

KAJIAN PERBAIKAN COS PHI MOTOR-POMPA SEKUNDER PA02 AP001 RSG-GAS

Yan Bony Marsahala

ABSTRAK

Telah dilakukan kajian perbaikan cos phi motor-pompa sekunder PA02 AP001 RSG-GAS. Alasan dilakukannya perbaikan cos phi tersebut karena keterbatasan daya tersedia akibat modifikasi sistem listrik RSG-GAS, sehingga upaya menekan arus beban merupakan salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mengoptimalkan penggunaan daya. Cos phi menjadi salah satu parameter yang dominan menentukan efisiensi penggunaan energi listrik, sehingga dapat menekan biaya pemakaian, dan dapat pula memperlambat proses penuaan motor, maupun kabel. Untuk beban sama, arus yang diserap berbanding terbalik dengan harga cos phi. Pada awalnya Cos phi pompa didesain pada harga 0.80, namun dari hasil pengukuran diperoleh harga rata-rata cos phi adalah 0.59, terjadi penurunan sebesar 0.21 yang mengakibatkan daya yang diserap oleh motor-pompa semakin besar pula. Harga Cos phi dapat dinaikkan dengan memberikan beban kapasitif yang ditempatkan paralel pada panel lokal pompa. Dengan asumsi Cos phi dapat dikoreksi hingga 0.85, akan diperoleh efisiensi tertinggi teknis, sehingga arus beban dapat ditekan menjadi 30.59 % dari arus sebelumnya. Kapasitor yang disarankan adalah capacitor bank 3 fasa, 50 Hz, dengan KVAR disesuaikan dengan kebutuhan.

Kata kunci: motor-pompa, cos phi

ABSTRACT

Study for the secondary motor-pump PA02 AP001 RSG-GAS power factor correction already done. The reason to improve this power factor correction due to the limitation of power availability as the result of system modification, so that the decreasing load current become one of task which is give the reach of optimized using power. The power factor is one of dominant factor for efficiency of using energy in order to reduce bill rate, and aging process of motor and cables. For the same load, the current consume is inverse ratio to value of power factor. At first, pump power factor designed for 0.80, but now by the result measures give average power factor value are 0.59, so have the reducing value 0.21. The reducing value of power factor, caused the power consume which absorb by motor-pump going rise up. The power factor could be rising up by given the capacitive load which is installed parallel to local panel of pump. By assumption that power factor can be correction at least up to 0.85, give the technically higher efficiency, so that, the load current can be decreased become 30.59% of load current before. The suggestions capacitors are the 3 phase's capacitor bank, 50 Hz, with KVAR according to the requirements.

Keyword: motor-pump, power factor

PENDAHULUAN

Faktor daya atau sering disebut sebagai cos phi, menjadi salah satu parameter yang dominan menentukan efisiensi penggunaan energi listrik, sehingga dapat menekan biaya pemakaian, dan dapat pula memperlambat proses penuaan motor, maupun kabel. Rendahnya harga cos phi di lingkungan RSG-GAS seiring dengan modifikasi dan bertambahnya beberapa peralatan yang mungkin membangkitkan arus harmonik. Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada beberapa titik-titik pengukuran diperoleh bahwa motor yang digunakan untuk memutar pompa pada sistem pendingin sekunder memiliki faktor daya pada kisaran harga 0.59. Melihat pada angka tersebut, menunjukkan bahwa secara umum Cos phi beban yang dimiliki oleh

sistem listrik RSG-GAS pada umumnya berada pada tingkat harga yang rendah. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk menaikkan cos phi tersebut hingga mencapai suatu tingkat ekonomis (katakanlah 0.85), adalah dengan memberikan beban kapasitif berupa *capasitor bank* yang pemasangannya dapat diletakkan pada titik-titik pusat beban seperti pompa sekunder, pompa primer, sistem ventilasi, sistem menara pendingin, penerangan, dan lain sebagainya. Namun pemasangan kapasitor dimaksud memerlukan investasi yang tidak sedikit, yaitu biaya yang diperlukan untuk pengadaan kapasitor, biaya konstruksi dan perawatannya.

Pada kesempatan ini, dipilih salah satu beban yang memberikan faktor daya rendah pada sistem yaitu pompa sekunder. Dari tiga unit pompa sekunder, kajian akan dilakukan pada pompa

sekunder PA02 AP001 yang suplai dayanya dipasang dari busbar BHB. Untuk jangka pendek, pemasangan kapasitor tersebut mungkin tidak ekonomis, namun untuk jangka panjang, selain menekan biaya pemakaian listrik, juga dapat menghambat proses penuaan peralatan listrik, maka perlu pengkajian mendalam untuk mengetahui sejauh mana pemasangan kapasitor tersebut dapat bermanfaat. Untuk itu dilakukan perhitungan arus beban dari dua kondisi, yaitu kondisi arus beban tanpa kapasitor (sekarang), dan kondisi arus beban dengan asumsi penggunaan kapasitor.

Selisih arus beban tanpa kapasitor dikurangi arus beban dengan pemasangan kapasitor merupakan efisiensi pemakaian daya yang dapat dianalogikan dengan biaya pemakaian. Selisih arus beban tersebut merupakan hasil dari perbaikan Cos phi motor-pompa dimaksud.

TEORI

Pengaruh perubahan Cos phi pada sistem listrik dapat diterangkan melalui penjelasan seperti pada Gambar 1 yang memperlihatkan tiga bagian daya listrik, terdiri atas:

- KW (Kilo Watt), adalah daya resistif oleh beban resistif, R
- KVAR (Kilo Volt Amper Reaktif), adalah daya reaktif bersama oleh beban induktif X_L dan beban kapasitif X_C
- KVA (Kilo Volt Amper), adalah daya aktif hasil resultante daya resistif dan daya reaktif.

Gambaran atas ke tiga jenis daya listrik dimaksud, disebut dengan *segitiga daya*. Dari gambar segitiga daya tersebut, dapat dilihat bahwa perubahan $Cos \varphi$ akan mempengaruhi besaran harga KVAR.

Harga $Cos \varphi$ maksimum diperoleh pada saat $\varphi = 0^\circ$, sehingga $KVA = KW$, yang artinya adalah semua beban sistem terdiri atas beban resistif (R) murni. Pada kondisi ini, pembacaan KWH meter sesuai dengan pemakaian daya aktual (sebenarnya). Namun perlu dicatat bahwa kondisi seperti ini tidak akan pernah dicapai. Bila sudut φ semakin besar ($Cos \varphi$ semakin kecil), maka pembacaan KWH meter lebih besar dibandingkan dengan pemakaian daya aktual, artinya beban menarik arus lebih besar. Pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa $\varphi_1 > \varphi_2$ sehingga $cos \varphi_1 < cos \varphi_2$. Pada segitiga digambarkan $KVAR_1 > KVAR_2$ dimana KVAR merupakan beban reaktif masing-masing dari dua kondisi tersebut. Untuk beban sama (KW sama besar), dapat dilihat bahwa KVA_1 menjadi lebih besar dari KVA_2 , artinya arus yang diserap oleh beban P pada kondisi $cos \varphi_1$ menjadi lebih besar dibandingkan arus yang diserap pada kondisi $cos \varphi_2$ seperti dijelaskan pada persamaan berikut.

$$P_1 = V_1 I_1 \cos \varphi_1 \text{ (KVA}_1\text{) dan}$$

$$P_2 = V_2 I_2 \cos \varphi_2 \text{ (KVA}_2\text{)}$$

Diketahui bahwa:

$$P_1 = P_2 \text{ (beban sama)}$$

$$V_1 = V_2 \text{ (tegangan kerja sama besar)}$$

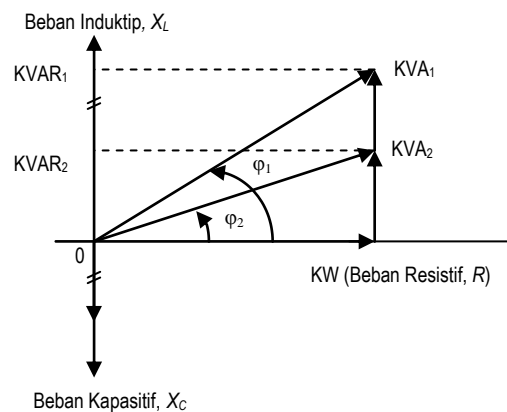
Sehingga:

$$V_1 I_1 \cos \varphi_1 = V_2 I_2 \cos \varphi_2$$

$$I_1 \cos \varphi_1 = I_2 \cos \varphi_2 \text{ atau}$$

$$I_1 : I_2 = \cos \varphi_2 : \cos \varphi_1$$

Dari penjelasan terdahulu diketahui bahwa $\cos \varphi_2 > \cos \varphi_1$. Dengan demikian berdasarkan penjelasan tersebut, agar perbandingan arus terhadap $\cos \varphi$ di atas dipenuhi maka harga I_1 haruslah lebih besar dari harga arus I_2 . Untuk mendapatkan $\cos \varphi_2$ maka ditambahkan beban reaktif negatif KVARc yang dapat diperoleh dari beban kapasitif kapasitor.



Gambar 1. Pengaruh perubahan cos phi terhadap KVA.

METODOLOGI

Pemakaian daya listrik oleh motor-pompa PA02 AP001 merupakan daya tiga fasa yang dinyatakan dalam persamaan:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi, \dots\dots\dots 1)$$

dimana:

V = merupakan tegangan fasa-fasa,

I = arus yang diukur, dan

$\cos \varphi$ = faktor daya.

Dari persamaan 1) di atas diperoleh bahwa besarnya arus yang dikonsumsi oleh motor, adalah:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \dots\dots\dots 2)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} \times \frac{1}{\cos \varphi} \dots\dots\dots 3)$$

$$I = \frac{C}{\cos \varphi}, \text{ C = konstanta}$$

Sehingga:

$$I \propto \frac{1}{\cos \varphi} \dots\dots\dots 4)$$

Dari persamaan 2) dapat dilihat bahwa untuk beban yang sama (beban listrik tetap) dan tegangan V yang sama, maka arus I dipengaruhi oleh $\cos \varphi$. Dengan

kata lain arus I berbanding terbalik dengan harga $\cos \phi$, seperti persamaan 4). Dengan demikian bila $\cos \phi$ bertambah besar maka harga arus I yang diserap motor-pompa akan semakin kecil, dan hal ini menunjukkan bahwa pemakaian daya terukur semakin kecil pula walaupun beban yang digunakan sama (misalnya motor pompa sekunder tetap).

Bila faktor daya sebelum pemasangan kapasitor adalah $\cos \phi_1$ dan faktor daya sesudah pemasangan kapasitor menjadi $\cos \phi_2$, maka besar arus yang diserap oleh motor dapat dihitung menggunakan persamaan 1) sebagai berikut:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \phi_1$$

$$P_2 = \sqrt{3} \cdot V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi_2$$

karena:

$$P_1 = P_2 \text{ (menggunakan beban yang sama)}$$

$$V_1 = V_2 \text{ (tegangan sama, menggunakan jaringan yang sama)}$$

sehingga:

$$\sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \phi_1 = \sqrt{3} \cdot V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi_2$$

$$I_1 \cdot \cos \phi_1 = I_2 \cdot \cos \phi_2$$

diperoleh:

$$I_2 = \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} \times I_1 \dots\dots\dots 5)$$

dimana:

- $\cos \phi_1$ = faktor daya sebelum pemasangan kapasitor,
- $\cos \phi_2$ = faktor daya setelah pemasangan kapasitor,
- I_1 = arus yang diserap motor-pompa sebelum pemasangan kapasitor
- I_2 = arus yang diserap motor-pompa setelah pemasangan kapasitor.

Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa $\cos \phi$ rata-rata beban pompa sekunder PA02 AP001 adalah sebesar 0.59. Bila $\cos \phi$ dinaikkan ke tingkat 0.85,

maka arus yang diserap oleh pompa setelah pemasangan kapasitor dapat dihitung menggunakan persamaan 4), yaitu:

$$I_2 = \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} \times I_1$$

$$I_2 = \frac{0.74}{0.85} \times I_1$$

$$I_2 = 0.87 I_1$$

Bila direncanakan bahwa $\cos \phi$ motor-pompa akan dinaikkan ke tingkat harga yang lebih tinggi, maka arus yang diserap oleh motor-pompa pada $\cos \phi$ tersebut masing-masing menjadi seperti Tabel 1, dan ini merupakan arus yang mengalir pada KWH Meter sebagai kontribusi motor-pompa.

Teknis Pemasangan Kapasitor.

Gambaran sederhana dari teknik pemasangan kapasitor yang dipasang paralel dengan sumber catu daya, dapat dilakukan seperti pada Gambar 2.

Untuk memudahkan pemahaman analisis, koreksi $\cos \phi$ listrik ini dilakukan dengan metoda berikut:

1. Menentukan titik-titik pengukuran $\cos \phi$ pada panel daya pompa sekunder PA02 AP001 yang terdapat pada jalur distribusi B.
2. Melakukan pengukuran $\cos \phi$ pada titik-titik yang ditentukan dan menghitung $\cos \phi$ rata-rata sistem.
3. Menghitung besarnya daya kapasitor yang diperlukan untuk menaikkan $\cos \phi$ menjadi 0.79 s/d 0.95
4. Merumuskan penghematan biaya pemakaian.

Tabel 1. Arus motor setelah koreksi $\cos \phi$ berbanding arus sebelumnya.

No.	Kondisi awal		Kondisi setelah koreksi		Efisiensi
	Cos phi	Arus motor	Cos phi	Arus motor	
1	0.59	I_1	0.79	0.7468 I_1	25.32%
2	0.59	I_1	0.80	0.7375 I_1	26.25%
3	0.59	I_1	0.81	0.7284 I_1	27.16%
4	0.59	I_1	0.82	0.7195 I_1	28.05%
5	0.59	I_1	0.83	0.7108 I_1	28.92%
6	0.59	I_1	0.84	0.7024 I_1	28.92%
7	0.59	I_1	0.85	0.6941 I_1	30.59%
8	0.59	I_1	0.86	0.6860 I_1	31.40%
9	0.59	I_1	0.87	0.6782 I_1	32.18%
10	0.59	I_1	0.88	0.6705 I_1	32.95%
11	0.59	I_1	0.89	0.6629 I_1	33.71%
12	0.59	I_1	0.90	0.6556 I_1	34.44%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Titik-titik pengukuran

Pengukuran cos phi motor-pompa dilakukan pada dua titik terpisah, titik pengukuran 1 ditentukan pada panel distribusi primer BHB, dan titik pengukuran kedua dilakukan pada lokal panel motor-pompa berada. Tujuan pemilihan dua titik terpisah adalah untuk melihat apakah terjadi perbedaan cos phi.

Pengukuran Cos phi.

Titik-titik pengukuran pada Panel BHB adalah: Saluran keluar menuju pompa sekunder PA02

AP001 pada busbar BHB

Titik-titik pengukuran pada pusat beban adalah: Lokal panel operasi motor-pompa sekunder PA02 AP001.

Hasil pengukuran cos phi pada titik pengukuran yang ditentukan dapat dilihat pada Tabel 2.

Cos phi rata-rata.

Cos phi motor-pompa PA02 AP001 dari hasil rata-rata pengukuran yang diperoleh pada titik pengukuran 1 dan titik pengukuran 2 adalah 0.59. Selanjutnya harga cos phi tersebut akan digunakan sebagai parameter untuk keperluan perhitungan.

Tabel 2. Hasil pengukuran cos phi motor-pompa PA02 AP001.

No.	Titik Pengukuran	Diskripsi Beban Terpasang	Daya Terpasang (kW)	Cos phi (Cosφ)
1	Saluran keluar BHB	Busbar BHB, dan Outgoing to PA02 AP001	220	0.58
				0.60
				0.58
				0.59
				0.59
2	Panel lokal motor	Motor-pompa	220	0.60
				0.59
				0.59
				0.59
				0.58
Hasil rata-rata pengukuran				0.59

Analisis Motor-Pompa

Daya terpasang : 220 KW; 3 phasa; 380 V; 50 Hz.

Daya terpasang = KVA – KVAR

dimana:

KVA = f (Cosφ), adalah daya terpakai.

KVAR = f (Sin φ), adalah daya semu (khayal).

Daya terpakai = daya terpasang diperoleh bila Cos φ = 1, akan memberikan nilai Sin φ = 0, akibatnya daya semu KVAR = 0. Pada kondisi Cos φ = 0.59, maka

$$Dayaterpakai = \frac{Dayaterpasang}{faktordaya}$$

$$KVA = \frac{KW}{Cos\phi} = \frac{220}{0.59} = 372.88 \dots\dots\dots 6)$$

Daya Kapasitor Diperlukan.

Daya kapasitor yang diperlukan untuk menaikkan cos phi dari Cos φ₁ menjadi Cos φ₂ dinyatakan dalam satuan KVAR (Kilo Volt Amper Reaktif). Daya reaktif ini diperlukan sistem untuk memkompensir daya reaktif induktip oleh beban-beban induktip, seperti dijelaskan pada Gambar 1.

Besarnya daya kapasitor yang diperlukan dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$P_c = (tan \phi_2 - tan \phi_1) P_w \dots\dots\dots 7)$$

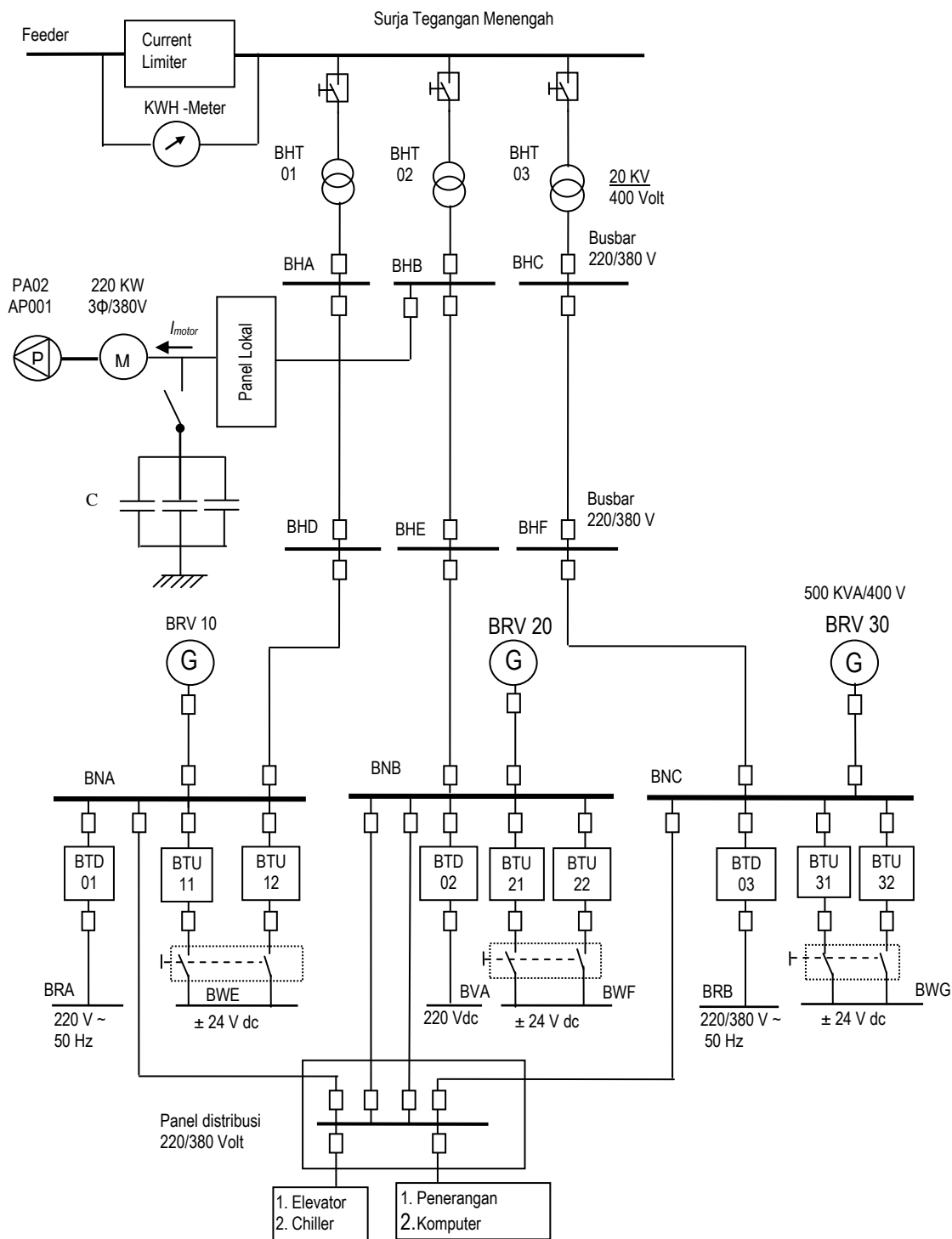
dimana :

P_c = daya reaktif kapasitor yang diperlukan,

P_w = daya terpakai.

Cos φ₂ = faktor daya yang diinginkan.

Cos φ₁ = faktor daya sekarang.



Gambar 2. Skematik Diagram Sistem Listrik RSG-GAS

Contoh perhitungan:

- Untuk $\cos \phi_1 = 0.59$, maka $\phi_1 = 53.84^\circ$, dan $\tan \phi_1 = 1.3683$
- Untuk $\cos \phi_2 = 0.85$, maka $\phi_2 = 31.78^\circ$, dan

$$\tan \phi_2 = 0.6195$$

Daya reaktif kapasitor diperlukan,

$$P_c = (\tan \phi_2 - \tan \phi_1) P_w$$

$$= (0.6195 - 1.3683) = -0.7488 P_w$$

Jadi dengan asumsi cos phi dinaikkan menjadi 0.85, maka daya kondensator yang diperlukan adalah $P_c = -0.7488 P_w$. Bila daya diperlukan motor-pompa adalah 220 KW ($\cos \phi = 0.59$), maka untuk menaikkan faktor daya menjadi 0.85 diperlukan daya kondensator sebesar:

$$P_c = -0.7488 P_w = -0.7488 \times 220 = -164.73 \text{ (KVAR)}$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung daya capacitor untuk kenaikan cos phi pada tingkat lainnya seperti pada Tabel 3. Harga P_c adalah besaran vector, dengan arah vertikal pada sumbu khayal negatif. Harga P_c pada cos phi 0.85 ditunjukkan seperti pada segitiga daya Gambar 3.

Pada segitiga daya di atas, dengan penambahan daya reaktif kapasitif P_c sebesar 164.73 KVAR, maka daya reaktif induktif P_i (sumbu khayal positif) berubah menjadi $(187.00 - 164.73) = 12.89$ KVAR, dan harga inilah yang menjadi $KVAR_2$.

Perubahan KVAR tersebut memberikan perubahan pada KVA seperti berikut.

$$\begin{aligned} KVA_2 &= \sqrt{(KW)^2 + (KVAR_2)^2} \\ &= \sqrt{(220)^2 + (12.89)^2} \\ &= \sqrt{48400 + 166.152} = \sqrt{48233.848} \\ KVA_2 &= 219.62 \end{aligned}$$

Dari persamaan 5) didapat daya terpakai sebelum koreksi faktor daya, $KVA = 372.88$. Pada beban sama 220 KW, bila dilakukan perubahan Cos phi dari 0.59 menjadi 0.85, maka diperoleh penurunan daya $372.88 - 219.62 = 153.26$ KVA.

Tabel 3: Daya kapasitor diperlukan.

No.	Kondisi Terpasang			Koreksi				Daya kapasitor diperlukan	
	Cos ϕ_1	ϕ_1	$\tan \phi_1$	Cos ϕ_2	ϕ_2	$\tan \phi_2$	$\tan \phi_2 - \tan \phi_1$	P_c	KVAR
1	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.79	37.81 ⁰	0.7759	-0.5924	-0.5924 P_w	-130.328
2	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.80	36.86 ⁰	0.7497	-0.6186	-0.6186 P_w	-136.092
3	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.81	35.90 ⁰	0.7238	-0.6445	-0.6445 P_w	-141.79
4	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.82	34.92 ⁰	0.6981	-0.6702	-0.6702 P_w	-147.444
5	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.83	33.90 ⁰	0.6719	-0.6964	-0.6964 P_w	-153.208
6	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.84	32.85 ⁰	0.6457	-0.7226	-0.7226 P_w	-158.972
7	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.85	31.78 ⁰	0.6195	-0.7488	-0.7488 P_w	-164.736
8	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.86	30.68 ⁰	0.5932	-0.7751	-0.7751 P_w	-170.522
9	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.87	29.54 ⁰	0.5666	-0.8017	-0.8017 P_w	-176.374
10	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.88	28.35 ⁰	0.5395	-0.8288	-0.8288 P_w	-182.336
11	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.89	27.12 ⁰	0.5121	-0.8562	-0.8562 P_w	-188.364
12	0.59	53.84 ⁰	1.3683	0.90	25.84 ⁰	0.4842	-0.8841	-0.8841 P_w	-194.502

Investasi Versus Efisiensi Biaya Pemakaian.

Dari hasil pengukuran cos phi di atas, maka dilakukan perhitungan arus beban dengan menggunakan persamaan 4). Bila Cos phi dinaikkan dari 0.59 menjadi 0.85, maka perbandingan arus beban yang diserap oleh motor-pompa sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor adalah:

$$I_2 = \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} \times I_1$$

$$I_2 = \frac{0.59}{0.85} \times I_1$$

$$I_2 = 0.6941 I_1 \rightarrow I_2 = 69.41\% I_1$$

Dengan kata lain, bahwa arus beban yang dibaca oleh KWH Meter dari kontribusi arus motor-pompa hanya 69.41 % dari arus beban sebelumnya (tidak

menggunakan kapasitor). Harga ini dinyatakan sebagai faktor koreksi atas biaya pemakaian listrik bulanan, dan dapat disimbolkan dengan Kh (koreksi harga). Biaya pemakaian bila menggunakan kapasitor merupakan perkalian dari faktor koreksi Kh terhadap biaya pemakaian tanpa kapasitor, dan besaran biaya pemakaian dengan kapasitor dapat dirumuskan sebagai:

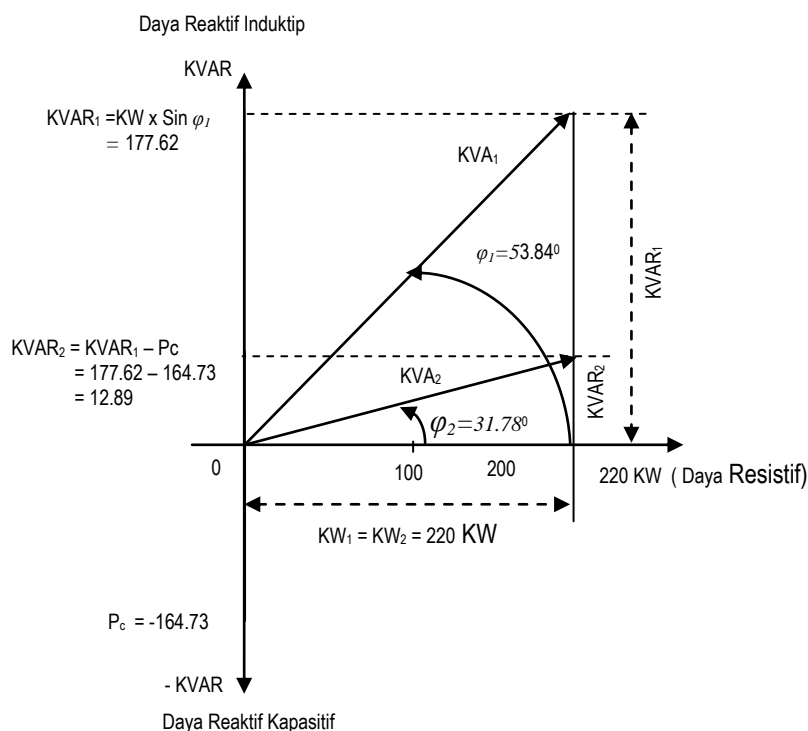
$$B_{PC} = kh \times B_{PTC}$$

dimana:

kh = faktor koreksi harga = 0.6941

B_{PC} = biaya pemakaian dengan kapasitor, dan

B_{PTC} = biaya pemakaian tanpa kapasitor.



Gambar 3. Daya kapasitor diperlukan bila cos phi dinaikkan menjadi 0.85.

Sehingga penggunaan kapasitor yang mampu menaikkan cos phi menjadi 0.85, akan memberikan penekanan biaya pemakaian:

$$(100 - 69.41) \% = 30.59 \%$$

Penghematan rupiah yang dapat diperoleh dari parameter biaya pemakaian tersebut merupakan selisih biaya pemakaian (S_{BP}) dari kondisi sekarang (tanpa menggunakan kapasitor) dikurangi dengan bila menggunakan kapasitor atau dirumuskan sebagai:

$$S_{BP} = B_{PTC} - B_{PC}$$

Efisiensi Teknis.

Dari segi teknis, penurunan arus yang diserap pada operasional beban yang sama memberikan keuntungan, antara lain seperti:

- Rugi panas pada kabel berkurang
- Beban yang ditanggung kabel semakin kecil, sehingga mampu memperlambat proses penuaan.
- Selisih arus yang tidak diserap dapat digunakan untuk keperluan lainnya.
- Kinerja motor-pompa akan lebih baik karena rugi-rugi panas pada belitan motor semakin kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan atas hasil kajian yang dilakukan, diperoleh bahwa Cos phi motor-pompa PA02 AP001 berada pada kisaran harga 0.59. Cos phi tersebut secara teknis dapat dinaikkan menjadi mulai dari 0.80 s/d 0.95 atau pada harga-harga lain diluar yang

diberikan. Namun dengan memperhatikan aspek ekonomi, menyangkut investasi yang diperlukan untuk pengadaan kapasitor, maka dari tiga kemungkinan yang diberikan, diusulkan untuk menaikkan Cos phi beban ke tingkat harga 0.85. Pada tingkat harga Cos phi ini, akan memberikan penekanan biaya pemakaian dari kontribusi arus yang diserap motor sebesar 30.59% dibandingkan bila tidak menggunakan kapasitor. Kapasitor yang disarankan adalah *capacitor bank* 3 fasa, 50 Hz, dengan rating daya KVAR disesuaikan dengan kebutuhan seperti yang tertera pada Tabel 3 dan kapasitas *capacitor bank* komersial.

DAFTAR PUSTAKA

1. Interatom GmBH, "MPR-30 Secondary Cooling System Description and Specification", 1987.
2. B.L. Theraja: Electrical Technology, S.Chand & Company Ltd. Ram Nagar, New Delhi 110055, 1979.
3. Yan Bony Marsahala: Analisis Karakteristik Sistem Kelistrikan RSG-GAS Setelah Operasi Sepuluh Tahun, Prosiding Seminar Hasil Penelitian PRSG-BATAN, Tahun 1997/1998.
4. Yan Bony Marsahala, Yayan Andriyanto: Kondisi Terkini Sistem Listrik RSG-GAS, Laporan Teknis, TRR.SR.25.01.51.05
5. Yan Bony Marsahala, Kajian Operasional Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS, Laporan Teknis, TRR/BSR/013/2000

