

STUDI TENTANG DAYA REAKTIF SISTEM DISTRIBUSI JALUR B RSG-GAS

Yan Bony Marsahala

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir
Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

STUDI TENTANG DAYA REAKTIF PADA SISTEM DISTRIBUSI JALUR B RSG-GAS. Telah dilakukan studi tentang daya reaktif pada sistem distribusi jalur B. Tujuan kajian adalah untuk mengetahui berapa besar beban induktif yang membutuhkan daya reaktif (positif) yang dilayaninya, berapa faktor daya, dan bagaimana cara menaikkan faktor daya tersebut. Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna, tidak dapat dirubah menjadi tenaga, namun diperlukan untuk proses transmisi dan ia akan menyebabkan pemborosan energi. Beban terpasang pada sistem distribusi jalur B terdiri atas motor-motor induksi yang digunakan pada sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder, peralatan angkat (lift), blower pada menara pendingin, dan sistem pengondisian udara. Karena penggunaan motor tersebut, maka faktor daya menjadi rendah. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa pada sistem distribusi jalur B terdapat 850,40 KVA beban terpasang induktif, dan beban ini menyebabkan faktor daya rendah pada kisaran harga 0,80. Bila diinginkan menaikkan faktor daya ke tingkat 0,95 maka diperlukan pemasangan beban reaktif (negatif) berupa kapasitor 250 KVAR.

Kata kunci: daya reaktif, sistem distribusi, jalur B.

ABSTRACT

STUDY FOR REACTIVE POWER ON DISTRIBUTION SYSTEM LINE B RSG-GAS. Study for reactive power on distribution system line B RSG-GA is already done. The study intended to evaluate how much inductive load need the reactive power (positive), how much power factor, and what will be done to increase the power factor. The reactive power is the losses power, can't be changed into energy, but it is need for transmission process and it is cause the energy losses. The loads on distribution system line B consist of induction motors which are used for primary cooling system and secondary cooling system, lift, blower on cooling tower, and air condition system. Due to the motors using, the power factor are falling down to low. By the calculation results give that the inductive loads on distribution line B are 850 KVA and these loads caused the low power factor 0.80. If we want to increase the power factor up to 0,95, it is need to install the reactive loads likes capacitor bank 250 KVAR.

Keyword: reactive power, distribution system line B.

1. PENDAHULUAN

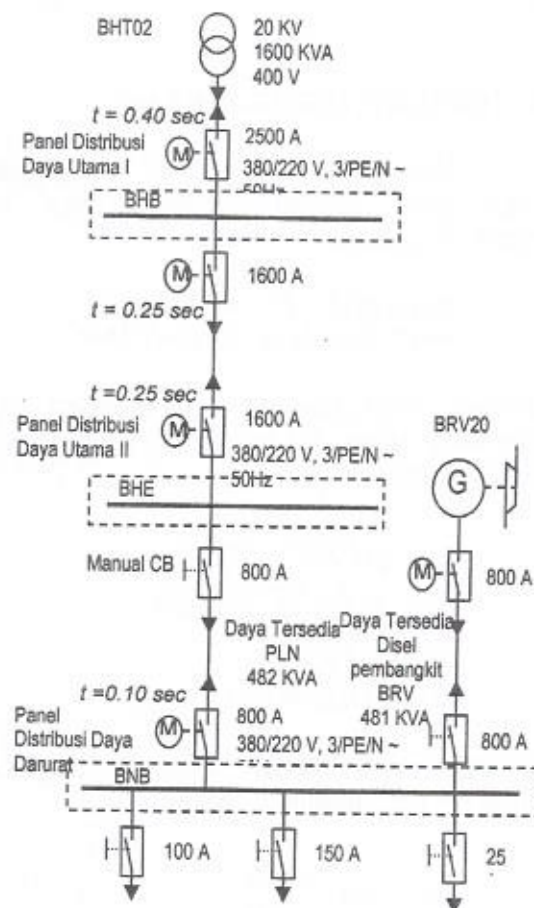
Pemakaian energi listrik yang dibutuhkan untuk keperluan operasi reaktor pada instalasi RSG-GAS merupakan salah satu keharusan. Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh impedansi beban yang bisa merupakan reaktansi (R), induktansi (L), atau kapasitansi (C) yang terdapat pada beban. Besarnya pemakaian energi listrik itu disebabkan karena banyak dan beraneka ragamnya beban yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. Di mana beban

induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada rectifier, motor induksi (AC) dan lampu TL, sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam menggunakan energi listrik ternyata pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR). Demikian pula halnya pada sistem distribusi jalur b

sistem listrik RSG-GAS seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Beban terpasang pada jalur distribusi ini terdiri aras motor-motor induksi, yang digunakan pada sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder, peralatan angkat (lift), blower pada menara pendingin, dan blower pada sistem pengkondisian udara.

Begitu banyaknya penggunaan motor, maka faktor daya menjadi rendah, dengan kata lain daya reaktifnya bertambah. Daya reaktif tersebut, walaupun itu dalam bentuk rugi², namun harus ditanggung oleh konsumen, dan dikenakan tarif tertentu.

Berdasarkan ketentuan PLN, maka bilamana faktor daya sistem lebih rendah dari



Gambar 2. Diagram satu garis sistem distribusi jalur B RSG-GAS³⁾.

0.85, maka pemakaian beban reaktifnya akan dimasukkan dalam perhitungan biaya rekening pelanggan, dan dibayar oleh konsumen. Namun bila faktor daya dapat dinaikkan menjadi lebih besar dari

0.85 maka perhitungan tarif daya reaktif akan diabaikan.

Pada tulisan ini akan dilakukan kajian beban-beban apa saja pada sistem distribusi jalur B pada sistem kelistrikan RSG-GAS, yang dominan membangkitkan daya reaktif, berapa besaran daya reaktif tersebut, dan langkah-langkah apa saja yang dapat dilakukan untuk memperkecil daya reaktif tersebut. Dari sejumlah beban-beban listrik yang terhubung pada sistem distribusi jalur B, maka akan dikaji beban-beban apa saja yang menjadi penyumbang utama daya reaktif pada sistem. Dari hasil pengamatan dilapangan, maka beban yang menjadi pengguna daya reaktif pada distribusi jalur B pada sistem kelistrikan RSG-GAS dapat dilihat seperti pada Tabel 1²⁾.

2. TEORI

Yang dimaksud dengan daya reaktif adalah daya di mana beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada rectifier, motor induksi dan lampu TL, sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif¹⁾. Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam menggunakan energi listrik ternyata pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR). Penjumlahan daya reaktif dan daya aktif akan menghasilkan daya nyata (daya kompleks) yang merupakan daya yang disuplai oleh PLN.

3. TATAKERJA

Jika nilai daya itu diperbesar maka rugi-rugi daya menjadi besar sedang daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke beban akan berkurang. Dengan demikian bila daya reaktif bertambah, maka pada beban yang tetap, diperlukan daya nyata

yang lenih besar, hal ini tentunya tidak boleh terjadi karena suplai daya dari PLN harus ditambah berarti penambahan biaya.

Proses pengurangan itu bisa terjadi karena kedua beban (induktor dan kapasitor) arahnya berlawanan akibatnya daya reaktif menjadi kecil. Bila daya reaktif menjadi kecil sementara daya aktif tetap maka harga pf menjadi besar akibatnya daya nyata (kVA) menjadi kecil sehingga rekening listrik menjadi berkurang. Sedangkan keuntungan lain dengan mengecilnya daya reaktif⁴⁾ adalah :

- Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem.
- Adanya peningkatan tegangan karena daya meningkat.

Karena daya itu $P = V.I$, maka dengan bertambah besarnya daya berarti terjadi penurunan harga V dan naiknya harga I.

Dengan demikian daya aktif, daya reaktif dan daya nyata merupakan suatu kesatuan yang kalau digambarkan seperti segi tiga siku-siku pada Gambar 1, dalam ilmu kelistrikan dikenal sebagai segitiga daya. Dari Gambar 1 di atas, bila P = daya aktif, dan Q = daya reaktif, maka daya nyata dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$S = P + j Q \quad (1)$$

Berhubung karena daya nyata merupakan penjumlahan imajiner, maka harga mutlak daya nyata S adalah:

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2)$$

Sudut faktor daya φ , pada sistem distribusi jalur B dihitung berdasarkan rumus berikut, yaitu:

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\text{daya_reaktif}}{\text{daya_nyata}} \quad (3)$$

Untuk memperbesar harga $\cos \varphi$ (pf) yang rendah hal yang mudah dilakukan adalah memperkecil sudut φ sehingga menjadi φ_1 berarti $\varphi > \varphi_1$. Sedang untuk memperkecil sudut φ itu hal yang mungkin dilakukan

adalah memperkecil komponen daya reaktif (kVAR)⁵⁾. Berarti komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan itu bisa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor⁴⁾. Berapa besarnya daya reaktif kapasitip yang diperlukan, dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$\text{Daya reaktif}_{\text{koreksi}} = \text{Daya reaktif}_{\text{awal}} - \text{Daya reaktif}_{\text{kapasitip}} \quad (4)$$

Besarnya faktor daya koreksi dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$\tan \varphi = \text{daya reaktif}_{\text{koreksi}} / \text{daya nyata} \quad (5)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran, komposisi daya pada sistem distribusi jalur B diperoleh bahwa:

$$\begin{aligned} \text{daya aktif, } P &= 598 \text{ KVA,} \\ \text{daya reaktif, } Q &= 420 \text{ KVAR.} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan 2, diperoleh daya nyata (daya kompleks), sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{(598)^2 + (420)^2} \\ S &= \sqrt{357604 + 176400} \\ S &= \sqrt{534004} \\ S &= 730,75 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Dengan mensubstitusi harga P dan Q kedalam persamaan 3, maka:

$$\begin{aligned} \varphi &= \tan^{-1} \frac{420}{598} \\ \varphi &= \tan^{-1} 0.7023 \\ \varphi &= 35.08^\circ \end{aligned}$$

Tabel 1. Beban-beban listrik pengguna utama daya reaktif pada sistem distribusi jalur B.

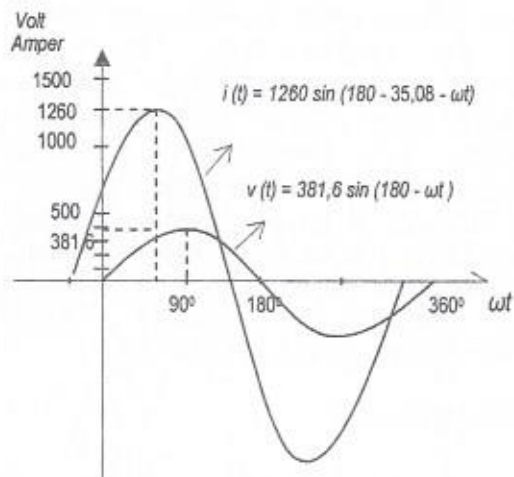
No.	Komponen	Terpasang (KW)	Ket.
1	PA02-AH001	37.00	Blower Menara Pendingin,
2	PA02-AH002	37.00	Blower Menara Pendingin
3	PA02-AH003	37.00	Blower Menara Pendingin
4	PA02-AP001	3.70	Motor Pompa
5	PA02-AP001	3.70	Motor Pompa
6	PA02-AP001	220.00	Motor Pompa
7	GHC02-GS001	5.00	Boster Hidrolik, air demi
8	KBE01-AP001	7.50	Motor Pompa pemukiman air kolam
9	KBE02-AA001	4.00	Motor Pompa, lapisan air hangat
10	FAK01-AP001	4.00	Motor Pompa, penyimpanan bb bekas
11	JE01-AP001	160.00	Motor Pompa, pendingin primer
12	KPK01-AP002	5.50	Motor Pompa, penampung limbah
13	SCA02-GS001	50.00	Panel sub distribusi, kompresor udara
14	KL00-GS001	100.00	Panel sub distribusi, ventilasi
15	SMJ10	18.50	Crane
16	KLA60-AN101	11.00	Blower AC, Ventilasi
17	KLA00-GS006	8.00	Panel sub distribusi, ventilasi
18	KL00-GS002	42.00	Panel sub distribusi
19	KLE00-GS011	12.00	Panel sub distribusi
20	JNA10-AN001	7.50	Blower AC, pendingin kolam darurat
21	JNA10-AN002	7.50	Blower AC, pendingin kolam darurat
22	JNA10-AP001	4.00	Motor Pompa, pendingin kolam darurat
23	QKJ00-GS005	38.50	Ventilasi
24	QKJ00-GS010	38.50	Ventilasi
Total		850.40	

Besarnya faktor daya, $\cos \phi = \cos 35,08 = 0.8183$ leading, artinya gelombang arus mendahului gelombang tegangan sebesar $35,08^\circ$. seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

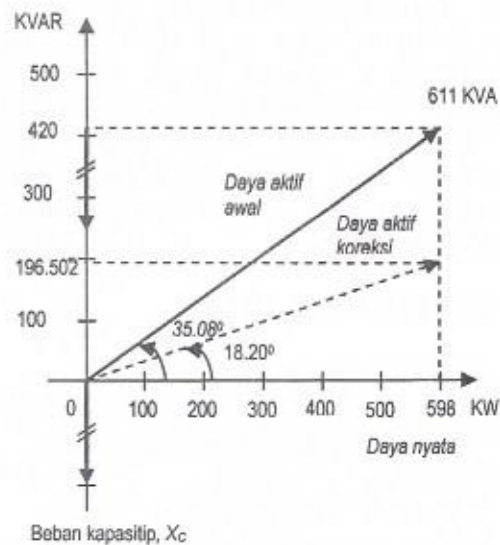
Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa harga maksimum daya nyata adalah 727 KVA. Bilamana dibandingkan dengan hasil perhitungan terdapat selisih $727-611=116$ KVA. Sesuai dengan aturan PLN, maka dengan harga faktor daya 0.8183 ini, maka pelanggan (PRSG) akan dikenakan biaya atas beban reaktif.

Bila faktor daya ingin dinaikkan, maka diperlukan pemasangan kapasitor

bank sebagai pembangkit daya reaktif kapasitif. Besarnya daya reaktif kapasitif ini dapat ditentukan sesuai dengan tingkat faktor daya yang diinginkan, maka berdasarkan segitiga daya pada Gambar 1, diperlukan daya reaktif kapasitif (harganya negatif) untuk mengkompensir daya reaktif positif (harganya positif)⁶⁾. Bila diinginkan faktor daya dikoreksi ke tingkat 0.95 pada daya nyata tetap seperti di uraikan di atas, maka sudut fasa adalah 18.20° , sehingga bentuk segitiga daya akan berubah menjadi seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Bentuk gelombang arus yang mendahului gelombang



Gambar 4. Segitiga daya setelah koreksi faktor daya.

Pada kondisi daya nyata tetap, maka daya reaktif koreksi dihitung menggunakan persamaan 5, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tan \phi &= \text{daya reaktif}_{\text{koreksi}} / \text{daya nyata} \\ \text{daya reaktif}_{\text{koreksi}} &= \text{daya nyata} \times \tan \phi \\ &= 598 \times \tan 18.20^\circ \\ &= 598 \times 0.3286 \\ \text{daya reaktif}_{\text{koreksi}} &= 196.5028 \text{ KVAR}\end{aligned}$$

Daya reaktif kapasitip dihitung menggunakan persamaan 4, sehingga:
 $\text{Daya reaktif}_{\text{kapasitip}} = (420 - 196,5028) \text{ KVA}$
 $= 223.4972 \text{ KVA}$

Artinya adalah untuk memperbaiki faktor daya ke tingkat 0,95, diperlukan pemasangan beban kapasitor sebesar 223,4972 KVA. Tentu saja, pemilihan kapasitas dari kapasitor bank yang diperlukan disesuaikan dengan kapasitas yang terdapat di pasar industri. Sebagai contoh, untuk hal ini, diperlukan kapasitor sebanyak 5x50 KVAR. Kapasitor tersebut harus dihubungkan paralel untuk mendapatkan kapasitas 250 KVAR.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diperoleh bahwa banyaknya beban induktif berupa motor-motor induksi yang terpasang pada sistem distribusi jalur B, yaitu 850.40 KVA menyebabkan faktor daya sistem menjadi rendah pada kisaran harga 0.80. Bila diinginkan menaikkan faktor daya tersebut ke tingkat yang lebih tinggi lagi, katakanlah 0.95, maka cara yang dapat ditempuh adalah memasang kapasitor sebesar 250 KVAR.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. DENI ALMANDA, IR, Peranan Kapasitor dalam Penggunaan Energi Listrik, Elektro Indonesia, Nomor 30, Tahun VI, April 2000.
2. YAN BONY MARSAHALA, "Kajian Keseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi Daya Listrik RSG-GAS", Jurnal Ilmu dan Rekayasa Teknologi Industri (JIRTI), Volume 11, Nomor 1, Tahun Ke VI, April 2005.

3. INTERATOM GMBH, "Electrical Description and Specification of MPR-30", Serpong, 1987.
4. BPPT, Peranan energi dalam menunjang pembangunan berkelanjutan, Publikasi Ilmiah, Jakarta, Mei 1995.
5. B.L. THERAJA, "Electrical Technology", S. Chand & Company Ltd, New Delhi 110055, 1979.
6. HASAN BASRI, "Sistem Distribusi Daya Listrik", ISTN, Jakarta 1997.