

**KONSUMSI ENERGI LISTRIK PUSAT REAKTOR SERBA GUNA (PRSG) SAAT REAKTOR BEROPERASI DENGAN BEBAN LISTRIK PADA JALUR 1 DAN JALUR 2**

Koes Indrakoesoema

**ABSTRAK**

**KONSUMSI ENERGI LISTRIK PUSAT REAKTOR SERBA GUNA (PRSG) SAAT REAKTOR BEROPERASI DENGAN BEBAN LISTRIK PADA JALUR 1 DAN JALUR 2.** Catu daya listrik Pusat Reaktor Serba Guna diperoleh dari PT PLN dengan kontrak daya 3030 kVA. Penyaluran ke beban-beban yang ada di PRSG dibagi dalam 3 (tiga) jalur yang masing-masing dipasok melalui transformator BHT01, BHT02 dan BHT03, dengan kapasitas masing-masing trafo 1600 kVA, 20 kV/400 V. Pengukuran dilakukan pada sisi sekunder transformator untuk tiap-tiap fasa pada tanggal 28, 29 Nopember 2012 dan 03 Desember 2012. Pada saat reaktor dioperasikan, hanya 2 jalur yang melayani beban-beban motor pompa pendingin primer dan sekunder. Daya listrik rata-rata selama 24 jam pengukuran untuk BHT01, adalah 594 kW dan energy yang dikonsumsi adalah 14,2 MWh, BHT02 adalah 507 kW dan energy yang dikonsumsi adalah 12,2 MWh serta BHT03 adalah 346 kW dan energy yang dikonsumsi 8,30 MWh. Faktor daya pada jalur 1, jalur 2 dan jalur 3, masing-masing 0,79 , 0,95 dan 0,98

Kata kunci : Daya listrik, energy listrik, transformator

**ABSTRAC**

*ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION FOR MULTI PURPOSE REACTOR TO OPERATION OF REACTOR AT THE LOAD OF ELECTRICITY IN TRACK 1 AND TRACK 2. Electrical power supply for Center of Multipurpose Reactor obtained from PT PLN to 3030 kVA power contracts. Distribution to existing loads in PRSG divided into 3 (three) lines, each of which is supplied through a transformer BHT01, BHT02 and BHT03, each with a capacity of 1600 kVA, 20 kV/400 V. Measurements has been performed on the secondary side of the transformer for each phase on November 28,29, 2012 and December 3, 2012. For operation of the reactor, only 2 lines that serve loads of pump motor of primary and secondary coolant. Average of Electrical power for an of 24 hours of measurement for BHT01, is 594 kW and the energy consumed is 14.2 MWh, BHT02 is 507 kW and the energy consumed is 12.2 MWh and BHT03 are 346 kW and energy consumed 8.30 MWh. The power factor at line 1, line 2 and line 3, respectively 0.79, 0.95 and 0.98*

## PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok baik bagi industri maupun rumah tangga sehingga dibutuhkan kelangsungan penyaluran sistem tenaga listrik secara handal dan baik. Kelangsungan penyaluran tenaga listrik yang diproduksi oleh Pusat Pembangkit dan disalurkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) harus dimanfaatkan secara bijaksana. Penggunaan yang efisien dan pemasangan peralatan listrik serta komponen yang tepat akan membantu dalam penggunaan energi listrik secara hemat dan mempunyai manfaat optimal seperti yang diharapkan. Penerapan program penghematan energi di kantor-kantor pemerintah dapat memperkecil biaya energi untuk setiap satuan produk (*specific energy consumption*) disamping akan menghemat pemakaian energi nasional juga akan menghemat pemakaian anggaran.

Pada sistem tenaga listrik arus bolak-balik frekwensi standard untuk Indonesia adalah 50 Hz, dan sistem distribusi di kelompokkan kedalam dua bagian yaitu sistem jaring distribusi primer dan biasa disebut Jaring Tegangan Menengah (JTM), dan sistem jaring distribusi sekunder dan biasa disebut Jaring Tegangan Rendah (JTR). Fungsi pokok dari sistem distribusi adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk ke pusat-pusat atau kelompok beban (gardu distribusi) dan pelanggan, dengan mutu yang memadai.

Gedung RSG GA. Siwabessy (Gedung No.30) adalah gedung reaktor beserta fasilitas laboratoriumnya dan Gedung Operasi (Gedung No.31) adalah gedung perkantoran tanpa fasilitas laboratorium, dimana kedua gedung tersebut disuplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) melalui 3 buah transformator 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*, unit penerangan, lift, dan lainnya. Sumber energi utama ke 2 gedung ini adalah berasal dari PLN dengan kapasitas 3030 kVA, dan dibagi menjadi 3 buah busbar yang masing-masing dicatu transformator 1600 kVA, 20 kV/400 V, yaitu BHT01, BHT02 dan BHT03 artinya dalam kondisi normal seluruh keperluan dicatu dari PLN.

Pada saat reaktor dioperasikan hanya 2 jalur yang digunakan, sedang jalur ke 3 sebagai cadangan. Beban-beban pada jalur 1 dicatu oleh transformator BHT01, jalur 2 oleh BHT02 dan jalur 3 BHT03. Konsumsi energi pada jalur 1 dan 2 terkait dengan dioperasikannya beban-beban besar seperti motor pompa pendingin primer dan pendingin sekunder melalui kedua jalur tersebut dan juga beban-beban lainnya pada gedung 30 dan 31. Sehingga selama 24 jam pengukuran secara online dapat diketahui energi yang dikonsumsi oleh kedua transformator tersebut.

Spesifikasi dan kapasitas Feeder PLN tersebut adalah:

- Kapasitas terpasang : 3030 kVA, 3 fasa
- Sistem Jaringan : Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV
- Frekuensi kerja : 50 Hz
- Golongan Tarif : P2
- Meteran : Ganda LWBP dan WBP, serta kVArhmeter.

Pada makalah ini akan dipetakan penggunaan energi listrik di Gedung 30 dan 31 yang dapat memberikan gambaran mengenai pola penggunaan energi listrik dan sebagai bahan evaluasi kontrak daya PLN terhadap pemakaian listrik aktual.

## TEORI

Tegangan yang dihasilkan oleh pusat Pembangkit Tenaga Listrik seperti

PLTA, PLTU, PLTD biasanya merupakan Tegangan Menengah (TM) dengan besar tegangan output 20 - 24 kV. Sistem distribusi yang dikenal dengan sistem distribusi primer yaitu tegangan dari Tegangan Tinggi (TT) diturunkan ke Tegangan Menengah (TM) dengan menggunakan *step down transformer*, dan sistem distribusi sekunder dimana tegangan TM diturunkan lagi ke Tegangan Rendah (TR).

Pemakaian (utilisasi) yang menggunakan TR didapat dengan cara menurunkan TM 20 kV, 12 kV atau 6 kV ke tegangan 380 V/220 V dengan transformator penurun tegangan pada gardu tiang ataupun gardu beton yang berada

dilingkungan sekitar konsumen. Saluran listrik dari gardu induk hingga konsumen disebut saluran distribusi.

**Beban-Beban Listrik**

Jenis-jenis beban energi listrik terbagi atas 3 jenis beban yaitu :

- Beban Resistif
- Beban Induktif
- Beban Kapasitif

**Beban Resistif (resistor)**

Resistansi untuk suatu bahan diberikan oleh rumus :

$$R = \frac{\rho \ell}{A} \Omega \dots\dots (1)$$

dimana :

- R = tahanan (resistor) satuan [ $\Omega$ ]
- $\rho$  = tahanan jenis penghantar [ $\Omega \cdot m$ ]
- $\ell$  = panjang penghantar [m].

A = luas penampang penghantar [ $m^2$ ]

Resistansi suatu beban diberikan oleh rumus :

$$R = \frac{V(t)}{i(t)} [\Omega] \dots\dots (2)$$

dimana :

- V(t) = besar tegangan listrik dalam fungsi waktu. [Volt].
- i(t) = besar arus yang mengalir dalam fungsi waktu [Ampere].

**Beban Induktif (induktor)**

Induktansi diberikan dengan persamaan :

$$V(t) = L \frac{di}{dt} \text{ dan } i(t) = \frac{1}{L} \int V \cdot dt \dots\dots(3)$$

$$L = \frac{V(t)}{di / dt} \dots\dots (4)$$

dimana :

- V(t) = besar tegangan listrik dalam fungsi waktu. [Volt].
- di/dt = turunan pertama dari arus terhadap waktu [Ampere]

Reaktansi Induktif suatu beban diberikan oleh rumus :

$$X_L = \omega L = \frac{V}{I} [\Omega] \dots\dots (5)$$

$$\text{maka } L = \frac{V}{I\omega} [\text{Henry}] \dots\dots (6)$$

dimana :

- $\omega$  = kecepatan sudut [rad/sec]
- =  $2\pi f$ ;
- f = frekuensi tegangan.[Hertz]
- $X_L$  = reaktansi induktif [ $\Omega$ ]

**Beban Kapasitif (kapasitor)**

Kapasitansi diberikan dengan persamaan :

$$V(t) = \frac{1}{C} \int idt \dots\dots (7)$$

$$i(t) = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt} \dots\dots (8)$$

$$Q(t) = C \cdot V(t) \dots\dots (9)$$

Maka :

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_o \epsilon_r A}{d} \text{ (Farad) } \dots\dots (10)$$

dimana :

- V(t) = besar tegangan listrik dalam fungsi waktu. [Volt].
- di/dt = turunan pertama dari arus terhadap waktu [Ampere] .
- C = besar kapasitansi (Farad)
- Q = muatan pada salah satu konduktor (Coulomb)
- V = tegangan kedua konduktor (Volt)
- $\epsilon$  = permitivitas bahan antara dua penghantar

$\epsilon_o$  = permitivitas udara ( $4\pi \cdot 10^{-7}$ )

$\epsilon_r$  = permitivitas relatif bahan.

A = luas masing-masing plat penghantar

D = jarak antara dua penghantar

Kapasitansi suatu beban diberikan oleh rumus :

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{V}{I} [\Omega] \dots\dots (11)$$

$$\text{Maka } C = \frac{I}{\omega V} [\text{Farad}] \dots\dots (12)$$

dimana :

- $\omega$  = frekuensi sudut [rad/sec] =  $2\pi f$  ;
- F = frekuensi [Herzt]
- $X_C$  = reaktansi kapasitif [ $\Omega$ ]

**Daya Listrik**

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 :

$$S = |V| \cdot |I| \quad [VA] \dots\dots\dots (13)$$

Sedangkan untuk sistem 3 fasa daya semu dinyatakan dengan :

$$S = 3 |V| \cdot |I| \quad [VA] \dots\dots\dots (14)$$

**Daya Aktif**

Daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = \frac{V_{maks} I_{maks}}{2} \cos \varphi \dots\dots\dots (15)$$

Persamaan untuk daya beban tiga fasa yang seimbang dinyatakan oleh

$$P = \sqrt{3} |V_{jala - jala}| |I_{jala - jala}| \cos \varphi \quad [Watt] \dots\dots (16)$$

dimana:  $V_{jala}$  = tegangan efektif  
 $I_{jala}$  = arus jala efektif

**Daya Reaktif**

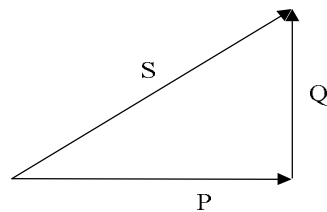
Daya reaktif dituliskan dengan persamaan :

$$Q = \frac{V_{maks} I_{maks}}{2} \sin \varphi \dots\dots\dots (17)$$

**Segitiga Daya**

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 :

$$P = V.I \cos \varphi$$

$$S = V.I$$

$$Q = V.I \sin \varphi$$

Dari gambar di atas

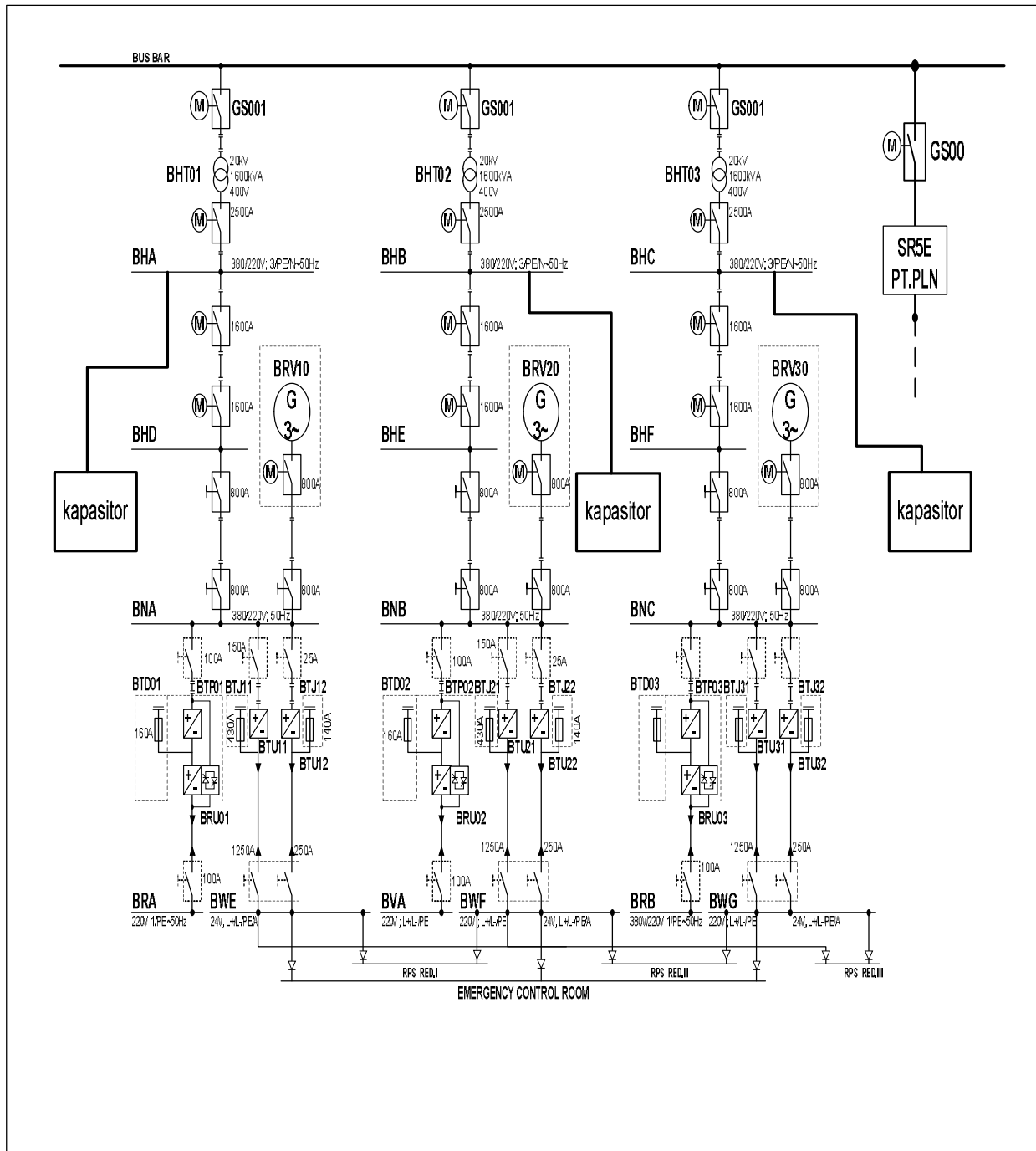
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (19)$$

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

**SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG 30 dan 31**

Gedung 30 adalah gedung reaktor enam lantai ( $\pm$  31,00 m) ditambah satu lantai (- 6,00 m) dengan total luas bangunan adalah 6400 m<sup>2</sup>, dan gedung 31 adalah gedung operasi/administrasi lima lantai dengan luas bangunan 3250 m<sup>2</sup>. Seluruh kegiatan pada 2 bangunan ini menggunakan energi listrik, mulai dari motor pompa, peralatan komputer, *Chiller AC*, *AC split*

dan penerangan. Sumber energi utama ke 2 gedung ini adalah berasal dari PLN dengan kapasitas 3030 kVA, artinya dalam kondisi normal seluruh keperluan dicatu dari PLN. Gedung ini dilengkapi pula dengan 3 buah Genset dan UPS (*Uninterruptible power supply*). Dalam hal catu daya dari PLN terputus, secara otomatis beban-beban yang dicatu oleh busbar darurat akan di catu oleh Genset tapi tidak mencatu pompa-pompa pendingin primer dan sekunder, artinya operasi reaktor tidak di *back up* oleh Genset. Distribusi beban pada gedung 30 dan 31 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram segaris trafo distribusi di PRSG<sup>1)</sup>

Tabel 1 memperlihatkan beban-beban yang dicatu oleh masing-masing transformator

BHT01/02/03 melalui busbar BHA, BHB dan BHC

Tabel 1. Distribusi beban busbar BHA, BHB dan BHC <sup>2)</sup>

| <b>BEBAN</b> |   |   |   |
|--------------|---|---|---|
| No           | BHT01 - Jalur BHA   | BHT02 - Jalur BHB   | BHT03 - Jalur BHC   |
| 1            | Sistem Pendingin Primer:<br>JE-01 AP001   | Sistem Pendingin Primer:<br>JE-01 AP002   | Sistem Pendingin Primer:<br>JE-01 AP003   |
| 2            | Sist. Pendingin Sekunder<br>a. PA-01 AH001/2/3<br>b. PA-01 AP001  | Sistem Pendingin Sekunder:<br>a. PA-02 AH001/2/3<br>b. PA-02 AP001  | Sistem Pendingin Sekunder:<br>a. PA-03 AP001<br>b. PA-04 AP001<br>c. PA-05 AP001  |
| 3            | Sist.Pemurnian Air Kolam:<br>a. KBE01 AP001<br>b. FAK01 AP001   | Sist.Pemurnian Air Kolam:<br>a. KBE01 AP002<br>b. KBE02 AP001<br>c. FAK01 AP002   | PA-03 AA004/11/12/13<br>PA-04 AA002<br>PA-05 AA002/3  |
| 4            | PA-01<br>AA001/3/10/11/12/14/16/20/22   | PA-02 AA001/3/10/11/12/14/16/20/22  | GBA01 AA001<br>PD-01 AH001  |
| 5            | Sistem Air Demin<br>( <i>Demineralized Water</i> ):<br>a. GHC02 GS001<br>b. QKJ00 GS001   | PA-04 AP002<br>PA-04 AA004<br>GCA01 GS001<br>SMK00<br>QKJ00 GS002   | UKA04 GP101<br>PAH01/02 GS001<br>KLC00 GS007<br>QKJ00 GS003   |
| 6            | <b>BHD :</b><br>- Motor katup : KBE01 AA003/010, FAK01 AA012 /016, KBE02 AA007/011, JE-01 AA003/007/014/016, KPK01 AA037/040/044<br>- Motor pompa : JE-01 AP001, KBE01/02 AP001, FAK01 AP001, KPK01 AP002<br>- SCA02 GS001<br>- SMJ10<br>- UJA00 GP101<br>- KL-00 GS001 | <b>BHE :</b><br>- Motor katup : KBE01 AA005/013, KBK01 AA003/4/054, KBE02 AA008/12, JE-01 AA004/9/15/17<br>- Motor pompa : JE-01 AP002, KBE01/02 AP002, KBK01 AP001, KPK01 AP001, KBB01 AP001<br>- SMJ20<br>- FJQ10 GS001<br>- KWA01 GS001<br>- SMJ30<br>- UJA09 GP107<br>- KL-00 GS007 | <b>BHF :</b><br>- Motor katup : FAK01 AA013/17, JE-01 AA005/11/12/13/28, GHC01 AA020<br>- Motor pompa : JE-01 AP003, FAK01 AP002, KPK02 AP001, KTA01 AP001<br>- FCB00<br>- KL-00 GS009/10<br>- QKJ00 GS004<br>- FJQ20 GS001<br>- KBE02 AH001<br>- UJA09 GP106 |
| 7            | Beban dari busbar darurat <b>BNA</b> : 159,2 kW   | Beban dari busbar darurat <b>BNB</b> : 88,15 Kw   | Beban dari busbar darurat <b>BNC</b> : 174,4 kW   |
|              | <b>Total Daya Terpasang : 684,15 kW</b>   | <b>Total Daya Terpasang : 684,314 kW</b>  | <b>Total Daya Terpasang : 549,9 kW</b>  |



**TATA KERJA**

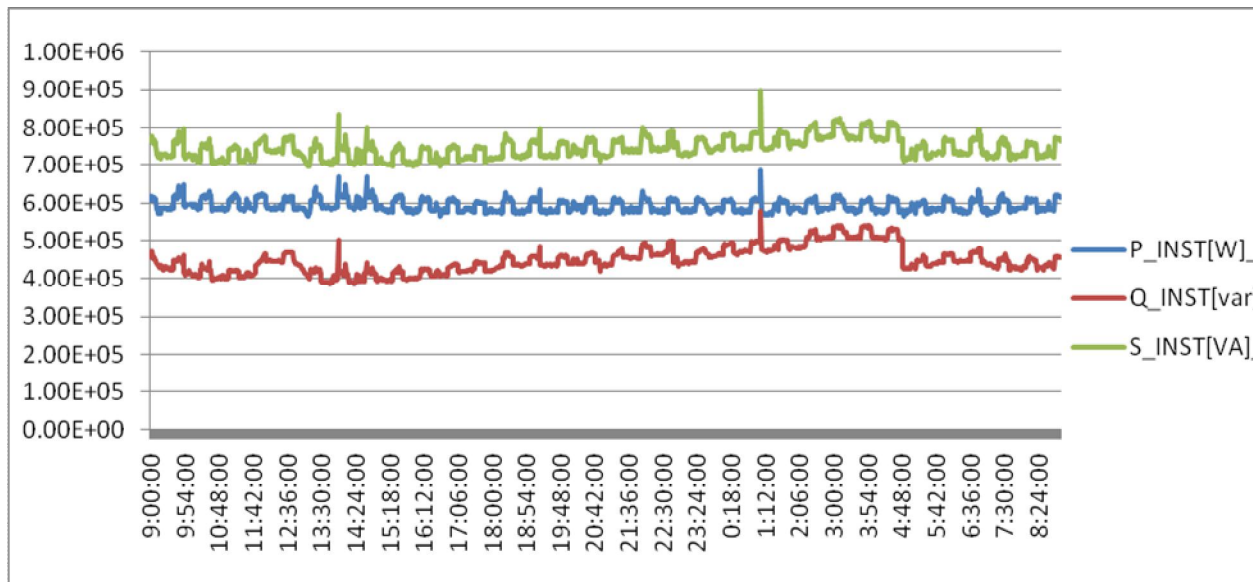
Pengukuran dilakukan pada masing-masing sisi sekunder transformator BHT01/02/03. Untuk melihat profil beban listrik harian (24 jam) pada ke dua gedung tersebut, telah dilakukan pengukuran secara *On-line*. Pengukuran ini dilakukan saat reaktor beroperasi, yaitu BHT01 tgl. 28-29 Nopember 2012, BHT02 tgl. 29-30 Nopember 2012 dan BHT03 tgl. 03-04 Desember 2012. Titik pengukuran dilakukan pada masing-masing fasa tegangan rendah transformator. Alat ukur

yang digunakan adalah HIOKI 3169-20 Clamp On Power HiTester.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Transformator BHT01 dilakukan pengukuran saat pompa pendingin primer JE-01 AP001/002 dan pompa pendingin sekunder PA-01/02 AP001 beroperasi. Pengukuran dilakukan selama 24 jam. Daya aktif, reaktif dan semu dapat dilihat pada Gambar 3.

Watt/VA/VAR



Gambar 3. Daya aktif, semu dan reaktif transformator BHT01

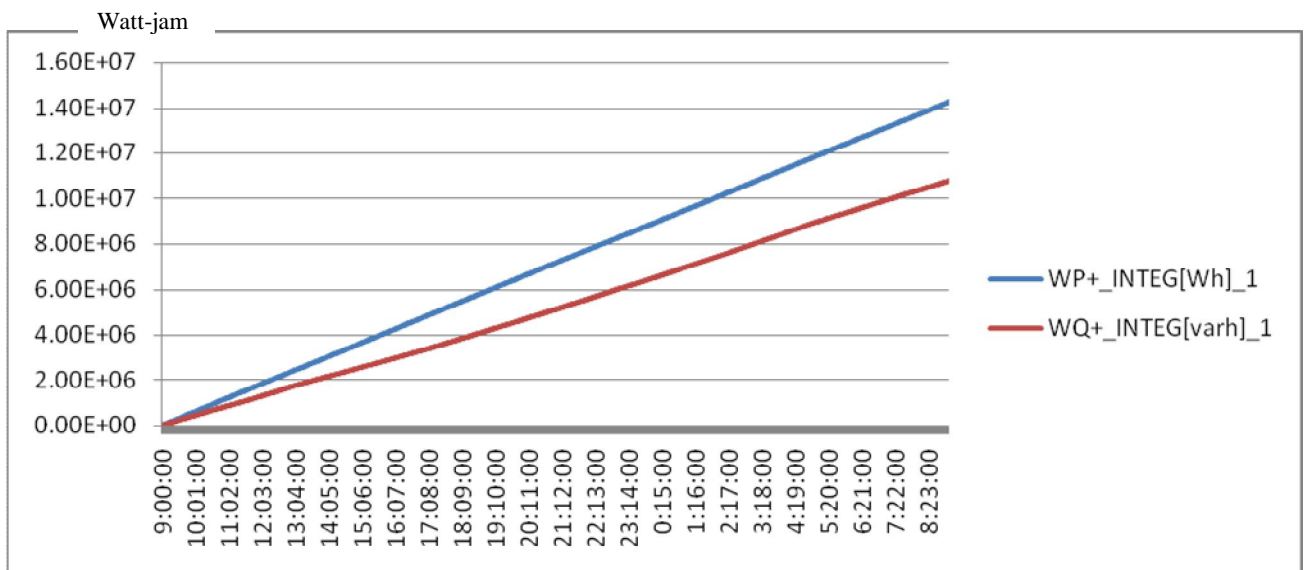
Dari Gambar 3 terlihat daya aktif maksimum adalah 686 kW dan rata-ratanya 594 kW, daya semu maksimum adalah 900 kVA dan daya reaktif maksimum 580

kVAR. Dengan mengasumsikan selama 11 hari operasi daya maksimumnya 898 kVA, maka faktor kebutuhan adalah :

$$\text{Faktor Kebutuhan} = \frac{\text{Daya Maksimum (kVA)}}{\text{Daya Terpasang (kVA)}} \times 100\%$$

$$\text{Faktor kebutuhan} = \frac{900 \text{ kVA}}{1600 \text{ kVA}} \times 100\% = 56,25\%$$

Pemakaian energy yang diserap transformator BHT01 selama 24 jam pengukuran seperti terlihat pada Gambar 4.

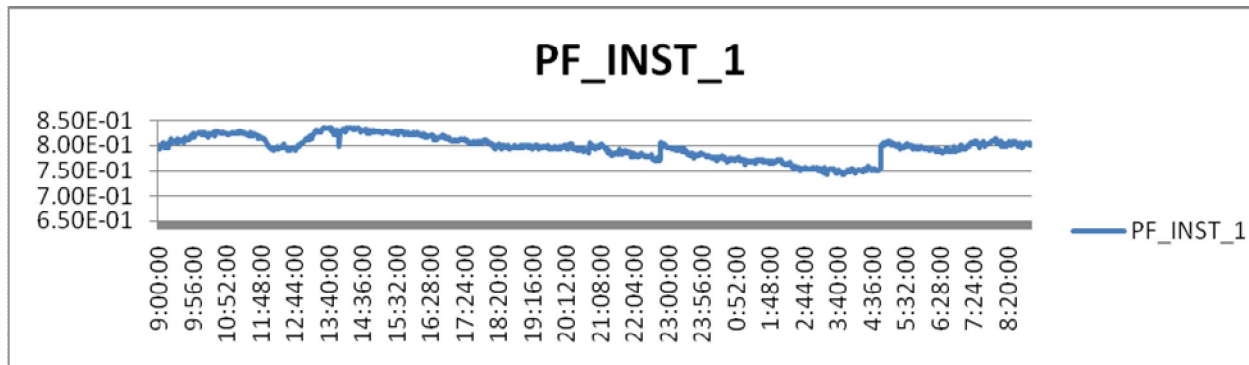


Gambar 4. Energi yang dibangkitkan BHT01

Dari Grafik diatas dapat dilihat konsumsi energy selama 24 jam pada transformator BHT01 adalah 14,2 MWh, bila diasumsikan rata-rata perhari adalah nilai tersebut, maka selama 11 hari operasi

adalah energy yang dibangkitkan : 14,2 MWh x 11 x 24 = 3748,8 MWh.

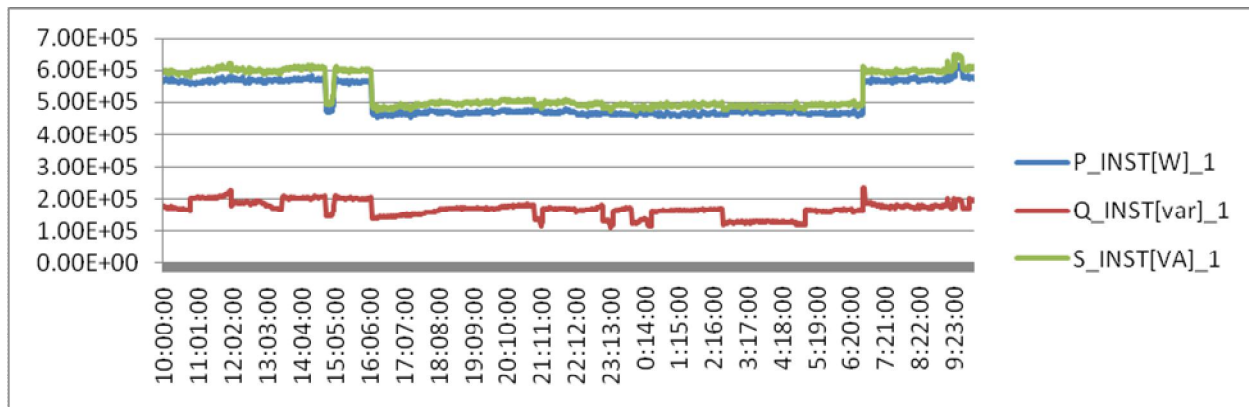
Faktor daya (cos φ) selama 24 jam pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Faktor daya beban pada jalur 1 (BHT01)

Dari gambar 5, factor daya rata-rata adalah 0,79. Rendahnya factor daya pada jalur 1 disebabkan tidak berfungsinya kapasitor bank, sehingga meningkatkan daya reaktif.

Untuk transformator BHT02 ketiga dayanya dapat dilihat pada Gambar 6, dimana daya aktif maksimum adalah 617 kW dan rata-ratanya 507 kW, daya semu 648 kVA dan daya reaktif 234 kVAR.



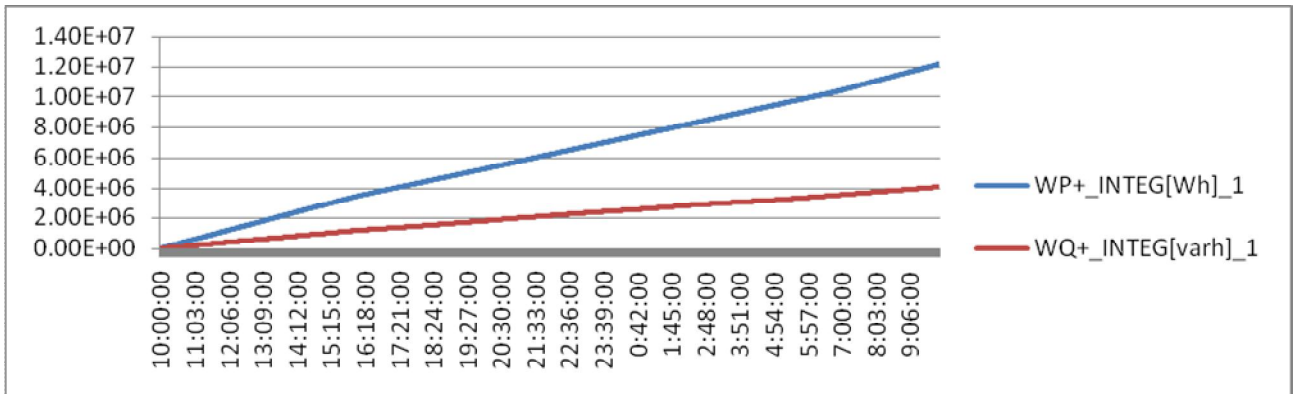
Gambar 6. Daya aktif, semu dan reaktif transformator BHT02

Dengan daya maksimum 648 kVA, selama 11 hari operasi maka faktor

kebutuhan pada transformator BHT02 adalah

$$\text{Faktor kebutuhan} = \frac{648 \text{ kVA}}{1600 \text{ kVA}} \times 100\% = 40,5\%$$

Energi yang diserap oleh transformator BHT02, dapat dilihat pada Gambar 7.

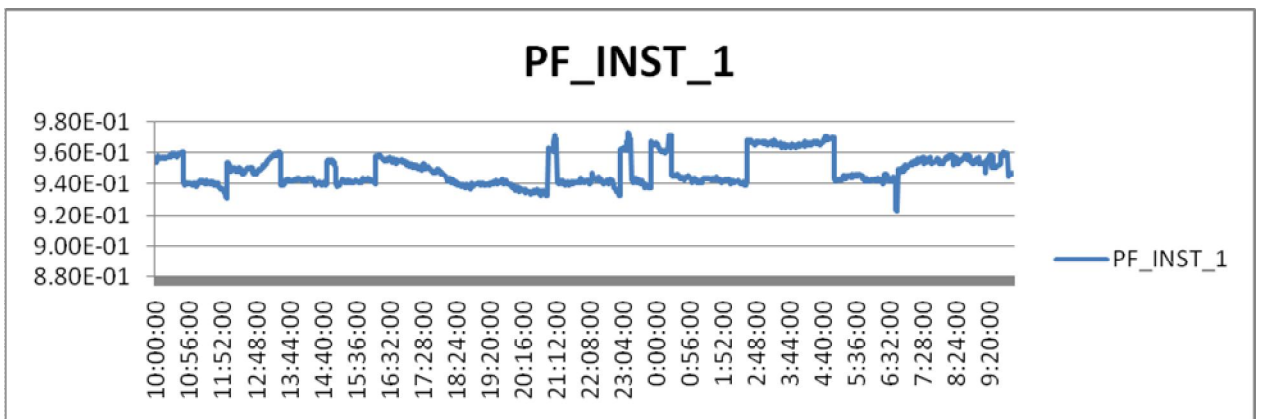


Gambar 7. Energi yang dibangkitkan BHT02

Dari Grafik diatas dapat dilihat konsumsi energy selama 24 jam pada transformator BHT02 adalah 12,20 MWh, bila diasumsikan rata-rata perhari adalah nilai tersebut, maka selama 11 hari operasi

energy yang dibangkitkan adalah :  $12,20 \text{ MWh} \times 11 \times 24 = 3220,8 \text{ MWh}$ .

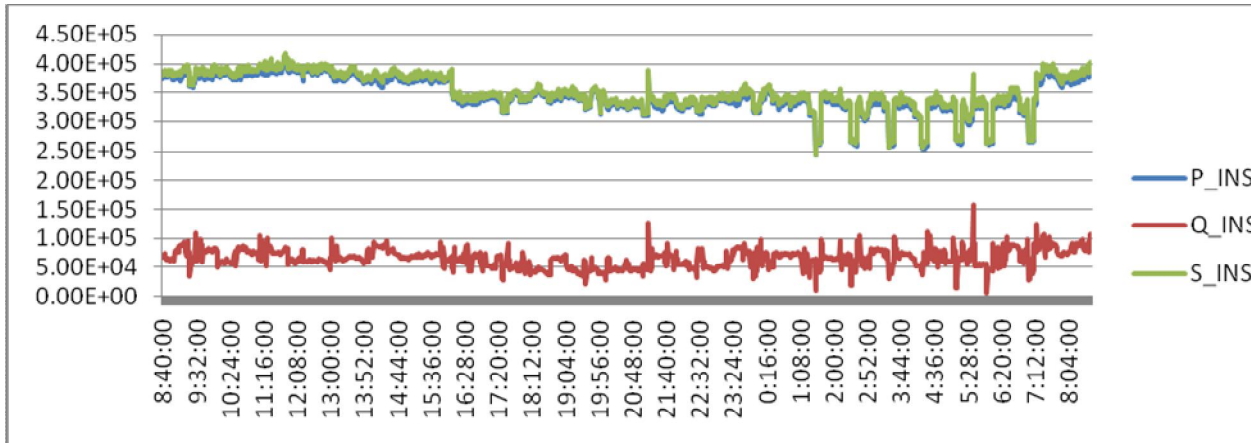
Faktor daya ( $\cos \phi$ ) selama 24 jam pengukuran dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Faktor daya beban pada jalur 2 (BHT02)

Dengan beban lebih kecil dari jalur 1, tapi kapasitor bank pada jalur 2 berfungsi baik maka daya reaktifnya menjadi rendah dan factor dayanya mencapai 0,95 seperti terlihat pada Gambar 8.

Pada transformator BHT03 hasil pengukuran untuk daya aktif, reaktif, dan daya semu dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Daya aktif, semu dan reaktif transformator BHT03

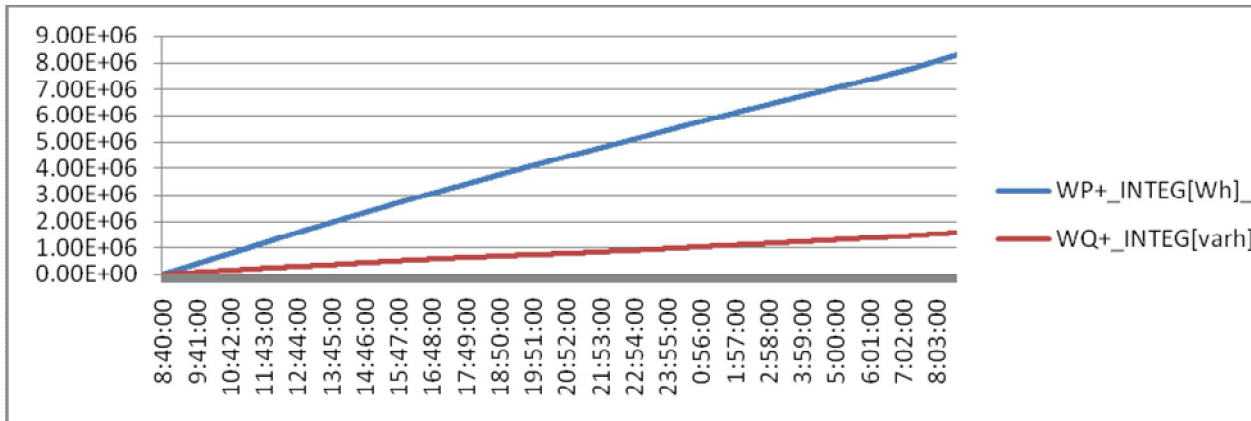
Daya aktif maksimum adalah 408 kW dan rata-ratanya 346 kW, daya semu 417 kVA dan daya reaktif 157 kVAR.

Dengan daya maksimum 417 kVA, selama 11 hari operasi maka faktor kebutuhan pada transformator BHT03 adalah:

$$\text{Faktor kebutuhan} = \frac{417 \text{ kVA}}{1600 \text{ kVA}} \times 100\% = 26,06\%$$

Energi yang diserap oleh Transformator BHT03 dapat dilihat pada

Gambar 10, dimana besar energy yang diserap adalah 8,30 MWh.



Gambar 10. Energi yang dibangkitkan BHT03

- Bila diasumsikan rata-rata perhari daya yang diserap adalah 8,30 MWh, maka selama 11 hari operasi, energy yang dibangkitkan oleh transformator BHT03 adalah :  $8,30 \text{ MWh} \times 11 \times 24 = 2191,2 \text{ MWh}$ .
- Energi listrik total selama 11 hari operasi adalah  $(3748,80 + 3220,80 + 2191,20) \text{ MWh} = 9160,8 \text{ MWh}$ .
- Faktor kebutuhan untuk transformator BHT03 adalah yang paling kecil, dimana dari daya nominal transformator 1600 kVA, factor kebutuhannya adalah 26,06%, hal ini dikarenakan pompa pendingin primer dan sekunder pada jalur 3 tidak dioperasikan.

## KESIMPULAN

Energi listrik yang diserap saat reactor beroperasi adalah cukup besar karena dioperasikannya motor pompa pada system pendingin primer dan pendingin sekunder. Kondisi beban yang terpasang pada jalur 1 dan jalur 2 relatif seimbang, dimana pada jalur 1 (Transformator BHT01) faktor kebutuhan adalah 56,25% dan energy yang diserap selama 11 hari operasi adalah 3748,8 MWh dan transformator BHT02 (jalur2 ) faktor kebutuhannya 40,50%, dan energy yang

diserap selama 11 hari operasi adalah 3220,8 MWh. Sedangkan transformator BHT03, faktor kebutuhannya adalah 26,06% dengan energy yang diserap selama 11 hari operasi adalah 2191,2 MWh. Faktor daya pada jalur 1 dibawah 0,85, yaitu 0,79 sehingga daya reaktif pada jalur 1 cukup besar, hal ini disebabkan tidak berfungsinya kapasitor bank pada jalur 1.

## DAFTAR PUSTAKA

1. LAK RSG. KK.01.01-63.11, Revisi : 10.1
2. Main Distribution Board, Vol.1, Turnover Package No.20, MPR 30
3. ZUHAL, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, PT Gramedia Pustaka, Jakarta 1995.
4. ABDUL KADIR, *Transformator*, Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 1989
5. KOES INDRAKOESOEMA, dkk, *Optimasi Pemakaian Energi Listrik Pada Gedung 90 PKTN BATAN, Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, PTAB – BATAN, Yogyakarta, Juli 20