

Pengukuran *Backup Time Uninterruptible Power Supply* Untuk Penentuan Kapasitas Baterai VRLA

Jong Susanto¹, Melisa Mulyadi¹, Linda Wijayanti¹

¹Engineer Profession Program, School of Bioscience, Technology, and Innovation, Atma Jaya Catholic University of Indonesia, Jakarta 12930, Indonesia

Article Info

Article history:

Received
26 May 2025

Accepted
04 June 2025

Keywords:

battery, backup time,
capacity, current,
discharge, voltage,

Abstract

Uninterruptible Power Supply (UPS) is a device to provide a temporary power source based on the backup energy stored in the battery. UPS is very necessary for equipment systems where the power supply is not allowed to stop/be interrupted, which can cause the system to fail, for example: computerized systems. The most common type of UPS battery found today is Valve Regulated Lead Acid (VRLA). So that the UPS can work optimally according to its capacity and backup time, it is necessary to determine the battery capacity. The method of determining the battery energy capacity in a UPS is very important and greatly determines the efficiency of the entire UPS system design. In this research, the capacity of the VRLA battery on a particular UPS was determined based on direct testing and based on calculations. VRLA battery capacity calculations refer to the UPS and battery datasheet. The calculation stage starts from calculating the current and battery power used according to the load power absorbed by the UPS and referring to the table of constant current discharge and constant power discharge characteristics. After determining the capacity, testing is carried out by measuring the backup time of the UPS. The calculation results and test results directly show that there is a difference in backup time because the battery used is an old stock battery. The research results also prove that determining battery capacity by calculation can ensure that the battery capacity is more appropriate or not too large, so it is more economical.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima:
26 Mei 2025

Disetujui:
04 Juni 2025

Kata Kunci:

Arus, baterai,
discharge, kapasitas,
tegangan, waktu backup

Abstrak

Uninterruptible Power Supply (UPS) adalah alat untuk memberikan sumber listrik sementara berdasarkan energi cadangan tersimpan dalam baterai. UPS sangat dibutuhkan oleh peralatan yang pasokan sumber dayanya tidak boleh terhenti/terputus karena dapat menyebabkan sistem menjadi gagal, contohnya: sistem komputerisasi. Jenis baterai UPS yang paling umum dijumpai saat ini adalah Valve Regulated Lead Acid (VRLA). Agar UPS dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan kapasitas dan backup time nya, maka perlu menentukan kapasitas baterai. Metode dalam menentukan kapasitas energi baterai dalam UPS sangatlah penting dan sangat menentukan efisiensi dari keseluruhan desain sistem UPS tersebut. Pada penelitian ini dilakukan penentuan kapasitas baterai VRLA pada UPS tertentu berdasarkan pengujian langsung dan berdasarkan perhitungan. Perhitungan kapasitas baterai VRLA mengacu pada datasheet UPS dan baterai terkait. Tahapan perhitungan dimulai dari menghitung arus dan daya baterai yang digunakan sesuai dengan daya beban yang diserap UPS serta mengacu pada tabel karakteristik constant current discharge dan constant power discharge. Setelah menentukan kapasitas dilakukan pengujian dengan mengukur backup time dari UPS tersebut. Hasil perhitungan dan hasil pengujian langsung menunjukkan adanya perbedaan backup time karena baterai yang digunakan adalah baterai stock lama. Hasil penelitian juga membuktikan bahwa penentuan kapasitas baterai dengan perhitungan dapat memastikan kapasitas baterai yang lebih sesuai atau tidak terlalu besar sehingga lebih ekonomis.

1. PENDAHULUAN

Pada awalnya *Uninterruptible Power Supply* (UPS) adalah peralatan yang sangat diperlukan dalam komputerisasi, namun sesuai dengan perkembangan zaman saat ini UPS juga diperlukan untuk industri pusat data, mesin-mesin industri manufaktur, rumah sakit, industri kamera pengintai dan lain sebagainya.

Sumber daya yang digunakan pada UPS berasal dari baterai yang terpasang di dalamnya. Baterai *lead acid* merupakan baterai yang banyak digunakan karena kapasitasnya yang besar, dapat diandalkan, murah, dan mudah didapatkan [1]. Salah satu jenis baterai *lead acid* yang biasanya terpasang pada UPS adalah *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA). VRLA memiliki desainnya yang *sealed*, sehingga baterai tidak kehilangan elektrolit, anti bocor, dan dapat dipasang di berbagai posisi.

Pemilihan UPS yang tepat memerlukan pertimbangan kebutuhan daya perangkat yang terhubung. Kapasitas daya UPS dapat ditentukan berdasarkan seberapa besar daya yang ingin disalurkan ke perangkat selama listrik mati, dan berapa lama (*backup time*) UPS dapat memberikan daya tersebut. Peningkatan beban akan mengurangi *backup time* atau mempercepat habisnya daya UPS.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kapasitas baterai VRLA dari beberapa model UPS dengan beban dan *backup time* tertentu. Penentuan kapasitas baterai dilakukan berdasarkan perhitungan dan pengujian langsung UPS. UPS yang diteliti memiliki kapasitas 1 kVA, 2 kVA, 3 kVA dan 6 kVA dengan baterai internal VRLA.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Uninterruptible Power Supply*

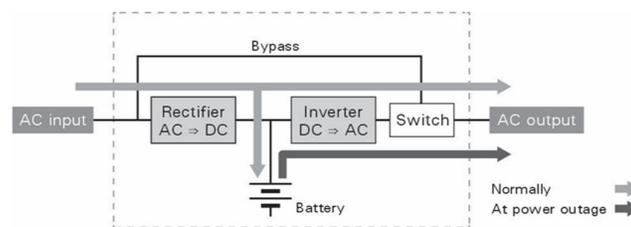
Uninterruptible Power Supply atau disingkat UPS adalah sumber daya yang dirancang untuk mengatasi hilangnya listrik PLN sehingga beban atau peralatan masih mendapatkan sumber daya. Berapa lama waktu suplai daya UPS atau yang biasa disebut dengan *backup time* tergantung dari kapasitas baterai yang dipakai dan konsumsi daya dari beban/peralatan.

Fungsi UPS secara umum adalah untuk:

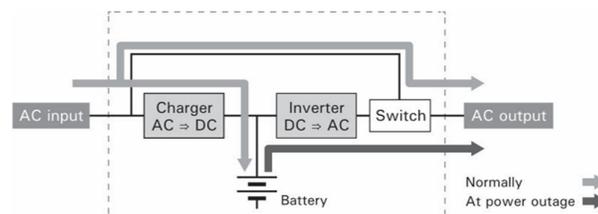
- Melindungi terhadap kegagalan daya,
- Menstabilkan tegangan,
- Memberi proteksi terhadap lonjakan arus listrik,
- Melindungi terhadap tegangan tinggi dan rendah,
- Melindungi terhadap distorsi harmonik,
- Menstabilkan frekuensi,
- Memberi perlindungan seketika dari lonjakan atau penurunan tegangan.

Ditinjau dari pemakaiannya UPS dapat dibagi menjadi 3 (tiga) jenis [2], yaitu:

- UPS jenis *continuous* atau *online* yang ditunjukkan Gambar 1.
- UPS jenis *break* atau *offline* yang ditunjukkan Gambar 2.
- UPS jenis *line-interactive* pengembangan dari UPS jenis *offline*.



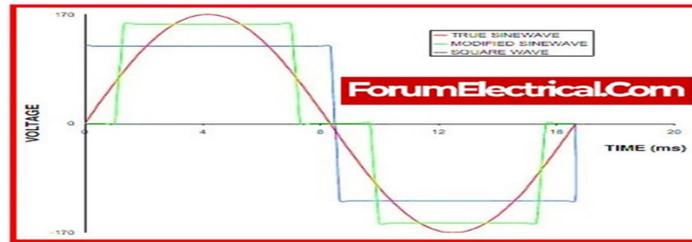
Gambar 1. Diagram *continuous* UPS



Gambar 2. Diagram *break* UPS

Ditinjau dari bentuk gelombang output yang dihasilkan UPS seperti ditunjukkan Gambar 3 dapat dibagi menjadi dua, antara lain[3]:

- Gelombang sinusoidal/*pure sinewave*.
- Gelombang segiempat (*square wave*)/*synthesized sinewave/step wave*.



Gambar 3 Jenis gelombang output UPS

Pada umumnya mode operasional UPS ada 2 kondisi yaitu [4]:

- Kondisi normal (*normal mode*). Dalam kondisi ini nilai tegangan/frekuensi input masih sesuai spesifikasi UPS. Energi output dan pengisian daya baterai diambil dari sumber daya input.
- Kondisi *backup/ac power outage (stored mode)*. Dalam kondisi ini nilai tegangan/frekuensi input berada diluar spesifikasi sehingga energi output diambil dari baterai.

2.2 Karakteristik *Discharge* Baterai VRLA

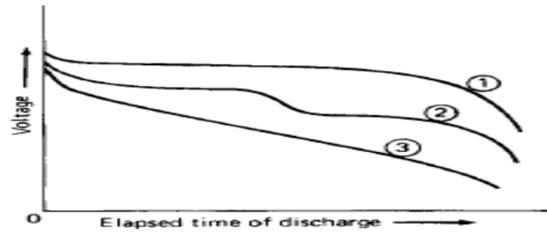
Banyak faktor yang mempengaruhi karakteristik operasional, kapasitas, keluaran energi, dan kinerja baterai [5]. Bahkan dalam sel atau desain baterai tertentu, akan ada perbedaan kinerja dari satu produsen ke produsen lainnya dan dari baterai yang sama namun berbeda versi (seperti standar, tugas berat, atau premium). Besarnya perbedaan bergantung pada kontrol proses serta aplikasi dan penggunaan baterai. Sebagai contoh baterai timbal-asam memiliki tegangan teoritis dan tegangan rangkaian terbuka sebesar 2,1V dengan tegangan nominal sebesar 2,0 V, tegangan kerja antara 1,8V dan 2,0 V, dan tegangan akhir/*End of Discharge* (EOD) sebesar 1,75 V pada saat *discharge* sedang dan rendah atau 1,5 V untuk *discharge cranking* (saat *stater* mesin).

Saat mengisi daya, tegangan dapat berkisar antara 2,3 V hingga 2,8 V. Ketika sel atau baterai habis, tegangannya lebih rendah dari tegangan teoritis. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya rugi pada *internal resistance* (IR) akibat resistansi sel (dan baterai) dan polarisasi bahan aktif selama *discharge*. Tegangan awal sel dalam beban *discharge* lebih rendah dari nilai teoritis karena adanya resistansi internal sel, penurunan IR dan efek polarisasi pada kedua elektroda. Tegangan juga turun selama *discharge* seiring dengan meningkatnya resistansi sel karena akumulasi hasil *discharge*, aktivasi dan konsentrasi, polarisasi, dan faktor lainnya.

Ketika resistansi sel atau arus *discharge* meningkat, tegangan *discharge* menurun dan menunjukkan profil yang lebih miring. Oleh karena itu, energi spesifik yang dihasilkan oleh baterai dalam praktiknya lebih rendah daripada energi spesifik teoritis, karena:

- Tegangan rata-rata selama *discharge* lebih rendah dari tegangan teoritis.
- Tegangan baterai sampai terkuras habis hingga 0 V dan semua kapasitas ampere-jam yang tersedia tidak digunakan.

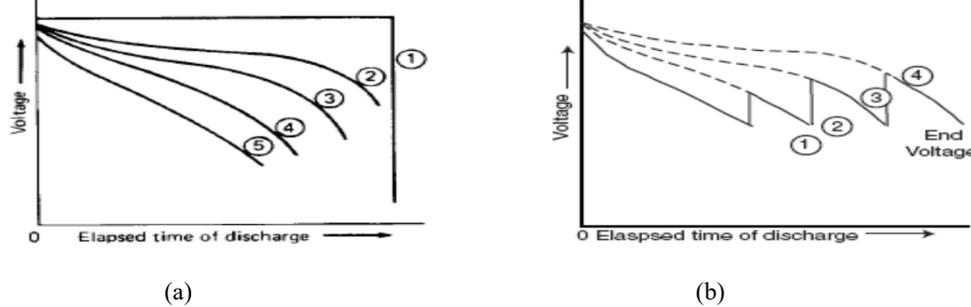
Energi spesifik yang dihasilkan lebih rendah dari energi teoritis karena kedua komponen perhitungan tegangan dan arus lebih rendah. Yang dimaksud dengan energi spesifik adalah jumlah energi yang dikandung baterai relatif terhadap beratnya dan biasanya diukur dalam watt-jam per kilogram. Bentuk kurva *discharge* dapat bervariasi tergantung pada sistem elektrokimia, fitur konstruksi, dan kondisi *discharge* lainnya. Kurva *discharge* tipikal ditunjukkan pada Gambar 4. *Discharge* datar (kurva 1) mewakili kondisi ketika pengaruh perubahan reaktan dan reaksi adalah minimal sampai bahan aktif hampir habis. Profil plateau (kurva 2) adalah kondisi perubahan dalam mekanisme reaksi dan potensial bahan aktif. *Discharge slope* (kurva 3) terjadi ketika komposisi bahan aktif, reaktan, resistansi internal, dan sebagainya, berubah selama *discharge*.



Gambar 4. Battery discharge characteristics voltage profiles.

Ketika penurunan arus baterai semakin besar, maka kerugian IR, efek polarisasi juga meningkat, discharge berada pada tegangan yang lebih rendah, dan masa pakai baterai berkurang. Gambar 5(A) menunjukkan kurva discharge yang khas seiring dengan perubahan aliran arus. Pada discharge arus yang sangat rendah (kurva 2) discharge dapat mendekati tegangan teoritis dan kapasitas teoritis. Namun, pada periode discharge yang sangat lama dapat menimbulkan kerusakan kimiawi sehingga menyebabkan penurunan kapasitas. Dengan meningkatnya arus discharge (kurva 3–5), tegangan discharge menurun, kemiringan kurva discharge menjadi lebih jelas, dan masa pakai, serta kapasitas ampere-jam atau coulomb yang dihasilkan berkurang.

Jika baterai di discharge sampai mencapai tegangan tertentu (cutoff) dan arus discharge tertentu digunakan kembali pada arus discharge yang lebih rendah, tegangannya akan naik dan kapasitas atau masa pakai tambahan dapat diperoleh hingga tegangan cutoff tercapai kembali. Jadi bila baterai yang dipakai untuk mengaktifkan kamera flash telah habis masa pakainya masih dapat digunakan untuk mengaktifkan aplikasi jam kuarsa karena hanya beroperasi pada arus discharge yang jauh lebih rendah. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (b), discharge pertama kali dijalankan pada laju discharge tertinggi hingga tegangan akhir yang ditentukan. Tingkat discharge kemudian dikurangi ke tingkat yang lebih rendah berikutnya. Tegangan meningkat dan discharge dilanjutkan lagi hingga tegangan akhir yang ditentukan, dan seterusnya.



Gambar 5 (a) Battery discharge characteristics.

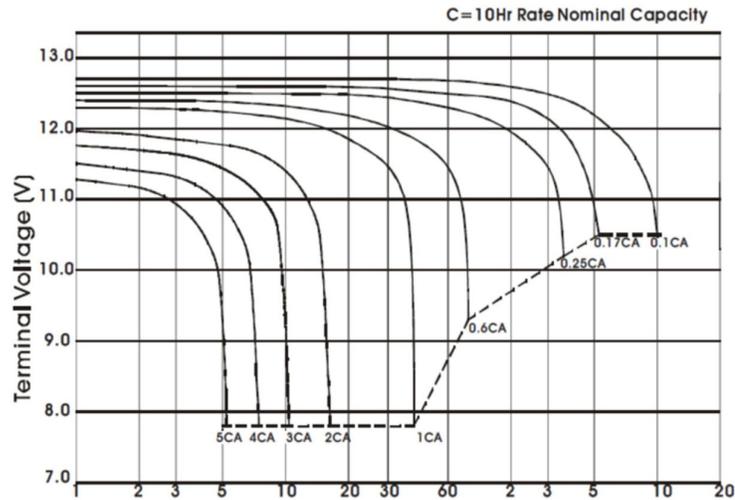
5 (b) Discharge characteristics of a battery discharged sequentially from high to lower discharge rates.

2.4 Parameter dalam menghitung Beban UPS dan Backup Time/Runtime

Saat memilih tipe UPS, ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan. Selain menentukan topologi yang diinginkan dan fasanya (satu fasa atau tiga fasa), penting juga untuk menghitung dengan tepat ukuran UPS. Perlu menghitung total beban yang diinginkan baik tegangan maupun arus listrik semua perangkat yang terhubung, kapasitas/daya maksimum, dan jumlah waktu cadangan yang diinginkan dari baterai UPS atau berapa lama UPS dapat mendukung peralatan saat listrik padam [6].

Sistem UPS biasanya diberi rating dalam satuan kilowatt (kW), volt amp (VA), atau kilo-volt-ampere (kVA). Meskipun rating daya VA atau kVA mewakili batasan daya dari UPS, rating Watt adalah keluaran daya UPS dan menentukan daya sebenarnya unit tersebut. Pada rangkaian arus searah (DC) daya dinyatakan sebagai daya nyata (watt) sedangkan pada sistem UPS yang menggunakan arus bolak-balik (AC) maka daya dinyatakan sebagai daya semu (VA). Perbandingan daya nyata dengan daya semu disebut faktor daya. Faktor daya berbeda-beda tergantung pada masing-masing model UPS. Misalnya, sistem UPS 100 kVA dengan faktor daya 0,8 hanya dapat mendukung daya nyata 80 kW. Daya UPS yang diserap juga harus memperhitungkan efisiensi dari UPS yang digunakan karena daya UPS adalah daya beban maksimum dibagi efisiensi UPS. Beban UPS adalah jumlah daya yang akan dikonsumsi oleh perangkat

listrik yang terpasang [7]. Pada kondisi mode *backup*, UPS menyediakan daya utama dari baterai. Dalam perhitungan kapasitas baterai, yang dimaksud besaran daya baterai (W) adalah *constant power discharge* (CPD) dan besaran arus baterai (A) adalah *constant current discharge* (CCD). Hal ini merupakan *discharge characteristic* baterai seperti yang ditunjukkan Gambar 6. Setiap produsen dan tipe baterai VRLA memiliki spesifikasi/*datasheet* yang berbeda. Penggunaan karakteristik *discharge* baterai VRLA dalam rancangan kapasitas baterai UPS dapat di lihat pada Tabel *constant current discharge* (CCD) atau Tabel 4 *constant power discharge* (CPD) [8].



Gambar 6. VRLA battery discharge characteristic (terminal voltage vs discharge time)

3. METODOLOGI

Penentuan kapasitas baterai melibatkan perhitungan konversi energi, daya, tegangan, dan arus sesuai teori kelistrikan. Namun yang utama adalah merujuk pada tabel karakteristik pelepasan (*discharge characteristic*) dari *datasheet* baterai. Berdasarkan tabel dan nilai daya/arus konstan untuk berbagai kapasitas baterai, perkiraan *backup time* dapat dilakukan. Sebagai contoh, *datasheet* baterai 9AH (Tabel 3) menunjukkan waktu 10 menit untuk *discharge* arus konstan 21A. Jika waktu ini kurang, perlu melihat *datasheet* baterai dengan kapasitas yang lebih besar.

Tahap awal pelaksanaan adalah mencari tipe-tipe UPS yang memiliki spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan. Spesifikasi paling utama dalam perhitungan kapasitas baterai adalah :

- Daya aktif (P) beban maksimum atau yang digunakan,
- Efisiensi UPS (η) dalam kondisi backup/Stored Mode,
- Tegangan Input DC UPS yaitu tegangan total baterai yang dapat dirangkai seri dari beberapa baterai yang sejenis,
- Backup time*

3.1 Penentuan kapasitas baterai

- Kapasitas baterai identik dengan daya total baterai yang sama dengan daya aktif input DC UPS. Daya total dapat di hitung dari daya aktif beban maksimum dibagi dengan efisiensi dari UPS seperti Persamaan (1). Daya aktif input DC UPS adalah Daya aktif yang terukur di input DC UPS sedangkan beban maksimum adalah beban maksimum dari output UPS dan efisiensi UPS adalah perbandingan antara daya aktif output terhadap daya aktif input DC.

$$P_{Tbatt} = P_{UPS} = P_{Lmax} / \eta_{UPS} \quad (1)$$

Keterangan:

P_{Tbatt} : daya total baterai (W),

P_{UPS} : daya aktif input DC UPS (W),

P_{Lmax} : daya aktif beban maksimum output UPS (W).

η_{UPS} : efisiensi dari UPS.

- b. Arus Total baterai UPS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$I_{Tbatt} = P_{UPS}/V_{Tbatt} \tag{2}$$

Keterangan:

I_{Tbatt} : arus total baterai (A),

V_{Tbatt} : tegangan total baterai (V).

- c. *Discharge power constant* masing-masing baterai adalah daya baterai yang diserap dari tiap 1 baterai, oleh karena baterai dipasang seri dapat dicari menggunakan Persamaan (3).

$$P_{batt} = P_{Tbatt}/N_{batt} \tag{3}$$

Keterangan:

P_{batt} : daya 1 baterai/*constant power discharge*

N_{batt} : jumlah baterai yang di pasang seri.

- d. *Constant current discharge* masing-masing baterai adalah arus tiap 1 baterai yang besarnya sama dengan I_{Tbatt} .

Setelah mengitung nilai arus baterai dan daya baterai, kemudian hasil perhitungan tersebut digunakan untuk mencari *backup time* dengan merujuk pada *datasheet* baterai yang ada pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 1. *Terminal voltage vs discharge time (CSB HR1234W) @ CCD*

F.V/Time	2M	4M	6M	8M	10M	15M	20M	30M	60M	90M
1.60V	73.8	49.2	36.8	29.7	25.4	18.5	14.6	10.5	5.99	4.25
1.67V	65.8	44.8	34.4	28.2	24.2	17.8	14.1	10.3	5.86	4.15
1.70V	62.2	42.9	33.3	27.5	23.6	17.4	13.8	10.1	5.80	4.11
1.75V	56.3	39.8	31.6	26.2	22.7	16.8	13.5	9.90	5.69	4.05
1.80V	50.3	36.4	29.7	24.9	21.7	16.2	13.1	9.66	5.60	3.99
1.85V	43.3	32.9	27.6	23.5	20.7	15.6	12.7	9.39	5.50	3.92

Tabel 2. *Terminal voltage vs discharge time (CSB HR1234W) @ CPD*

F.V/Time	2M	4M	6M	8M	10M	15M	20M	30M	60M	90M
1.60V	706	506	395	328	286	211	169	124	71.7	50.8
1.67V	645	470	376	315	276	205	165	121	70.5	50.1
1.70V	618	454	366	308	270	202	163	120	70.0	49.61
1.75V	571	426	350	296	260	196	160	118	69.0	49.0
1.80V	524	400	333	285	250	191	156	116	68.1	48.3
1.85V	478	376	316	273	241	186	152	114	67.0	47.7

Tabel 3. *Terminal voltage vs discharge time (ICAL IP1290) @ CCD*

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	10h	20h
9.60V	34.2	21.6	17.1	9.54	5.85	3.20	2.30	1.84	1.56	0.85	0.46
9.90V	33.2	21.0	16.7	9.35	5.76	3.18	2.28	1.83	1.55	0.85	0.45
10.2V	31.8	20.1	16.1	9.06	5.62	3.15	2.27	1.81	1.54	0.84	0.45
10.5V	30.4	19.2	15.5	8.84	5.50	3.10	2.25	1.80	1.53	0.84	0.45
10.8V	28.7	18.1	14.7	8.52	5.34	3.02	2.18	1.75	1.48	0.82	0.44

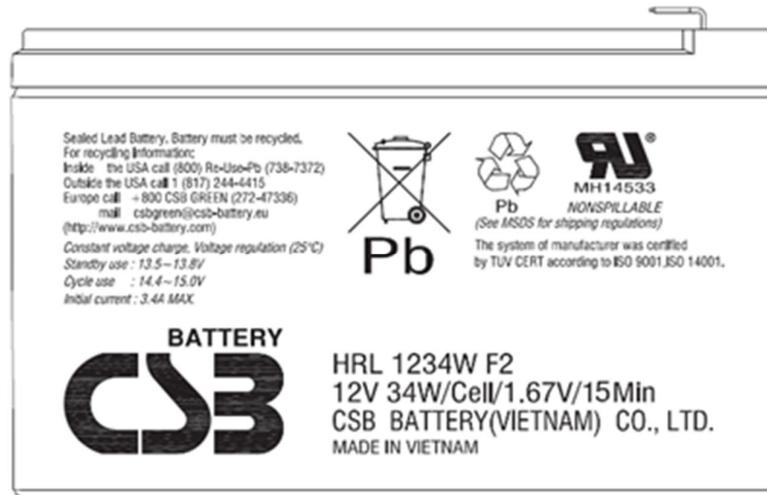
Tabel 4. Terminal voltage vs discharge time (ICAL IP1290) @ CPD

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	10h	20h
9.60V	382	244	195	109	67.7	37.4	27.3	21.9	18.6	10.2	5.48
9.90V	370	236	190	107	66.7	37.2	27.1	21.7	18.5	10.2	5.46
10.2V	355	227	183	104	65.0	36.9	26.9	21.6	18.4	10.1	5.43
10.5V	340	217	177	101	63.7	36.3	26.7	21.4	18.3	10.0	5.40
10.8V	321	205	168	97.6	61.8	35.4	25.9	20.8	17.7	9.84	5.29

Dalam pengujian *proof of concept* (POC) dilakukan pengukuran UPS dalam mode normal dan mode *backup* pada kondisi *output* UPS dalam keadaan *full load*. Parameter-parameter yang diukur, yaitu : tegangan *input/output*, faktor daya *input*, arus *input/output*, frekuensi *output*, *Total Harmonic Distortion* beban linier, efisiensi *output*, bentuk gelombang, *backup time/run time*.

Dalam artikel ini pengujian hanya untuk mengukur *backup time* yang dilakukan dengan menggunakan beban bersifat resistif seperti lampu pijar atau elemen pemanas. Beban resistif bila diberikan arus listrik bolak balik (AC) akan menghasilkan daya aktif (P) yang sama dengan daya semu (S), karena faktor daya beban resistif adalah 1.

Pengukuran *backup time* sebuah UPS harus dilakukan pada kondisi muatan baterai terisi penuh. Kondisi baterai telah terisi penuh, dapat diketahui dengan mengukur tegangan baterai dan arus baterai saat UPS mode Normal. Tegangan baterai harus terukur sebesar tegangan *floating* baterai (*standby use constant voltage charge*) sesuai spesifikasi baterai. Pada umumnya tegangan *floating* baterai untuk VRLA battery adalah 13.5V – 13.8V seperti ditunjukkan Gambar 7. Selain itu arus *charging* baterai harus terukur nol atau mendekati nol yang artinya tidak dapat mengisi arus lagi. UPS diuji dengan memberikan beban maksimum dalam kondisi *backup/stored mode* kemudian diukur waktunya dengan menggunakan *stopwatch* sampai output UPS di matikan/UPS *cut off* dan kondisi ini disebut juga *end of discharge*. Waktu yang diukur *stopwatch* ini menjadi *backup time* UPS.



Gambar 7. Constant voltage charge CSB HRL1234W

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kapasitas baterai baik melalui perhitungan maupun pengujian menggunakan spesifikasi yang terdapat pada Tabel 5 dan beban maksimum yang digunakan memiliki factor daya output 0,8.

Tabel 5. Spesifikasi UPS

No	Category	Keterangan
1	UPS Type	True On Line - Double Conversion
2	Isolation Trafo	Internal (Galvanis)
3	Phase	Phase - Single Phase / Three Phase
4	Input Voltage (Range) - Full Load	160 - 260 VAC, Auto Range
5	Input Fequency	50/60 Hz (range >+/-5 Hz)
6	Input Power Factor	Min. 80 %
7	Output Voltage	220 / 380 +/- 2%
8	Output Frequency	50-60 Hz (range <+/-0.1 Hz)
9	Total Harmonic Dist. (Linear)	< 3 %
10	Total Harmonic Dist. (Non Linear)	< 7 %
11	Crest Factor	3:1
12	Output Efficiency (Line Mode)	Min. 85 %
13	Wave Form	Pure Sine Wave
14	Outlet Power	Min. 2 Outlet
15	Battery (unit)	Min. 8 menit at full load
16	Battery recharge time (90%)	Max. 6 hours
17	Battery Free Maintenance	Yes
18	Environment: Operating Temperature	0 s/d 40 Derajat Celcius

Tipe UPS *double conversion* pada dasarnya termasuk jenis *continous* dengan gelombang output *pure sinewave*. Kapasitas UPS yang diuji adalah UPS 1KVA/0.8KW, 2KVA/1.6KW, 3KVA/2.4KW dan 6KVA/4.8KW yang memiliki spesifikasinya ditunjukkan Tabel 1. Dari spesifikasi tersebut di pilih UPS *double conversion* yang menggunakan *built in isolation transformer* dengan tegangan input DC UPS sebesar 36V, 72V, 96V & 240V. Nilai efisiensi yang digunakan pada perhitungan adalah efisiensi UPS pada saat *backup/stored mode* yaitu 90%.

4.1 Penentuan Kapasitas Baterai Melalui Perhitungan

Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan daya total baterai, arus total baterai/ I_{tbatt} , daya tiap 1 baterai/*constant power discharge*/ P_{batt} dengan menggunakan Persamaan (1), (2) dan (3) untuk beberapa UPS dengan kapasitas berbeda-beda. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan penentuan kapasitas baterai

UPS (kVA)	Daya max (W)	Efisiensi (%)	Tegangan input DC (V)	Backup Time (menit)	Daya Total (P_{Tbatt}) (W)	Arus total (I_{Tbatt}) (A)	Constant Power Discharge (P_{batt}) (W)	Constant current discharge (I_{batt}) (W)
1	800	90	36 (3x12V)	8	888,89	24,7	296,3	24,7
2	1600	90	72 (6x12V)	8	1777,78	24,7	296,3	24,7
3	2400	90	96 (8x12V)	8	2666,67	27,78	333,33	27,78
6	4800	90	240 (20x12V)	8	5333,34	22,2	266,67	22,2

Selanjutnya mengacu pada masing-masing datasheet baterai yang digunakan dicari *backup time* yang sesuai dengan arus konstan atau daya konstan pada tabel karakteristik *discharge* yang mendekati nilai perhitungan I_{batt} dan P_{batt} . Tegangan cut-off mengacu pada tegangan sekitar 1.70V/cell atau 10.2V/baterai. Baterai yang dipersiapkan adalah baterai CSB dan ICAL dengan kapasitas 12V/7AH dan 12V/9AH, hasil penentuan *backup time* beberapa tipe UPS dan baterai dapat di lihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Tabel data backup time dengan baterai berbeda

UPS	CSB GP1272	CSB HR1234W	ICAL IP1272	ICAL IP1290
1KVA (24.7A/296.3W)	<8 Menit	<10 Menit	5 Menit	<8 menit
UPS 2KVA (24.7A/296.3W)	<8 Menit	<10 Menit	5 menit	<8 menit
UPS 3KVA (27.8A/333.3W)	6 Menit	8 Menit	4-5 Menit	6 Menit
UPS 6KVA (22.2A/266.7W)	<10 Menit	10 Menit	6 menit	>8 menit

4.2 Hasil Pengujian Langsung

UPS diuji dalam kondisi *stored mode* seperti Gambar 8 sampai kondisi baterai habis muatannya/EOD (*End of Discharge*) kemudian di ukur waktunya dengan menggunakan *stopwatch*. UPS pada umumnya menetapkan tegangan EOD sekitar 9.9V (1.67V/cell) s/d 10.5V(1.75V/cell), dan jika baterai mencapai tegangan tersebut, UPS akan otomatis shutdown/outputnya di cut-off (0 Volt). Pengujian dilakukan pada semua UPS dan baterai yang telah dipersiapkan dan hasil uji *backup time* dari semua pengujian di tuliskan pada Tabel 8.

Dalam pengujian UPS menggunakan baterai CSB GP1272, didapatkan *backup time* yang sangat rendah dan jauh lebih rendah dari hasil perhitungan. Dari analisis didapatkan informasi bahwa baterai CSB yang digunakan telah berumur lebih dari 1 tahun dalam penyimpanan dan sebagai perbandingan digunakan baterai ICAL yang merupakan stok baru. Untuk memperbaiki kapasitas baterai karena penyimpanan yang terlalu lama, maka harus dilakukan proses *discharge* dengan metode *constant current* di arus sebesar 0.05CA (5%) hingga kapasitas baterai sekitar 50%. Selanjutnya di *charge* kembali dengan *constant current* sebesar 0.05CA hingga 90% kemudian dilanjutkan *charge*-nya dengan metode *float charging* sampai full. Setelah di perbaiki dengan proses tersebut UPS dengan baterai CSB HR1234W diuji kembali dan didapatkan hasil yang lebih baik.

Tabel 8 Hasil pengujian *backup time* dengan UPS dan tipe baterai yang berbeda

UPS (kVA)	CSB GP1272	CSBHR1234W	ICAL IP1272	ICAL IP1290
1	5 M 31 S	7 M 51 S	7M 36S	9M 58S
2	-	-	7M 8S	9M 10S
3	-	4 M 38 S	6M 11S	8M 15S
6	-	7 M 55 S	8M 1S	10M 14S



Gambar 8. Pengujian kapasitas baterai

5. KESIMPULAN

Nilai *backup time* yang diperoleh dari hasil perhitungan jika dibandingkan dengan hasil pengujian tidaklah sama. Nilai *backup time* dari pengujian bisa lebih kecil atau lebih besar daripada hasil perhitungan. Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti umur baterai dan data spesifikasi yang tidak ideal. Namun demikian baik dari hasil perhitungan maupun hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa rancangan kapasitas baterai ini tetap tercapai yaitu bisa mencukupi *backup time* yang diinginkan dan hasilnya tidak terlalu berlebihan.

Penentuan *backup time* saat *discharge* yang mengacu pada Tabel *constant current* maupun Tabel *constant power*, memberikan hasil yang hampir sama. Jika *constant power discharge* atau *constant current discharge* lebih rendah maka energi baterai yang dapat digunakan menjadi lebih besar, dan *backup time* menjadi lebih tinggi. Baterai dengan kapasitas sama tapi berbeda manufaktur, kemungkinan memiliki data *constant current discharge* atau *constant power discharge* yang berbeda pula. Perhitungan kapasitas baterai adalah acuan dalam mencari kapasitas baterai yang diperlukan.

Pengujian untuk mencari *backup time/runtime* UPS disarankan menggunakan baterai yang masih baru dan yang sudah terpercaya mutunya. Merujuk pada tabel CPD atau CCD dalam mencari *backup time* sebaiknya menggunakan kolom tegangan *cut off* yang lebih tinggi (1.75V atau 1.80V/cell) terutama untuk penggunaan baterai yang di seri lebih banyak agar terhindar dari kekurangan kapasitas baterai karena adanya faktor ketidak-seimbangan *internal resistance* antara baterai yang diseri. Untuk perhitungan dengan arus baterai/daya baterai yang lebih besar dibanding kapasitas baterai (AH), contohnya baterai 7.2AH (1C=7.2) dan arus *discharge* 24.7A, waktu *discharge* menjadi sangatlah singkat sehingga tidak ada data nya di *datasheet*. Dalam kondisi ini disarankan melakukan pengujian langsung untuk mencari nilai *backup time* nya.

REFERENSI

- [1] V. Katkade, P. Kamble, A. Kashid, "A Review on Lead Acid Battery," International Journal of Research Publication and Reviews, vol 3, no 12, pp 1464-1468, 2022
- [2] M.A.F, Rigoursyah, E. Kurniawan, S. Yuwono, "Perancangan UPS Berbasis Sumber Energi Listrik Terbarukan dan PLN Termonitor Perangkat IOT," e-Proceeding of Engineering, vol.7, no.3, pp 8730-8741, 2020
- [3] Robert. T, "UPS Working Principle and Types," Forum Electrial.com, 2023.
- [4] British Standard Institution, "Standard BS EN IEC 62040-3:2021," Part 3: Method of specifying the performance and test requirements.
- [5] Dr. Hasan Abdul Zehra, "FUEL CELLS & BATTERIES," University of Babylon Lecturer No.14, pages 1 – 3.
- [6] EATON, "The Eaton UPS and power management, "Fundamentals handbook, page 11, 2020.
- [7] S. Sundar, Manikandan, "Sizing Ups And Battery Banks For Domestic Power Backup: A Literature Review," International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science, vol 5, no. 9, pp 1923-1927, 2023
- [8] VRLA Technical Handbook, Panasonic Industry, 2021.