

## RANCANGAN MODIFIKASI SISTEM PROTEKSI MOTOR MENARA PENDINGIN REAKTOR RSG-GAS

Teguh Sulisty, Kiswanto, M. Taufiq

PRSG-BATAN

### ABSTRAK

**RANCANGAN MODIFIKASI SISTEM PROTEKSI MOTOR MENARA PENDINGIN REAKTOR RSG-GAS.** Rancangan modifikasi sistem proteksi motor menara pendingin reaktor RSG-GAS ini dilakukan untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada sistem proteksi motor menara pendingin reaktor RSG-GAS sebelumnya, dengan menambahkan komponen sistem proteksi *rele control phasa* (RCP), *rele switch* 2NO-2NC dan *switch selector*. Penambahan komponen sistem proteksi ini dapat menjamin keselamatan pekerja pada saat perawatan dan perbaikan dilaksanakan serta keamanan sistem apabila terjadi gangguan kehilangan salah satu fasa, kesalahan urutan fasa dan ketidakseimbangan beban antar ketiga fasa serta *switch selector* yang memposisikan kondisi motor menara air pendingin pada posisi OFF.

**Kata kunci:** sistem proteksi

### ABSTRACT

**MOTOR PROTECTION SYSTEM DESIGN MODIFICATION OF REACTOR RSG-GAS COOLING TOWERS.** Motor protection system design modification of reactor RSG-GAS cooling towers performed to correct deficiencies found in the cooling tower motor protection system RSG-GAS reactor, prior to adding component phase control relay protection system (RCP), 2NO-2NC relay switches and selector switches. The addition of this component of the protection system can ensure worker safety during maintenance and repair of security systems in place and the event of disruption lost one phase, phase sequence errors and load imbalance among the three phases and the selector switch Positional condition of the motor cooling tower water in the OFF position

**Keywords:** system protection

### PENDAHULUAN

Motor induksi 3 fasa merupakan jenis motor yang lebih banyak digunakan pada industri, hal ini dikarenakan motor induksi memiliki beberapa keuntungan yang tidak dimiliki oleh motor DC, tetapi motor induksi 3 fasa sering mengalami gangguan *unbalance voltage* dan *overload*. Gangguan tersebut mempunyai dampak yang sangat berbahaya terhadap kumparan motor induksi 3 fasa apabila dibiarkan berlarut-larut, karena suhu kumparan motor induksi 3 fasa meningkat seiring dengan meningkatnya arus listrik yang mengalir pada kumparan tersebut. Untuk mengatasi gangguan tersebut, sistem perlu diamankan dari gangguan jenis *unbalance voltage* sesuai standar ANSI Std C84.1-1989 dan *overload* sesuai standar name plate *over current protection relay (CKR) Series*. Sistem proteksi bekerja dengan membandingkan nilai setting, parameter tegangan dan arus yang dipantau motor induksi 3 fasa sebagai beban.

Menara pendingin (*cooling tower*) reaktor RSG-GAS merupakan salah satu alat penukar panas

sistem pendingin sekunder yang berfungsi mendinginkan fluida dan kemudian membuang panasnya ke lingkungan. Menara air pendingin ini dilengkapi dengan 7 (tujuh) unit motor listrik 3 fasa dengan spesifikasi sebagai berikut kapasitas motor listrik 30 kW; 3 fasa; 50 Hz; *class F*; hubungan delta-bintang; IP65; *winding protection* PTC-F berlokasi di samping gedung bengkel. Perawatan yang perlu dilakukan pada menara air pendingin antara lain pencegahan pertumbuhan lumut disekitar menara air pendingin, pembersihan modul kontrol motor PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PD01 AH01 pada panel BHA/BHB/BHC di ruang 501, pengukuran tahanan isolasi motor, pengamatan visual terhadap lampu-lampu indikator petunjuk operasi, kebersihan ruang panel, pengendalian kualitas air dengan menggunakan zat kimia pada peralatan inhibitor, dan lain sebagainya yang dilakukan secara berkala.

Pada kondisi normal, motor listrik 3 fasa menara pendingin reaktor RSG-GAS dapat dioperasikan melalui Ruang Kendali Utama (RKU) tombol panel tegak, sedangkan pada saat kondisi

perawatan atau perbaikan, tahapan prosedur keselamatan yang perlu dilakukan antara lain melepas modul kontrol motor PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PD01 AH01 pada panel BHA/BHB/BHC di ruang 501 dari suplai listriknya sehingga motor tidak dapat dioperasikan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kecelakaan kerja yang mungkin terjadi terhadap petugas perawat pada saat pelaksanaan perawatan dan perbaikan berlangsung. Ruang lingkup pembahasan kajian rancangan modifikasi ini yaitu menara air pendingin reaktor RSG-GAS jenis basah (*wet type; water cooled*) PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PD01 AH01 pada panel BHA/BHB/BHC di ruang 501.

Pada makalah ini diuraikan tentang rancangan modifikasi sistem proteksi motor listrik 3 fasa menara pendingin reaktor RSG-GAS (PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PDO1 AH01) yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem sebelumnya karena menggunakan *Rele Control Phasa* (RCP) dan *switch selector* yang berfungsi untuk mengontrol, mengendalikan dan mengamankan instalasi motor listrik akibat kehilangan salah satu fasa, kesalahan urutan fasa dan ketidakseimbangan beban antar ketiga fasa terlalu besar serta mengamankan petugas perawat pada saat pelaksanaan perawatan dan perbaikan berlangsung.

## TEORI

### Sistem proteksi motor induksi

Sistem proteksi dibagi atas dua bagian, yaitu proteksi instalasi dan proteksi beban. Pada proteksi instalasi, jenis bahaya yang perlu diwaspadai adalah arus hubung singkat, arus beban lebih, tegangan lebih dan arus sambaran petir. Sedangkan arus hubung singkat yang perlu diwaspadai yaitu hubung singkat fasa dengan fasa atau hubung singkat fasa dengan netral.

Sistem proteksi terhadap gangguan arus hubung singkat menggunakan sekering (*fuse*), gangguan arus beban lebih menggunakan rele arus lebih dan mcb. Berdasarkan standar ANSI Std C84.1-1989 dan name *plate over current protection relay (CKR) Series*, nilai setting waktu pemutusan mcb disesuaikan dengan jenis penggunaannya misalnya 0.40 detik untuk panel distribusi primer, 0.25 detik untuk panel distribusi sekunder dan 0.10 detik untuk panel distribusi darurat.<sup>[1]</sup>

### Prinsip kerja menara air pendingin reaktor RSG-GAS

Menurut jenis fluida yang didinginkan dengan udara, prinsip kerja menara air pendingin reaktor RSG-GAS dibagi menjadi 2 jenis yaitu<sup>[2]</sup>:

- 1) Menara air pendingin jenis basah (*wet type; water cooled*)

Menara air pendingin jenis basah adalah fluida yang diinginkan dengan fluida pendingin udara kontak langsung (*momentum effect*) kemudian fluida yang didinginkan tertampung dalam suatu wadah (kolam). Contohnya menara air pendingin sistem pendingin sekunder (PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PDO1 AH01);

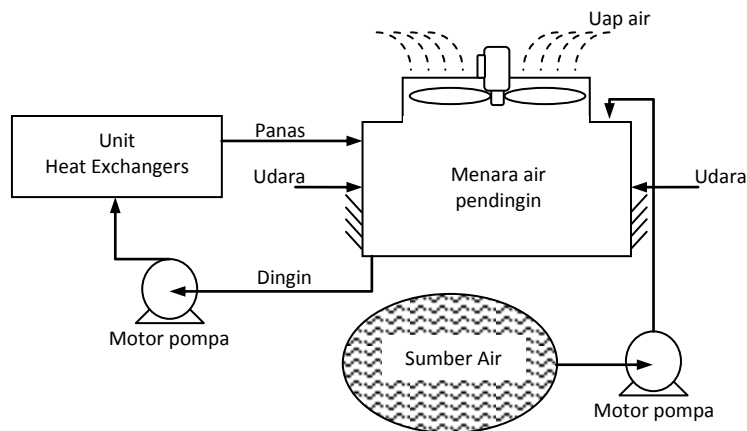
- 2) Menara air pendingin jenis kering (*dry type; air cooled*)

Menara air pendingin jenis kering adalah fluida yang didinginkan dengan fluida pendingin udara tidak kontak langsung, karena fluida yang didinginkan berada dalam suatu wadah (pipa-pipa kecil, *tubes*) kemudian fluida yang didinginkan di sirkulasi kembali ke sumber yang akan didinginkan. Contohnya menara air pendingin sistem pendingin darurat kolam reaktor (JNA10/20/30 AH01 dan sistem pendingin pada fasilitas iradiasi xenon di *beam tube* No. 1 (S-1).

Prinsip kerja menara air pendingin reaktor RSG-GAS jenis basah (*wet type; water cooled*) yaitu air bersuhu lebih tinggi yang masuk pada sisi modul menara air pendingin di distribusikan dan disebarkan melalui pipa sprinkel. Untuk mencegah air terbawa oleh isapan blower ke lingkungan maka diberi penahan dan pengarah semburan berupa drift eliminator. Karena berat jenis air lebih besar dari pada udara ( $\rho_{\text{air}} > \rho_{\text{udara}}$ ) maka air akan jatuh ke bawah sarang tawon (*filler/honeycomb*). Di dalam sarang tawon terjadi proses tumbukan antara air dengan udara sehingga terdapat proses memberi dan menerima dimana air memberi kalor dan massa kepada udara selanjutnya udara mengalami kenaikan suhu dan massa atau berubah menjadi uap air, lihat Gambar 1. Uap air kemudian di isap blower dan di buang ke lingkungan. Pelepasan uap air ini menimbulkan kerugian volume air, sebab yang diharapkan dibuang hanya udara panas saja. Peristiwa ini telah diantisipasi dengan menambahkan air (*make up water*) dari kolam air baku (*raw water pool*). Komponen utama menara air pendingin terdiri atas gantungan, motor listrik 3 fasa, *gear box*, *blade blower*, *drift eliminator*, pipa *sprinkel*, *flens* karet dan filter.

Bagian-bagian menara air pendingin yang perlu mendapatkan perawatan sistem mekanis antara lain memeriksa kesegaran pipa *sprinkel*, pipa distribusi utama, gantungan, *flens* karet, kekencangan *sprinkel*, penggantian minyak pelumas *gear box*, memantau pertumbuhan lumut yang terdapat di sekitar *platform* dan modul serta penggantian air kolam menara air pendingin secara berkala, sedangkan perawatan sistem elektriknya antara lain pembersihan modul kontrol motor PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PD01 AH01 pada panel

BHA/BHB/BHC ruang 501, pengukuran tahanan isolasi motor listrik dan lain sebagainya. Kegiatan perawatan tersebut dilakukan secara berkala.



Gambar 1. Skema sistem menara air pendingin<sup>[2]</sup>

**Penentuan arus beban nominal Switch disconnector**

Switch disconnector merupakan salah satu jenis peralatan sistem proteksi instalasi motor listrik yang bekerja secara otomatis dan digunakan untuk membatasi arus beban supaya tidak melebihi kapasitas daya yang tersedia<sup>[1]</sup>. Untuk menentukan besarnya kapasitas pengaman switch disconnector tersebut maka perlu diketahui arus beban nominal dan besaran listrik terpasang. Untuk menentukan arus nominal digunakan persamaan sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

Untuk beban 3 (tiga) fasa:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times \eta \times 380 \times \cos \varphi} \text{ (A) } \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

- In = arus nominal beban (A)
- P = daya beban (watt)
- η = efisiensi (estimasi 70 %)
- Cos φ = faktor daya = 0,8

**Penentuan rating arus pengaman**

Untuk menentukan rating arus pengaman yang memenuhi persyaratan digunakan persamaan<sup>[3]</sup>:

$$I_{fuse} \geq I_{nominal} \dots\dots\dots (2)$$

Persyaratan rating alat hubung atau kontaktor disesuaikan dengan rating daya beban dimana<sup>[3]</sup>:

$$P_{kontaktor} \geq P_{beban} \dots\dots\dots (3)$$

**Rele control Fasa (RCP) dan Rele switch 2NO-2NC**

Komponen sistem proteksi yang digunakan untuk mengamankan instalasi listrik akibat kehilangan salah satu fasa, kesalahan urutan fasa dan ketidakseimbangan beban antar ketiga fasa terlalu besar digunakan rele control fasa dan rele switch 2NO-2NC, lihat Gambar 2 dan 3 serta Tabel 1.<sup>[4]</sup>



Gambar 2. Rele control fasa



Gambar 3. Rele switch 2NO-2NC

Tabel 1. Spesifikasi Rele switch 2NO-2NC<sup>[4]</sup>

Uraian	Tegangan		
	230 (volt)	400 (volt)	690 (volt)
Ue (volt)	230 (volt)	400 (volt)	690 (volt)
PAC-3 (kW)	1,1	1,1	0,55
AC-15 (amp)	6	3	1
IEC/EN60947-5-1/50 Hz/60 Hz; GB14048.5/50 Hz Ie AC:12:20 A; Ui : 690 volt; 10 amp; 240 VAC Aux.cont.A600/P600; 75oC Cu wire only Made in Germany			

**TAHAPAN PELAKSANAAN**

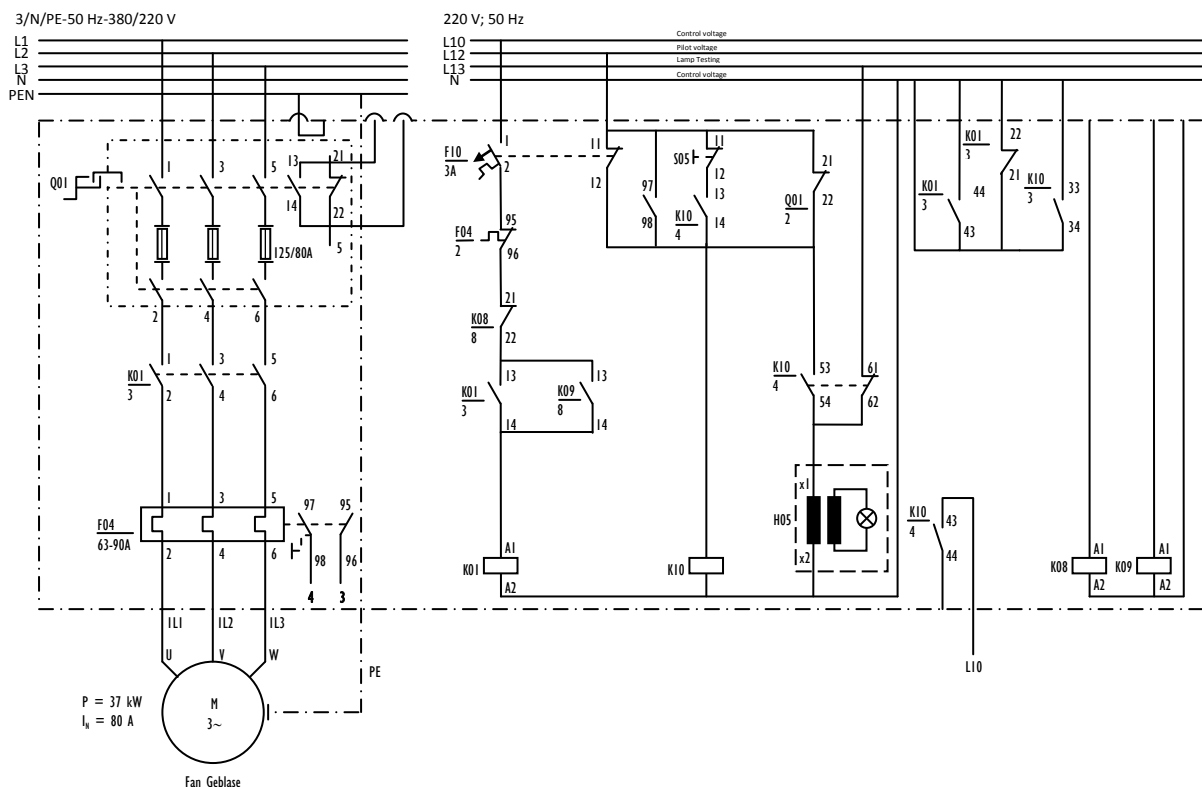
Tahapan pelaksanaan yang dilakukan pada kegiatan rancangan modifikasi sistem proteksi motor menara air pendingin reaktor RSG-GAS yaitu pengumpulan data primer berupa prosedur MRM *cooling tower*, prosedur perawatan komponen reaktor RSG-GAS, analisa unjuk kerja sistem proteksi RCP, rele 2NO-2NC, dan *switch selector* kemudian dilanjutkan dengan pembuatan rancangan

modifikasi rangkaian sistem proteksi dan penentuan arus beban nominal.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Sistem pengaman menara air pendingin reaktor RSG-GAS sebelum dimodifikasi**

Rangkaian sistem pengaman menara air pendingin sebelum dimodifikasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian sistem proteksi menara air pendingin sebelum dimodifikasi

**Cara kerja rangkaian:**

Rangkaian sistem proteksi menara air pendingin reaktor RSG-GAS sebelum dimodifikasi bekerja menggunakan suplai listrik PLN pada tegangan 3 fasa melalui kabel tray; tegangan 380 V/220 V; 50 Hz; 1 buah *switch disconnector* kapasitas 125 A/80 A; 1 buah *over load* kapasitas 63

A-90 A; 1 buah mcb kapasitas 3A; 13 buah rele; 1 buah lampu indikator 24 volt; 1 unit motor 3 fasa kapasitas 30 kW; In = 80 A, lihat Tabel 1.

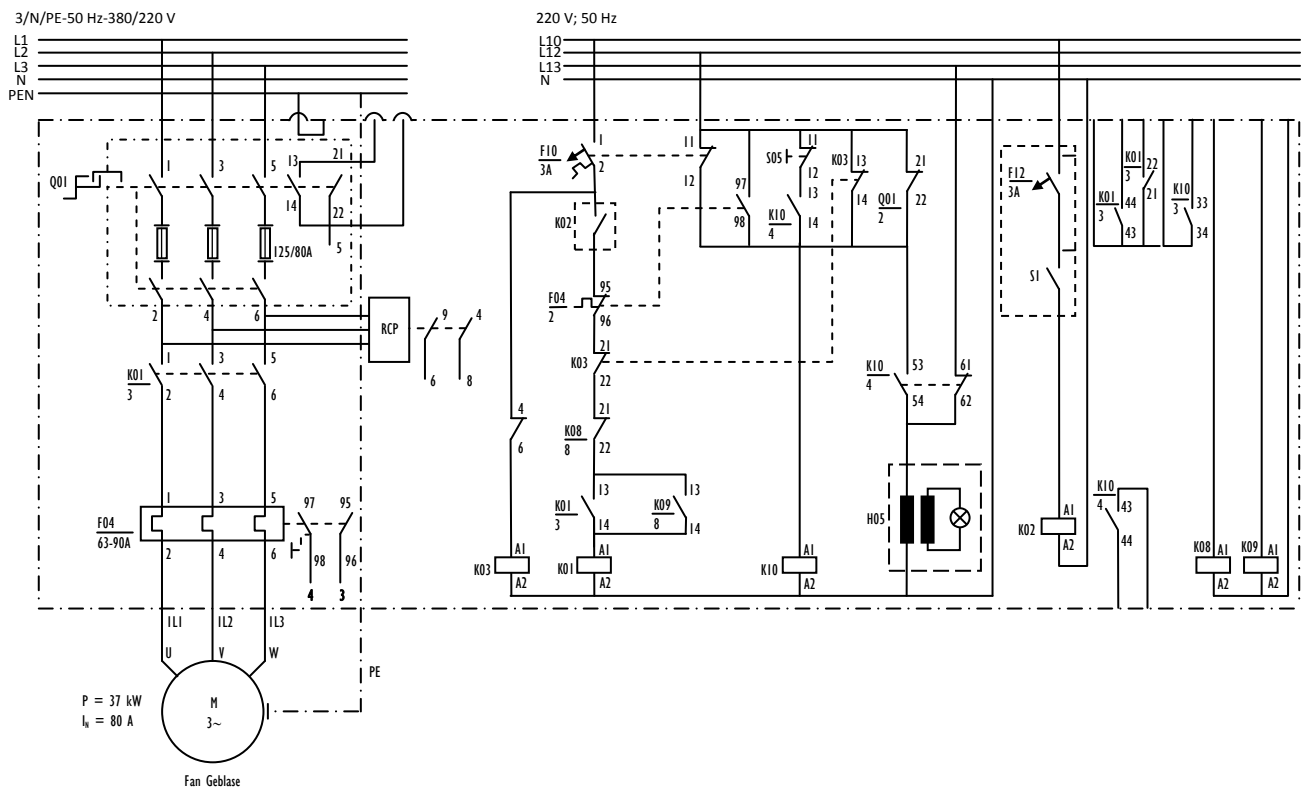
Salah satu urutan prosedur sebelum reaktor RSG-GAS dioperasikan adalah mengoperasikan sistem pendingin primer, sistem pendingin sekunder dan dilanjutkan dengan mengoperasikan menara air

pendingin. Menara air pendingin sekunder reaktor RSG-GAS dioperasikan dengan cara menekan tombol ON pada panel tegak PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PDO1 AH01 yang berada di RKU sehingga rele K09 dan K01 bekerja, *over load* F10, FO4 bekerja *Normaly Close* (NC) dan *Switch Disconnecter* bekerja pada tegangan 380 V, kondisi ini ditunjukkan oleh lampu indikator di panel tegak RKU menyala ON.

Untuk melaksanakan perawatan dan perbaikan menara air pendingin sekunder reaktor RSG-GAS hanya dapat dilakukan setelah reaktor RSG-GAS

dalam kondisi tidak beroperasi (*shutdown*) kemudian lanjutkan dengan pelepasan modul elektrik PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PDO1 AH01 yang berada di panel distribusi utama BHA/BHB/BHC ruang 501. Dengan demikian menara air pendingin reaktor RSG-GAS siap untuk dilakukan perawatan dan perbaikan. Pada kondisi seperti rele K09 tidak bekerja, *over load* F10, FO4 bekerja secara *Normaly Open* (NO), rele K08 dan K01 tidak bekerja dan *Switch Disconnecter* terlepas dari terminal tegangan 380 V sehingga lampu indikator di panel tegak RKU menyala OFF.

### Sistem pengaman *cooling tower* RSG-GAS setelah dimodifikasi



Gambar 5. Rangkaian sistem pengaman menara air pendingin setelah dimodifikasi

#### Cara kerja rangkaian:

Rangkaian sistem proteksi menara air pendingin reaktor RSG-GAS setelah dimodifikasi bekerja menggunakan suplai listrik PLN pada tegangan 3 fasa melalui kabel tray; tegangan 380 V/220 V; 50 Hz; 1 buah *switch disconnecter* kapasitas 125 A/80 A; 1 buah *over load* kapasitas 63 A-90 A; 1 buah

mcb kapasitas 3A; 19 buah rele; 1 buah lampu indikator 24 volt; 1 unit motor 3 fasa kapasitas 37 kW;  $I_n = 80$  A, 1 buah RCP 400 V; 50 Hz; RN2012-W29-1; 1 buah *switch selector*; rele *switch* 2NO-2NC. Spesifikasi komponen sistem proteksi sebelum dan setelah digunakan lihat Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi komponen sistem proteksi sebelum dan setelah dimodifikasi

Rangkaian sebelum dimodifikasi			Rangkaian setelah dimodifikasi		
Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
Switch Disconnecter	Q01; 125 A/80 A	1 buah	Switch Disconnecter	Q01; 125 A/80 A	1 buah
Over load	F04; 63 A-90 A	1 buah	<i>Over load</i>	F04; 63 A-90 A	1 buah
mcb	3 A	1 buah	mcb	3 A	1 buah
Rele	K01	4 buah	Rele	K01	5 buah
	K08	2 buah		K02	2 buah
	K09	2 buah		K03	3 buah
	K10	5 buah		K08	2 buah
			K09	2 buah	
			K10	5 buah	
Lampu indikator	H05; 24 volt	1 buah	Lampu indikator	H05; 24 volt	1 buah
Motor listrik	3 fasa; 37 kW	1 unit	Motor listrik	3 fasa; 37 kW	1 unit
			RCP	400 V; 50Hz-60Hz; RN2012-W29-1	1 buah
			<i>Switch selector</i>	220 V; 16 A	1 buah
			<i>Rele switch 2NO-2NC</i>	IEC/EN60947-5-1/50 Hz/60 Hz; GB14048.5/50 Hz Ie AC:12:20 A; Ui: 690 volt; 10 amp; 240 VAC Aux.cont.A600/P600; 75°C Cu wire only; Made in Germany	1 buah

Pada kondisi tidak dilakukan perawatan, *switch* S1 berada pada posisi terhubung (ON), sebaliknya pada kondisi dilakukan perawatan, *switch* S1 dalam posisi tidak terhubung (OFF). Modifikasi rancangan ini dilengkapi dengan 2 (dua) komponen sistem proteksi yaitu *rele control phasa* (RCP) dan *switch selector*. *Rele control phasa* dipasang pada jalur 3 fasa dan anak *switch*-nya dipasang pada jalur rangkaian kontrol sehingga apabila salah satu fasanya hilang akibat gangguan dari power suplai maupun karena fuse putus, RCP akan bekerja memutus rangkaian kontrol sehingga sistem mati (OFF). Sistem kontrol ini juga dilengkapi pengaman berupa relai K2 yang anak kontaknya dipasang pada rangkaian kontrol sehingga apabila *switch* S1 dimatikan maka relai K2 akan kehilangan suplai dan sistem akan mati pula, lihat Gambar 3. Saat beroperasi, kondisi F10 – ON; I04 – ON, tegangan 24 volt masuk ke rele K09, anak kontak 13-14 pada rele K09 menutup sehingga rele K01 mendapat tegangan jala-jala PLN sebesar 220 volt sehingga motor fan beroperasi. Apabila terdapat 2 *fuse* atau 3 *fuse* tidak bekerja maka motor fan tidak beroperasi walaupun sistem kontrol berada dalam kondisi ON.

Pada rancangan modifikasi rangkaian sistem proteksi ini ditambahkan komponen RCP dan selektor ON-OFF. Anak kontak komponen RCP dipasang seri dengan sistem kontrol menuju K01 sehingga apabila jalur 3 fasanya kehilangan salah satu atau lebih tegangan fasa maka kontak RCP 4-6 akan menutup dan rele K03 terminal 21-22 terbuka sehingga sistem kontrol tidak bekerja dan sekaligus memberi indikasi gangguan karena kontak 13-14 RCP menutup. Sedangkan *switch selector* S1 yang diletakkan secara terpisah dan berada pada panel lokal, dipasang dan difungsikan sebagai *switch selector* ON-OFF sistem. Apabila *switch selector* ini diposisikan OPEN maka rele K02 akan mati dan sistem kontrol tidak dapat dioperasikan dari RCU. Hal ini dibutuhkan pada saat motor fan sedang dilakukan perawatan dan perbaikan serta menjamin keselamatan petugas perawat yang sedang melakukan perawatan dan perbaikan sistem menara air pendingin reaktor RSG-GAS.

#### Penentuan arus beban nominal (In)

Pada rancangan modifikasi sistem proteksi menara air pendingin reaktor RSG-GAS ini

diketahui beban sebesar 30 kW (30.000 watt) yang diperoleh dari motor fan menara air pendingin. Dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh besarnya arus nominal yaitu:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times \eta \times 380 \times \cos \varphi} \quad (A)$$
$$= \frac{30.000 \text{ W}}{1,73 \times 0,7 \times 380 \times 0,8} = 100,5 \text{ A}$$

Nilai arus nominal dari hasil perhitungan tersebut di atas merupakan arus start awal sehingga diperlukan *switch disconnector* kapasitas 125A/80A.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil rancangan modifikasi sistem proteksi menara air pendingin reaktor RSG-GAS yaitu:

1. Rancangan sistem proteksi menara air pendingin reaktor RSG-GAS sebelum dimodifikasi masih memungkinkan timbulnya kecelakaan kerja apabila modul elektrik PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03; dan PDO1 AH01 yang berada di panel distribusi utama BHA/BHB/BHC ruang 501 tidak dilepas;
2. Sedangkan pada rancangan sistem proteksi menara air pendingin reaktor RSG-GAS yang telah dimodifikasi dapat menjamin kecelakaan kerja dapat dihindari karena selain modul elektrik PA01-AH01/02/03; PA02-AH01/02/03;

dan PDO1 AH01 yang berada di panel distribusi utama BHA/BHB/BHC ruang 501 telah dilepas juga terdapat komponen RCP yang berfungsi mengamankan instalasi listrik apabila terjadi kehilangan salah satu fasa, kesalahan urutan fasa dan ketidakseimbangan beban antar ketiga fasa serta *switch selector* yang memposisikan kondisi motor menara air pendingin pada posisi OFF;

3. Rancangan sistem proteksi menara air pendingin reaktor RSG-GAS yang telah dimodifikasi ini sudah siap untuk diimplementasikan;
4. Perlu disiapkan prosedur atau petunjuk teknis perawatan dan perbaikan menara air pendingin reaktor RSG-GAS

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANONYMOUS, ANSI Std, Over Current Protection Relay, C84.1-1989
- [2] SENTOT ALIBASYAH HARAHAP, Sistem Mekanik Reaktor RSG-GAS, Bahan Ajar Diklat Pelatihan Penyebaran Teknisi dan Supervisor Perawatan Reaktor RSG-GAS, 4 s/d 18 Maret 2013, Pusdiklat Batan, 2013
- [3] P. VAN HARTEN, E. SETIAWAN, Instalasi Listrik Arus Kuat 3, Cetakan kelima, Penerbit CV. Trimitra Mandiri, Pebruari 2002
- [4] ANONYMOUS, KATALOG PRODUK INDONESIA, SCHNEIDER ELECTRIC, 1999/2000