

ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR BANK DAN REAKTOR PADA JALUR 3 (BHC) RSG – GA. SIWABESSY

Koes Indrakoesoema, Yayan Andryanto
PRSG – BATAN

ABSTRAK

ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR BANK DAN REAKTOR PADA JALUR 3 (BHC) RSG GA SIWABESSY. Gedung Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) (Gedung 30 dan 31) mendapat catu daya tersendiri dan diperoleh melalui kontrak daya dengan PT PLN sebesar 3030 kVA. Penggunaan daya listrik pada ke dua gedung tersebut melalui 3 buah busbar utama melalui 3 buah transformator yang berbeda, dimana kapasitas masing-masing transformator adalah 1600 kVA. Jalur BHC dilayani oleh transformator basah (BHT03), berpendingin minyak. Beban induktif sangat dominan di PRSG sehingga penyerapan daya reaktif sangat besar (pemakaian kVAR yang besar) dan faktor daya menjadi rendah ($\leq 0,85$) yang berakibat terkena denda oleh PLN. Telah dilakukan pengukuran parameter listrik pada jalur 3 (BHC) dengan Power Quality Analyzer (PQA) HIOKI 3169-20 Clamp On Power HiTester pada sisi sekunder transformator BHT03 (400 V) yang dilakukan pada tanggal 16 – 17 Juli 2013. Daya maksimum terukur, $P = 703,2$ kW dan daya reaktifnya, $Q = 451,3$ kVAR. Diinginkan factor daya ($\cos \phi$) adalah 0,98, sehingga dibutuhkan kompensasi daya reaktif sebesar 308,49 kVAR. Untuk kompensasi daya reaktif ini dibutuhkan 7 unit kapasitor @ 50 kVAR. Total Harmonic Distortion (THD) yang timbul pada jalur BHC adalah $TVD_v = 2,04\%$ dan $THD_i = 3,84\%$, sehingga masih di bawah standar IEEE Std.519-1992, yaitu 5% untuk tegangan dan 8% untuk arus. Dengan demikian tidak diperlukan pemasangan reaktor untuk melindungi kapasitor bank.

Kata kunci : Daya, kapasitor bank, reaktor.

ABSTRACT.

ANALYSIS OF CAPACITOR BANK AND REACTOR INSTALLATION ON LINE 3 (BHC) RSG GA SIWABESSY. Power supply for Multipurpose Reactor Center (PRSG) (Building No. 30 and 31) got from contracts with PT PLN for 3030 kVA. The use of electrical power on both building through the three (3) main busbar from three (3) different transformer, where the capacity of each transformer is 1600 kVA. BHC lines served by an oil cooled transformer (BHT03). Inductive load is very dominant in PRSG so very large absorption of reactive power (KVAR) and the power factor is low (≤ 0.85), which resulted in penalty by PLN. Measurements of electrical parameter have been done on line 3 (BHC) with Power Quality Analyzer (PQA) HIOKI 3169-20 Clamp On Power HiTester on the secondary side of the transformer BHT03 (400 V) which took place on 16 to 17 July 2013. Measured maximum power, $P = 703.2$ kW and reactive power, $Q = 451.3$ kVAR. Desired power factor ($\cos \phi$) is 0.98, so it is necessary reactive power compensation of 308.49 KVAR. For reactive power compensation is needed 7 units of capacitor @ 50 KVAR. Total Harmonic Distortion (THD) in line BHC is $TVD_v = 2.04\%$ and $THD_i = 3.84\%$, so it is still below the IEEE Std.519-1992, which is 5% for voltage and 8% for current. Thus does not necessary to installation of reactor to protect the capacitor banks.

Key words : Power, capacitor bank, reactor.

PENDAHULUAN

Gedung RSG GA. Siwabessy (Ged.No.30) adalah gedung reaktor beserta fasilitas laboratoriumnya dan Gedung Operasi (Ged. No.31) adalah gedung perkantoran tanpa fasilitas laboratorium, di mana kedua gedung tersebut di suplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) melalui 3 buah transformator, masing-masing 1400 kVA, yang terbagi dalam 3 jalur (busbar), yaitu BHA, BHB, dan BHC.

Masing-masing jalur mencatu berbagai tipe beban antara lain motor pompa, motor katub, motor chiller, penerangan, lift, dll. Kontrak daya dengan PLN telah mengalami 2 (dua) kali perubahan, kontrak daya pertama adalah 4805 kVA kemudian dilakukan penurunan daya menjadi 3805 kVA dan terakhir diturunkan kembali menjadi 3030 kVA.

Sejak pemerintah mengeluarkan regulasi batasan faktor daya melalui Keppres No.104 2003, perangkat-perangkat *power factor correction (PFC)* seakan menjadi primadona di dunia Industri dan

bangunan. Perangkat inilah yang dinilai paling praktis untuk diterapkan agar kita tak terkena denda KVAR dari PLN. Di Indonesia sendiri, perangkat PFC yang paling populer adalah PFC jenis *Capasitor bank*. Sistem koreksi faktor daya ini terdiri dari perangkat controller dan modul-modul kapasitor yang terbagi menjadi beberapa step. Lain halnya dengan kawasan Eropa dan Amerika, dominasi PFC model *Capasitor Bank* mulai tergusur oleh perangkat *active filter* yang terbukti mampu bekerja lebih cepat, lebih handal dan lebih efisien³⁾.

Yang perlu diketahui perbaikan factor daya ($\cos \phi$) bukan sekedar penghapusan denda PLN, dengan naiknya $\cos \phi$, otomatis kebutuhan arus dapat berkurang. Berkurangnya aliran arus menyebabkan temperatur kabel ikut turun. Jika temperatur turun, resistansi kabel pun ikut turun sehingga rugi-rugi daya dapat di kurangi.

Berdasarkan sebuah studi, sebuah mesin 100 KW, $\cos \phi = 0,6$ yang dihubungkan dengan kabel berdiameter 95 mm sepanjang 200 m berpotensi menghasilkan drop voltage hingga 12,9 V.

Jika resistansi kabel turun maka impedansi kabel pun ikut turun. Turunnya impedansi dapat mengurangi besarnya penurunan tegangan ketika input trafo (biasanya 20 KV) mengalami kejadian undervoltage.

Turunnya temperatur kabel menyebabkan isolasi kabel lebih awet. Seperti diketahui jika isolasi kabel yang biasanya terbuat dari bahan PVC akan berubah menjadi mirip seperti karbon ketika dipanasi (*overload*) secara terus menerus. Karena karbon sendiri bersifat konduktor, maka resiko kebocoran arus menjadi lebih besar.

Dalam makalah ini akan dievaluasi hal-hal sebagai berikut ;

1. Kecukupan kapasitas kapasitor bank terhadap beban aktual
2. Ketepatan pemilihan kapasitor bank terhadap beban kondisi aktual

Selain itu, dengan analisa ini akan diperoleh informasi lainnya sebagai berikut :

1. Profil beban selama 24 jam (kVA, kVAr, kW, Faktor Daya/ $\cos \phi$)
2. Polusi harmonik beban
3. Demand maksimum

Lingkup pekerjaan meliputi pengukuran kualitas listrik pada sisi sekunder BHT03 berikut laporan pengukuran, analisa, kesimpulan. Untuk mengetahui kualitas listrik, beberapa parameter diukur dan dicatat, diantaranya adalah :

- Besar tegangan, arus dan daya saat kondisi beban puncak
- Profile beban harian meliputi parameter daya aktif, daya reaktif dan factor daya.
- Polusi harmonic tegangan dan arus tiap phasa

TEORI

Daya Listrik¹⁾

Daya adalah banyaknya perubahan tenaga terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus dengan satuan Watt. Daya dalam Watt yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat adalah hasil kali tegangan beban sesaat (Volt) dengan arus sesaat yang mengalir dalam beban tersebut (Ampere).

Dalam kelistrikan dikenal adanya beberapa jenis daya, yaitu :

- Daya Semu (S)
- Daya Aktif (P)
- Daya Reaktif (Q)

Daya Semu

Daya semu untuk sistem fasa tunggal dengan sirkuit dua kawat adalah perkalian skalar arus dan tegangan efektifnya.

Jadi daya semu (S) dinyatakan melalui persamaan :

$$S = |V| \cdot |I| \quad [\text{VA}] \dots\dots\dots(1)$$

Sedangkan untuk sistem 3 fasa daya semu dinyatakan dengan :

$$S = 3|V| \cdot |I| \quad [\text{VA}] \dots\dots\dots(2)$$

Daya Aktif

Daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = \frac{V_{\text{maks}} I_{\text{maks}}}{2} \cos \phi \dots\dots\dots(3)$$

P adalah daya rata-rata yang juga disebut sebagai daya aktif.

Persamaan untuk daya beban tiga fasa yang seimbang dinyatakan oleh

$$P = \sqrt{3} |V_{\text{jala}} - \text{jala}| |I_{\text{jala}} - \text{jala}| \cos \phi \quad [\text{Watt}] \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

V_{jala} = tegangan efektif

I_{jala} = arus jala efektif

Daya Reaktif

Daya reaktif dituliskan dengan persamaan :

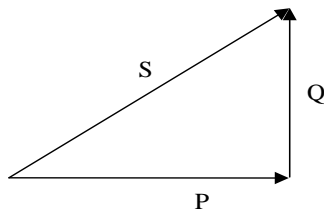
$$Q = \frac{V_{\text{maks}} I_{\text{maks}}}{2} \sin \phi \dots\dots\dots(5)$$

atau

$$Q = |V| |I| \sin \phi \quad [\text{VAR}] \dots\dots\dots(6)$$

Segitiga Daya²⁾

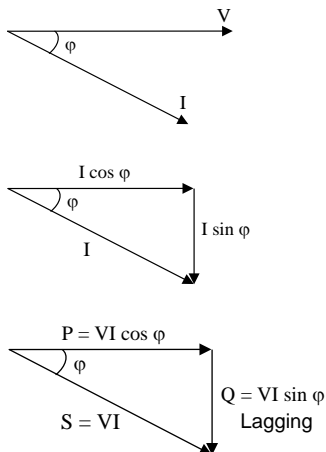
Hubungan antara daya semu (S), daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dikenal dengan istilah segitiga daya. Hubungan antara ketiganya, baik untuk beban bersifat induktif maupun untuk beban bersifat kapasitif dapat dilihat pada gambar berikut ini.



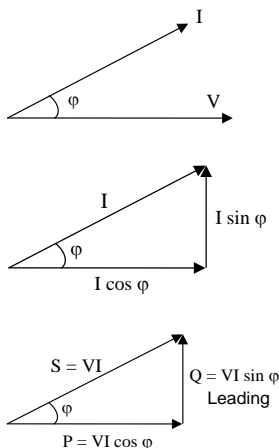
Gambar 1. Segitiga Daya

dimana :

$P = V.I \cos \varphi$
 $S = V.I$
 $Q = V.I \sin \varphi$



Gambar 2. Segitiga Daya untuk beban induktif



Gambar 3. Segitiga Daya untuk beban Kapasitif

Dari gambar-gambar di atas jelas bahwa:

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

atau $P = S \cos \varphi$; $Q = S \sin \varphi$

Faktor Daya²⁾

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan daya reaktif dengan daya semu dan dapat dirumuskan dengan :

faktor daya =

$$\cos \varphi = \frac{P(\text{dayaaktif})}{S(\text{dayasemu})} \dots\dots\dots(8)$$

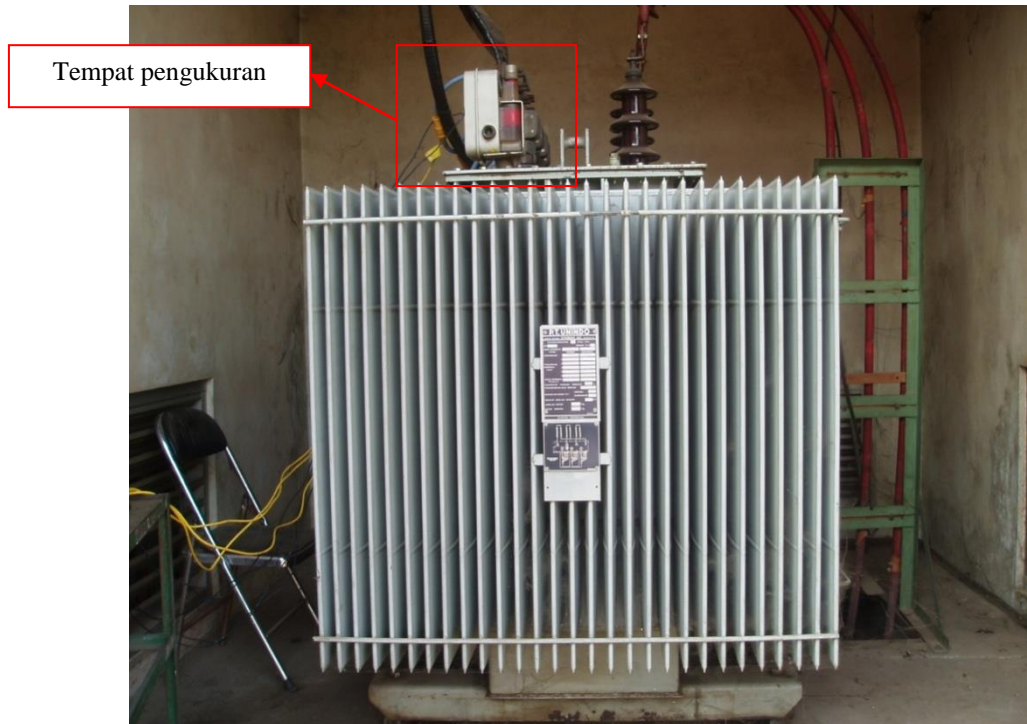
Sudut φ adalah sudut fasa; dimana arus mendahului tegangan (leading) atau arus tertinggal dari tegangan (lagging) dari beban yang bersangkutan. Semua peralatan listrik, kecuali motor sinkron, tahanan-pemanas dan lampu pijar, mengkonsumsi daya listrik pada faktor kerja pengikut (lagging).

Harmonisa

Harmonisa diartikan sebagai distorsi yang terjadi secara periodik pada keadaan steady state pada gelombang tegangan maupun arus dalam sistem tenaga listrik. Harmonisa dapat didefinisikan juga sebagai perubahan bentuk gelombang arus maupun tegangan yang mengganggu system distribusi listrik dan menurunkan kualitas daya listrik tersebut. Dalam analisis harmonisa system 3 fasa, harmonisa ditinjau berdasarkan teori komponen simetris. Pada system 3 fasa seimbang, arus-arus dari sumber harmonisa 3 fasa seimbang dapat dikelompokkan menurut arah putaran phasanya

PROSEDUR PENGUKURAN

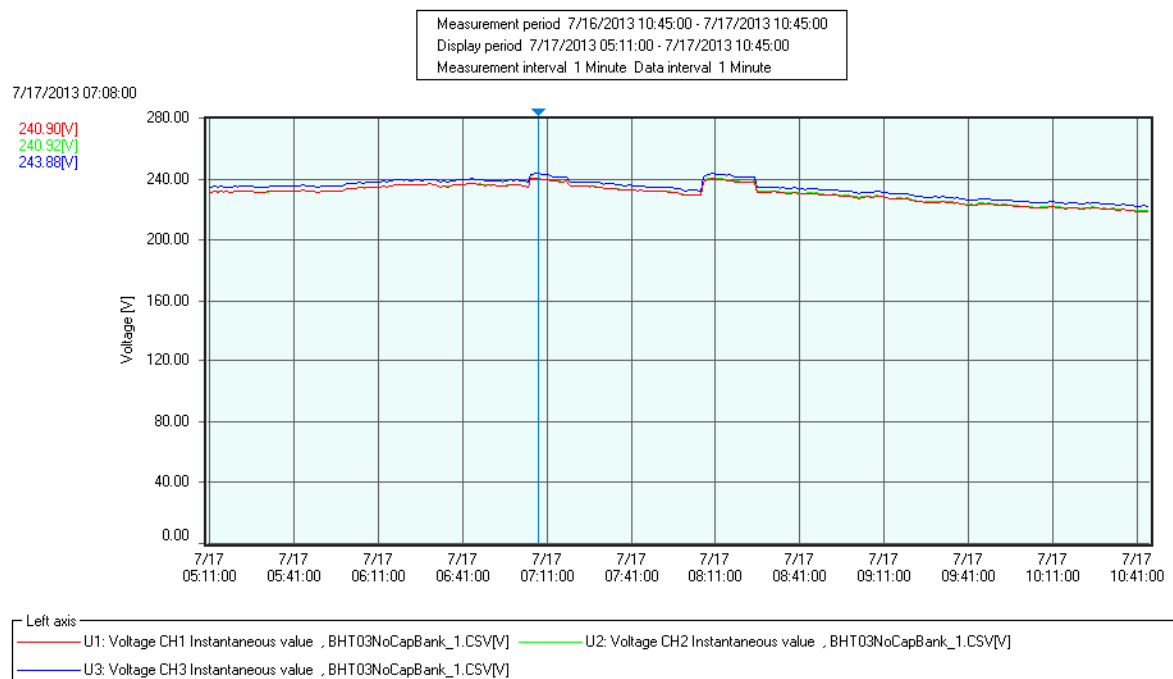
Pengukuran dilakukan dengan Power Quality Analyzer (PQA) HIOKI 3169-20 Clamp On Power HiTester. Alat ukur dipasang pada sisi sekunder transformator BHT03, 20 kV/400 V, 1600 kVA. Titik penempatan alat ukur seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Transformator basah BHT03

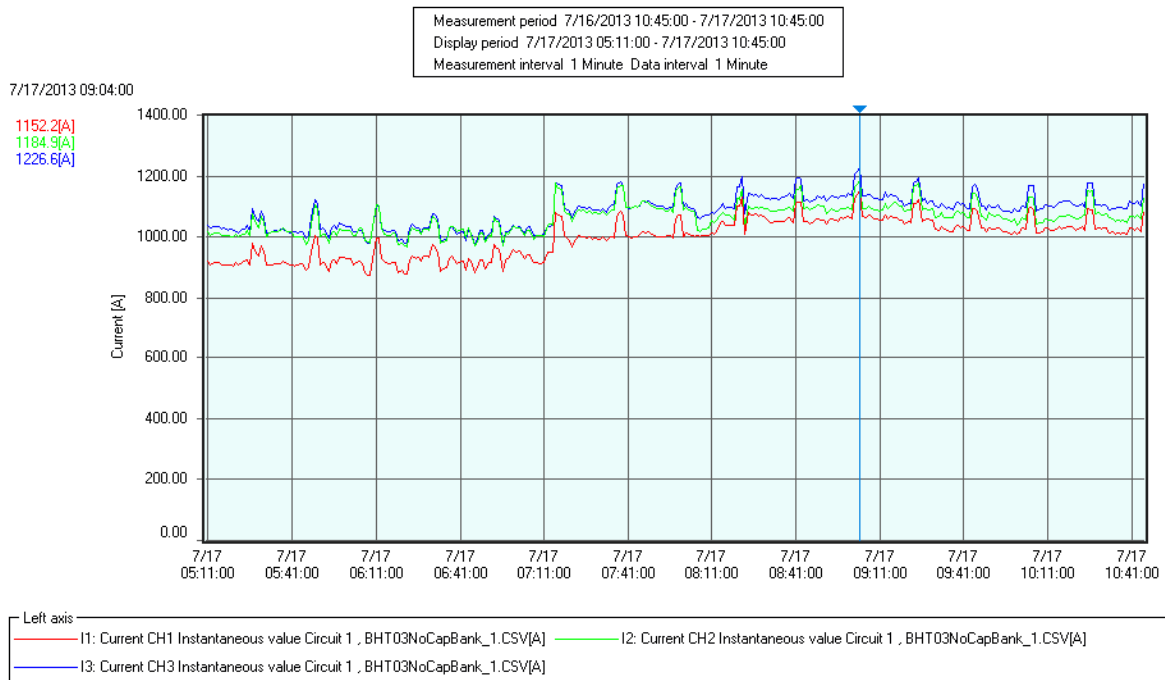
HASIL DAN PEMBAHASAN

- Profile tegangan tanggal 17 Juli 2013



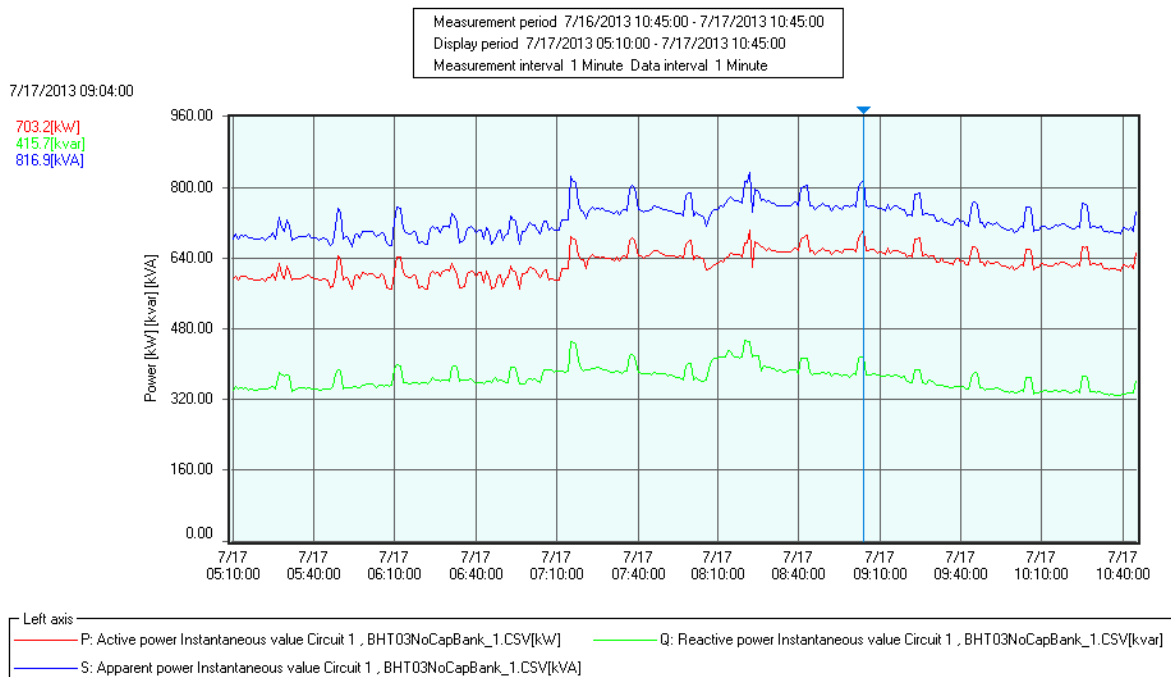
Gambar 5. Profil tegangan fasa R, S dan T

- Profile arus tanggal 17 Juli 2013



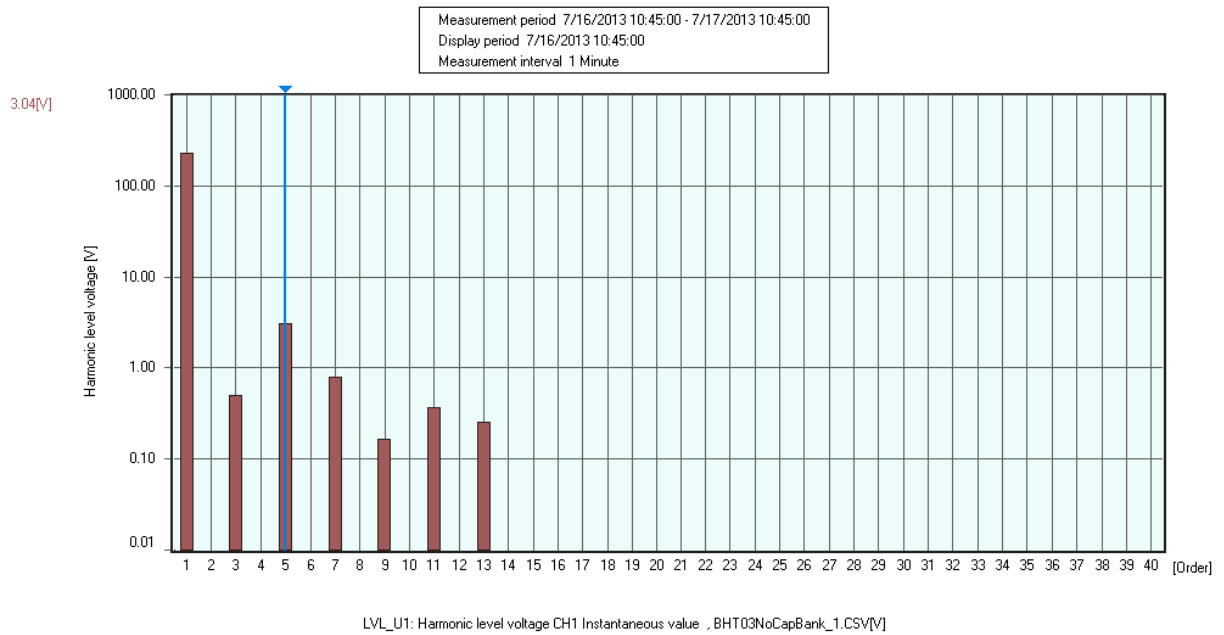
Gambar 6. Profil arus fasa R, S dan T

- Profile daya pada tanggal 17 Juli 2013



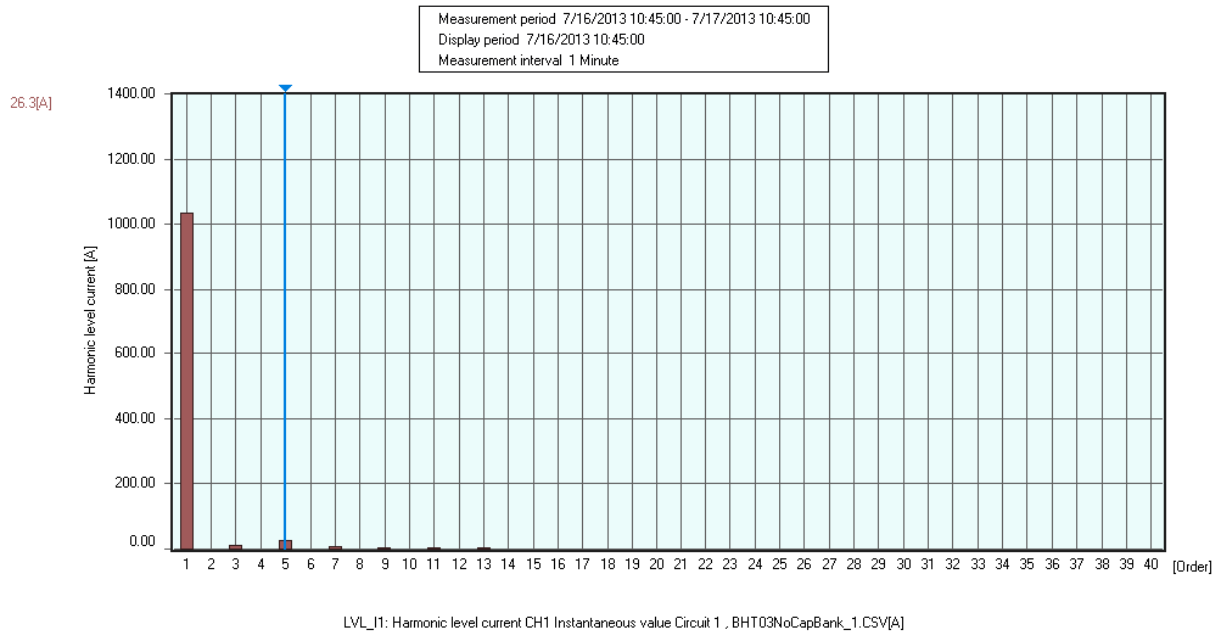
Gambar 7. Profil daya beban BHT03

- Harmonisa tegangan fasa R pada tanggal 17 Juli 2013



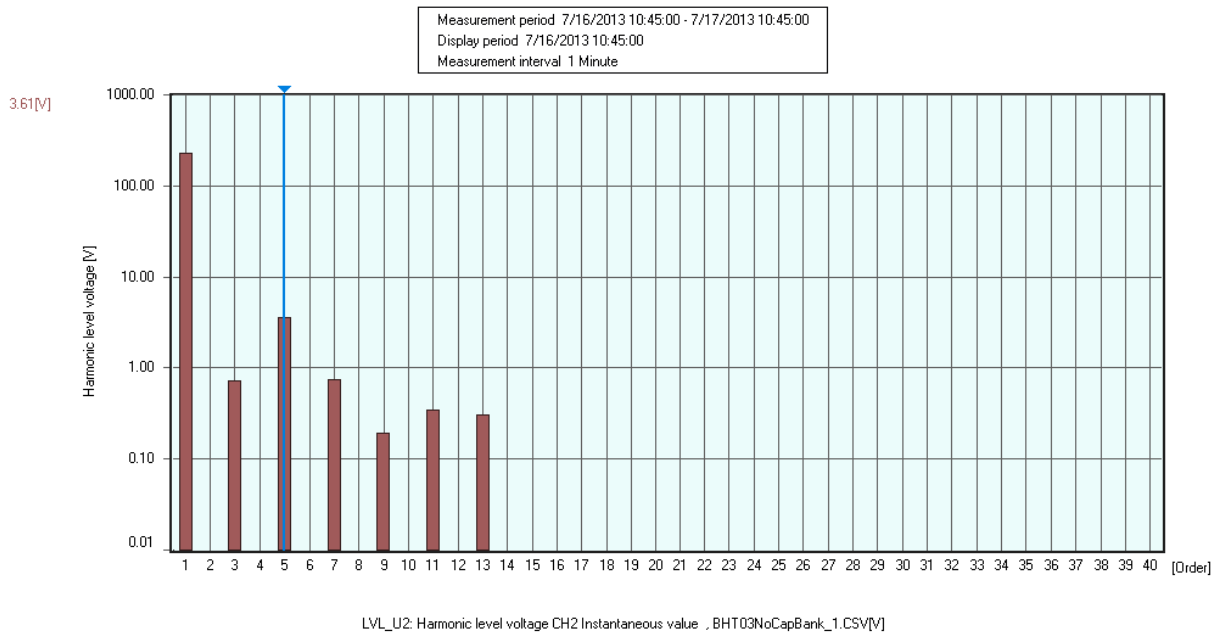
Gambar 8. Profil Harmonisa tegangan fasa R

- Harmonisa arus fasa R pada tanggal 17 Juli 2013



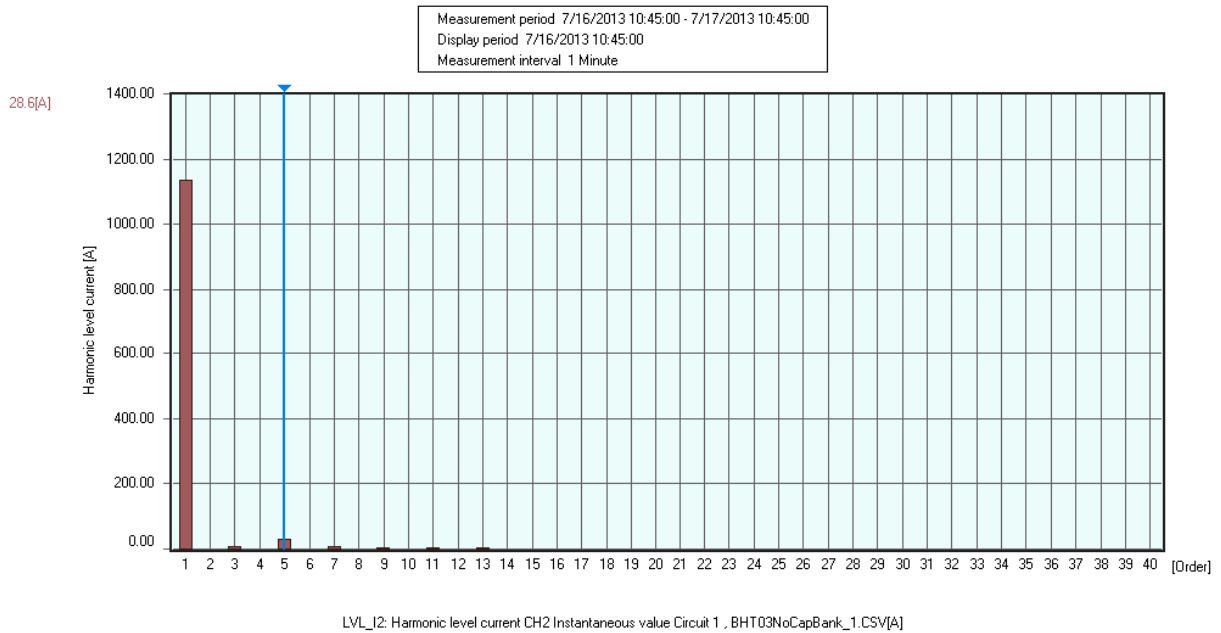
Gambar 9. Profil Harmonisa arus fasa R

- Harmonisa tegangan fasa S pada tanggal 17 Juli 2013



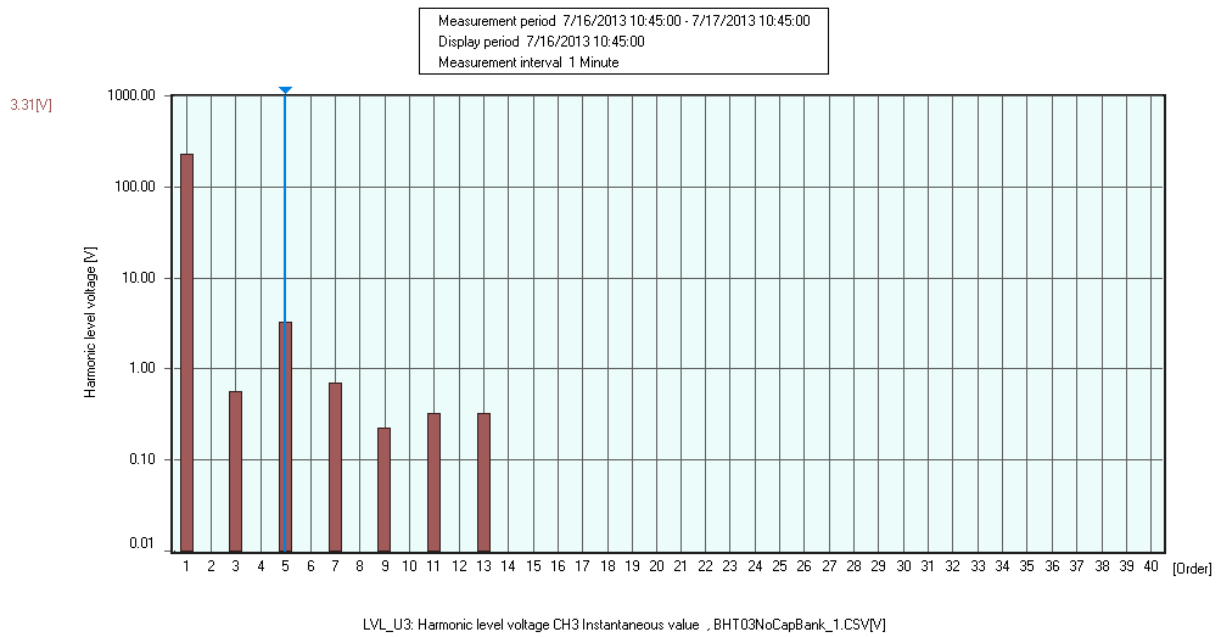
Gambar 10. Profil Harmonisa tegangan fasa S

- Harmonisa arus fasa S pada tanggal 17 Juli 2013



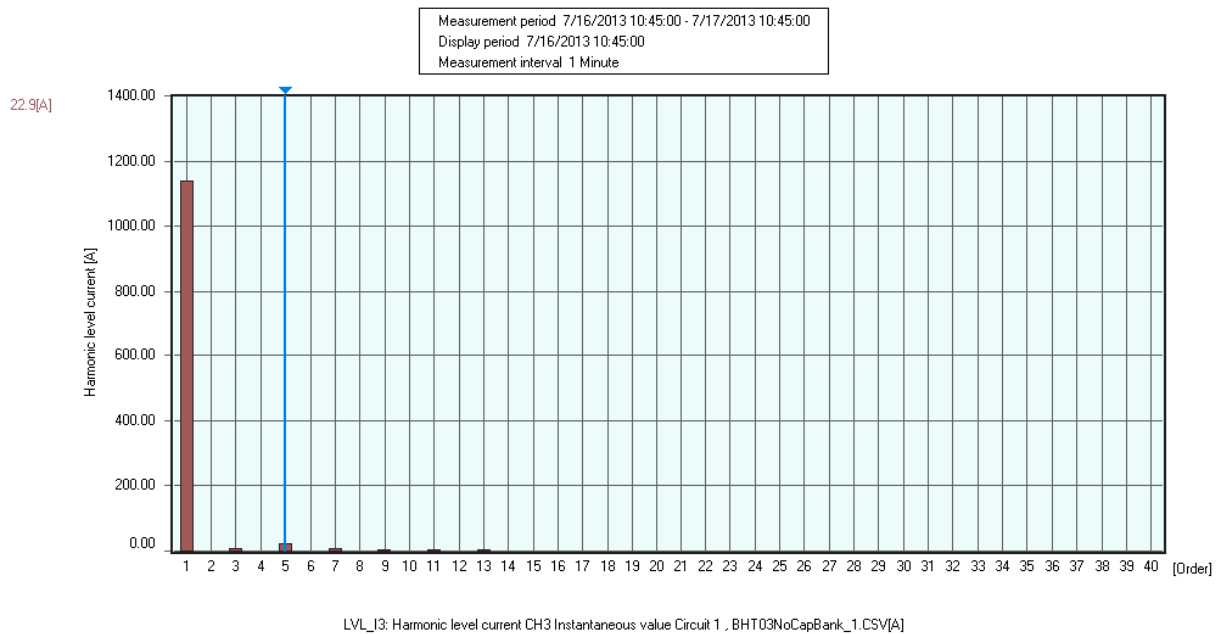
Gambar 11. Profil Harmonisa arus fasa S

- Harmonisa tegangan fasa T pada tanggal 17 Juli 2013

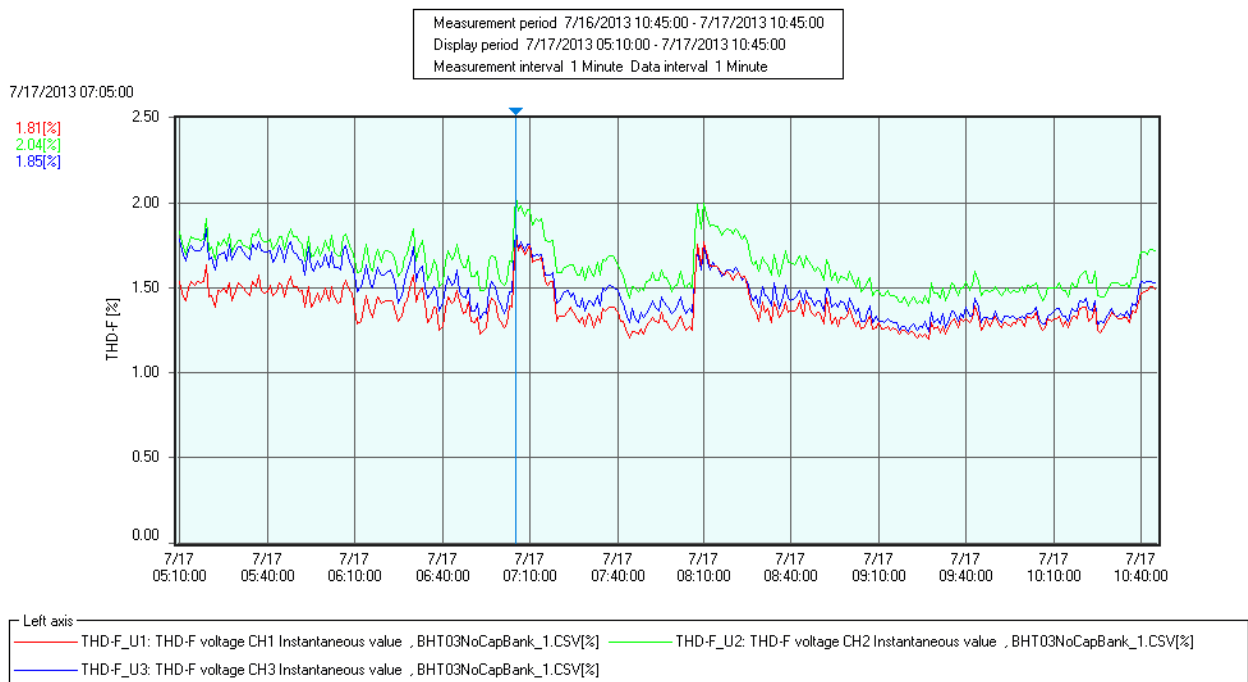


Gambar 12. Profil Harmonisa tegangan fasa T

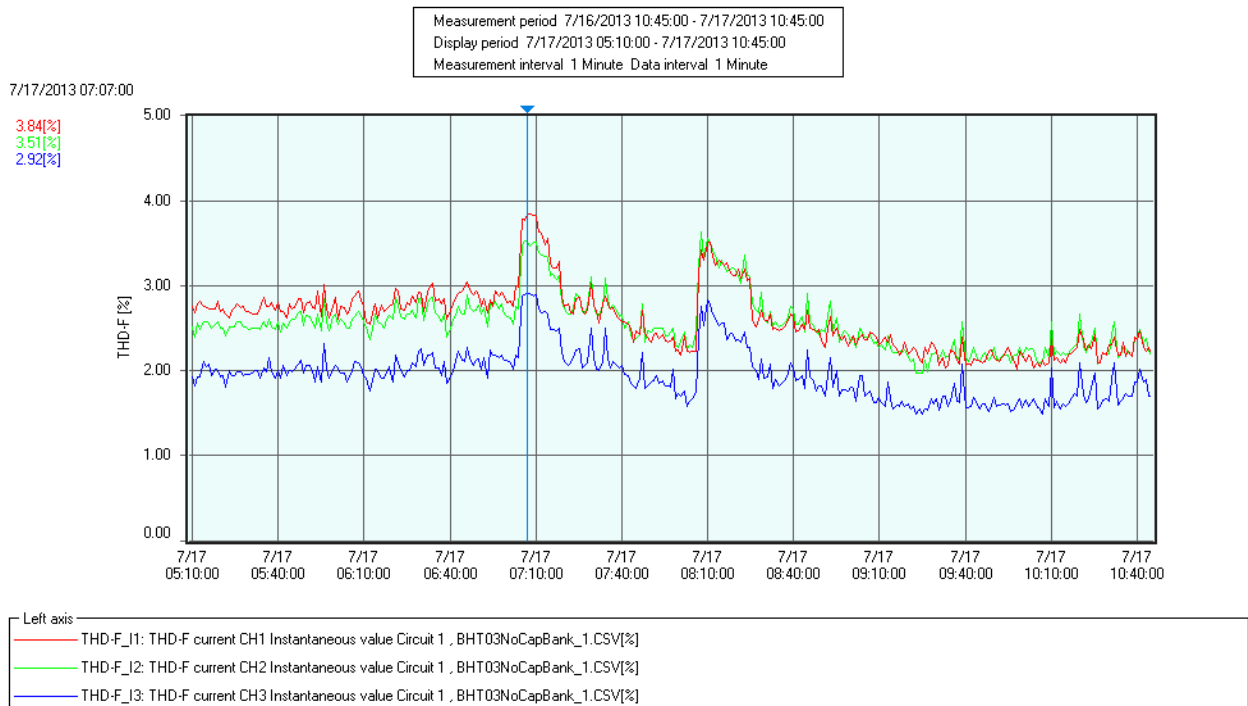
- Harmonisa arus fasa T pada tanggal 17 Juli 2013



Gambar 13. Profil Harmonisa arus fasa T



Gambar 14. THD tegangan masing-masing fasa



Gambar 15. THD arus masing-masing fasa

ANALISA PENGUKURAN

Pada saat pengukuran parameter listrik di jalur 3 (BHT03) kondisinya adalah dalam keadaan beban penuh dimana motor pompa pendingin primer dan

sekunder beroperasi. Tegangan maksimum seperti terlihat pada Gambar 2 untuk masing-masing fasa R, S dan T adalah 240,90 Volt, 240,92 Volt dan 243,88 Volt dan arus maksimum (Gambar 6) untuk fasa-

fasa R, S, dan T adalah 1152,2 Ampere, 1184,9 Ampere dan 1226,6 Ampere.

Dari hasil pengukuran ini dapat dilihat adanya ketidakseimbangan beban pada tiap-tiap fasa baik pada tegangan maupun arusnya, untuk tegangan perbedaannya hanya 1,2% dan untuk arus 6,5%. Dari tegangan satu fasa maksimum yang terukur, bila dihitung tegangan antar phasanya (3 phasa) akan diperoleh $243,88 \times \sqrt{3} = 422,4$ Volt. Hasil ini

$$\text{FaktorKebutuhan} = \frac{\text{Daya maksimum (kVA)}}{\text{Daya Terpasang (kVA)}} = \frac{833,9}{1400} \times 100\% = 59,56\%$$

Agar pemakaian daya reaktif dapat dikurangi, sehingga dapat mengoptimalkan daya aktif serta tidak terkena denda oleh PLN yang mensyaratkan factor daya ($\cos \phi$) harus lebih besar dari 0,85, maka diambil factor daya 0,98 (factor daya ideal adalah 1).

Dengan $\cos \phi = 0,98$, maka sudut factor daya (ϕ) = $11,48^\circ$ dan dengan persamaan pada segitiga daya (Gambar 16), diperoleh daya reaktif Q adalah 142,81 kVAr. Dari Gambar 4 diperoleh daya reaktif maksimum adalah 451,30 kVAr, sehingga daya reaktif yang perlu dikompensasi: $(451,30 - 142,81)$ kVAr = 308,49 kVAr.

Dengan daya reaktif yang harus dikompensasi sebesar 308,49 kVAr, maka dibutuhkan 7 unit kapasitor bank masing-masing 50 kVar. Dengan demikian biaya denda akibat kelebihan pemakaian kVArh dapat diminimalkan.

Selain itu fungsi lain dari pemasangan Panel Kapasitor bank :

- * Menghilangkan Denda / Kelebihan Biaya (kVArh)
- * Menghindari kelebihan beban transformer / trafo over load
- * Menghindari kenaikan Arus/Suhu pada kabel,
- * Memaksimalkan Pemakaian Daya yang terpasang (kVA),
- * Menghindari voltage drop pada *Line end*,
- * Meningkatkan kualitas sumber daya listrik Memelihara peralatan / perangkat elektrik yang terpasang.

Pada Gambar 8 s.d Gambar 14 menunjukkan harmonisa tegangan dan arus, harmonisa tegangan maksimum terjadi pada fasa S (3,61 Volt) pada harmonisa ke 5, lihat Gambar 10 dan harmonisa arus maksimum terjadi pada fasa S (28,6 Ampere) pada harmonisa ke 5, lihat Gambar 12. Nilai *Total Harmonic Distortion (THD)* tertinggi untuk tegangan adalah 2,04% pada fasa S (lihat Gambar 13) dan nilai THD tertinggi untuk arus adalah 3,84% pada fasa R (lihat Gambar 14). Nilai-nilai harmonisa tersebut masih di bawah batas seperti dipersyaratkan oleh IEEE Std.519-1992.

melebihi toleransi tegangan masuk yang diijinkan ($\pm 10\%$), yaitu 418 Volt.

Daya yang ditarik dari BHT03 dapat dilihat pada Gambar 4. Daya aktif (P) maksimum adalah 703,2 kW, daya reaktif (Q) maksimum adalah 451,3 kVAr dan daya semu (S) maksimum adalah 833,9 kVA. Untuk melihat faktor kebutuhan maksimum, diambil daya maksimum (kVA) pada jalur 3.

Dengan nilai harmonisa tersebut maka tidak diperlukan lagi pemasangan reactor, dimana fungsi reactor yang dipasang seri dengan kapasitor bank adalah untuk melindungi kapasitor bank dari pengaruh harmonisa yang tinggi dimana induktor memblok frekuensi tertentu dan dipasang jika nilai harmonisa sudah melewati lebih dari 5% untuk tegangan dan 8% untuk arus.

KESIMPULAN

Penghematan pemakaian energy listrik pada satu jalur (BHC) dilakukan dengan memperbaiki factor daya ($\cos \phi$) menjadi 0,98. Pada factor daya ini kompensasi daya reaktif yang diperlukan adalah 308,49 kVAR atau diperlukan 7 unit kapasitor yang masing-masing besarnya 50 kVAR.

Penggunaan reactor sebagai penganan kapasitor dalam mengurangi tegangan atau arus harmonisa tidak diperlukan, karena Total Harmonic Distortion Tegangan (THD_v) adalah 2,04% dan untuk arus (THD_i) adalah 3,84%, dimana angka-angka tersebut masih di bawah batas toleransi yang dipersyaratkan oleh IEEE Std.519-1992, yaitu 5% untuk tegangan dan 8% untuk arus.

DAFTAR ACUAN

1. ZUHAL, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, PT Gramedia Pustaka, Jakarta 1995.
2. KOES INDRAKOESOEMA, dkk., Optimasi Pemakaian Energi Listrik Pada Gedung 90 PKTN BATAN, Prosiding PPI-PDIPTN 2008, Pustek Akselerator dan Proses Bahan-Batan, Yogyakarta, 15 Juli 2008.
3. INDIRA KUSUMA WARDHANI, dkk., Analisis Pemasangan Detuned Reactor dan Perancangan Filter Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Pabrik Kaca, Jurnal Teknik Pomits, Vol.1, No.1. (2012) 1-6.