

## KINERJA BATERE (BTD03) DAN INVERTER PADA SISTEM CATU DAYA TAK PUTUS 220 V-AC (BTP03) RSG – GA SIWABESSY

Koes Indrakoesoema, Adin Sudirman  
Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN  
e-mail : koes@batan.go.id

### ABSTRAK

**KINERJA BATERE (BTD03) DAN INVERTER PADA SISTEM CATU DAYA TAK PUTUS 220 V-AC (BTP03) RSG – GA SIWABESSY.** Bateres merupakan salah satu sumber catu daya yang banyak digunakan untuk cadangan energi bila terjadi kegagalan pada catu daya utama. Bateres yang digunakan sebagai *Uninterruptible Power Supply* (UPS-AC)/catu daya tak putus di RSG GAS terdiri dari 2 sistem, yaitu 2 (dua) buah UPS masing-masing 220 V-AC (BTP01 dan BTP03). Bateres BTD03 telah mengalami pergantian 2 (dua) kali, pergantian terakhir dilakukan karena adanya tegangan lebih saat *charging*, yaitu 268 Volt, sehingga jumlah bateres yang semula 111 buah ditambah 9 buah menjadi 120 bateres dengan total tegangan 240 Volt. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan pada keluaran inverter (BTP03) dan pada keluaran total bateres saat catu daya diperoleh dari bateres (proses *discharge*). Tegangan keluaran inverter pada masing-masing fasa masih memenuhi syarat, yaitu  $V_1 = 221$  Volt,  $V_2 = 223$  Volt, dan  $V_3 = 226$  Volt. Perbedaan yang tinggi antara  $V_3$  dengan standar tegangan 220 V, yaitu 2,65% masih memenuhi syarat PUIL 2000 yang mensyaratkan variasi tegangan yang diijinkan +5% dan -10%, sedang menurut ANSI C 84.1 adalah +4% dan -10% dan arus rata-rata beban  $I_1 = 11,8$  A,  $I_2 = 5,82$  A, dan  $I_3 = 5,81$  A. Tegangan dan arus DC bateres selama *discharge* 7 jam diperoleh  $V = 213$  Volt dan  $I = 17,3$  A, dimana saat tegangan 213 Volt atau tegangan per cell bateres 1,775 Volt terjadi alarm *under voltage* dan ini menunjukkan sistem UPS BTP03 masih berfungsi baik dan bateres BTD03 terlindungi.

**Kata kunci :** UPS, bateres, pengosongan

### ABSTRACT

**PERFORMANCE OF BATTERY (BTD03) AND INVERTER OF UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES 220 V-AC (BTP03) RSG – GA SIWABESSY.** Batteries are one source of power supply that is widely used for energy reserves in the event of a failure in the main power supply. Batteries are used as *Uninterruptible Power Supply* (UPS) in RSG GAS consists of two systems UPS 220 V-AC, namely BTP01 and BTP03. Battery BTD03 has already changed 2 times, the last was changed due to over voltage during charged, i.e 268 Volt, so that the amount of battery which previously 111 pieces add with 9 batteries to 120 pieces of batteries with a total voltage of 240 Volt. Voltage and current measurements carried out at the inverter output (BTP03) and the total output of the battery when the power supply is obtained from the battery. Load voltage at each phase are still qualify, i.e  $V_1 = 221$  volt,  $V_2 = 223$  Volt, 226 Volt and  $V_3 = 226$  volt. The difference between  $V_3$  with a standard voltage of 220 V is 2.65%, which is still qualify of PUIL 2000 which requires allowable voltage variation + 5% and -10%, while according to ANSI C 84.1 is + 4% and - 10%, and the average current  $I_1 = 11.8$  A,  $I_2 = 5.82$  A, and  $I_3 = 5.81$  A. DC battery voltage and current during 7 hours discharge are  $V = 213$  volts and  $I = 17.3$  A, in which the voltage of 213 volts or per cell of 1.775 Volt, under-voltage alarm occurs and this shows UPS system (BTP03) is still functioning and battery BTD03 is protected.

**Keywords :** UPS, batteries, discharge

### PENDAHULUAN

Catu daya RSG-GAS diperoleh dari 3 buah sumber, yaitu PLN, disel-generator dan bateres. Catu daya yang berasal dari disel-generator dan bateres termasuk dalam sistem catu daya darurat. Catu daya yang berasal dari bateres dikelompokkan ke dalam sistem catu daya tak putus (*Uninterruptible Power Supply/UPS*). Bateres yang terpasang di RSG-GAS

sejak tahun 1987 terdiri dari: 3 (tiga) unit bateres dengan tegangan keluaran masing-masing 220 V-DC (BTP01/02/03), dan 6 (enam) unit bateres, masing-masing 3 unit untuk keluaran +24 V dan 3 unit lainnya untuk -24 V. Bateres lama yang terpasang merupakan bateres dengan sel-sel bateres yang konvensional (*vented battery*), dengan type Vb 626 (BTD01/03 dan type Vb 2411 (BTD02) yang mempunyai jenis elektrolit asam sulfat dan tegangan

tiap sel 2 V. Dua unit batere (BTD01 dan BTD03), dengan tegangan keluaran 220 V-DC masing-masing mempunyai 37 buah batere dengan tiap batere terdiri dari 3 cell dan tegangan 2 V/cell serta densitas elektrolit 1,24 kg/l. UPS (BTP03) terdiri dari rectifier dan inverter mempunyai kapasitas 20 kVA, 3 phasa. Dalam kondisi normal tegangan dan arus keluaran rectifier akan *charging* batere, saat kehilangan catu daya dari PLN, batere akan memasok arus ke beban (*discharge*) melalui *inverter*.

Batere BTD03 telah mengalami pergantian 2 (dua) kali, yaitu dari type Vb 626 menjadi 3 OSP 150 kemudian beralih ke type 4 OSP.XC160. Penggantian ini dilakukan karena beberapa batere/cell mengalami penurunan tegangan disebabkan kerusakan pada cellnya (pada penggantian dari VB 626 ke 3 OSP 150), sedangkan penggantian dari 3 OSP 150 ke 4 OSP.XC160 disebabkan berlebihnya tegangan pengisian (*charging*) mencapai 268 Volt atau 2,4 Volt/cell. Salah satu keunggulan dari batere 4 OSP.XC160 adalah adanya *AquaGen* yang berfungsi mengembalikan uap air (hidrogen dan oksigen) dari penguapan air batere kembali ke batere, sehingga air pada batere tidak berkurang selama umur batere bila tidak terjadi kebocoran. Satu batere hanya terdiri dari 1 sel, dan tiap sel mempunyai tegangan nominal 2 Volt. Agar tidak terjadi tegangan lebih saat pengisian (*charging*) maka dilakukan penambahan 9 buah batere menjadi 120 batere dari 111 batere.

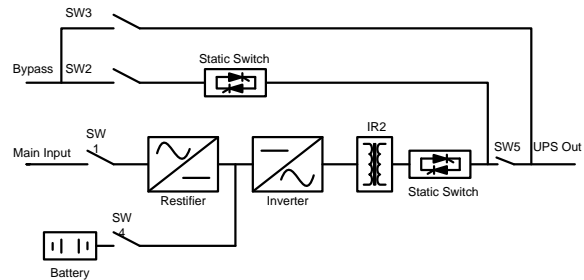
Dalam makalah ini dilakukan pengukuran terhadap keluaran *inverter* BTP03 yaitu tegangan dan arus AC serta saat dilakukan *discharge*, yaitu keluaran batere BTD03, tegangan dan arus DC. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat kinerja inverter dalam memasok beban satu phasa dan kemampuan batere BTD03 dalam memasok beban saat *discharge*.

## TEORI

Penyedia daya tak putus arus bolak balik yang disebut juga dengan *Uninterruptible Power Supply-AC* (UPS-AC) adalah pemasok daya yang dapat melayani konsumen secara terus menerus, dan merupakan kombinasi kerja dari penyedia daya utama PLN, penyedia batere, penyearah (*rectifier*), pembalik arah (*inverter*).

Secara umum prinsip kerja UPS-AC dalam kondisi normal adalah, beban dipasang melalui penyearah dan pembalik arah. Melalui penyearah pula batere dimuati, dengan demikian bila catu daya utama gagal atau penyearah mengalami gangguan, beban tetap tercatat dayanya oleh batere. UPS di RSG-GAS dipasang oleh tegangan masukan sebesar

380 volt, 3 phasa, 50 Hz, oleh *rectifier* tegangan AC diubah menjadi tegangan DC 240 volt. Dalam operasi normal, *rectifier* akan langsung memasok konsumen DC (batere) melalui filter L-C secara kontinyu dengan pemuatan ambang (*floating charging*). Dengan demikian, beban tetap tercatat dayanya oleh batere melalui pembalik arah (*inverter*) pada saat catu daya utama (PLN) gagal atau penyearah mengalami gangguan. Blok diagram UPS-AC dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem UPS AC

UPS-AC tersusun dalam satu modul dengan komponen utamanya adalah:

1. *Rectifier* (penyearah),
2. *Inverter* (pembalik arah),
3. Batere,
4. Sistem proteksi dan control.

## Spesifikasi Data

Catu daya tak putus (UPS) yang digunakan adalah Power-plus, tipe PCW-20T 20 kVA dengan tegangan masukan 380 Volt, 3 phasa dan tegangan keluaran 380 Volt, 3 phasa. Data spesifikasinya seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Utama UPS-AC RSG-GAS <sup>[1]</sup>

### Rectifier input

Model	PCW-20T 20Kva
Rated capacity (kVA)	20
Input 1 phase, arus maksimum (A)	50
Phase	3 Phase + N + G
Rated Tegangan	380 Vac ± 20%
Rated Frekuensi	50 Hz ± 10%

### Rectifier output

Model	20Kva
Rated capacity (kVA)	20
Tegangan output maksimum	275 VDC
Pengaturan arus pengisian	10A ~ 20A

**Inverter**

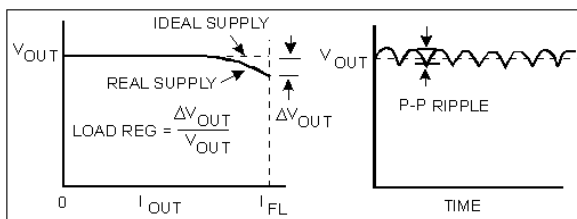
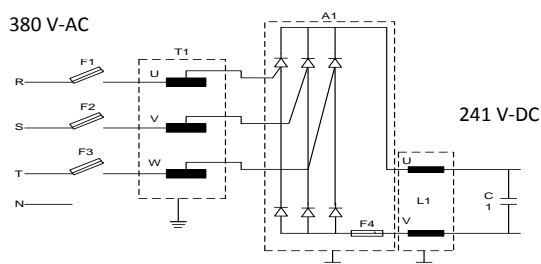
<b>Model</b>	<b>20Kva</b>
Rated power (kW) , cos φ = 0,8	16
Rated Tegangan	380 Vac ± 1%
Rated Frekuensi	50 Hz ± 0,05%
Gelombang Output	Gelombang sinus
Overload	125% beban penuh untuk 10 menit

**DC Batere**

Rated capacity	20 kVA
Maximum Discharge Current	56A
Bateries unit	111 unit 2 volt vented lead acid battery
Rated battery voltage	220 volt dc
Floating voltage	275 volt dc
Charging battery	10A~20A adjustable

**Rectifier (penyearah)**

Rectifier adalah suatu rangkaian pengubah tegangan AC (bolak-balik) menjadi tegangan DC (searah) melalui suatu dioda. Pada Gambar 2 yang merupakan rangkaian penyearah (*rectifier*), dapat dilihat bahwa tegangan yang masuk pada belitan primer sebesar 380 volt AC dan tegangan keluaran pada belitan sekunder 241 volt. Sebelum tegangan masuk ke trafo, melewati dahulu sekring Q3. Dimana sekring berfungsi sebagai sistem pengaman apabila terjadi arus lebih yang diakibatkan baik dari tegangan jala-jala maupun beban sehingga peralatan yang akan dilalui tetap aman.



**Gambar 2.** Rangkaian penyearah (*rectifier*)

Komponen *rectifier* terdiri dari:

1. Q3 : Sekring 3 fasa
2. T1 : Transformator 3 fasa hubungan Y

3. F4 : Sekring pengaman penyearah (*rectifier*)
  4. L1 : Belitan perata sebagai filter
  5. C1 : Jajar kapasitor dc dengan filter
  6. A1 : Dioda penyearah hubungan jembatan
- Harga rata-rata tegangan output dc adalah <sup>[2]</sup>

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int V_0(t) dt \dots\dots\dots(1)$$

Harga rms total dari tegangan outputnya adalah <sup>[2]</sup>

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int V_0^2(t) dt} \dots\dots\dots(2)$$

**Batere**

Batere merupakan sumber daya siaga (*stand by power*) pada sistem UPS, dan sebagai penyedia jaminan pasokan energi yang penting bila terjadi kegagalan catu energi pada catu daya utama. Batere yang digunakan pada sistem UPS ini adalah tipe blok, timah hitam dengan larutan asam sulfat. Tegangan awal batere pada kondisi normal adalah 2 volt/cell. Masing-masing batere dilengkapi dengan AquaGen yang berfungsi mengembalikan uap air (hydrogen dan oksigen) dari penguapan kembali ke batere, sehingga air tidak berkurang selama tidak terjadi kebocoran pada batere. Batere mampu bekerja selama 45 menit dengan beban penuh (20 kVA) dengan tegangan akhir 1,87 volt/cell <sup>[4]</sup>. Susunan Batere BT03 dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Susunan batere BT03 (type 4 OSP.XC.160)

Data teknis batere type 4 OSP.XC160 adalah sbb<sup>[3]</sup> :

- Merk : HOPPECKE Batterien
- Tipe : 4 OSP.XC 160
- Kapasitas : 176 Ah
- Teg. Nominal : 2 V
- Grid alloy : Pb + <2% Sb
- Electrolite : Asam Sulfat
- Teg.Pengisian : *Float Charge* : 2,25 V/cell  
*Boost Charge* : 2,40 V/cell

Pemuatan batere terbagi dalam operasi *float* dan operasi *boost*:  
 tegangan dan arus DC, diukur total keluaran batere BTD03 menggunakan tang Ampere setiap jam.

**Operasi Float**

Operasi Float merupakan mode operasi pemuatan batere dengan pemuatan ambang (*floating charging*) dalam keadaan normal, batere akan dimuati terus menerus pada tegangan 2,25 Volt/cell ± 1% untuk menjaga agar batere tetap berada pada kapasitas penuh. Pemuatan ini disebut juga dengan pemuatan tetes (*trickle charging*). Tegangan total pada pemuatan tetes (*trickle charging*) sebesar 270 volt DC [3].

**Operasi Boost**

Untuk mempersingkat waktu charging, tegangan pemuatan dinaikkan menjadi 2,33 - 2,40 Volt/cell. Mode operasi ini dilakukan untuk menghasilkan suatu pemuatan yang lebih cepat dibandingkan dengan pemuatan ambang. Proses pemuatan tidak memerlukan pengawasan tetap dan dapat dilakukan secara kontinyu selama 48 jam.



**Gambar 4.** Pengukuran output inverter BTP03

**TATA KERJA**

Pengukuran dilakukan pada kondisi *rectifier* dimatikan, sehingga catu daya beban hanya berasal dari batere BTD03. Arus dan tegangan ac per fasa pada keluaran inverter diukur menggunakan Power Quality Analyzer (lihat Gambar 4). Untuk mengukur

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

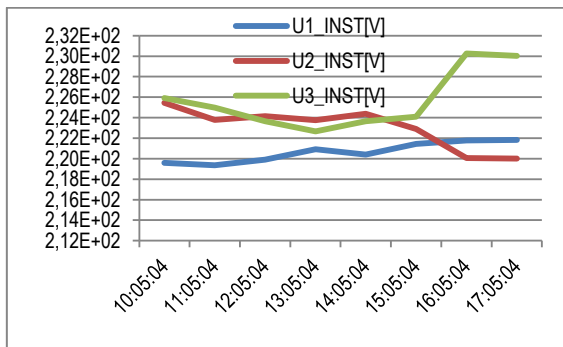
Hasil pengukuran tegangan dan arus keluaran inverter atau ke beban (V-AC dan I-AC), yaitu saat catu daya berasal dari batere dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran tegangan dan arus AC

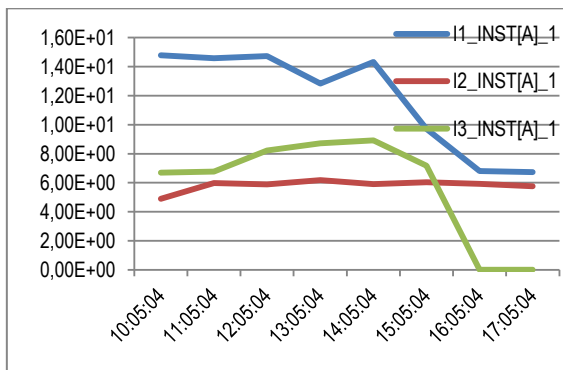
TIME	V1_INST [V]	V2_INST [V]	V3_INST [V]	I1_INST [A]_1	I2_INST [A]_1	I3_INST [A]_1
10:05:04	2.20E+02	2.25E+02	2.26E+02	1.48E+01	4.89E+00	6.69E+00
11:05:04	2.19E+02	2.24E+02	2.25E+02	1.46E+01	5.99E+00	6.78E+00
12:05:04	2.20E+02	2.24E+02	2.24E+02	1.47E+01	5.89E+00	8.22E+00
13:05:04	2.21E+02	2.24E+02	2.23E+02	1.28E+01	6.18E+00	8.72E+00
14:05:04	2.20E+02	2.24E+02	2.24E+02	1.43E+01	5.90E+00	8.93E+00
15:05:04	2.21E+02	2.23E+02	2.24E+02	9.71E+00	6.03E+00	7.17E+00
16:05:04	2.22E+02	2.20E+02	2.30E+02	6.80E+00	5.93E+00	0.00E+00
17:05:04	2.22E+02	2.20E+02	2.30E+02	6.73E+00	5.76E+00	0.00E+00
18:05:04	2.21E+02	2.20E+02	2.31E+02	7.19E+00	6.03E+00	0.00E+00

Dari Tabel 2, menunjukkan bahwa tegangan masing-masing fasa relatif stabil dan rata-rata tegangan masing-masing fasa adalah  $V_1 = 221$  Volt,  $V_2 = 223$  Volt, dan  $V_3 = 226$  Volt. Sedangkan rata-rata arus masing-masing fasa adalah  $I_1 = 11,8$  A,  $I_2 = 5,82$  A, dan  $I_3 = 5,81$  A.

Adanya perbedaan tegangan sebesar 2,65% antara  $V_3$  dan tegangan normal 1 fasa (220 V), masih dalam batas toleransi, dimana PUIL 2000 mensyaratkan variasi tegangan yang diijinkan +5% dan -10%, sedang menurut ANSI C 84.1 adalah +4% dan -10%.



Gambar 5. Tegangan beban



Gambar 6. Arus beban

Pada Gambar 5 menunjukkan adanya perbedaan tegangan pada tiap-tiap phase, phase T ( $U_3$ ) terlihat lebih besar dari 2 phasa lainnya, dan terjadi kenaikan pada jam 15.30 menjadi 230 Volt, sedangkan arus masing-masing phasa terjadi perbedaan yang cukup besar (lihat Gambar 6) karena tidak seimbangya beban pada masing-masing phasa, tapi semuanya menunjukkan penurunan arus dengan waktu *discharge* batere. Pada jam 16.00 arus  $I_3$  (phasa T) turun hingga 0 A, karena beban-beban pada jalur ini adalah komputer yang ada di gedung operasi (Ged. 31), sehingga saat jam pulang kantor banyak yang dimatikan.

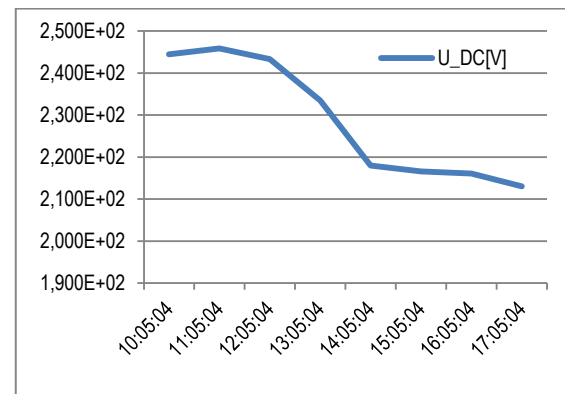
Kapasitas batere adalah 176 AH, dan dari pengukuran arus, didapat arus total ( $I_1$  s.d  $I_3$ ) setelah 7 jam *discharge* adalah 23,4 A. Pengukuran dihentikan setelah 7 jam *discharge* sehingga bila dilakukan perhitungan arus beban adalah  $176 \text{ Ah} / 7 \text{ h} = 25,14 \text{ A}$ . Perbedaan antara arus pengukuran dan perhitungan adalah 6,9%.

Pengukuran output batere (*discharge*) dapat dilihat pada Tabel 3.

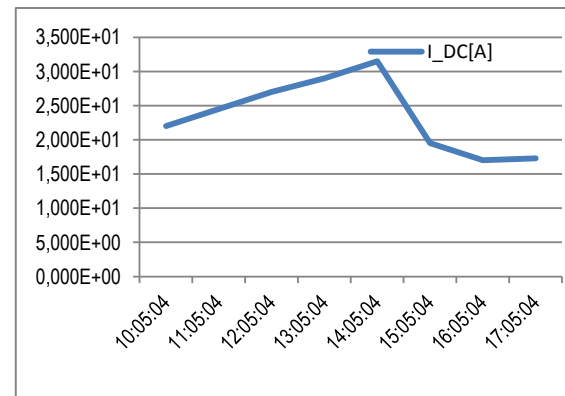
Tabel 3. Pengukuran arus dan batere saat *discharge*

TIME	U_DC[V]	I_DC[A]
10:05:04	2.445E+02	2.200E+01
11:05:04	2.459E+02	2.450E+01
12:05:04	2.433E+02	2.700E+01
13:05:04	2.335E+02	2.900E+01
14:05:04	2.180E+02	3.150E+01
15:05:04	2.166E+02	1.950E+01
16:05:04	2.161E+02	1.700E+01
17:05:04	2.130E+02	1.730E+01

Gambar 7 dan Gambar 8 memperlihatkan penurunan tegangan dan arus saat *discharge*.



Gambar 7. Tegangan batere



Gambar 8. Arus batere

Pengukuran tegangan dan arus total batere (120 batere) selama *discharge*, dengan periode pengukuran setiap jam, menunjukkan penurunan pada tegangan dari 245 V menjadi 213 V sehingga tegangan per cell menjadi 1,775 Volt dan sistem memberi alarm *under voltage*. Demikian pula dengan arus batere, seperti terlihat pada Gambar 8, sempat mengalami kenaikan arus sampai jam 14.00 karena adanya kenaikan beban, kemudian turun mencapai 17,3 A.

## KESIMPULAN

Tegangan keluaran inverter atau tegangan beban (AC) selama masa *discharge* batere relative stabil, yaitu  $V_1 = 221$  Volt,  $V_2 = 223$  Volt, dan  $V_3 = 226$  Volt, sedangkan arus beban mengalami penurunan, yaitu untuk  $I_1 = 6,73$  A,  $I_2 = 5,76$  A, dan  $I_3 = 0$  A. Tegangan dan arus batere (DC) selama 7 jam *discharge* mengalami penurunan (tegangan total 120 batere), yaitu  $V = 213$  Volt dan arus  $I = 17,3$  A, dimana alarm *under voltage* bekerja karena tegangan batere telah mencapai harga 1,78 Volt per batere atau per cell. Hasil ini menunjukkan baik inverter dan batere masih berfungsi dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Power Champion Series, 20 kVA, Operation Manual
- [2] **ZUHAL**, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.
- [3] *Hoppecke Batteries Type Vented Lead Acid* (OSP), PT. Guna Elektro, Jakarta Tahun 2004.