

## **TINJAUAN KINERJA MOTOR-POMPA PA01 AP001 PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS**

Yayan Andriyanto, Yan Bony Marsahala

### **ABSTRAK**

**TINJAUAN KINERJA MOTOR POMPA PA 01 AP 001 PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS.** Tinjauan kinerja motor-pompa sistem pendingin sekunder RSG-GAS meliputi operasional sistem kendali, dan pengamatan karakteristik motor. Pengukuran parameter dilakukan pada kondisi pompa bekerja pada kapasitas 1950 m<sup>3</sup>/jam, dan suhu ruangan 28.5 °C. Pembahasan dampak kegagalan catu daya listrik PLN seperti fluktuasi tegangan, kedipan, dan putusnya aliran arus listrik terhadap akibat langsung yang dipikul oleh kinerja motor karena terjadinya fluktuasi putaran motor pada daerah 1475 s/d 1490 rpm. Penggunaan metoda start wye-delta dengan waktu tunda sebesar 6 detik akan dianalisis apakah mampu meredam lonjakan arus start. Dalam keadaan tunak dilakukan pengamatan terhadap penggunaan daya dan arus beban. Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa motor pompa sekunder bekerja dalam batas toleransi yang diijinkan. Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat grafik karakteristik yang menunjukkan kinerja sistem pendingin.

### **ABSTRACT**

**REVIEW FOR MOTOR-PUMP PA01 AP001 AT SECONDARY COOLING SYSTEM RSG-GAS.** Review for motor-pump secondary cooling system RSG-GAS involves operation of control system, and investigation for motor characteristics. The measuring of characteristic parameter of secondary cooling pump was done while the pump was running at capacity 1950 m<sup>3</sup>/hr. with ambient temperature 28.5 °C. The fault effect of public grid PLN such as the fluctuation of both voltage and frequency likes voltage drops, supply block out; effects the electric motor performances directly against the motor rotation fluctuation which running from 1475 rpm to 1490 rpm will be analyzed. The using of start-delta starting method with delay time about 6 seconds could covers starting current also analyzed in this paper. At steady state condition, the electric motor runs with both power and current are still under tolerances permitted. By investigation give that the secondary cooling pump was running at boundary permitted. Based on given data, shown the characteristic curve of the secondary cooling system performance.

## **PENDAHULUAN.**

Tinjauan unjuk kerja motor-pompa pendingin sekunder PA01 AP001 dilakukan untuk mengetahui kinerja motor setelah beroperasi kurang lebih 20 tahun. Karena kegagalan operasi motor-pompa sistem pendingin RSG-GAS akan berdampak pada kesinambungan operasi reaktor. Kegagalan sistem pendingin sekunder akan menyebabkan suhu air pada sistem pendingin primer beranjak naik. Apabila kenaikan suhu pendingin primer tersebut mencapai harga batas, maka reaktor yang sedang operasi dapat menjadi scram. Bila kasus kegagalan motor-pompa sekunder sering terjadi, akan sangat mengganggu kesinambungan operasi reaktor.

Sistem pendingin sekunder RSG-GAS memiliki 3 motor pompa, 2 motor beroperasi dan 1 motor stand by, dimana ketiga motor tersebut memiliki karakteristik yang hampir sama satu dengan lainnya. Sistem pendingin sekunder dibangun dari rangkaian kerja sistem kendali, motor induksi 3 phasa, dan pompa centrifugal dengan kapasitas nominal 1950 m<sup>3</sup>/jam. Sistem kendali berfungsi mengatur operasi motor, dan sebagai proteksi motor induksi. Pengumpulan data untuk keperluan analisis sistem dilakukan melalui pengukuran yang dilaksanakan pada saat pompa tidak dibebani (beban nol), dan pada saat pompa berbeban. Data hasil pengukuran dan pengamatan akan dianalisis menurut keperluannya, dan hasilnya akan dijadikan bahan pertimbangan untuk menentukan apakah sistem kendali motor-pompa sekunder yang terpasang saat ini perlu dimodifikasi atau tidak.

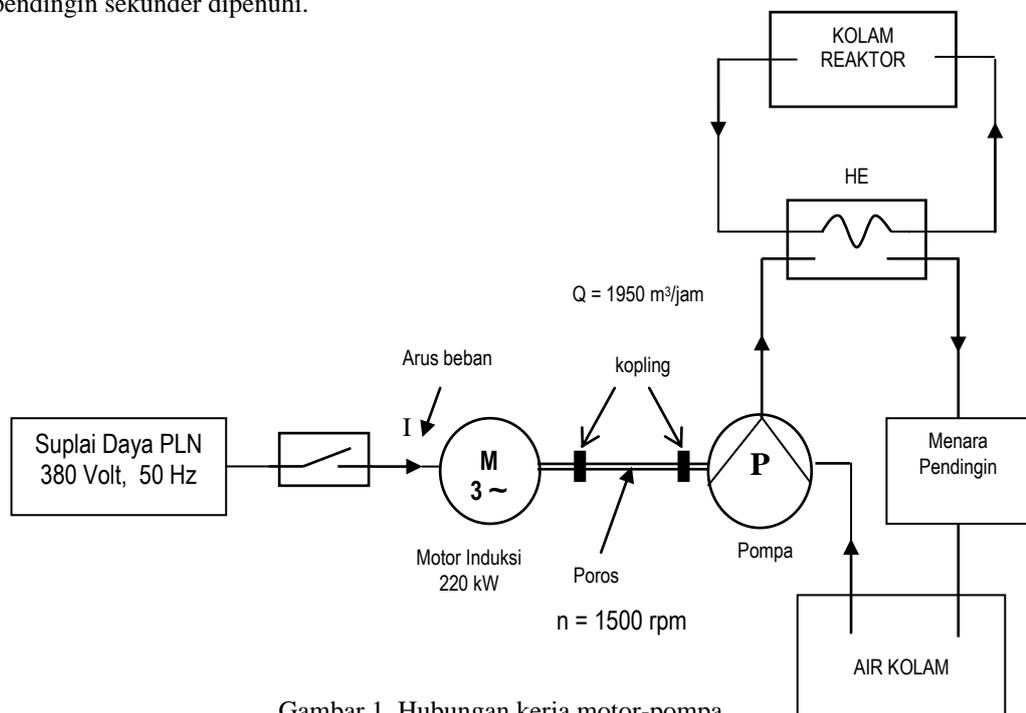
## **TEORI**

Pompa sistem pendingin sekunder berfungsi mengalirkan air pendingin dari kolam pendingin sekunder ke penukar bahang (heat exchanger) secara terus menerus pada saat reaktor dioperasikan. Aliran air pendingin tersebut diharapkan dapat mendinginkan air pada kolam reaktor dengan cara mengambil panas dari penukar bahang dan dibuang ke lingkungan melalui menara pendingin. Kegagalan pada sistem pendingin akan mengakibatkan reaktor scram. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa centrifugal dengan kapasitas 1950 m<sup>3</sup>/jam. Penggerak mula yang digunakan memutar pompa adalah motor induksi tiga phasa tipe rotor sangkar (*squirrel cage rotor*) dengan belitan stator 6 terminal. Kapasitas nominal motor 220 kW bekerja pada tegangan nominal 380 Volt dengan frekuensi 50 Hz.

### **a. Prinsip Kerja Motor**

Pompa sekunder bekerja berdasarkan kopel putar yang dihasilkan oleh motor yang dikopel langsung dengan poros motor melalui kopling mekanis (*clutch*). Hubungan kerja motor dengan pompa dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Proses pengkoplingan poros motor dengan poros pompa terjadi secara otomatis setelah jangka waktu kira-kira 8 s/d 12 detik terhitung dari sejak motor di start. Motor induksi dinyalakan dengan metoda *starting wye-delta* otomatis melalui rangkaian kendali seperti pada Gambar 2. Dimana pada saat start, belitan stator terhubung bintang (*wye =Y*), dan setelah kira-kira 5 s/d 6 detik kemudian secara otomatis belitan stator dirubah menjadi hubungan delta ( $\Delta$ ).

Pada saat start dengan sumber catu daya hubung bintang, maka motor akan membangkitkan arus start sebesar 180% dari arus hubung bintang tersebut. Sesaat sebelum poros motor melakukan ikatan kopling dengan poros pompa, maka motor induksi tersebut akan berputar pada kondisi beban nol. Operasi beban nol ini diperlukan motor untuk menuju pencapaian putaran 1500 rpm. Pompa sekunder dioperasikan dari ruang kendali utama (RKU) dengan menekan tombol start setelah semua persyaratan operasi, dan *basic setting* sistem pendingin sekunder dipenuhi.



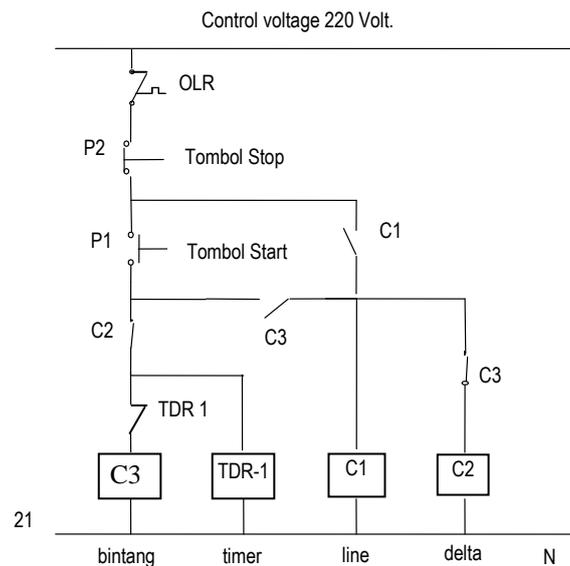
Gambar 1. Hubungan kerja motor-pompa.

**b. Sistem kendali dan start motor dengan Y- Δ.**

Yang dimaksud dengan sistem kendali motor adalah rangkaian pengendali operasi motor, dan proteksi motor induksi terhadap bahaya gangguan yang mungkin terjadi seperti:

- beban lebih (*over load*),
- tegangan lebih (*over voltage*),
- arus lebih (*over current*),
- arus hubung singkat (*short circuit current*), dan
- beban lebih thermal.

Gangguan-gangguan tersebut dapat merusak isolasi belitan motor dan isolasi kabel penghubung antara motor dengan feeder BHA. Rangkaian kendali motor diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian kendali operasi motor

### Prinsip Kerja Starting Motor

Cara kerja motor dengan *starting wye-delta* seperti Gambar 2 dijelaskan sebagai berikut: Bila tombol start P1 ditekan, maka rele C3, C1, dan time delay relay (TDR-1) akan memperoleh energi (*energizes*) sehingga kontraktor C3, C1 akan menutup (ON) maka catu daya hubung Y tersambung ke terminal motor dan berputar. Pada kondisi ini disebut motor dioperasikan pada hubungan Y. Karena C3, C1, dan TDR-1 energizes, maka normally close (NC) kontaktor C3 akan membuka (OFF), akibatnya rele C2 kehilangan energi (*deenergizes*).

Pengaturan demikian diperlukan untuk mencegah energisasi simultan. Dengan cara ini arus start dapat ditekan hingga 180 % dari arus hubung bintang. Setting time delay relay TDR-1 diatur pada posisi 6 detik. Setelah 6 detik berlalu TDR-1 akan bekerja sehingga rele C3 denegizes dan NC kontaktor C3 menutup dan mengenergizes rele C2 dan kontaktor C2 ON, dan motor berputar dalam hubungan delta. Dalam waktu 6 detik tersebut, motor akan mencapai putaran nominalnya mendekati 1500 rpm.

Motor dapat dihentikan dengan menekan tombol P2. Sistem kendali dilengkapi dengan proteksi terhadap arus hubung singkat dengan menggunakan sekering F1, terhadap beban lebih dengan rele beban lebih (*over load relay*, OLR), dan terhadap tegangan kurang (*under voltage*), dan tegangan lebih dengan menambahkan alat proteksi pada kontaktor. Motor dilengkapi dengan *bimetal relay* sebagai proteksi terhadap gangguan beban lebih thermal pada belitan stator.

a. **Karakteristik Pompa.**

Karakteristik pompa sekunder yang diamati adalah hubungan antara daya masukan motor (kW) terhadap kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/jam), dan hubungan antara waktu tunda start motor hingga proses pengkoplingan poros motor dengan poros pompa terjadi.

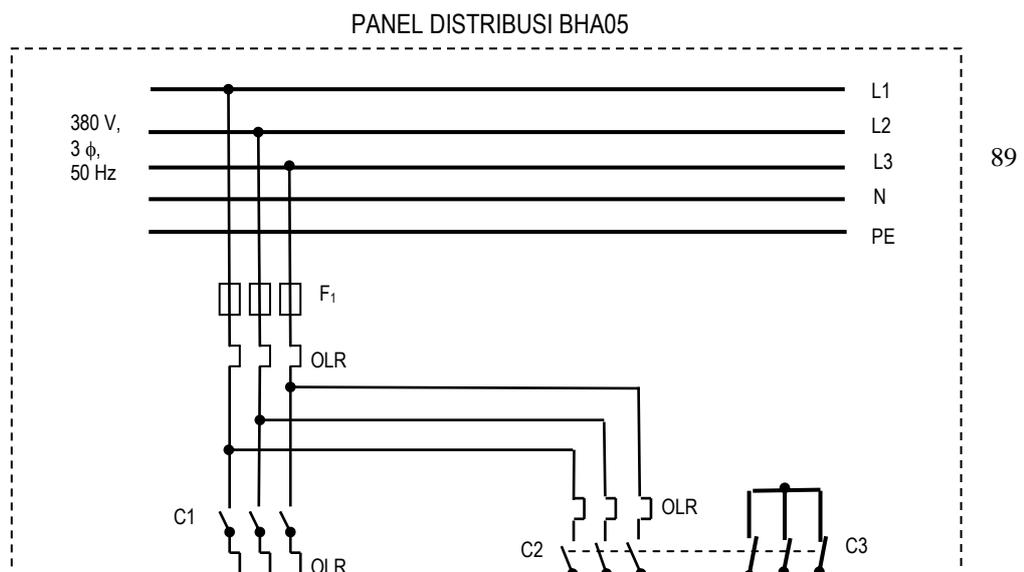
b. **Karakteristik Motor.**

Pengamatan karakteristik motor dilakukan pada kondisi beban nol, dan berbeban. Pada kondisi beban nol akan dicari grafik karakteristik beban nol yang menunjukkan hubungan antara arus beban nol ( $I_0$ ) terhadap tegangan catu daya (V). Sedangkan pada saat sistem dibebani akan dicari grafik karakteristik perputaran motor ( $n/n_s$ ) atau Slip (S), terhadap kopel start dari pompa ( $M/M_N$ ).

c. **Kecepatan Putaran Motor**

Bila  $n$  merupakan putaran poros motor terukur, dan  $n_s = 120 f/P$  merupakan kecepatan teoritis (kecepatan sinkron) motor pada frekuensi jala-jala 50 Hz, dan  $P$  adalah jumlah kutub belitan sator motor = 4 bh. maka diperoleh  $n_s = 1500$  rpm.

Karakteristik tersebut di atas diamati dalam dua kondisi. Kondisi pertama adalah pada saat motor disuplai dengan catu daya hubung bintang, sedangkan kondisi kedua pada saat motor disuplai dengan catu daya hubung delta. Pengamatan dan pengukuran tahanan isolasi belitan stator motor, dilakukan pada saat motor tidak dioperasikan.



**d. Pengamatan Parameter Catu Daya.**

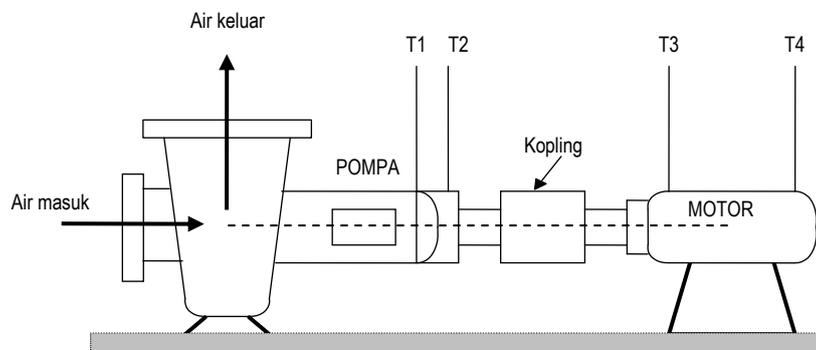
Pengamatan sistem catu daya yang memasok motor dilakukan pada feeder BHA. Parameter catu daya yang diamati meliputi pengukuran tegangan suplai, arus beban, dan frekuensi jala-jala. Jumlah kegagalan catu daya PLN sebagai satu-satunya sumber catu daya untuk menggerakkan motor juga akan diamati dalam satu tahun operasi.

**e. Pengamatan Lingkungan Motor-pompa.**

Pengamatan lingkungan motor-pompa dengan pengukuran temperatur ruangan dimana motor-pompa terletak. Pengamatan dilakukan pada kondisi operasi dan kondisi diam. Pengukuran temperatur bodi pada bagian-bagian motor-pompa dilakukan pada titik pengukuran seperti pada gambar 4, dilakukan pada saat motor beroperasi.

**f. Analisis Rangkaian Sistem Kendali.**

Analisis rangkaian sistem kendali pada sistem pendinginan sekunder didasarkan atas diagram operasional pompa sekunder seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 tersebut dapat dilihat bahwa kinerja pemutus daya (MCB) sangat menentukan perlindungan motor terhadap bahaya gangguan yang mungkin terjadi.



Gambar 4. Titik-titik pengukuran temperatur rumah motor-pompa.

Parameter yang diperlukan sebagai indikator kondisi sistem menjadi masukan operasional MCB tersebut untuk memutuskan apakah MCB harus ON atau OFF. Parameter indikator kondisi operasi motor dimaksud adalah:

- kontrol tegangan (CV),
- kontrol arus (CC),
- kontrol frekuensi (Cf),
- kontrol aliran fluida (CF), dan

- kontrol tekanan fluida (CP).

#### **g. Peralatan.**

Peralatan yang digunakan untuk melaksanakan pengukuran pada penelitian ini antara lain adalah multimeter, cosphimeter, humidity meter, stopwath, thermometer, speedometer, megger, frequency meter, dan energy analyzer.

#### **h. Tata Kerja.**

Pengukuran tegangan suplai daya pada feeder BHA, dan pada terminal motor dilakukan pada saat motor beroperasi. Pengukuran resistansi belitan stator dengan menggunakan ohmmeter, dilakukan dengan melepas kabel dari terminal motor.

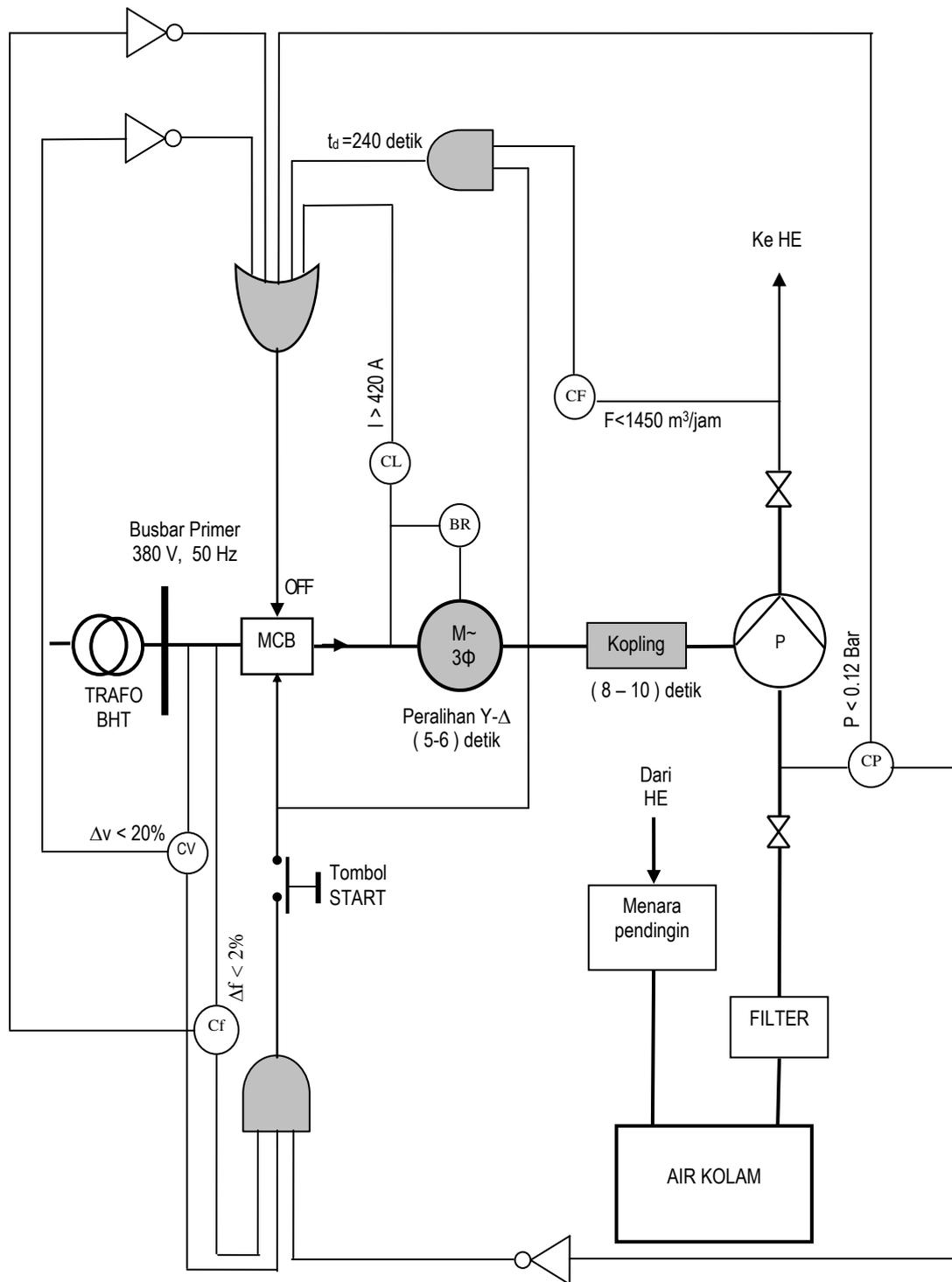
Pengukuran temperatur ruangan motor-pompa, dan temperatur rumah motor-pompa pada titik-titik pengukuran T1, T2, T3, dan T4 seperti pada Gambar 4, menggunakan thermometer. Untuk melakukan pengukuran tahanan isolasi belitan stator motor dilaksanakan dengan terlebih dahulu melepas kabel motor dari terminal daya lokal. Mengukur frekuensi jala-jala dengan menggunakan *frequency meter* pada salah satu kawat fasa di feeder BHA. Memantau kondisi suplai daya dengan menggunakan *energy analyzer* yang dipasang pada sisi keluar feeder BHA.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pengukuran**

#### **1. Waktu tunda (delay time)**

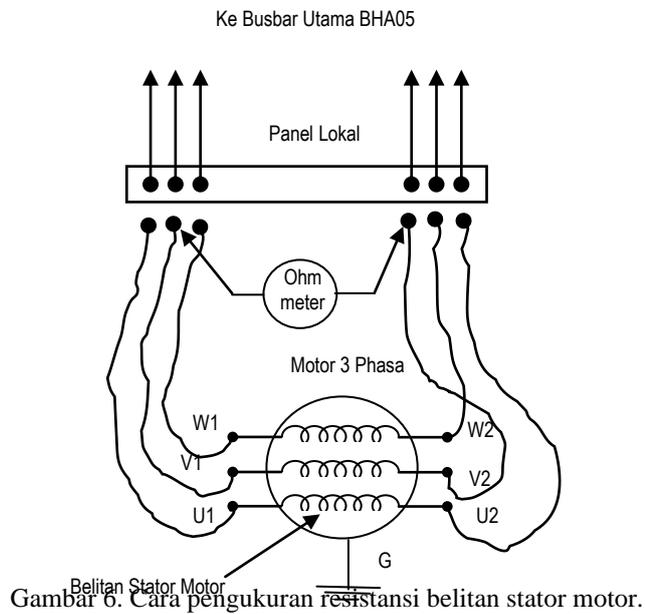
Waktu tunda adalah selang waktu yang diperlukan terhitung mulai start motor hingga proses pengkoplingan poros motor dengan poros pompa terjadi. Pelaksanaan pengukuran menggunakan *stop watch* dengan frekuensi pengukuran 4 kali. Hasil rerata dari ke empat kali pengukuran tersebut adalah  $t_{delay\ time} = 8.17$  detik.



Gambar 5. Diagram operasional sistem pendingin sekunder

**2. Resistansi belitan stator motor**

Pengukuran resistansi belitan stator,  $R_{st}$  dilakukan pada saat motor tidak dioperasikan, dengan cara melepas hubungan kabel seperti pada Gambar 6 dari terminal lokal.



Gambar 6. Cara pengukuran resistansi belitan stator motor.

**3. Tahanan isolasi belitan motor**

Pengukuran tahanan isolasi belitan stator motor dilakukan dengan menggunakan megger yang dioperasikan pada tegangan 1000 Vdc, pada suhu ruangan 28.7 °C. Hasil pengukuran seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter belitan stator motor penggerak pompa PA01 AP001.

No.	Tahanan isolasi belitan antara	Titik Phasa	Tahanan Isolasi ( MOhm)
1	Kerangka – kawat phasa	G – U	100
2		G – V	90
3		G - W	90

Tabel 2. Lanjutan

4	Kawat phasa – kawat phasa	U1 – V2	100
5		U1 – W2	100
6		V1 – U2	100
7		V1 -W2	100
8		W1-U2	100
9		W1-V2	100

#### 4. Temperatur

Pengukuran temperatur rumah motor-pompa dilakukan pada titik-titik pengukuran seperti pada Gambar 4. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

#### 5. Parameter Catu Daya

Dari pengukuran yang dilakukan pada terminal catu daya lokal motor-pompa diperoleh:

- tegangan = 400 Volt,
  - frekuensi = 50 Hz,
  - faktor daya = 0.85.
- a. Kondisi beban nol:
- arus beban nol,  $I_o = 102,7$  A,
  - daya beban nol,  $P_o = 4,14$  kW
- b. Kondisi berbeban (motor bekerja pada 50% daya)
- arus beban,  $I_L = 215$  A,
  - daya beban,  $P_L = 189$  kW.
- c. Gangguan catu daya

Pengamatan kegagalan catu daya PLN dilakukan dengan telaah dokumen pada *log-book* operasi reaktor untuk satu tahun operasi, terhitung mulai 01 Juni 2005 hingga 31 Mei 2006. Data hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.

#### 6. Pengamatan Pompa

Pengamatan unjuk kerja pompa dilakukan berdasarkan diagram operasional seperti pada Gambar 5. Pembacaan penunjukan alat ukur parameter mencakup:

- alat ukur kendali tekanan,  $CP01 = 0.18$  bar;  $CP02 = 2.8$  bar

- alat ukur kendali kecepatan, CS = 1475-1490 rpm,
- alat ukur kendali aliran, CF = 1750 - 1850 m<sup>3</sup>/jam.

Tabel 3. Hasil pengukuran temperatur bodi motor-pompa PA 01 AP 001.

No.	Jam ( WIB )	Arus Beban ( Amper )	TR ( °C )	T1 ( °C )	T2 ( °C )	T3 ( °C )	T4 ( °C )
1	12.00	200	28,7	42,7	44	33,4	39,7
2	13.00	200	30,7	44,4	45,6	35,2	39,7
3	14.00	198	32,7	45,4	45	34,5	39,7
4	15.00	205	30,4	45,3	45,5	34,4	39,9
5	16.00	202	33,4	45,6	46,2	34,4	39,9
6	17.00	204	30,1	44,7	46,5	34,3	40,3
7	19.00	205	30,5	43,7	46,5	34,5	39,7
8	21.00	204	29,8	45,1	46,2	34,1	38,4
9	23.00	204	28,5	44,3	46,5	32,1	38,9
10	01.00	201	28,2	42,9	44,2	33,4	39,3
11	03.00	202	27,7	43,5	43,2	32,6	38,9
12	05.00	202	31,3	43,6	43,2	31,7	38,8

Tabel 4. Kegagalan catu daya per bulan dalam satu tahun operasi.

No.	Bulan Pengamatan	Jumlah Kegagalan	Persentase Kegagalan Bulanan (%)	Keterangan
1	Januari	3	6.81	
2	Februari	9	20.45	
3	Maret	3	6.81	
4	April	8	18.18	
5	Mei	2	4.54	
6	Juni	2	4.54	
7	Juli	2	4.54	
8	Agustus	0	0	Tidak ada kegagalan

Tabel 4. Lanjutan

9	September	3	6.81	
10	Oktober	0	0	Tidak ada kegagalan
11	Nopember	7	15.90	
12	Desember	5	11.36	
Jumlah		44	100	

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengamatan operasional motor pompa sekunder PA 01 AP 001 dapat disimpulkan bahwa kinerja motor-pompa pendingin sekunder PA 01 AP 001 secara umum dapat dikatakan baik. Kegagalan yang terjadi pada umumnya disebabkan motor kehilangan daya karena catu daya PLN gagal. Distribusi temperatur bodi motor-pompa masih berada dalam daerah normal, sehingga motor aman dioperasikan. Dari hasil pengamatan dan pengukuran harga parameter yang mendukung operasional motor-pompa tidak ditemukan perbedaan harga ekstrim dibandingkan dengan rating parameter tersebut.

Bilamana sistem sekunder tidak dioperasikan dalam jangka waktu yang relatif lama disarankan untuk mengukur terlebih dahulu tahanan isolasi belitan stator motor. Hal ini diperlukan untuk menghindari timbulnya pemanasan lebih karena berkurangnya nilai tahanan tersebut akibat kelembaban udara sekitar. Sistem kendali motor-pompa sekunder PA 01 AP 001 yang ada sekarang masih mampu bekerja dengan baik mendukung operasi dan mengamankan reaktor.

#### DAFTAR PUSTAKA:

1. INTERATOM GMBH, "Secondary Cooling System Description and Specification of MPR-30", 1987.
2. INTERATOM GMBH, "Data Sheet for Secondary Cooling System of MPR-30", 1987.
3. INTERATOM GMBH, "Electric System Description and Specification MPR-30", 1987.
4. YAN BONY MARSAHALA, "Pengembangan Sistem Kendali Motor-pompa Pendingin RSG-GAS", Laporan Penelitian PRSG-1995.