

**PEMASANGAN KAPASITOR BANK KAPASITAS 500 kVAr
PADA TRAIN A, B DAN C SISTEM LISTRIK GEDUNG RSG-GAS**

Teguh Sulisty, Kiswanto, Yuyut Suraniyanto, M. Taufik

ABSTRAK

PEMASANGAN KAPASITOR BANK KAPASITAS 500 kVAr PADA TRAIN A, B dan C SISTEM LISTRIK GEDUNG RSG-GAS. Dalam rangka menjaga agar nilai faktor daya tidak turun dari nilai yang diharapkan yaitu lebih besar dari 0,85 sehingga diharapkan tidak terkena biaya beban reaktif kVArh maka telah dilakukan pemasangan kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr pada masing-masing *train* A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC. Pemasangan kapasitor *bank* ini dilaksanakan melalui beberapa tahap kegiatan antara lain perhitungan kebutuhan kapasitas kapasitor *bank* masing-masing *train*, pembuatan gambar tata letak panel kapasitor *bank* di ruang 501 gedung bengkel, perakitan dan uji fungsi panel kapasitor *bank*. Dari hasil uji fungsi menunjukkan hasil pemasangan kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr yang meliputi *setting* awal panel kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr, pengujian beban secara manual-otomatis dan pengujian *alarm* berlangsung sesuai dengan waktu yang direncanakan dan sistem siap untuk dioperasikan secara handal.

Kata kunci : kapasitor *bank*

ABSTRACT

BANK CAPACITOR ASSEMBLY CAPACITY 500 kVAr ON TRAIN A, B AND C BUILDINGS ELECTRIC SYSTEM RSG GAS. In order to keep the power factor not get down from expected point which is greater of 0,85 so expected not strike reactive charges costs kVArh therefore was done capacitor assemblies bank capacity 500 kVAr on them train A, B and c busbar BHA'S i. main, BHB and BHC. Capacitor assembly bank this passes through severally activity phase for example capacity requirement count capacitor bank each train, layouts pictured makings capacitor pane bank at room 501 workshop buildings, assembler and capacitor pane function testing bank. Of function testing result points out to usufruct capacitor assembly bank capacity 500 kVAr who covers setting early capacitor pane bank capacity 500 kVAr, charges examination manually auto and examination alarm happen according to time which be plotted and system ready to being run by handle's ala.

Keyword: bank capacitor

PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik pada gedung RSG-GAS setiap bulannya dapat diketahui melalui kWh meter PLN atau rekening listrik yang mencantumkan kondisi blok Waktu Beban Puncak (WBP), Lewat Waktu Beban Puncak (LWBP), dan biaya kVArh, sehingga berdasarkan rekening listrik tersebut besarnya biaya pemakaian energi listrik setiap bulannya dapat diketahui.

Salah satu faktor penyebab besarnya biaya pemakaian energi listrik gedung RSG-GAS yaitu adanya penggunaan beban induktif yang cukup besar misalnya penggunaan motor pompa sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder, motor *cooling tower* dan lain sebagainya. Dampak dari besarnya penggunaan beban induktif ini dapat terlihat pada rekening listrik gedung RSG-GAS yaitu pada biaya beban reaktif kVArh dan menurunnya faktor daya ($\cos \phi$) kurang dari 0,85.

Upaya yang dapat dilaksanakan dalam mendukung program penghematan pemakaian energi listrik di lingkungan Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS), yaitu dengan cara pemasangan kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr pada masing-masing *train* A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC melalui beberapa tahap kegiatan antara lain perhitungan kapasitas kapasitor *bank* masing-masing *train*, pembuatan gambar tata letak panel kapasitor *bank* di ruang 501 gedung bengkel, penarikan kabel *incoming* dan *outgoing* dan uji fungsi panel kapasitor *bank*.

Tujuan pemasangan kapasitor *bank* ini antara lain untuk menjaga agar nilai faktor daya tidak turun dari nilai yang diharapkan yaitu lebih besar dari 0,85 sehingga tidak terkena biaya beban reaktif kVArh.

TEORI

Sebuah kapasitor dibuat dengan membentuk sepasang pelat logam yang dipisahkan oleh bahan pengisolasi

(dielektrik). Kemampuan sebuah kapasitor dalam menyimpan energi listrik dinyatakan dalam satuan pikofarad (pF) sampai farad (F). Jika sebuah kapasitor menerima tegangan melebihi nilai tegangan maksimumnya maka akan menyebabkan kerusakan permanen pada bagian terminal kapasitor sebagai akibat kerusakan dielektriknya. Dengan demikian tenaga listrik yang dapat disimpan oleh sebuah kapasitor memiliki keterbatasan.

Daya yang tersimpan di dalam sebuah kapasitor dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan :

$$p = v i \dots\dots\dots(1)$$

$$= C v \frac{dv}{dt} \text{ (W)}$$

$$i = C \frac{dv}{dt} \dots\dots\dots(2)$$

$$v = \frac{1}{C} \int i dt \dots\dots\dots(3)$$

$$v = \frac{q}{C} \dots\dots\dots(4)$$

$$q = C v \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

p = daya yang tersimpan di dalam sebuah kapasitor (watt)

q = muatan listrik (coulomb)

v = tegangan (volt)

C = kapasitor (Farad)

Kapasitor *bank* merupakan kumpulan dari unit-unit kapasitor yang terhubung paralel (*shunt*) yang mempunyai kemampuan mengkompensasi daya reaktif dan induktif secara statis tanpa menggunakan komponen bergerak seperti halnya motor sinkron.

Kapasitas kapasitor *bank* yang digunakan untuk mengkompensasi daya reaktif dan induktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} \dots\dots\dots(6)$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

S = daya semu (VA)

- P = daya nyata (watt)
- Q = daya reaktif (VAr)
- Cos φ = faktor daya

Untuk menghitung besarnya daya 1 fasa dan 3 fasa secara umum dituliskan dalam bentuk persamaan yaitu:

$$P_{1\phi} = VI.Cos\phi \dots\dots\dots(8)$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3}.V_{3\phi}.I.Cos\phi \dots\dots\dots(9)$$

Apabila efisiensi (η) peralatan diperhitungkan maka besarnya daya masing-masing fasa yaitu:

$$P_{1\phi} = VI_{ph}.\eta.Cos\phi \dots\dots\dots(10)$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3}.V_{3\phi}.\eta.I_{ph}.Cos\phi \dots\dots(11)$$

dengan:

η = efisiensi

I_{ph} = arus listrik (ampere)

METODA PELAKSANAAN

Metoda pelaksanaan pemasangan kapasitor bank kapasitas 500 kVAr pada masing-masing train A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC ini meliputi kegiatan perhitungan kebutuhan kapasitas kapasitor bank masing-masing train A, B dan C pada busbar utama I BHA, BHB dan BHC, pembuatan gambar tata letak panel kapasitor bank di ruang 501 gedung bengkel, pemilihan komponen dan bahan, perakitan dan uji fungsi.

HASIL

Hasil yang diperoleh dari pemasangan kapasitor bank kapasitas 500 kVAr pada

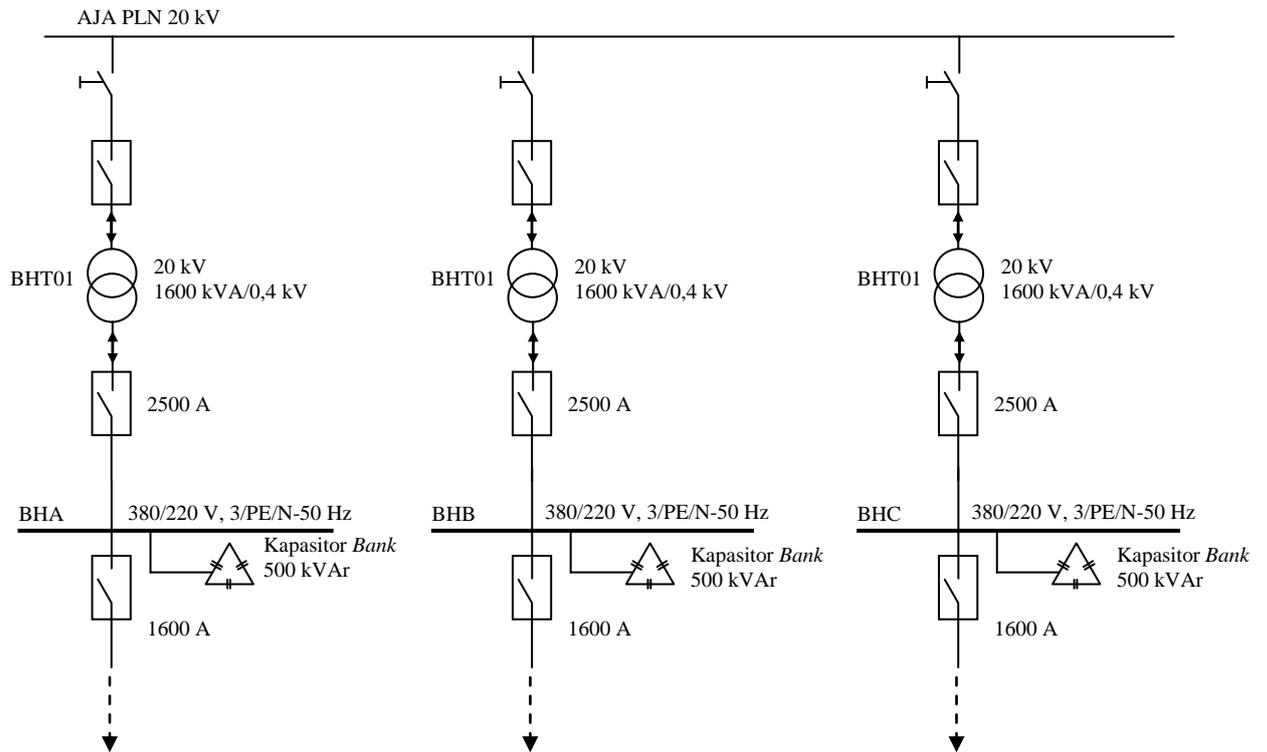
masing-masing train A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC ini meliputi hasil perhitungan kebutuhan kapasitas kapasitor bank masing-masing TRAIN A, B dan C pada busbar utama I BHA, BHB dan BHC, gambar tata letak panel kapasitor bank di ruang 501 gedung bengkel, pemilihan komponen dan bahan, perakitan dan hasil uji fungsi.

Hasil perhitungan kebutuhan kapasitas kapasitor bank

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan kapasitas kapasitor bank masing-masing train A, B dan C pada busbar utama I BHA, BHB dan BHC gedung RSG-GAS diperoleh sebesar 500 kVAr. Karena kapasitas kapasitor bank yang tersedia dipasaran terdiri dari beberapa jenis yaitu 5 kVAr, 10 kVAr, 15 kVAr, 20 kVAr, 25 kVAr, 30 kVAr, 40 kVAr, 50 kVAr, 60 kVAr, 75 kVAr dan 100 kVAr maka kapasitas kapasitor bank yang dipilih untuk digunakan pada train A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC gedung RSG-GAS yaitu 3 x 10 x 50 = 500 kVAr yang disusun dalam lemari panel.^[1]

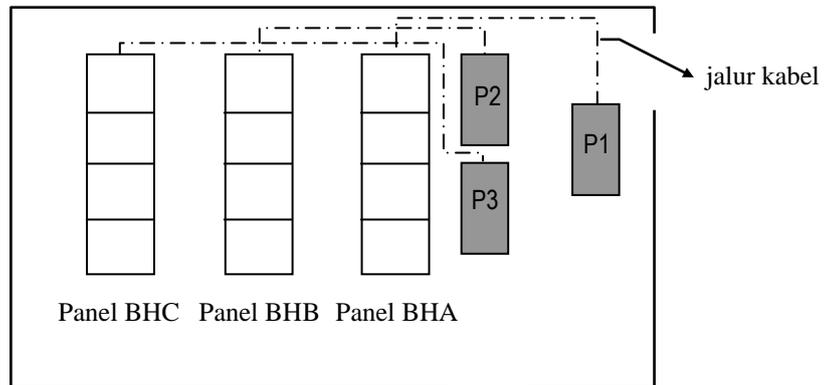
Gambar tata letak panel kapasitor bank di ruang 501 gedung bengkel

Pada Gambar 1, ditunjukkan gambar diagram satu garis sistem listrik gedung RSG-GAS dan rencana pemasangan kapasitas kapasitor bank kapasitas 500 kVAr pada train A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC.



Gambar 1. Diagram satu garis sistem kelistrikan gedung RSG-GAS

Sedangkan pada Gambar 2, ditunjukkan I BHA, BHB dan BHC yang berada di ruang tata letak pemasangan kapasitor *bank* 501 gedung bengkel melalui kabel yang kapasitas 500 kVAr pada panel busbar utama terpasang di bawah lantai.



Gambar 2. Tata letak panel kapasitor *bank* di ruang 501 gedung bengkel

Keterangan Gambar 2.

- P1 = panel kapasitor *bank* untuk panel BHA
- P2 = panel kapasitor *bank* untuk panel BHB
- P3 = panel kapasitor *bank* untuk panel BHC
- = jalur kabel kapasitor *bank*

Busbar utama I BHA memasok panel P1, busbar utama BHB memasok panel P2 dan busbar utama BHC memasok panel P3 kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr melalui jalur kabel bawah lantai pada tegangan 380 VAC.

Pemilihan bahan dan komponen

Untuk menghindari terjadinya gangguan pengoperasian kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr yang akan dipasang pada *train* A, B

dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC sebagai akibat tidak berfungsinya komponen-komponen elektronik maka pemilihan komponen dan bahannya harus memenuhi kriteria keselamatan dan mengacu pada Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

Spesifikasi komponen dan bahan kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr yang dipasang pada *train* A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

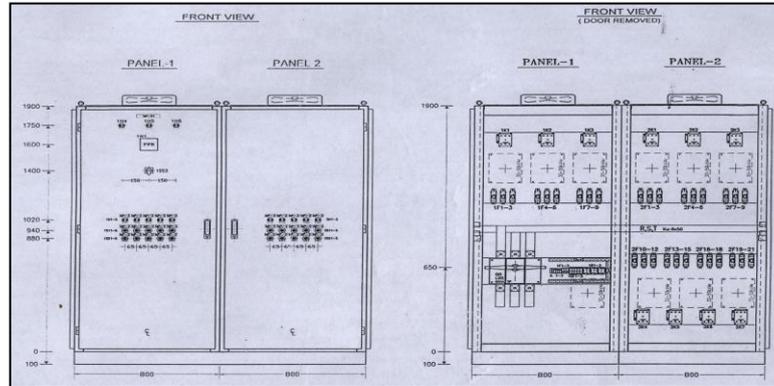
Tabel 1. Spesifikasi komponen dan bahan kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr

No	Komponen dan bahan	Type	Jumlah
1	Panel	Frestanding, 2000 mm x 1600 mm x 800 mm cream, RAL 7032, powder coating	3 unit
2	<i>Load Break Switch</i> (LBS)	SIRCO SOCOMEC, 3P 800 A	3 pcs
3	Kapasitor bank	ALPIVAR VCB 50415 Ex. France, 3P 50 kVAr, 400 V/415 V	3 x 10 pcs
4	Regulator daya	ALPIVAR ALPTEC-12, 12 step, 2CRRGE12	3 pcs
5	Kontaktor Magnet	TC TC1-D33, 3P LCI-EWK12, 33 A, 60 kVAr	3 x 10 pcs
6	Current transformer	TAB/EQUAL, 800/5 A	3 pcs
7	Selector switch	SALZER SA-16-33, 10 A, 3P, M-O-A	3 pcs
8	Lampu indikator	AXLE/EQUAL, 220 VAC, Red, Yellow, Green, ON	3, 10 pcs
9	<i>Pushbutton</i>	AXLE/EQUAL Ø 22 ON, OFF, 220 VAC, AXP-B125, 135, 145,155	3 x 20 pcs
10	MCB	DOMAE MG, 1P 6 A	3 x 4 pcs
11	<i>Fuse</i>	2 A	3 x 3 pcs
12	<i>Fuse puller</i>	CAMSCO	3 pcs
13	Kontrol relay	OMRON LY-4, 220 VAC + soket PTR 08AE	3 x 3 pcs
14	<i>Thermostat</i>	Type TH 10-60 WE/S	3 pcs
15	<i>Exhaust fan</i>	PANASONIC 25 TGU, 10", 220 VAC	3 x 2 unit
16	Busbar Tembaga	JAPAN, RST, 8 x 50 mm	3 x 1 lot

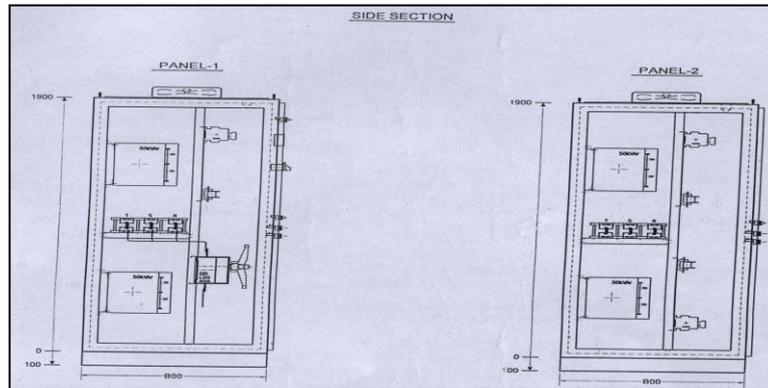
Perakitan

rangkaian kapasitor *bank*, rangkaian regulator dan rangkaian kontrol lainnya.

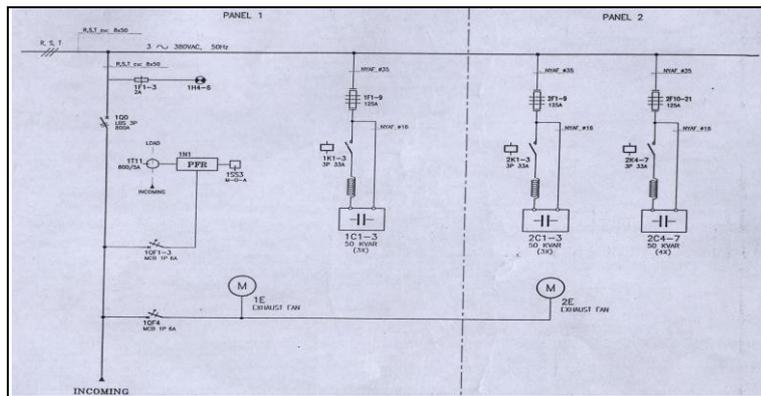
Perakitan panel kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr meliputi bagian konstruksi panel,



Gambar 3. Tampak depan konstruksi panel kapasitor *bank* 500 kVAr



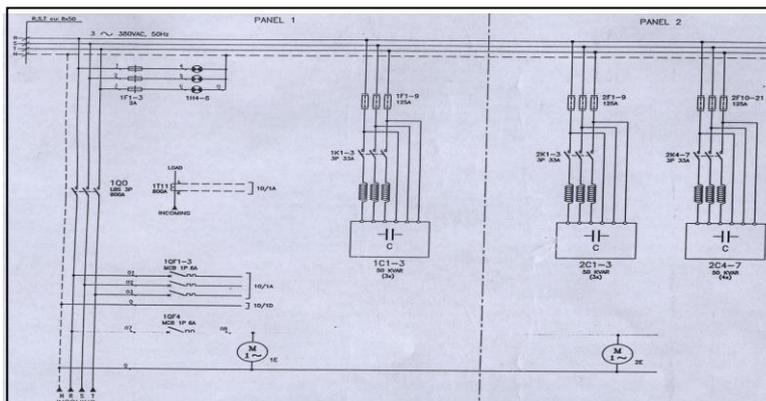
Gambar 4. Tampak samping konstruksi panel kapasitor *bank* 500 kVAr



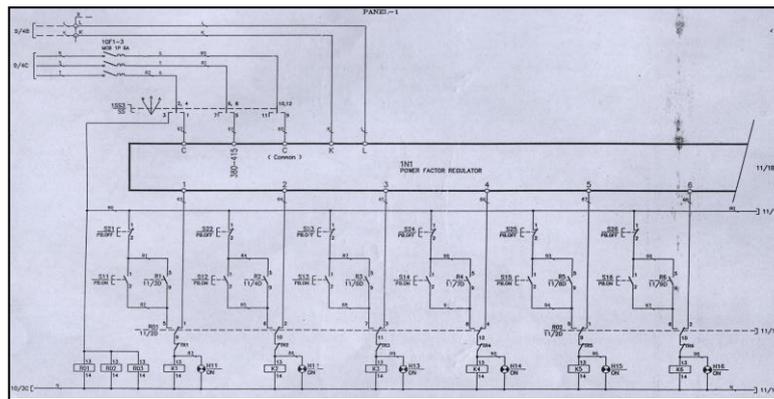
Gambar 5. Diagram satu garis sistem kelistrikan panel kapasitor bank 500 kVAr

Pada Gambar 5, kapasitor 1 fasa 1C1-3 sampai dengan 2C4-4 berfungsi mengatur besarnya $\cos \phi$ jaringan 1 fasa pada nilai yang dikehendaki (saat ini di-setting 0,98) melalui kontaktor K1-K10, sedangkan pada

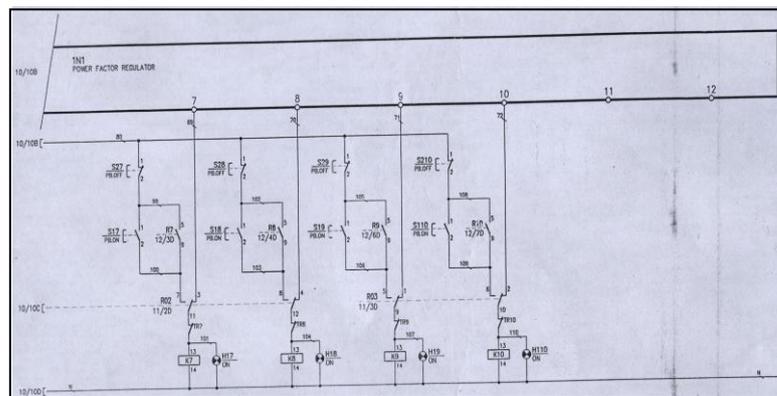
Gambar 6, kapasitor 3 fasa 1C1-3 sampai dengan 2C4-7 berfungsi mengatur besarnya $\cos \phi$ jaringan 3 fasa pada nilai yang dikehendaki (saat ini di-setting 0,98) melalui kontaktor K1-K10



Gambar 6. Diagram tiga garis sistem kelistrikan panel kapasitor bank 500 kVAr



Gambar 7. Diagram satu garis sistem kontrol *power factor* regulator



Gambar 8. Diagram satu garis sistem kontrol *power factor* regulator (lanjutan)

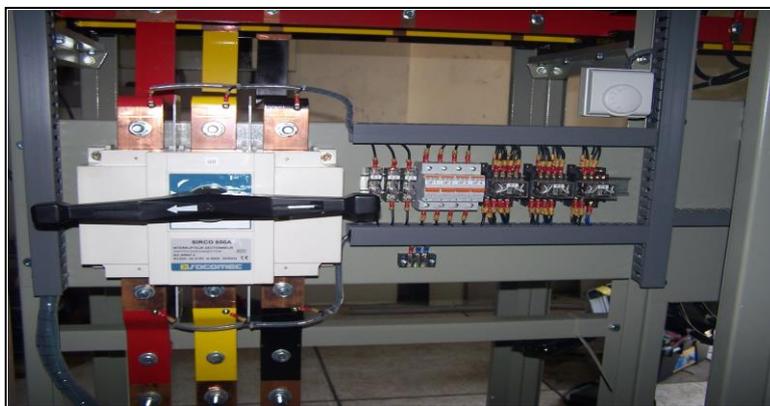
Pada Gambar 7 dan 8, ditunjukkan diagram satu garis sistem kontrol *power factor* regulator dimana terminal K dan L berfungsi untuk mengukur arus yang mengalir jaringan, terminal C dan C (*common*) berfungsi mengukur $\cos \phi$ jaringan 3 fasa yang terjadi pada terminal 1 sampai dengan 10 untuk diproses oleh *power factor* regulator dan selanjutnya memerintahkan kontaktor K1 sampai dengan K10 melalui terminal 1 sampai dengan 10 untuk ON.

Perintah untuk meng-ON-kan kontaktor K1 sampai dengan K10 melalui terminal 1 sampai dengan 10 ini disesuaikan dengan

kebutuhan $\cos \phi$ jaringan dan *setting* $\cos \phi$ awal pada *power factor* regulator. Selama *setting* $\cos \phi$ awal pada *power factor* regulator tidak sesuai dengan $\cos \phi$ jaringan maka perintah untuk meng-ON-kan *step* kapasitor *bank* akan terus berlangsung, sedangkan jika *setting* $\cos \phi$ awal pada *power factor* regulator sesuai dengan $\cos \phi$ jaringan maka perintah untuk meng-ON-kan *step* kapasitor *bank* akan berhenti (OFF) secara otomatis.



Gambar 9. Susunan kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr



Gambar 9. Susunan *load break switch* kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr



Gambar 10. Susunan *fuse* kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr



Gambar 10. Panel kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr

Uji fungsi

Uji fungsi panel kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr diutamakan pada *setting* awal pemrograman rangkaian regulator yang terdiri atas nilai *current transformer primary* (PO1), *smallest capacitor* (PO2), *capacitor voltage* (PO3), *reconnection time* (PO4),

sensitivity (PO5), *step coefficient* (PO6), pengujian beban manual-otomatis dan pengujian *alarm*. Hasil *setting* awal panel kapasitor bank 500 kVAr, pengujian beban secara manual-otomatis dan pengujian *alarm* seperti ditunjukkan pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 2. Hasil *setting* awal panel kapasitor *bank* kapasitas 500 kVAr

No	Set awal	Uraian	Nilai
1	PO1	<i>Current transformer primary</i>	4000 A
2	PO2	<i>Smallest capacitor</i>	50 kVAr
3	PO3	<i>Capacitor voltage</i>	400 VAC
4	PO4	<i>Reconnection time</i>	60 detik
5	PO5	<i>Sensitivity</i>	30 detik
6	PO6	<i>Step coefficient</i>	1 : 1
7	PO7	Cos (ϕ) phi	0,96

Pada Tabel 2, ditunjukkan hasil *setting* awal panel kapasitor bank kapasitas 500 kVAr meliputi *Current transformer primary* sebesar 4000 A, *Smallest capacitor* 50 kVAr,

Capacitor voltage 400 VAC, *Reconnection time* 60 detik, *Sensitivity* 30 detik, *Step coefficient* 1 berbanding 1 dan cos ϕ 0,96.

Tabel 3. Hasil pengujian beban secara manual-otomatis

No	Arus (A)	Tegangan (V)	Cos (ϕ)	Beban Reaktif (kVAr)
1	108	401	0,98	50
2	109	402	0,98	50
3	108	402	0,98	50
4	108	402	0,98	50
5	108	402	0,98	50
6	107	402	0,98	50
7	107	402	0,98	50
8	107	402	0,98	50
9	107	402	0,98	50
10	108	403	0,98	50

Pada Tabel 3, ditunjukkan hasil pengujian beban secara manual-otomatis meliputi arus, tegangan, cos ϕ dan kapasitor pada beban reaktif diperoleh rata-rata 107 A, 401 V, 0,98 dan 50 kVAr.

Tabel 4. Hasil pengujian alarm

No	Kode	Alarm	Hasil
1	A01	Kekurangan kompensasi (<i>under compensation</i>)	Berfungsi baik
2	A02	Kelebihan kompensasi (<i>over compensation</i>)	Berfungsi baik
3	A03	Arus terukur terlalu rendah (<i>low current</i>)	Berfungsi baik
4	A04	Arus terukur terlalu tinggi (<i>high current</i>)	Berfungsi baik
5	A05	Tegangan jaringan terlalu rendah (<i>low voltage</i>)	Berfungsi baik
6	A06	Tegangan jaringan terlalu tinggi (<i>high voltage</i>)	Berfungsi baik
7	A07	Kapasitor kelebihan arus (<i>capacitor over load</i>)	Berfungsi baik
8	A08	Temperatur terlalu tinggi (<i>over temperature</i>)	Berfungsi baik
9	A09	Tidak ada tegangan (<i>no-voltage realease</i>)	Berfungsi baik

Sedangkan hasil pengujian alarm yang meliputi kondisi kekurangan kompensasi (*under compensation*) A01, kelebihan kompensasi (*over compensation*) A02, arus terukur terlalu rendah (*low current*) A03, arus terukur terlalu tinggi (*high current*) A04, tegangan jaringan terlalu rendah (*low voltage*) A05, tegangan jaringan terlalu tinggi (*high voltage*) A06, kapasitor kelebihan arus (*capacitor over load*) A07, temperatur terlalu tinggi (*over temperature*) A08 dan kondisi tidak ada tegangan (*no-voltage realease*) A09 semuanya berfungsi baik.

KESIMPULAN

Dengan selesainya pemasangan kapasitor bank kapasitas 500 kVAr pada TRAIN A, B dan C busbar utama I BHA, BHB dan BHC ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemasangan kapasitor bank kapasitas 500 kVAr ini memenuhi kebutuhan sistem kelistrikan gedung RSG untuk menjaga nilai faktor daya tidak kurang dari nilai 0,85 sehingga dapat menghindari adanya biaya beban reaktif kVArh karena nilai faktor daya lebih besar dari nilai 0,85

2. Dari hasil uji fungsi menunjukkan hasil *setting* awal panel kapasitor bank kapasitas 500 kVAr, pengujian beban secara manual-otomatis dan pengujian *alarm* berfungsi dengan baik dan siap untuk dioperasikan secara handal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Interatom, GmBH, *Electrical Safety Analysis Report* of MPR-30
2. Anonymous, *Electrical Safety Analysis Report* of MPR-30, Interatom, GmBH
3. Anonymous, GmBH, *Electrical Component* of MPR-30, Interatom, GmBH
4. Teguh S, dkk, *Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Daya Pada Sistem Kelistrikan Gedung RSG-GAS*, REAKTOR Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, ISSN 0216-2695 Vol. IV, No. 1 April 2007
5. Kiswaanto, Teguh Sulisty, *Perhitungan kVAr Pada Train A, B dan C Sistem Kelistrikan RSG-GAS*, REAKTOR Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, ISSN 0216-2695 Vol. IV, No. 1 Oktober 2007
6. Yan Bony M, *Modifikasi Sistem listrik RSG-GAS Menjelang 20 Tahun Operasi*, REAKTOR Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, ISSN 0216-2695 Vol. III, No. 2 Oktober 2007
7. Kiswanto, *Perawatan dan Peningkatan Keandalan Sistem Elektrik*, Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tahun 2005, Serpong 2006