Volt
 Persentase ketidak seimbangan = 100% x (389 - 387) : 387 = 0,516 %

Perhitungan Arus Motor

Untuk mengetahui berkurangnya efisiensi motor dapat diketahui dari persamaan dibawah ini

$$V = I.R \tag{4}$$

Diketahui:
 V = 380Volt (nameplate motor)
 R = 273,5 (tabel 2),
 I = V/R = 380 /273,5

$$I = 1,31 \text{ A (nameplate motor } I = 0,35\text{A)}$$

Pembahasan hasil pengukuran tahanan isolasi kabel, pengukuran tahanan kumparan dan dan tegangan antar phasa

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

Pada Tabel 2 setelah dilakukan pengukuran dapat diketahui nilai resistansi, antara phasa $U_1 - V_1 = \infty \Omega$, $V_1 - W_1 = 273,5 \Omega$ dan $U_1 - W_1 = \infty \Omega$, sedangkan harga resistansi kumparan motor baru sebesar 500 Ω, ini terjadi penurunan nilai resistansi sehingga arus yang mengalir pada kumparan meningkat yang mengakibatkan kumparan terputus (motor terbakar).

Pada tabel 3 dapat dijelaskan, bahwa hasil pengukuran tegangan antara phasa R, phasa S, dan phasa T masih sesuai dengan tegangan kerja yang di harapkan, tegangan V rata-rata sebesar 387 volt ac.

Pembahasan hasil perhitungan ketidak seimbangan tegangan (unbalanced voltage)

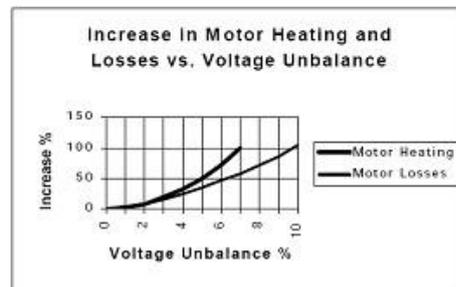
Setelah dilakukan perhitungan ketidakseimbangan tegangan (unbalanced voltage), didapat hasil perhitungan sebesar 0,516 %, dari hasil tersebut catu daya ke motor masih memenuhi sebagai catu daya. Menurut peraturan internasional tentang harga batas yang diijinkan(NEMA) untuk mencatu motor listrik sebesar 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 phasa 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 sebagian, setiap kenaikan temperature 10⁰C. Persamaan ketidak seimbangan tegangan.

Dibawah ini grafik ilustrasi ketidakseimbangan tegangan antara kenaikan temperatur dengan



Gambar. 8. Grafik ketidak seimbangan tegangan antara kenaikan temperatur dengan *loose motor*

Pada gambar 8 ditunjukkan jika ketidakseimbangan tegangan meningkat sebesar 5%, akan berakibat panas meningkat sebesar 50% dan *looses* dalam motor meningkat sebesar 37%. Jika motor katup sistem ventilasi udara buang 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. Dari hasil perhitungan ketidakseimbangan tegangan, diketahui bahwa penurunan nilai resistansi dari kumparan tidak diakibatkan dari ketidak seimbangan tegangan tersebut karena nilainya masih dalam batas normal yaitu 0,516%

Pembahasan hasil perhitungan arus motor

Dari hasil perhitungan arus motor, maka dapat dibuktikan adanya kenaikan arus I dari 0,35 A (*name plate*) menjadi 1,31 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. Rusaknya motor katup sistem ventilasi udara buang, diakibatkan adanya peningkatan arus motor dari 0,35 A menjadi 1,31 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 hubung singkat pada motor.

Untuk mencegah penurunan nilai resistansi perlu dilakukan perawatan motor sebagai berikut:

1. Pembersihan belitan stator motor; dengan cara menghembuskan udara dari kompresor kedalam celah udara diujung-ujung stator motor dan pastikan sampai debu dan kotoran bersih.
2. Pengukuran tahanan isolasi belitan stator motor; melakukan pengukuran tahanan isolasi pada masing-masing fasa dengan *grounding* (pentanahan).
3. Pengukuran tahanan pada masing-masing kumparan; melakukan pengukuran nilai tahanan pada ujung-ujung antar belitan.
4. Pemeriksaan kekencangan baut motor; memeriksa apakah baut pada pemasangan motor sudah kencang pada saat motor dioperasikan.
5. Perawatan ini dilaksanakan secara berkala setiap 6 bulan

KESIMPULAN

Kesimpulan dari kajian ini yaitu:

1. Bahwa penyebab kerusakan motor katup otomatis ventilasi zone menengah ini adalah :
 - a) Arus lebih yang mengalir pada belitan motor.
 - b) Nilai tahanan impedansi (z) yang tidak seimbang.
2. Hasil perhitungan ketidakseimbangan tegangan antar fasa masih dalam batas yang dipersyaratkan NEMA.

DAFTAR PUSTAKA

1. **SENTOT ALIBASYAH**, *Pemeliharaan Sistem Ventilasi Reaktor RSG-GAS*, Bahan ajar diklat Coaching Perawatan Panel Listrik Sistem Ventilasi, Serpong, RSG-GAS, 2009.
2. **PRSG-GAS**, *Program Perawatan dan Perbaikan Sistem Ventilasi*, Serpong RSG-GAS, 2009.
3. Inter Atom, *Maintenance Repair of Manual (MRM) 2/3.1/10-12*, 1986.
4. **TEGUH SULISTYO**, *Motor Listrik Sistem Ventilasi*, Bahan ajar diklat Coaching Perawatan Panel Listrik Sistem Ventilasi, Serpong, RSG-GAS, 2009.
5. **SUMANTO**, *Motor Listrik Arus Bolak-balik*, Yogyakarta Edisi pertama, 1993
6. **A.E. FITZGERALD**, *Mesin-mesin Listrik*, edisi ke_empat. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1990.
7. **ZUHAL**, *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB Bandung, 1982.