

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dan inspirasi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Subianto, 2021	Analisis Penggunaan Uninterruptible Power Supply (UPS) terhadap Pembebanan Daya Stasiun Relay Rajawali Televisi Palembang	UPS <i>load</i> sebesar 35,9% (terpakai 25,128 kVA dari 70 Kva) yang berarti UPS <i>rating oversizing</i> , sehingga aman jika ada penambahan server.
Bayu Yulianto, 2023	Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap UPS di Rumah Sakit Charlie Semarang	UPS 20 KVA di rumah sakit Charlie Semarang didapatkan UPS <i>runtime</i> sebesar 41,29 menit, arus maksimal UPS 55,5 Ampere, kapasitas daya UPS 16.000 VA.
Ibnu Caesar, Rd Rohmat Saedudin,	Analisis dan Perancangan Power Management Data	Perhitungan penggunaan daya data center sesuai

dan Umar Y.K.S. Hedyanto, 2016	Center berdasarkan Tiering Level di Pemerintahan Kabupaten Bandung menggunakan Standar TIA-942 dengan Metode PPDIIOO Life-Cycle Approach	standar TIA dengan hasil akhir tier 1 sebesar 82954 watt, tier 2 sebesar 111079 watt, tier 3 sebesar 136309 watt.
Nomon Muranto, Atmam, Zulfahri, 2018	Studi Peralihan Daya Listrik Dari PLN Ke Generator Set (Genset) Ketika Terjadi Pemadaman dari PLN dengan Uninterruptible Power Supply (UPS) pada Hotel Grand Elite Pekanbaru	Dari hasil penelitian diperoleh total beban emergency Hotel Grand Elite Pekanbaru sebesar 125,779 kVA terdiri dari beban lift 32,670 kVA dan beban Elite Fitnes Center 67,952 kVA sehingga diperlukan kapasitas UPS sebesar 150 kVA.

Sumber : hasil kajian penulis, 2024

2.2 Suplai Daya Listrik

Energi listrik merupakan salah satu jenis energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan elektronik. Dapat juga diartikan sebagai energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (Alauddin et al., 2023).

Sumber energi listrik merupakan sumber daya yang diperuntukkan menyuplai seluruh beban yang ada pada suatu fasilitas atau bangunan contohnya, dalam bentuk penerangan, pendingin, atau sebagai sumber energi untuk mesin-mesin industri dan barang-barang elektronik lainnya. Energi listrik menjadi kebutuhan utama bagi segala aspek kehidupan mulai dari rumah tangga, kegiatan industri, kegiatan komersial, maupun dalam kegiatan yang ada di pemerintahan.

Mengingat bahwa energi listrik menjadi bagian terpenting bagi penyedia layanan informasi dan komunikasi, maka kebutuhan daya listrik pada data center harus disesuaikan dengan keadaan produktivitasnya, dan yang paling penting adalah kontinuitas dan keandalan yang tinggi dalam pelayanannya. Bahkan untuk menentukan *fault tolerance* dan keandalan suatu *data center* dapat dilihat berdasarkan sistem kelistrikannya atau *system power* (ANSI/TIA, 2012).

Selain sumber listrik utama, *data center* membutuhkan sumber listrik cadangan atau backup power sebagai pendukung operasionalnya.

Sumber listrik cadangan ini digunakan apabila sumber listrik utama dari PLN mengalami gangguan. Terdapat dua komponen yang dapat digunakan sebagai sumber listrik cadangan yaitu, UPS (*Uninterruptible Power Supply*) dan Generator. Dua komponen ini mempunyai fungsi menyediakan sumber listrik cadangan sementara untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada *data center*.

2.3 UPS (*Uninterreuptible Power Supply*)

Uninterreuptible Power Supply (UPS) atau dalam bahasa Indonesia berarti daya tak terputus atau sumber daya tak terputus, merupakan peralatan elektronik dalam sistem listrik yang mampu menyediakan daya darurat cadangan sementara

ketika sumber daya utama mengalami gangguan, sehingga suplai aliran daya listrik terjamin ketika pasokan utama dari PLN terputus.

Selain itu, di saat kondisi normal atau sumber daya listrik dari PLN terhubung pun UPS berguna sebagai stabilizer tegangan untuk menghindari gangguan berupa drop tegangan. Hal ini sangat berguna karena dapat melindungi komponen-komponen elektronik dari ketidakstabilan input (Yulianto et al., 2023).

UPS berbeda dari perangkat sumber daya listrik cadangan lainnya seperti genset, karena UPS akan memberikan perlindungan terhadap pasokan sumber daya listrik seketika dengan mengalirkan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau super kapasitor. Sebelum beban listrik diambil alih oleh generator, UPS akan menyuplai kebutuhan daya listrik untuk sementara karena sistem kelistrikan membutuhkan waktu untuk mengalihkan sumber listrik dari PLN ke generator.

2.3.1 Fungsi UPS

Berikut beberapa fungsi utama UPS menurut (Subianto, 2021).

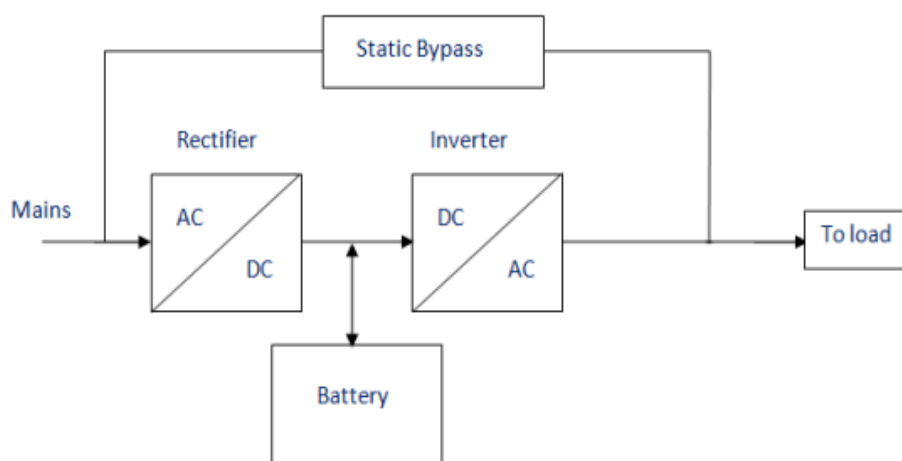
- a. Menyuplai beban ketika sumber daya listrik utama mengalami gangguan.
- b. Memperpanjang waktu perangkat dalam keadaan darurat, bagi pengguna untuk menyimpan dan mengamankan (backup) data mereka.
- c. Memberikan waktu bagi pengguna untuk mematikan perangkat komputer dengan baik agar menghindari kerusakan *software* dan kerusakan *hardware*.
- d. UPS secara otomatis menjadi stabilizer yang menjaga tegangan output tetap stabil.
- e. Memberikan cukup waktu untuk menghidupkan genset sebagai sumber listrik cadangan selanjutnya.

2.3.2 Cara Kerja UPS

Cara kerja UPS ini berdasarkan kepekaan terhadap tegangan. UPS mulai bekerja dengan cara mencari dan menemukan penyimpanan yang ada pada jalur voltase misalnya kenaikan tajam, gelombang, kerendahan, serta penyimpanan yang disebabkan oleh pemakaian pembangkit listrik yang kurang baik.

Karena listrik yang mengalami gangguan, maka UPS akan berpindah ke operasi on-battery. Hal ini sebagai reaksi UPS pada penyimpanan demi melindungi bebannya. Kemudian UPS juga bekerja pada kegagalan listrik yang terjadi akibat terputusnya aliran listrik, UPS akan meningkatkan arus satu daya dan mematikan supply arus listrik *direct current* yang menuju *motherboard* komputer.

Kegagalan ini nantinya juga mempengaruhi kinerja perangkat komputer baik software ataupun *hardware*nya saat pengolahan data. Gangguan hardware yang bisa diderita akibat tidak stabilnya listrik misalnya motherboard cepat rusak, turunnya performa hardware, atau berkurangnya performa system. Sedangkan contoh gangguan software misalnya *data lost*, *operating sistem corrupt*, dan lain-lain (Yulianto et al., 2023)



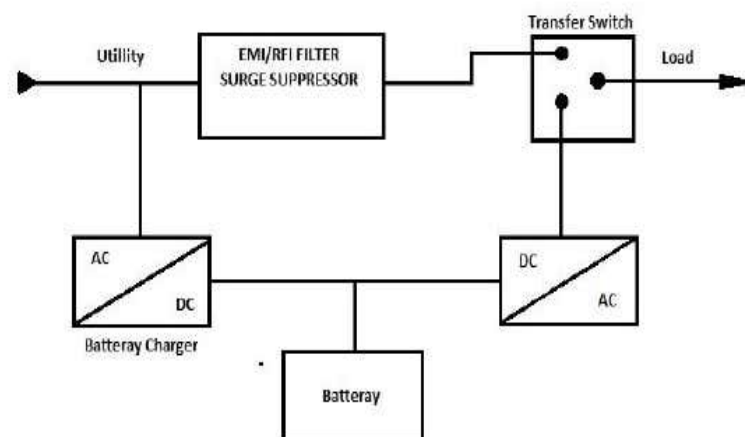
Gambar 2.1 Cara Kerja UPS

2.3.3 Jenis-jenis UPS

Masing-masing jenis UPS memiliki kelebihan dan kekurangannya tersendiri. Jenis-jenis UPS ini dikelompokkan berdasarkan kapasitas daya, ukuran, jenis baterai, dan fitur lainnya seperti pengaturan daya atau otomatisasi. Berikut merupakan penjelasan dari jenis UPS disertai dengan kelebihan dan kekurangan setiap UPS : Sumber (Yulianto et al., 2023)

1. *Standby* (Offline) UPS

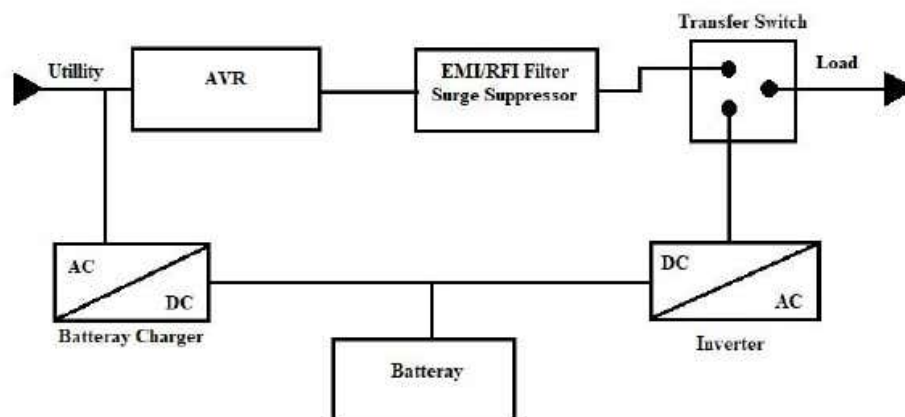
Yang pertama adalah Standby UPS atau disebut juga Offline UPS. Jenis ini adalah yang paling umum digunakan dan biasanya digunakan untuk penggunaan pribadi seperti PC/komputer. Selain karena ukurannya yang kecil serta biaya operasionalnya murah, UPS ini juga memiliki rancangan yang efisien. Tipe ini bekerja dengan cara menunggu waktu untuk beroperasi. Ketika tegangan tidak stabil atau terjadi pemadaman listrik, UPS akan mengambil alih secara otomatis. UPS tipe ini memiliki rectifier dan inverter di dalam satu unit. Cara kerjanya UPS ini akan memblok suplai daya utama dan switch akan berpindah saat terjadi gangguan, sehingga arus DC mengalir dari baterai menuju inverter.



Gambar 2.2 Standby UPS

2. *Line-Interactive* UPS

UPS tipe ini merupakan yang paling populer, terutama di kalangan pengusaha atau pebisnis kecil hingga menengah, dan sejumlah server yang berada di departemen pemerintahan. Hal ini selain dikarenakan memiliki keandalan yang tinggi, tipe ini juga memiliki kemampuan menyesuaikan tegangan yang lebih baik karena dilengkapi dengan fitur AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Sesuai dengan namanya fitur tersebut dapat membantu UPS mengatur tegangan dari suplai daya listrik ke perangkat elektronik secara otomatis.

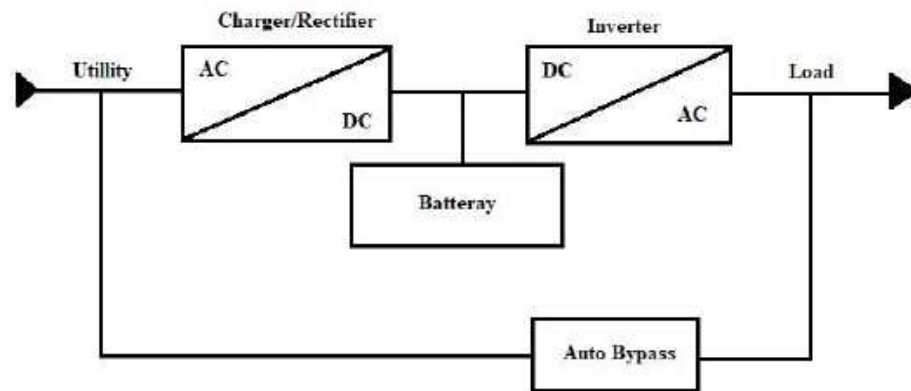


Gambar 2.3 Line-Interactive UPS

3. *Online Double-Conversion* UPS

Tipe UPS ini biasanya ada pada UPS yang mempunyai daya lebih dari 10kVA dengan sumber daya utama bukan dari suplai yang masuk tetapi dari daya baterainya. Saat terjadi pemadaman listrik UPS akan bekerja secara otomatis tanpa ada waktu jeda saat peralihan. UPS tipe ini memiliki 1 rectifier dan 1 inverter secara terpisah. *Online Double Conversion* UPS akan memblok suplai daya ke rectifier ketika terjadi gangguan sehingga akan

muncul arus DC dari baterai ke inverter yang kemudian diubah menjadi AC untuk output.



Gambar 2.4 *Online Double-Conversion UPS*

2.3.4 Komponen Utama UPS

2.3.4.1 Baterai

Baterai merupakan komponen yang sangat vital dari UPS. Baterai mampu menyimpan daya listrik yang dapat digunakan sebagai sumber daya listrik cadangan selama 10-60 menit tergantung dari seberapa besar kapasitas baterai dan jumlah baterai yang terpasang pada sistem UPS (NPS Admin, 2021).

Baterai yang digunakan pada UPS Data Center DISKOMINFO Jawa Barat merupakan baterai berjenis VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) atau dalam bahasa Indonesia Asam Timbal yang Diatur Katup, yaitu jenis baterai yang dapat diisi ulang. Baterai VRLA terbuat dari sejumlah sel asam timbal yang dihubungkan secara seri dalam satu wadah. Sel asam timbal memiliki dua pelat timbal yang digantung dalam larutan elektrolit seperti cairan asam sulfat. Ada katup pelepas yang menahan isi baterai agar tak terpisah dari posisi sel.

Ada dua tipe utama baterai VRLA, yaitu absorpent glass mat (AGM) dan gel cell. Baterai AGM memiliki fitur fiberglass mesh di antara pelat baterai, untuk menampung elektrolit dan memisahkan pelat. Sementara pada baterai gel cell ditambahkan serbuk silika ke elektrolit yang menciptakan lapisan tebal seperti gel. VRLA juga pada umumnya dikenal sebagai baterai tertutup atau baterai bebas perawatan.

Baterai VRLA pada umumnya dikenal sebagai baterai bebas perawatan karena kelebihan dari fiturnya, berikut beberapa kelebihan dari baterai jenis VRLA (NPS Admin, 2021).

1. Tidak memerlukan perawatan yang konstan
2. Dapat menyimpan jumlah daya yang besar sehingga cocok untuk perangkat listrik portabel dengan ukuran besar.
3. Baterai VRLA dapat diletakkan pada ruangan dengan suhu kamar.
4. Tidak ada emisi gas dan bau asam berlebihan saat pengisian ulang daya.
5. Biaya pemasangan baterai terhitung lebih sedikit dibandingkan jenis baterai lainnya.

2.3.4.2 Rectifier

Rectifier atau Penyearah Gelombang merupakan komponen penyearah pada UPS yang mampu mengubah arus bolak balik/AC (*Alternative Current*) dari suplai daya listrik utama menjadi arus searah/DC (*Direct Current*). Rectifier ini bekerja pada saat pengisian baterai berlangsung maka dari itu rectifier disebut juga sebagai *charger* dari sebuah UPS. Rangkaian ini akan menyuplai kebutuhan daya inverter dan kondisi beban penuh, pada saat yang bersamaan juga dapat mempertahankan muatan di dalam baterai (Feriensah, 2020).

Rectifier menggunakan dioda sebagai komponen utama, dimana jika sebuah dioda dialiri arus bolak-balik, maka dioda akan memblokir setengah gelombang lalu hanya setengah gelombang lagi yang akan dilewatkan. Untuk lebih mudahnya, cara kerja rectifier dapat dilihat pada gambar berikut (Administrator, 2023) :



Gambar 2.5 Rectifier

2.3.4.3 Inverter

Inverter merupakan komponen dari UPS yang berfungsi sebagai pengubah arus DC dari baterai atau yang dihasilkan rangkaian rectifier, menjadi arus AC berupa sinyal sinus setelah melewati pembentukan gelombang dan rangkaian filter (Feriansah, 2020). Inverter bekerja pada saat UPS memberikan daya listrik ke peralatan elektronik. Sedangkan sumber input tegangan bisa didapatkan dari baterai, tenaga surya, dan sumber tegangan DC lainnya.

2.3.4.4 Sakelar Pemindah (*Bypass Switch*)

Sakelar pemindah dibedakan menjadi dua jenis, yaitu elektro mekanikal dan statistik. Sakelar elektro mekanikal menggunakan relay-relay yang salah satu terminal mendapatkan suplai tegangan dan yang lain dari sistem UPS. Lalu, sakelar statis menggunakan komponen semi konduktor, seperti SCR (*Silicon Control Rectifier*) (Feriansah, 2020). Penggunaan SCR akan lebih baik karena operasi pemindahan yang dilakukan dengan SCR hanya membutuhkan waktu 3 sampai 4

ms, sedangkan pada sakelar elektro mekanikal sekitar 50 sampai 100ms. Penggunaan UPS dilakukan dengan cara menghubungkan AC input UPS ke sumber PLN dan output UPS ke beban. UPS di Data Center DISKOMINFO Jawa Barat kebanyakan digunakan untuk menyuplai server dan komputer saat terjadi pemadaman, agar data yang sedang diproses tidak rusak atau hilang.

2.3.5 UPS Rating Ideal

UPS rating ideal adalah kapasitas yang disarankan untuk memenuhi kebutuhan beban UPS saat ini dengan mempertimbangkan biaya, efisiensi dan waktu backup UPS. Kapasitas UPS/UPS rating harus mampu menopang kebutuhan daya listrik saat beban puncak atau ketika *data center* mengalami gangguan kelebihan beban. Hal ini berkaitan dengan adanya lonjakan beban saat perangkat listrik tersambung kembali.

Biasanya UPS rating ideal bernilai sekitar 20-25% lebih besar dari total beban dalam VA. Hal ini untuk memaksimalkan kinerja UPS dan mengantisipasi jika ada penambahan server di masa mendatang agar UPS tidak overload dan tidak perlu menambah unit UPS. Sehingga untuk mendapatkan UPS dengan rating ideal, tambahkan 25% ke total load VA lalu gunakan UPS dengan rating yang sama atau lebih besar dari jumlah tersebut (Subianto, 2021).

$$UPS\ Rating\ Ideal = Total\ load + 25\% \quad (2.1)$$

2.3.6 UPS Runtime

UPS harus mampu melayani daya listrik semua perangkat komputer, dan perangkat kelistrikan yang termasuk dalam beban darurat lainnya dengan memberikan daya listrik 100% tidak kurang dari 7 sampai 20 menit setelah sumber

listrik utama mengalami gangguan. Waktu *backup* UPS atau UPS *runtime* bisa diartikan sebagai perbandingan antara kapasitas baterai (Ah) UPS dengan total arus yang harus dilayani oleh UPS. Berikut adalah persamaan UPS Runtime (ANSI/TIA, 2012).

$$UPS\ Runtime = \frac{Kapasitas\ AH\ Battery}{A} \times 60\ menit \quad (2.2)$$

dan,

$$A = \frac{Load\ Consumed}{Efficiency \times Battery\ volt \times Jumlah\ baterai} \quad (2.3)$$

dimana:

Kapasitas Ah = Kapasitas ampere hours baterai (Ah)

A = Arus (Ampere)

Efficiency = efisiensi baterai pada umumnya 80% (0,8)

Baterai volt = tegangan baterai (Volt)

Jumlah baterai = jumlah baterai yang digunakan

Load consumed = total daya beban (VA)

2.3.7 Persentase Beban (*Load*) UPS

Untuk menghitung berapa persentase beban UPS saat ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Subianto, 2021).

$$\% Load\ UPS = \frac{Total\ Load\ (VA)}{UPS\ Rating\ (VA)} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.3.8 Kapasitas Arus Maksimal UPS Sebelum Berbeban

Untuk mendapatkan kapasitas arus ($I_{load} = I_n$) yang bisa ditampung UPS adalah dengan rumus:

$$I_{max} = I_n = \frac{S}{3 \cdot V_{L-N}} \quad (2.5)$$

dan,

$$V_{L-N} = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3}} \quad (2.6)$$

2.3.9 Beban Yang Masih Bisa Ditampung UPS

Arus yang masih bisa ditampung UPS:

$$= I_{max} - I_{load} \quad (2.7)$$

Jumlah server atau alat yang masih bisa ditampung UPS:

$$= \frac{\text{Arus yang masih bisa ditampung}}{\text{Rata - rata arus per server}} \quad (2.8)$$

2.4 ATS (*Automatic Transfer Switch*)

Berdasarkan arti dari singkatannya ATS merupakan sakelar yang bekerja otomatis apabila sumber listrik utama dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman maka sakelar akan berpindah dari sumber listrik utama ke sumber listrik cadangan misalnya generator. ATS merupakan rangkaian kontrol sakelar generator dengan PLN yang sudah sepenuhnya otomatis. Alat ini berfungsi menghidupkan dan menghubungkan sumber listrik cadangan ke beban secara otomatis. Ketika sumber listrik dari PLN sudah hidup kembali, alat ini akan memindahkan sumber listrik ke beban dari generator ke sumber listrik PLN (Susanto, 2013).

2.5 Generator

Generator set atau biasa disebut genset merupakan salah satu komponen dalam sistem *backup power* dan merupakan komponen penting bagi data center. Genset ini berperan sebagai sumber listrik cadangan karena mampu menghasilkan energi listrik dengan mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Genset dipakai sebagai suplai daya listrik setelah sebelumnya dibackup oleh UPS saat terjadi pemadaman dari PLN. Dan yang paling penting adalah kapasitas dari genset itu sendiri harus mampu menyuplai energi listrik sesuai kebutuhan listrik data center.



Gambar 2.6 Standby Generator (Herkules, 2020)

Pada dasarnya, cara kerja genset sama dengan mesin pada kendaraan bermotor. Perbedaannya hanya pada konversi energinya saja, apabila kendaraan motor mengonversi energi mekanik menjadi energi gerak, pada genset energi mekanik di konversi menjadi energi listrik.

$$Efisiensi\ Generator = Kapasitasitas\ Generator \times Cos\phi \quad (2.9)$$

2.6 Daya Listrik

Daya adalah suatu ukuran terhadap penggunaan energi atau usaha dalam suatu waktu tertentu. Sebagai sumber energi tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung pada rangkaian listrik akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik merupakan jumlah energi listrik per satuan waktu yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik adalah Watt.

Daya dituliskan dengan persamaan (Muranto et al., 2018)

$$P = \frac{W}{t} \quad (2.10)$$

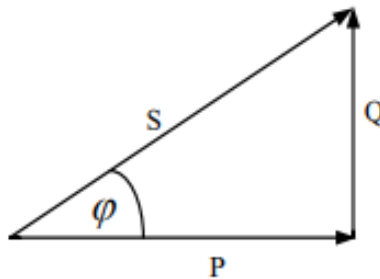
P = Daya (Watt)

W = Energi (kWh)

t = Waktu (detik)

2.6.1 Segitiga Daya

Daya listrik terbagi menjadi tiga macam daya yaitu daya aktif (watt), daya semu (VA), dan daya reaktif (VAR) dihubungkan melalui gambaran matematis berupa segitiga yang disebut dengan segitiga daya. Segitiga daya ini dapat menggambarkan hubungan antara tiga jenis daya dengan posisi sebagai berikut:



Gambar 2.7 Segitiga Daya (Muranto et al., 2018)

Daya aktif berada pada garis horizontal, daya reaktif dinyatakan dengan garis lurus ke atas vertikal, dan daya semu berada pada sisi miring yang menjadi bagian dari konsep pythagoras di antara daya reaktif dan daya aktif.

Sesuai dengan hubungan segitiga di atas maka hubungan antara daya aktif, daya reaktif, dan daya semu dapat digambarkan ke dalam sebuah persamaan pitagoras.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.11)$$

2.6.2 Daya Aktif

Daya aktif disebut juga dengan daya nyata, merupakan daya sebenarnya yang terpakai untuk melakukan energi, pengaruhnya dapat dirasakan secara nyata saat digunakan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu, seperti menyalanya lampu listrik (instalasi penerangan), dan adanya torsi yang dihasilkan oleh motor-motor listrik.

Nilai daya aktif biasanya lebih rendah dari nilai daya semu. Daya aktif diberi simbol P dalam satuan Watt, dihasilkan dari hasil perkalian daya semu dengan faktor daya (Cos phi) dinyatakan dalam persamaan (Saifuddin et al., 2018):

$$P = V \times I \times \text{Cos}\varphi \quad (1 \text{ Fasa}) \quad (2.12)$$

$$P = V \times I \times \text{Cos}\varphi \times \sqrt{3} \quad (3 \text{ Fasa}) \quad (2.13)$$

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cos φ = Faktor daya (pf)

2.6.3 Daya Semu

Daya semu menyatakan kapasitas peralatan listrik seperti yang tertera pada peralatan generator dan UPS. Daya semu disebut juga dengan daya kompleks karena merupakan hasil dari perkalian antara besarnya tegangan dan arus listrik yang mengalir pada beban. Diberi simbol S dengan satuan Volt-Ampere (VA), pengertian di atas dapat digambarkan dengan persamaan (Muranto et al., 2018):

$$S = V \times I \quad (1 \text{ Fasa}) \quad (2.14)$$

$$S = V \times I \times \sqrt{3} \quad (3 \text{ Fasa}) \quad (2.15)$$

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

2.6.4 Daya Reaktif

Daya reaktif cukup sulit untuk didefinisikan, daya ini timbul karena adanya reaktansi pada sistem listrik, berupa reaktansi induktif atau reaktansi kapasitif. Reaktansi induktif terjadi karena adanya komponen induktor dalam sistem. Dan reaktansi kapasitif terjadi akibat adanya komponen kapasitor dalam sistem.

Secara sederhana daya reaktif adalah daya imajiner (khayal) yang menunjukkan adanya pergeseran arus dan tegangan listrik akibat adanya beban reaktif, contohnya kipas angin, mesin cuci, pompa dll.

Daya reaktif diukur dengan satuan Volt Ampere-Reaktif (VAR) dengan lambang Q , persamaannya daya reaktif adalah sebagai berikut (Muranto et al., 2018):

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \quad (1 \text{ Fasa}) \quad (2.16)$$

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \times \sqrt{3} \quad (3 \text{ Fasa}) \quad (2.17)$$

2.6.5 Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu atau daya total (VA).

$$\cos \varphi = \frac{P}{V.I} = \frac{P}{S} = \frac{Watt}{VA} \quad (2.18)$$

2.7 Beban

Beban adalah jumlah permintaan minimum yang harus dipenuhi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam jangka waktu tertentu. Dalam penelitian ini beban (load) yang dimaksud adalah peralatan listrik yang terhubung ke UPS saat kondisi ON dan akan disuplai sumber dayanya dari UPS jika terjadi gangguan atau pemadaman listrik di DISKOMINFO Jawa Barat. Terdapat tiga jenis beban berdasarkan karakteristik dari beban itu sendiri, berikut penjelasannya

2.7.1 Beban Resistif

Beban resistif merupakan suatu resistor murni. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Apabila pada beban resistif murni dialiri arus listrik bolak-balik, maka arus dan tegangan akan sefasa. Contoh beban resistif: lampu pijar dan pemanas (Ariyanto et al., 2018).

2.7.2 Beban Induktif

Beban induktif merupakan peralatan listrik yang menggunakan beban induktif biasanya beroperasi dengan prinsip kerja induksi dan memakai kawat penghantar. Kawat ini umumnya dililitkan pada bagian inti kumparan untuk menghambat laju arus pada rangkaian instalasi listrik. Karakteristik dari beban induktif adalah adanya daya harmonik yang dihasilkan. Beban ini menyerap daya

aktif sekaligus daya reaktif. Contoh beban induktif: motor induksi, ballast, lampu TL, dan lain-lain.

2.7.3 Beban Kapasitif

Beban kapasitif merupakan peralatan listrik yang memiliki suatu rangkaian kapasitor, yaitu kemampuan menyerap daya listrik sementara untuk memperbaiki faktor daya. Beban ini memiliki faktor daya antara 0 – 1 “*leading*”. Beban ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif (VAR). Contoh: kapasitor.

2.7.4 Arus Beban

Total arus beban (load) yang terhubung ke UPS saat kondisi tersambung yaitu dengan menjumlahkan seluruh beban yang ada. Dan untuk menghitung rata-rata arus per server perlu diketahui keseluruhan total server yang terhubung pada UPS atau biasa disebut beban emergency (darurat). Untuk menghitung rata – rata arus per server dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rumus arus beban total:

$$I_{load} = I_1 + I_2 + \dots + I_N \quad (2.19)$$

Rumus rata-rata arus per server:

$$Rata - rata \text{ arus per server} = \frac{I_{load}}{Total \ server} \quad (2.20)$$

2.8 Data center

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik yang dimaksud dengan pusat data adalah suatu fasilitas yang digunakan untuk menempatkan sistem elektronik dan komponen terkaitnya untuk keperluan penempatan, penyimpanan, dan pengolahan data. (Menkominfo, 2013)

Data center merupakan bangunan atau bagian dari bangunan yang memiliki fungsi utama sebagai ruangan komputer beserta komponen pendukungnya. (ADC KRONE, 2008)

Menurut dasar hukum dan pendapat ahli di atas dapat disimpulkan *data center* merupakan suatu fasilitas bangunan dimana memiliki fungsi sebagai ruangan komputer disertai sistem elektronik pendukungnya yang digunakan untuk mengolah data, tempat penyimpanan data, dan sebagai peralatan komunikasi dengan mentransmisikan informasi digital.

2.8.1 Komponen Utama Data Center

Terdapat dua kelompok utama pada komponen *data center*, yaitu *IT equipment* dan *Infrastructure facilities* yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

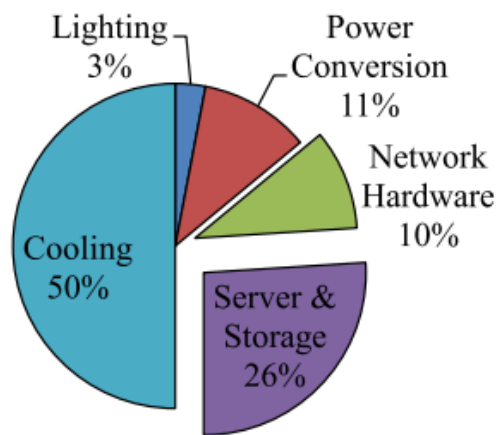
Tabel 2.2 Terminology Definition and Examples Data center

Term	Definition	Example
Facilities and IT Infrastructure	Menggambarkan totalitas sistem material dan <i>hardware</i> dasar yang diperlukan untuk mendukung berjalannya fasilitas dengan andal, terkontrol, dan lingkungan TI yang aman.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Power system</i> • <i>Cooling system</i> • <i>Security system</i>
IT Equipment	Seluruh spektrum teknologi untuk proses pengolahan informasi, termasuk <i>software</i> , <i>hardware</i> , teknologi komunikasi, dan layanan terkait.	<ul style="list-style-type: none"> • Servers • <i>Storage System</i> • Network <i>System</i>

Sumber : (Brown & Bouley, 2012)

2.8.2 Konsumsi Energi pada Data Center

Dalam pengoperasiannya *data center* menggunakan energi/daya yang sangat besar dikarenakan banyaknya komponen dan peralatan untuk mendukung berjalannya suatu *data center*. Penggunaan energi pada *data center* terbagi menjadi *IT equipment (server, network, dan storage)*, dan *Infrastructure facilities (cooling dan power conditioning system)*.



Gambar 2.8 Penggunaan Energi pada Data center (Dayarathna et al., 2016)

2.9 Klasifikasi Sistem Daya Listrik (*Power System*) Standar TIA-942

Pada bulan April 2005, *Telecommunications Industry Association (TIA)* menerbitkan standar pertama yang khusus memberikan panduan tentang perancangan infrastruktur *data center* yang diberi nama TIA-942. Standar ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi sistem kelistrikan dan kebutuhan daya listrik data center.

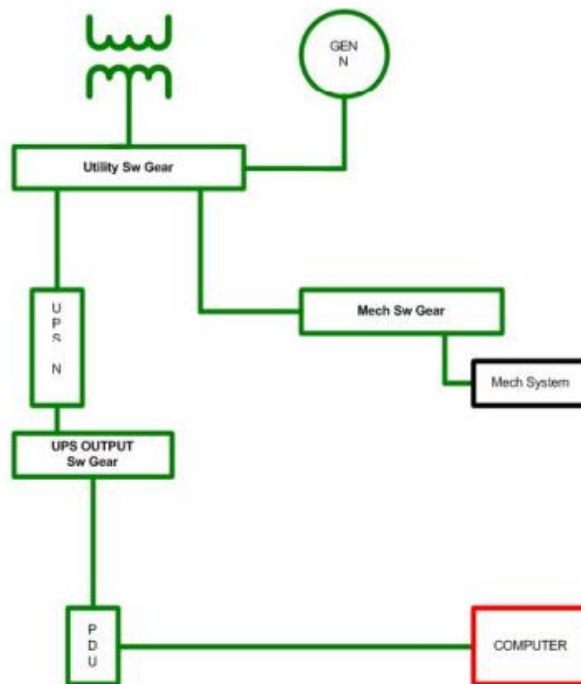
Saat memperhitungkan kebutuhan daya listrik data center harus diperhatikan kebutuhan daya semua perangkat yang sudah ada dan memperkirakan juga tambahan perangkat di masa yang akan datang (ADC KRONE, 2008). Hasil dari evaluasi sistem kelistrikan dan kebutuhan daya listrik data center akan

dibandingkan dengan standar klasifikasi TIA-942. Sehingga diketahui sistem kelistrikan saat ini termasuk dalam tier berapa, dan apakah sudah sesuai dengan kebutuhan daya listrik saat ini.

Terdapat perbedaan karakteristik dalam setiap tier (tingkatan) sistem *power* pada *data center*, berikut adalah standar tier sistem *power* berdasarkan TIA-942 (TIA, 2005) :

1. Tier 1

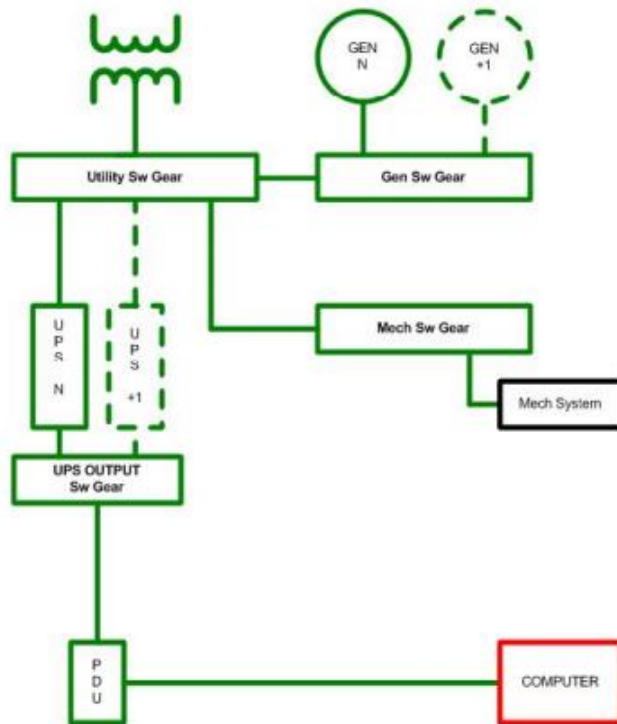
Pada tier 1 data center memiliki skala kecil. Sumber listrik hanya berasal dari satu sumber dan tidak memiliki redundansi. Tier 1 ini rentan terhadap segala gangguan, tidak harus memiliki UPS atau generator. Pun jika terpasang satu generator, namun tidak adanya syarat redundansi. Toleransi downtime tahunan yaitu selama 28,8 jam. Saat sumber listrik utama terputus atau mengalami kendala, satu Automatic Transfer Switch (ATS) digunakan untuk langsung mengalihkan beban ke generator. Pada tier 1 ini dapat di install sebuah Uninterruptible *Power Supply* (UPS), *Power Distribution Unit* (PDU), dan sebuah sistem *Emergency Power Off* (EPO). Sistem grounding tidak menjadi persyaratan yang harus dipenuhi pada tier 1.



Gambar 2.9 Sistem kelistrikan Tier 1 (Pitt et al., n.d.)

2. Tier 2

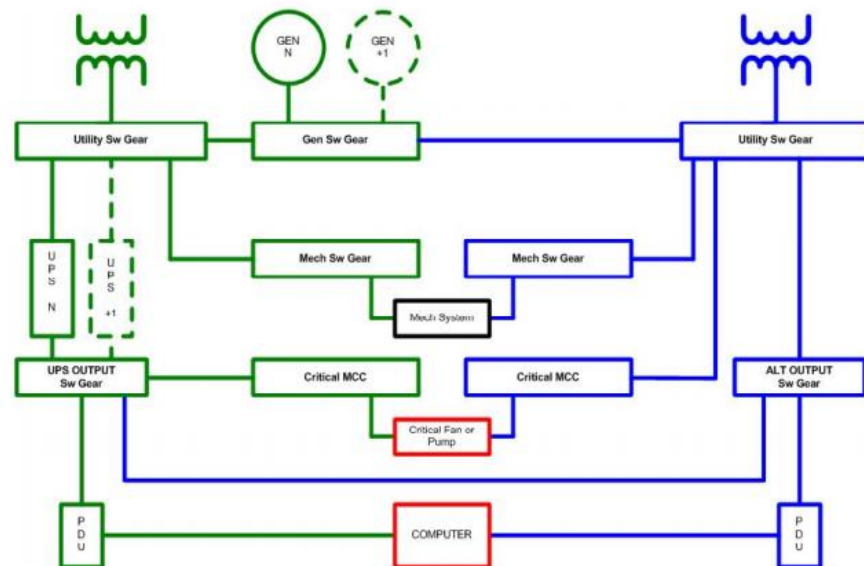
Pada tier 2 data center dibangun dalam skala sedang dengan toleransi downtime tahunan selama 22 jam. Pertama-tama data center harus memenuhi semua persyaratan pada tier 1 dan barulah kemudian memenuhi persyaratan tambahan seperti harus menyediakan N+1 redundansi UPS untuk menangani semua beban *data center* yang diperlukan, namun tidak harus memerlukan adanya redundansi pada generator. Pada tier 2 ini harus menggunakan PDU yang berguna untuk mendistribusikan listrik dari sumber ke peralatan. Selanjutnya untuk sistem grounding pada bangunan harus dirancang dan melewati pengujian untuk dapat memberikan impedansi ke tanah kurang dari 5 Ohm, serta harus disediakan EPO.



Gambar 2.10 Sistem kelistrikan Tier 2 (Pitt et al., n.d.)

3. Tier 3

Rancangan tier 3 pertama-tama harus memenuhi semua persyaratan pada tier 2, dan barulah kemudian memenuhi persyaratan tambahan yaitu pada tier 3 setidaknya memiliki redundansi pada modul jalur, dan tingkat sistem di antaranya generator, sistem UPS, dan sistem distribusi. Pada tier ini data center sudah dibangun dalam skala yang besar dengan toleransi downtime tahunan selama 1,6 jam. Sistem grounding dan penangkal petir menjadi sebuah persyaratan dan harus disediakan. *Transient Voltage Surge Suppression* (TVSS) harus dipasang di semua tingkat dari sistem distribusi listrik. Sebuah *Central Power and Environmental Monitoring and Cool System* (PEMCS) harus disediakan untuk memantau semua peralatan listrik besar seperti gardu utama, sistem generator, sistem UPS, PDU, dan ATS.

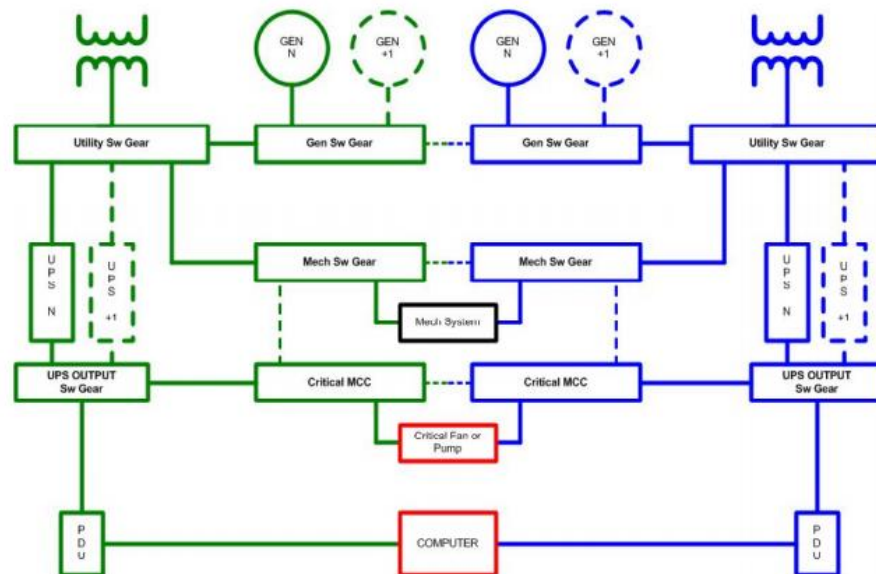


Gambar 2.11 Sistem kelistrikan Tier 3 (Pitt et al., n.d.)

4. Tier 4

Tier 4 harus dibangun dalam skala yang besar dengan toleransi downtime tahunan hanya selama 0,4 jam. Untuk memenuhi kriteria itu pertama-tama harus memenuhi semua persyaratan pada tier 3, dan barulah kemudian memenuhi persyaratan tambahan diantaranya rancangan tier 4 harus menggunakan konfigurasi 2 (N+1) pada setiap jalur dan sistem. Pada tier 4 harus memiliki sebuah sistem pemantauan baterai yang mampu memantau secara individual impedansi atau resistensi dari setiap sel dan suhu setiap baterai dan mempertimbangkan apabila kemungkinan terjadinya kegagalan baterai harus disediakan untuk memastikan operasi baterai yang memadai.

Data center harus memiliki 2 sumber utama dan 2 buah generator.



Gambar 2.12 Sistem Kelistrikan Tier 4 (Pitt et al., n.d.)

Analisis sistem power data center dilakukan dengan checklist parameter tingkat keandalannya yang terdapat pada Standar TIA-942 dengan kondisi sistem power saat ini. Analisis dilakukan terhadap:

- a. Sifat terhadap gangguan (terencana atau tidak)
- b. Sistem kelistrikan
- c. Downtime tahunan
- d. *Raised floor*

Raised floor adalah model konstruksi data center dengan sistem lantai berbentuk panggung dan dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan instalasi perkabelan, sistem kontrol dan menjadi jalur sirkulasi udara panas dan udara dingin pada data center. Berikut ilustrasi dari raised floor data center.



Gambar 2.13 Raised Floor (News, 2021).

- e. Sistem grounding
- f. Skala data center