



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Listrik

Energi didefinisikan sebagai suatu kemampuan untuk melakukan kerja. Ada berbagai jenis energi, misal energi mekanis, energi kimia, energi listrik, juga energi panas maupun energi cahaya. Energi-energi tersebut tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, namun sangat mudah untuk berubah bentuk. Hal ini sesuai dengan hukum kekekalan energi. Satuan energi menurut Satuan Internasional adalah Joule, selain itu energi juga dinyatakan dalam kalori, BTU, atau Watt hour.

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/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 (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi yang dihasilkan ini dapat berasal dari berbagai sumber misalnya, air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari dan lainnya.

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang berasal dari sumber arus. Energi listrik dapat diubah menjadi bentuk lain, misalnya :

- Energi listrik menjadi energi kalor / panas, contoh: setrika, solder, dan kompor listrik.
- Energi listrik menjadi energi cahaya, contoh: lampu.
- Energi listrik menjadi energi mekanik, contoh: motor listrik. – Energi listrik menjadi energi kimia, contoh: peristiwa pengisian accu, peristiwa penyepuhan (peristiwa melapisi logam dengan logam lain).

Jika arus listrik mengalir pada suatu penghantar yang berhambatan R , maka sumber arus akan mengeluarkan energi pada penghantar yang bergantung pada:

- Beda potensial pada ujung-ujung penghantar (V).
- Kuat arus yang mengalir pada penghantar (i)



- Waktu atau lamanya arus mengalir (t).

Berdasarkan pernyataan di atas, dan karena harga $V = I.R$ maka persamaan energi listrik dapat dirumuskan dalam bentuk :

$$W = V.I.t \text{ (satuan Wh) (2.1)}$$

$$W = (I.R).I.t \text{ (satuan Wh) (2.2)}$$

$$W = I^2.R.t \text{ (satuan Wh) (2.3)}$$

Keuntungan menggunakan energi listrik:

- Mudah diubah menjadi energi bentuk lain.
- Mudah ditransmisikan.
- Tidak banyak menimbulkan polusi/ pencemaran lingkungan.

Energi listrik yang dilepaskan itu tidak hilang begitu saja, melainkan berubah menjadi panas (kalor) pada penghantar. Besar energi listrik yang berubah menjadi panas (kalor) dapat dirumuskan :

$$Q = 0,24 V i t \text{kalori (2.4)}$$

$$Q = 0,24 i^2 R t \text{kalori (2.5)}$$

$$Q = 0,24 V^2.t/R \text{kalori (2.6)}$$

Keterangan :

Q = banyaknya energi / panas yang dibutuhkan atau diserap (Kalori)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

t = waktu yang dibutuhkan dalam menyerap energi

Jika V, i, R, dan t masing-masing dalam volt, ampere, ohm, dan detik, maka panas (kalor) dinyatakan dalam kalori. Besarnya energi listrik sebanding dengan besarnya daya yang terpakai pada peralatan listrik terhadap waktu. Semakin lama daya yang terpakai maka semakin besar energy listrik yang digunakan. Energi listrik didefinisikan sebagai laju penggunaan daya listrik dikalikan dengan selama waktu tersebut.

Untuk mencari mencari energi listrik yang terpakai dapat digunakan rumus di bawah ini.

$$W = P \times t \text{ (2.7)}$$



Dimana,

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

W = Energi listrik yang terpakai (watt-jam)

P = Daya listrik yang terpakai (watt)

V = Tegangan pada peralatan listrik (Volt)

I = Arus listrik yang mengalir (Ampere)

t = Waktu pemakaian listrik (sekon)

Dari keterangan di atas satuan energy listrik adalah watt – jam, jika dikonversikan ke dalam satuan energi yang sebenarnya maka :

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/second}$$

$$1 \text{ watt sekon} = 1 \text{ joule}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kilowattjam} &= 1000 \text{ watt} \times 3.600 \text{ sekon} \\ &= 3.600.000 \text{ joule} \end{aligned}$$

Namun perhitungan untuk energi listrik biasanya langsung dikalikan per jam. Jadi energi listrik yang terpakai dalam 1 kWh = 3.600.000 joule.

2.2 Daya Listrik

Daya listrik¹ adalah banyaknya energi tiap satuan waktu dimana pekerjaan sedang berlangsung atau kerja yang dilakukam dalam persatuan waktu. Dari definisi ini, maka daya listrik (P) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Daya} = \text{Energi/waktu}$$

$$P = W/t$$

$$P = V \cdot i \cdot t / t = V \cdot i$$

$$P = i^2 \cdot R$$

$$P = V^2 \cdot R \text{ (dalam satuan volt-ampere, VA) } \dots\dots\dots (2.9)$$

Satuan daya listrik :

a. watt (W) = joule/detik

b. kilowatt (kW): 1 kW = 1000 W.

¹ Owen Bishop, "Dasar-dasar Elektronika", (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2004) hal:49



Dari satuan daya maka muncul lah satuan energi lain yaitu jika daya dinyatakan dalam kilowatt (kW) dan waktu dalam jam, maka satuan energi adalah kilowatt jam atau kilowatt-hour (kWh).

$$1 \text{ kWh} = 36 \times 10^5 \text{ joule}$$

Dalam satuan Internasional (SI), satuan daya adalah watt (W) atau setara Joule per detik (J/sec). daya listrik juga diekspresikan dalam watt (W) atau kilowatt (kW). Konversi antara satuan HP dan watt, dinyatakan dengan formula sebagai berikut :

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0,746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,34 \text{ HP}$$

2.2.1 Daya Aktif

Merupakan daya listrik yang dibutuhkan oleh peralatan listrik untuk mengoperasikan peralatan tersebut. Atau dengan kata lain daya aktif adalah daya yang terpakai oleh peralatan listrik. Daya aktif mempunyai nilai besaran dan arah. Besarnya daya aktif dapat dicari dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$P = V \cdot I \cos \varphi \text{ (Untuk 1 Phasa) (2.10)}$$

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \cos \varphi \text{ (Untuk 3 Phasa) (2.11)}$$

Dengan :

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

$\cos \varphi$ = faktor daya (0,85)

2.2.2 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang tidak terpakai dalam suatu system tenaga listrik. Yang akan kembali lagi ke system distribusi tenaga listrik. Adanya daya reaktif juga sering dipengaruhi oleh beban induktif atau kapasitif suatu rangkaian listrik. Secara matematis daya reaktif dapat dicari dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$Q = V \cdot I \sin \varphi \text{ (Untuk 1 Phasa) (2.12)}$$

$$Q = \sqrt{3} V \cdot I \sin \varphi \text{ (Untuk 3 Phasa) (2.13)}$$



Dengan :

Q = daya reaktif (VAR)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

$\sin \varphi$ = faktor reaktif

2.2.3 Daya Semu

Daya semu adalah daya hasil resultan atau penjumlahan dari daya aktif dan daya reaktif. Umumnya daya semu ini adalah daya sambung yang tertera pada kWh meter atau dengan kata lain daya semu adalah daya yang diberikan oleh sumpai tenaga listrik. Dalam masyarakat umum daya inilah yang diberikan langsung oleh PLN dalam satuan VA (Volt Amper). Secara matematis daya semu dapat duhitng dengan rumus di bawah ini :

$$S = V \times I \text{ (untuk 1 Phasa) } \dots\dots\dots (2.14)$$

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \text{ (untuk 3 Phasa) } \dots\dots\dots (2.15)$$

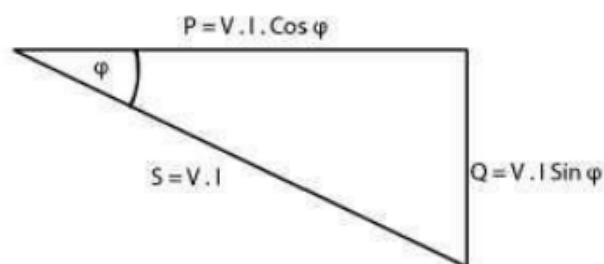
Keterangan :

S = Daya semu (VA)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Adapun hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dapat digambarkan dalam sebuah diagram daya seperti di bawah ini :



Gambar 2.1 Segitiga Daya

2.3 Panel Listrik²

Panel listrik atau *Electrical* switchboard adalah sekelompok perangkat komponen electrical yang berfungsi sebagai penghubung, pengatur atau interface antara sumber yang mensuplai tenaga listrik kepada beban. Untuk jenis panel yang sifatnya adalah menyalurkan power listrik ke beban maka berdasarkan fungsinya, secara garis besar panel dapat diklasifikasikan kedalam 5 type/jenis panel yaitu :

1. Panel Distribusi / Sub distribusi yaitu jenis panel yang menghubungkan sumber power dari panel utama (LVMDP) untuk disalurkan ke pendistribusian beban.
2. Panel LVMDP (Low Voltage Main Distribution Panel) yaitu panel utama yang terhubung langsung ke sumber power baik itu PLN atau Genset untuk disalurkan ke beban melalui panel-panel distribusi.
3. Panel Kapasitor Bank yaitu panel yang berisikan rangkaian kapasitor bank dengan control tertentu yang siap untuk diparalel dengan main busbar pada panel utama yang bertujuan untuk memperbaiki dan menjaga nilai power factor pada nilai-nilai yang diinginkan.
4. Panel Starter Motor yaitu panel yang berfungsi untuk mengatur start-stop motor sekaligus memberikan proteksi overload pada saat motor beroperasi.
5. Panel Kontrol Genset yaitu panel yang berfungsi untuk mengatur kerja genset untuk mensuplai power ke beban.

2.4 Panel Distribusi

Untuk mengalirkan energi listrik dari pusat atau gardu induk tegangan rendah atau ke beban listrik harus melewati panel daya dan panel distribusi listrik. Panel distribusi adalah jenis panel yang menghubungkan sumber power dari panel utama (LVMDP) untuk disalurkan ke pendistribusian beban. Adapun ciri-ciri sebuah panel distribusi secara umum adalah sebagai berikut :

² Rizka Miftah, Manual Book : Training Panel Lengkap, Jakarta, 2020, hal:94



1. Incoming panel berasal dari panel utama yang powernya berasal dari PLN atau Genset.
2. Outgoing panel langsung terhubung ke beban, baik itu beban-beban lighting, outlet, heater, control device, computer dan lain-lain.
3. Metering pada panel umumnya terbatas hanya metering untuk RST indicator, tegangan dan arus.
4. Type pemasangan panel adalah pada umumnya type panel wall mounting.
5. Rating ampere incoming dan kapasitas breaking capacity (KA) relative kecil, kecuali panel distribusi untuk feeder motor
6. Proteksi-proteksi yang ada pada sebuah panel distribusi biasanya adalah hanya overload protection, short circuit protection dan earth leakage proteksion yang mana proteksi-proteksi tersebut dimiliki langsung oleh circuit breaker yang ada pada panel baik itu MCB, MCCB atau ELCB.

Sebuah panel distribusi memiliki rangkaian control yang cukup sederhana yang tujuan dari rangkaian control tersebut adalah untuk mengatur ON dan OFF beban berdasarkan pewartuan ataupun sensor-sensor tertentu.

Panel distribusi tegangan rendah merupakan peralatan listrik yang terbentuk dari seperangkat sistem penghubung energi listrik pada suatu jaringan listrik tegangan rendah. Panel distribusi memiliki beberapa fungsi sesuai dengan kebutuhannya, seperti : mengumpulkan dan menyalurkan energi listrik ke setiap beban pada masing-masing substationnya, memutus dan menghubungkan energi listrik pada suatu rangkaian atau sebagai kontrol dan pengaman pada suatu sistem pengendali beban.

Pengelompokan panel distribusi listrik tegangan rendah berdasarkan fungsinya, yaitu :

- a. Panel Pengatur Kendali Beban Listrik
- b. Panel Pengaman Beban Listrik
- c. Panel Penurun Tegangan dan Pembagi Daya Listrik
- d. Panel Monitoring

2.5 Panel LVMDP (Low Voltage Main Distribution Panel)

Panel LVMDP adalah panel utama yang terhubung langsung ke sumber power baik itu PLN atau Genset untuk disalurkan beban melalui panel-panel distribusi. Panel LVMDP biasa juga disebut dengan nama lain yang diantaranya adalah PUTR (Panel Utama Tegangan Rendah) atau MDP (Main Distribution panel.). Adapun ciri-ciri sebuah panel LVMDP secara umum adalah sebagai berikut:

1. Incoming panel langsung terhubung ke sumber power utama yang biasanya berasal dari PLN (trafo) atau Genset.
2. Outgoing panel terhubung kepanel-panel distribusi untuk pendistribusian power beban
3. Panel LVMDP memiliki komponen metering yang cukup lengkap yang diantaranya metering untuk arus, tegangan, frekuensi, power factor, KW dan KWH.
4. Type panel adalah type free standing yang terdiri dari beberapa cubicle / cell.
5. Lokasi penempatan panel adalah indoor.
6. Panel memiliki Rating ampere incoming dan kapasitas breaking capacity (KA) yang besar.
7. Selain proteksi yang dimiliki oleh circuit breaker, LVMDP umumnya juga dilengkapi dengan beberapa relay proteksi tambahan yang diantaranya adalah proteksi Under/Over Voltage relay, Overcurrent relay, Earth Fault relay dll yang memberikan fungsi proteksi yang lebih cepat dan akurat dalam merespon gangguan yang terjadi.
8. Untuk menstabilkan power factor pada nilai-nilai tertentu, LVMDP juga dilengkapi dengan panel kapasitor bank pada cubicle paling kiri atau paling kanan dari LVMDP.

Panel LVMDP adalah panel utama yang terhubung langsung kepower utama yang incomingnya bias lebih dari satu incoming yang diantaranya adalah incoming yang berasal dari PLN (trafo) dan incoming yang berasal dari genset. Sebagai power

utamanya adalah berasal dari PLN, sedangkan genset dijadikan sebagai power standby atau back up untuk mengantisipasi apabila terjadi pemadaman dari sisi incoming PLN. Panel LVMDP atau panel MDP atau panel utama yang memiliki 2 atau 3 incoming dilengkapi dengan system Transfer Switch yaitu sebuah system yang memberikan pengaturan dari 2 incoming yang terhubung kepanel dimana hanya salah satu incoming yang akan mensuplai power beban.

Sistem transfer switch ini memiliki beberapa type yaitu :

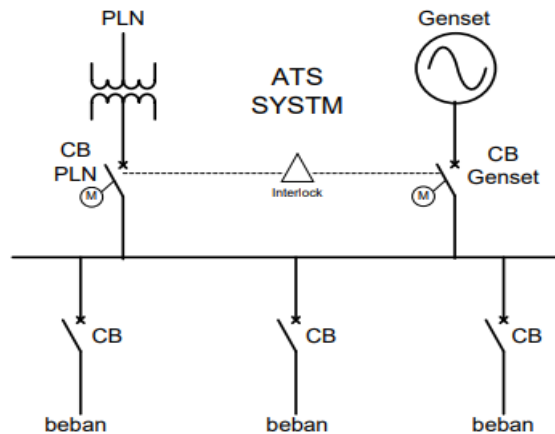
1. *Manual transfer switch*, yaitu pemilihan incoming untuk mensuplai power beban dengan cara manual yang biasanya menggunakan komponen COS (Change Over Switch) atau menggunakan 2 buah circuit breaker yang diinterlock dan dioperasikan secara manual.
2. *Automatic transfer Switch*, yaitu pemilihan incoming untuk mensuplai power beban dengan cara otomatis. Sistem ini biasa juga disebut dengan ATS. Komponen yang digunakan adalah bisa berupa COS yang memiliki fasilitas motorized yang bisa digerakkan secara otomatis atau menggunakan 2 buah circuit breaker motorized yang diinterlock dan beroperasi secara otomatis.

2.6 Automatic Transfer Switch (ATS)

ATS merupakan singkatan dari kata *Automatic Transfer Switch*, jika dipahami berdasarkan arti kata tersebut maka ATS adalah sakelar yang bekerja secara otomatis, namun kerja otomatisnya berdasarkan kemungkinan jika sumber listrik dari PLN terputus atau mengalami pemadaman maka sakelar akan berpindah ke sumber listrik yang lainnya misalnya adalah *Generator Set*.

Automatic Transfer switch merupakan rangkaian kontrol sakelar power *Generator Set* dengan PLN yang sudah full automatic. Alat ini berguna untuk menghubungkan power Genset ke beban secara otomatis pada saat PLN padam. Pada saat PLN hidup kembali, alat ini akan memindahkan sumber daya ke beban dari power Genset ke PLN. Dalam perkembangan teknologi dunia elektrikal akhirnya merekayasa hal tersebut kemudian dijalankan secara Automatic yang di

singkat ATS (Auto Transfer Swicth) yang di fungsikan secara otomatis untuk memindahkan daya sesuai dengan kebutuhan tanpa menggunakan tenaga manusia untuk mengoperasikannya³.



Gambar 2.2 Single Line Diagram panel dengan sistem ATS

Dalam perkembangan dunia elektrikal akhirnya merekayasa hal tersebut kemudian dijalankan secara Automatic yang di singkat ATS (*Automatic Transfer Swicth*) yang di fungsikan secara otomatis untuk memindahkan daya sesuai dengan kebutuhan tanpa menggunakan tenaga manusia untuk mengoperasikannya. Beberapa jenis ATS dibedakan menurut kapasitas daya yang dibutuhkan atau berdasarkan phasa dan ampere yang melalui panel tersebut, namun untuk prinsip kerjanya tetaplah sama⁴.

Panel ATS memiliki prinsip kerja yang sangat sederhana. Saat sumber utama mengalami gangguan atau pemadaman, maka sistem ATS akan memindahkan aliran energi listrik ke sumber alternatif. sehingga sumber alternatif akan langsung menggantikan sumber utama dalam menyuplai beban secara penuh. Dan sebaliknya saat sumber energi listrik utama sudah dapat bekerja lagi, sistem ATS akan memindahkan aliran energi listrik ke sumber utama, meskipun sumber alternatif masih dalam keadaan hidup.

³ Rizka Miftah, Manual Book : Training Panel Lengkap, Jakarta, 2020, hal:98

⁴ Eko Susanto, Jurnal Teknik Elektro Vol. 5 No. 1 : “Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan)” (Semarang : UNS, 2013), hal:98

Sistem ATS memiliki 2 type, yaitu Priority dan Non Priority. Sistem ATS priority adalah system pada ATS yang menjadikan salah satu incomingnya menjadi power prioritas untuk mensuplai arus beban.

Pada saat kondisi normal, incoming utama yang akan mensuplai power beban adalah berasal dari PLN. Apabila terjadi pemadaman pada sisi incoming PLN, maka CB incoming PLN (CB1) akan open secara otomatis. Untuk mengganti power yang hilang maka genset dihidupkan untuk siap mensuplai arus beban. Setelah genset hidup dan siap beroperasi maka CB incoming genset akan close secara otomatis dan mulai menghubungkan power yang berasal dari genset untuk mensuplai beban.

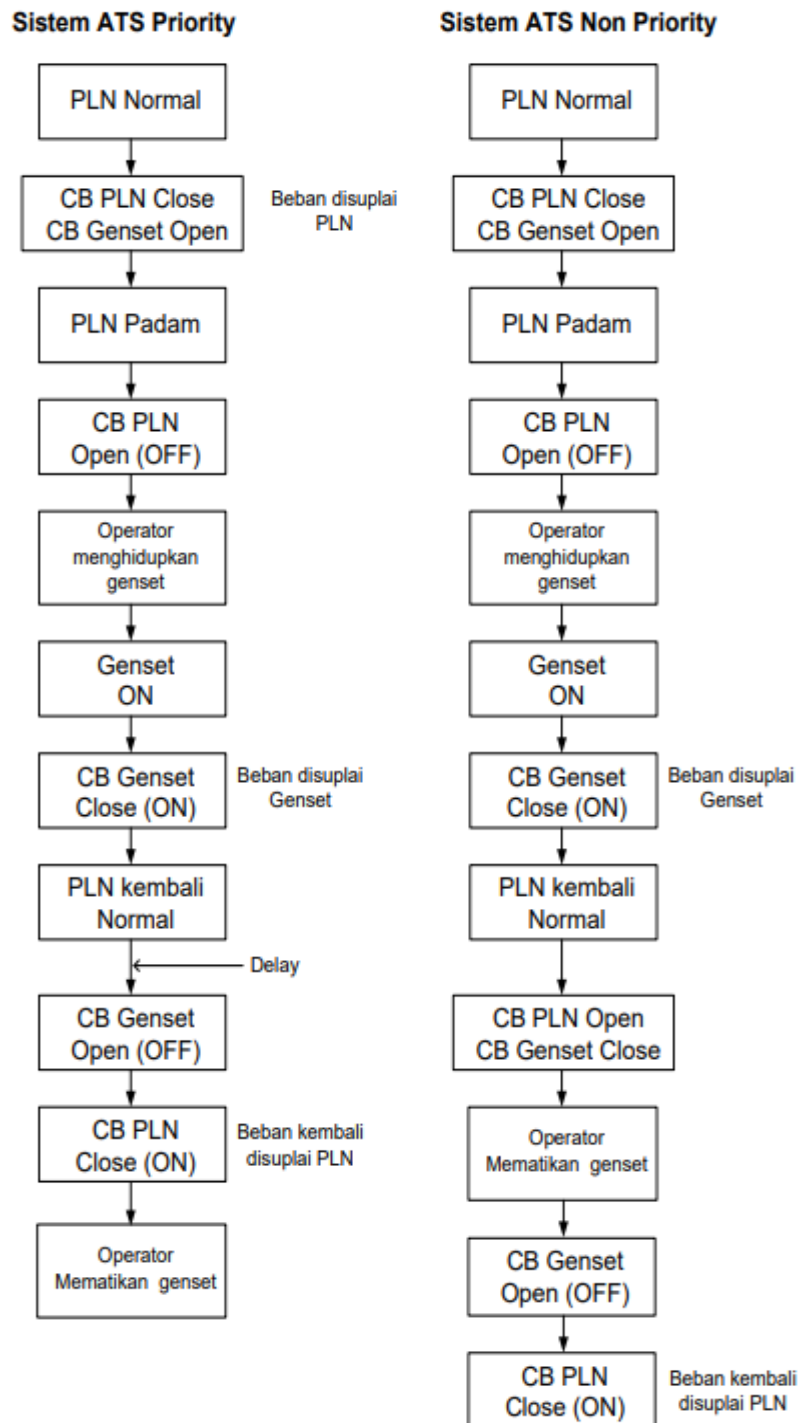
Pada saat sumber PLN kembali normal, setelah beberapa delay waktu tertentu CB incoming genset secara otomatis akan open (OFF). Setelah CB incoming genset open (OFF) maka setelah beberapa delay waktu tertentu juga CB incoming PLN akan close (ON) secara otomatis dan beban kembali disuplai oleh power utama yang berasal dari PLN.

Sistem ATS non priority adalah sistem yang tidak memberikan prioritas terhadap salah satu incoming, sehingga pada sistem ini incoming mana yang lebih dahulu memberikan sumber powernya, maka incoming tersebut yang akan mensuplai power beban. Untuk lebih jelasnya perhatikan proses berikut :

Pada saat kondisi normal, incoming utama yang akan mensuplai power beban adalah berasal dari PLN. Apabila terjadi pemadaman pada sisi incoming PLN, maka CB incoming PLN (CB1) akan open secara otomatis. Untuk mengganti power yang hilang maka genset dihidupkan untuk siap mensuplai arus beban. Setelah genset hidup dan siap beroperasi maka CB incoming genset akan close secara otomatis dan mulai menghubungkan power yang berasal dari genset untuk mensuplai beban.

Pada saat sumber PLN kembali normal, CB incoming genset tidak akan open (OFF) dan CB incoming PLN tidak akan close (ON) sampai genset dimatikan dan power yang berasal dari CB incoming genset dihilangkan. Setelah Genset dimatikan maka CB incoming Genset akan open (OFF) yang kemudian setelah beberapa delay

waktu tertentu baru CB incoming PLN akan close (ON) dan beban kembali disuplai oleh power yang berasal dari PLN. Untuk memudahkan kedua sistem diatas, perhatikan flowchart berikut :



Gambar 2.3 Flowchart sistem ATS priority dan non priority



Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) sangat berguna pada suatu gedung atau bangunan yang mengharuskan supply energi listrik terus-menerus bekerja, khususnya dalam otomatisasi pergantian sumber energi listrik yang digunakan. Dibawah ini merupakan keuntungan pemanfaatan sistem ATS-AMF, antara lain :

a. Efisiensi dan Efektivitas Waktu

Cara kerja sistem dalam memindahkan sumber satu ke sumber energi listrik lainnya dan sebaliknya sangat singkat, sehingga supply energi listrik saat salah satu sumber energi listrik padam atau terjadi gangguan tidak akan terganggu dan proses kerja beban akan terus berjalan

b. Efisiensi dan Efektifitas Penggunaan, Pengontrolan dan Perawatan

Sistem ini bekerja secara otomatis, dimana saat salah satu sumber energi listrik utama padam atau terjadi gangguan, sistem ATS-AMF secara otomatis akan memindahkan ke sumber energi listrik alternatif dan sebaliknya jika sumber energi listrik utama kembali bekerja. Sehingga dalam pengoperasiannya tidak perlu kontrol manual, hal ini sangat mengurangi beban kerja fisik dan mempermudah pengguna

Sedangkan untuk perawatannya sistem ATS ini tergolong mudah dan praktis, yaitu operator hanya perlu memastikan kondisi genset agar tetap dapat bekerja dengan baik. Sistem ini dapat dipantau berdasarkan indikator arus, tegangan dan besaran lainnya pada bagian metering panel, dan terdapat sistem kontrol manual yang digunakan untuk menguji sistem maupun perawatan secara berkala

c. Melindungi Beban Listrik yang Terpasang

Sistem ini secara tidak langsung dapat melindungi beban listrik yang digunakan baik beban resistif, induktif maupun kapasitif. Dikarenakan pada kondisi tertentu tegangan listrik dari sumber energi yang digunakan akan turun atau naik sampai dengan batas toleransi keamanan beban-beban listrik tersebut.

Adapun kondisi lain yang mengganggu proses kerja beban seperti : hilangnya supply tegangan secara tiba-tiba yang berulang-ulang, adanya salah satu fasa yang hilang serta saat adanya hubung singkat dalam sistem . Beberapa kondisi tersebut dapat diminimalisir ataupun dicegah dengan adanya sistem ATS ini.

Pemakaian panel listrik dengan sistem ATS ini dibedakan pada besar kecilnya pemakaian listrik Semakin tinggi pemakaian daya listrik, tentunya akan semakin besar pula spesifikasi komponen komponennya terutama Breaker dan kontaktornya dan juga ukuran kabelnya. Adapun bahan-bahan atau komponen yang digunakan dalam pembuatan panel listrik dengan sistem ATS akan dijelaskan sebagai berikut

2.6.1 Komponen Gawai Kendali

A. Sakelar *Automatic Transfer Switch*



Gambar 2.4 Sakelar ATS

Sakelar Automatic Transfer Switch berfungsi untuk memindahkan sumber listrik secara otomatis atau manual dari PLN ke sumber listrik yang sumber listrik lain yaitu generator. Ada 2 mode sistem ini bekerja, yaitu :

- Mode Otomatis, pada saat saklar otomatis dipilih, maka ketika sumber power utama PLN OFF, secara otomatis ATS akan memindahkan sumber power ke sumber power cadangan (Genset/ Power Inverter) dengan catatan sumber power cadangan sudah posisi ON. ketika sumber power utama PLN ON kembali, ATS akan secara otomatis memindahkan sumber power kembali ke PLN.
- Mode Manual, cara ini dilakukan dengan mematikan saklar ke posisi OFF, pada saat PLN mati, maka proses pemindahan sumber listrik harus dilakukan secara manual dengan memutar switch pada ATS.

Catatan : sakelar ATS tidak menghidupkan atau mematikan generator/power inverter , maka dari itu pengoperasian pada generator set harus dilakukan oleh operator.

2.6.2 Komponen Pengaman

A. Miniature Circuit Breaker (MCB)



Gambar 2.5 MCB

MCB yaitu pengaman yang bekerja dengan cara pemutusan hubungan yang disebabkan oleh arus lebih atau hubung singkat dengan menggunakan electromagnet/bimetal. Cara kerja dari MCB ini adalah memanfaatkan pemuai dari bimetal yang panas akibat arus yang mengalir untuk memutuskan arus listrik.

Beberapa kegunaan MCB yaitu:

- Membatasi Penggunaan daya listrik
- Mematikan listrik apabila terjadi hubungan singkat (*short circuit*)
- Mengamankan Instalasi Listrik
- Membagi pemakaian peralatan menjadi beberapa bagian listrik, sehingga lebih mudah untuk mendeteksi kerusakan instalasi listrik

Karakteristik/ tipe-tipe miniature circuit breaker (MCB) dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu⁵ :

- MCB Tipe B, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum atau arus nominal MCB. MCB tipe B

⁵ Beama, "Guide to Low Voltage Circuit-Breakers Standards", 2014, hal:12



merupakan karakteristik trip tipe standar yang biasa digunakan pada bangunan domestik.

- b. MCB Tipe C, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 5 sampai 10kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe ini akan bila digunakan pada peralatan listrik dengan arus yang lebih tinggi, seperti lampu, motor dan lain sebagainya.
- c. MCB tipe D, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 8 sampai 12kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe D merupakan karakteristik trip yang biasa digunakan pada peralatan listrik yang dapat lonjakan arus kuat seperti, transformator, dan kapasitor.

Berdasarkan proses kerja dan penggunaannya, MCB dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu :

- a. Tipe G. Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating yang besar, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman motor listrik.
- b. Tipe H. Tipe ini merupakan jenis pengaman yang pada umumnya digunakan sebagai pengaman instalasi penerangan suatu bangunan.
- c. Tipe K. Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating dan breaking capacity yang kecil, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman alat-alat listrik rumah tangga.
- d. Tipe L. Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating yang besar, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman jaringan dan penghantar atau kabel.
- e. Tipe Z. Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating dan breaking capacity yang kecil, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo dengan sensitifitas terhadap tegangan yang tinggi.

2.6.3 Stop Kontak



Gambar 2.6 Stop Konak

Stop kontak merupakan material instalasi listrik yang berfungsi sebagai muara penghubung antara arus listrik dengan peralatan listrik. Agar alat listrik terhubung dengan stop kontak, maka diperlukan kabel dan steker atau colokan yang nantinya akan ditancapkan pada stop kontak.

Berdasarkan bentuk serta fungsinya, stop kontak dibedakan menjadidua macam, yaitu :

- Stop kontak kecil, merupakan stop kontak dengan dua lubang (kanal) yang berfungsi untuk menyalurkan listrik pada daya rendah ke alatalat listrik melalui steker yang juga berjenis kecil.
- Stop kontak besar, juga merupakan stop kontak dengan dua kanal AC yang dilengkapi dengan lempeng logam pada sisi atas dan bawah kanal AC yang berfungsi sebagai ground. sakelar jenis ini biasanya digunakan untuk daya yang lebih besar.

Sedangkan berdasarkan tempat pemasangannya. Dikenal dua jenis stop kontak, yaitu:

- Stop kontak in bow, merupakan stop kontak yang dipasang didalam tembok.
- Stop kontak out bow, yang dipasang diluar tembok atau hanya diletakkan dipermukaan tembok pada saat berfungsi sebagai stop kontak portable.

Pada Panel listrik dengan sistem ATS, Stop kontak dipasang pada 2 sisi, yaitu pada sisi incoming sebagai sumber untuk menghidupkan genset dan pada sisi outgoing sebagai sumber untuk pemasangan beban.

2.6.4 Box Panel



Gambar 2.7 Box Panel

Box panel digunakan untuk penempatan bahan – bahan yang akan digunakan untuk pembuatan suatu rangkaian ATS (*automatic transfer switch*). Box panel juga berfungsi sebagai pelindung komponen dari bahaya luar seperti : serangga, debu dan air. Box panel yang digunakan berukuran panjang 18 cm, lebar 40 cm dan tinggi 60 cm dan ketebalan plat sebesar 1 mm. Box panel ini terdiri dari box utama untuk komponen–komponen yang dipasang di dalam dan pintu sebagai cover serta tempat interaksi dan pemantauan indikator yang terpasang.

2.6.5 Komponen Alat Ukur

A. Modul PZEM-004T



Gambar 2.8 Modul PZEM-004T

Pada suatu panel distribusi diperlukan suatu instrumen listrik yang berfungsi untuk mengukur beberapa besaran listrik yang ada, hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan alat ukur sebagai media monitoring besaran-besaran listrik pada suatu panel distribusi. PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur : Tegangan, Arus, Daya, Frekuensi, dan Power Faktor. Dengan kelengkapan fungsi ini, maka modul PZEM-004T sangat ideal untuk digunakan sebagai project maupun eksperimen alat pengukur daya pada sebuah panel listrik.

2.6.6 Penghantar

A. Kabel



Gambar 2.9 Kabel Listrik

Kabel adalah media untuk menyalurkan energi listrik. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator merupakan bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari bahan thermosetting atau thermoplastik, sedangkan konduktornya terbuat dari bahan tembaga ataupun aluminium.

B. Sepatu Kabel



Gambar 2.10 Sepatu Kabel



Sepatu kabel berfungsi untuk membuat sambungan penghantar dengan terminal peralatan, pengaman dan terminal sambungan pada panel agar dapat terselubung dengan baik. Ukuran serta jenis sepatu kabel bermacam-macam disesuaikan dengan penampang penghantar serta terminal yang digunakan.

2.7 Generator

Generator adalah mesin yang mengelola energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator adalah rotor generator yang digerakan oleh turbin sehingga menimbulkan tenaga listrik. Sumber energi untuk penggerak turbin terdiri dari berbagai macam sumber, antara lain adalah uap, air, gas, mesin diesel dan lain-lain. Kegunaan dari generator adalah sebagai sumber tenaga listrik untuk keperluan alat pemakaian atau beban seperti pompa air, pompa minyak, penerangan dan lain-lain.

2.7.1 Klasifikasi Generator

Berikut adalah beberapa jenis klasifikasi dari generator⁶

Generator berdasarkan letak kutubnya terbagi menjadi 2, yaitu:

- generator kutub dalam : generator kutub dalam mempunyai medan magnet yang terletak pada bagian yang berputar (rotor).
- generator kutub luar : generator kutub luar mempunyai medan magnet yang terletak pada bagian yang diam (stator)

Generator berdasarkan putaran medan terbagi menjadi 2, yaitu :

- generator sinkron
- generator asinkron

Generator berdasarkan jenis arus yang dibangkitkan terbagi menjadi 2, yaitu :

- generator listrik arus searah atau DC
- generator listrik arus bolak-balik atau AC

Generator berdasarkan fasanya terbagi menjadi 2, yaitu :

- generator satu fasa
- generator tiga fasa

⁶ Wahyudi, dkk, "Mesin Hybrid", (Yogyakarta: Penerbit Deepublish, 2020) hal:38

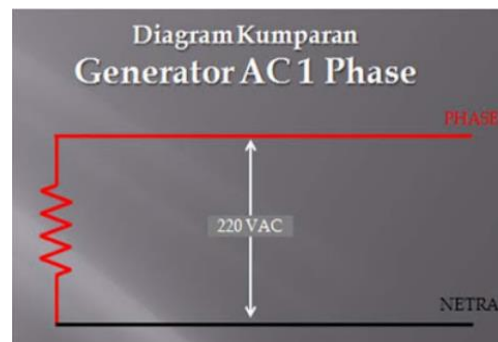


2.7.2 Generator AC

Generator arus bolak-balik (AC) dikenal dengan sebutan alternator. Generator sering dimanfaatkan baik di perumahan, perkantoran maupun di industri untuk menggerakkan beberapa mesin yang menggunakan arus listrik bolak-balik sebagai sumber penggerak. Generator diharapkan dapat mensuplai tenaga listrik pada saat terjadi gangguan, dimana suplai tersebut digunakan untuk beban prioritas.

Generator AC terbagi menjadi 2 (dua) menurut tegangan keluaran outputnya, yaitu :

- Generator 1 fasa (220 V). Untuk generator AC 1 fasa memiliki 2 kabel keluaran, yaitu kabel Fasa dan kabel Netral. Generator 1 fasa hanya memiliki 1 kumparan fasa atau beberapa kumparan yang terhubung secara seri. Tegangan keluaran yang dihasilkan generator AC 1 fasa biasanya 220 Volt yang diukur antara titik keluaran fasa dan netral.



Gambar 2.11 Rangkaian Ekuivalen Generator 1 Fasa

- Generator 3 fasa (380 V). Untuk generator AC 3 fasa memiliki 4 kabel keluaran, yaitu kabel R, kabel S, kabel T, dan kabel Netral. Generator 3 fasa memiliki 3 kumparan fasa yang menghasilkan tegangan keluaran 380 Volt, yang diukur antara fasa dengan fasa yang berbeda, dan tegangan keluaran 220 Volt diukur antara salah satu fasa dengan Netral.



Gambar 2.12 Rangkaian Ekuivalen Generator 3 Fasa

Prinsip dasar generator AC yaitu menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik, atau secara singkat dapat dijabarkan sebagai berikut : Bilamana rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutubmagnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, dengan dasar inilah timbul arus listrik, arus melalui kabel/kawat yang kedua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat-sikat, sebagai terminal penghubung keluar.

2.8 Generator Set



Gambar 2.13 Generator Set

Genset (Generator set) adalah perangkat kombinasi antara pembangkit listrik (generator) dan mesin penggerak yang digabung dalam satu set unit untuk menghasilkan tenaga listrik. Mesin penggerak pada genset umumnya merupakan

mesin pembakaran internal berupa motor atau mesin diesel dengan bahan bakar solar dan mesin dengan bahan bakar bensin.

Prinsip kerja genset adalah sebuah mesin pembakaran (mesin diesel atau mesin bensin) akan mengubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik, kemudian energi mekanik tersebut diubah atau dikonversi oleh generator sehingga menghasilkan daya listrik.

Fungsi Genset (generator set) biasa digunakan untuk menghasilkan daya listrik alternatif, seperti ketika suplai pasokan daya listrik dari industri pembangkit listrik padam/off, atau keadaan dimana tidak ada pasokan jaringan listrik di daerah tersebut, atau juga biasa digunakan ketika diperlukan daya listrik tambahan.

Penggunaan genset biasanya berada di rumah-rumah atau perkantoran sebagai *back up* apabila suplai dari PLN mengalami gangguan atau padam. Energi mekanik berupa putaran rotor yang digerakan oleh penggerak mulai (prime mover) yang akan menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan dan arah putar yang sama dengan putaran rotor, hubungan antara kecepatan putar dengan putaran rotor disebut dengan frekuensi. Persamaan antara kecepatan putar medan magnet dengan frekuensi listrik pada stator adalah :

$$\eta = \frac{120 \times f}{P} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

f = frekuensi listrik (Hz)

P = jumlah kutub

η = kecepatan putar rotor (rpm)

Dan untuk menentukan arus genset menggunakan persamaan :

$$I = \frac{P}{V} \text{ (Ampere)} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

I = Arus listrik (Ampere)

P = Daya listrik (VA)

V = Tegangan (Volt)

2.9 Beban Listrik

Beban listrik adalah setiap alat yang membutuhkan energi atau daya listrik agar dapat dioperasikan atau digunakan. Untuk komponen peralatan listrik tidak lepas dari ketiga beban listrik. Dalam sistem listrik arus bolak-balik, jenis beban dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu beban resistif (R), beban induktif (I), dan beban kapasitor (C)⁷.

2.9.1 Beban Resistif (R)

Beban resistif (R) yaitu beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm saja (resistance), seperti elemen pemanas (heating element) dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya mengkonsumsi daya aktif saja dan tidak menyebabkan perubahan nilai faktor daya, sehingga nilai faktor daya tetap, yaitu bernilai 1 (satu). Beban resistif tidak mempengaruhi gelombang tegangan dan arus, sehingga posisi gelombang tegangan dan arus tetap sefasa. Persamaan daya aktif pada beban resistif adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

Untuk mencari besarnya beban resistif suatu benda dapat dicari dari rumus dibawah ini :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.20)$$

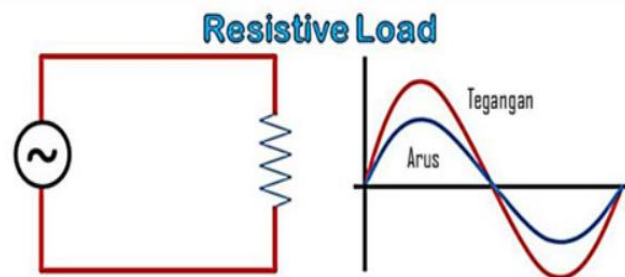
Keterangan :

R = Resistansi (Ω)

V = Tegangan pada beban resistif (Volt)

I = Arus yang mengalir pada beban resistif (Ampere)

⁷ Jumadi, Jurnal Energi & Kelistrikan Vol. 7 No. 2 : “Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik Terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik di Gedung Cyber Jakarta” (Jakarta : STT-PLN, 2015), hal:98



Gambar 2.14 Rangkaian Beban Resistif beserta Gelombang AC



Gambar 2.15 Grafik Arus dan Tegangan Pada Beban Resistif

2.9.2 Beban Induktif (L)

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti coil, transformator, dan solenoida dan beroperasi berdasarkan prinsip kerja induksi. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (*phase shift*) pada arus sehingga bersifat *lagging*. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan.

Beban jenis ini menyerap daya aktif dan daya reaktif dan menghasilkan daya harmonik yang mengakibatkan penurunan nilai $\cos \phi$ menjadi lebih kecil dari 1 (satu). Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cos \phi \quad R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.21)$$

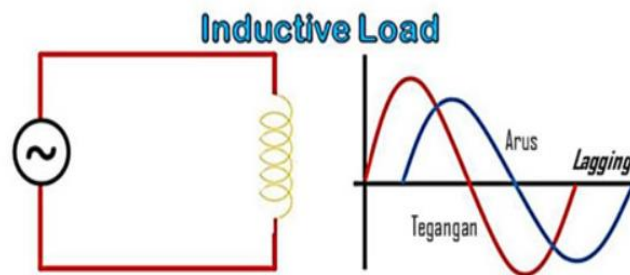
Dengan :

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

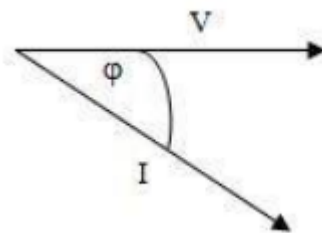
V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

ϕ = sudut antara arus dan tegangan



Gambar 2.16 Rangkaian Beban Induktif beserta Gelombang AC



Gambar 2.17 Grafik Arus dan Tegangan Pada Beban Induktif

Beberapa peralatan listrik yang termasuk beban induktif, antara lain motor listrik, mesin las listrik, transformator, induktor, solenoid coil, dan semua peralatan listrik yang bekerja berdasarkan induksi.. Beban induktif dapat menimbulkan fluks magnet. Beban induktif juga dapat mempengaruhi daya reaktif dari suatu rangkaian listrik. Untuk menghitung besarnya reaktansi induktif (X_L), dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad R = \frac{V}{I} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dengan :

X_L = reaktansi induktif

π = Konstanta sebesar 3,142

f = frekuensi (Hz)

L = induktansi (Henry)

2.9.3 Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyerap dan menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (*electrical discharge*) pada rangkaian dalam waktu sesaat. Komponen ini dapat menyebabkan arus mendahului (*leading*) terhadap tegangan.

Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif sehingga dapat digunakan untuk memperbaiki faktor daya yang diinginkan menjadi mendekati 1 atau lebih kecil dari 1. Peralatan listrik yang termasuk jenis beban kapasitif adalah kapasitor. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cos \varphi \dots\dots\dots (2.23)$$

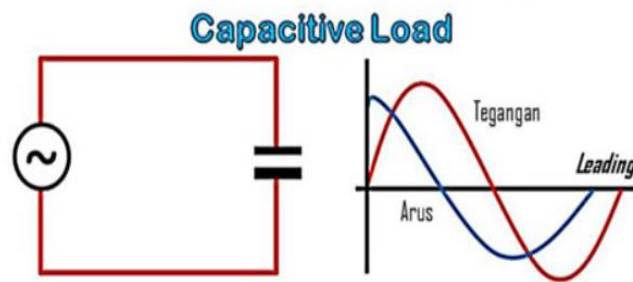
Dengan :

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

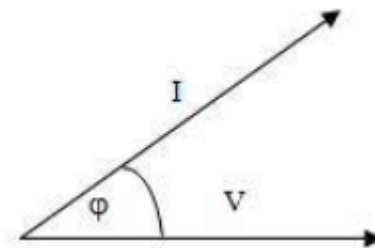
V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

φ = sudut antara arus dan tegangan



Gambar 2.18 Rangkaian Beban Kapasitif beserta Gelombang AC



Gambar 2.19 Grafik Arus dan Tegangan Pada Beban Kapasitif

Reaktansi kapasitif mengakibatkan arus rangkaian yang mendahului tegangannya, Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif (X_C), dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan :

X_c = reaktansi kapasitif



π = Konstanta sebesar 3,142

f = frekuensi (Hz)

L = induktansi (Henry)

2.10 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai salah satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik.

Sistem yang digunakan mikrokontroler sering disebut sebagai *embedded system* atau *dedicated system*. *Embedded system* adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan *dedicated system* adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Penggunaan mikrokontroler lebih menguntungkan dibandingkan penggunaan mikroprosesor. Hal ini dikarenakan dengan mikrokontroler tidak perlu lagi penambahan memori dan I/O eksternal selama memori dan I/O internal masih bisa mencukupi. Selain itu proses produksinya secara massal, sehingga harganya menjadi lebih murah dibandingkan mikroprosesor. Pada sebuah chip mikrokontroler umumnya memiliki fitur-fitur sebagai berikut :

- *Central Processing Unit* mulai dari prosesor 4-bit yang sederhana hingga prosesor kinerja tinggi 64-bit.
- Input/output antarmuka jaringan seperti serial port (UART) dan USB Port.
- Ram untuk menyimpan data
- ROM, EPROM, EEPROM atau flash memory untuk menyimpan program di komputer.
- Pembangkit clock biasanya berupa resonator rangkaian RC

2.11 Internet of Things (IoT)

Internet of Things dapat didefinisikan dengan kemampuan beberapa perangkat atau *device* yang saling berkomunikasi, terhubung dan bertukar data



melalui jaringan internet. IoT merupakan sebuah teknologi komunikasi yang memungkinkan adanya pengendalian, komunikasi, kerjasama dengan berbagai perangkat-perangkat keras, berkomunikasi data melalui jaringan internet. Sehingga bisa disimpulkan bahwa Internet of Things (IoT) ialah ketika kita menyambungkan atau menghubungkan sesuatu (*things*), yang tidak dioperasikan oleh manusia, ke internet⁸.

Namun IoT bukan hanya terkait dengan pengendalian perangkat melalui jarak jauh, tapi juga bagaimana berbagi data, memvirtualisasikan segala hal nyata ke dalam bentuk internet, dan lain-lain. Internet menjadi sebuah penghubung antara sesama mesin secara otomatis. Selain itu juga adanya user yang bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung. Manfaatnya menggunakan teknologi IoT yaitu pekerjaan yang dilakukan oleh manusia menjadi lebih cepat, mudah dan efisien.

1. *The Spectrum of Insight*

Spectrum of Insight berasal dari data IoT yang berkaitan dengan posisinya dalam lima fase data flow yaitu *real time, in motion*, (bergerak), *early life, at rest* (saat istirahat), dan arsip.

2. *Immediacy Versus Depth*

Artinya seseorang bisa langsung mendapatkan “*Time-to-Insight*” pada analitik yang belum sempurna seperti perbandingan suhu atau transformasi fourier cepat untuk menentukan apakah memutar roda pada trwm akan menyebabkan kecelakaan.

3. *Shift Left*

Drive untuk mendapatkan wawasan yang akan menghasilkan komputasi dan analisis canggih yang biasanya disediakan untuk cloud atau pusat data.

4. *The Spectrum of Insight*

Spectrum of Insight berasal dari data IoT yang berkaitan dengan

⁸ R. Hafid Hardyanto, “*Konsep Internet of Things pada Pembelajaran Berbasis Web*”. Jurnal Dinamika Informatika. Vol. 6 No. 1, 2017, hal.90



posisinya dalam lima fase data flow yaitu *real time*, *in motion*, (bergerak), *early life*, *at rest* (saat istirahat), dan arsip.

5. *The Next V*

The Next V yang dimaksud adalah *Visibility*. Ketika data dikumpulkan, para ilmuwan data di seluruh dunia harus bisa melihat dan mengaksesnya sesuai kebutuhan.

6. *Shift Left*

Drive untuk mendapatkan wawasan yang akan menghasilkan komputasi dan analisis canggih yang biasanya disediakan untuk cloud atau pusat data.

7. *The Next V*

The Next V yang dimaksud adalah *Visibility*. Ketika data dikumpulkan, para ilmuwan data di seluruh dunia harus bisa melihat dan mengaksesnya sesuai kebutuhan.

2.12 ESP32

Mikrokontroler adalah sebuah system komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut single chip microcomputer. Mikrokontroler merupakan system computer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik⁹.



Gambar 2.20 Modul ESP32

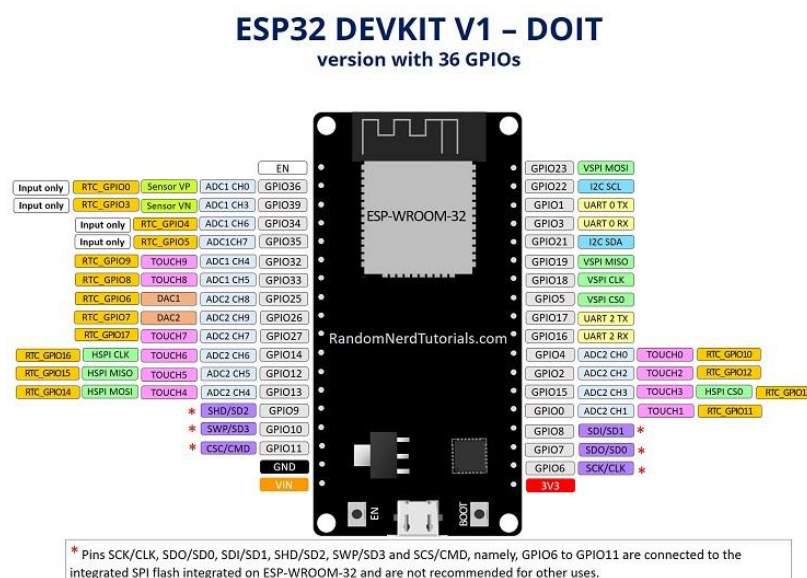
(Sumber : <https://www.ardutech.com>)

⁹ Anna Nur Nazilah Chamim, 2010, *Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal GSM*, (Yogyakarta: Jurnal Informatika Vol 4), hal.1

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dirancang oleh Espressif. ESP32 dapat dimanfaatkan agar menjadi solusi jaringan Wi-Fi mandiri sebagai jembatan dari mikrokontroler yang menyediakan fitur Wi-Fi dan juga mampu menjalankan aplikasi secara mandiri. Modul ini dilengkapi dengan konektor USB dan beragam *pin-out*. Dengan tambahan *Channel Micro USB* maka kita dapat menghubungkan ESP32 devkit ke komputer dan menjalankan program dengan lancar. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai ‘otak’ yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di sekeliling kita. Misalnya handphone, MP3 player, DVD, televisi, AC, dan lain-lain. Disini penggunaan mikrokontroler adalah tipe ESP32 dimana mikrokontroler ini memiliki beberapa kelebihan antara lain :

- Tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
- Memiliki modul pemancar Wi-Fi tegangan rendah yang dapat ditransmisikan dengan Smartphone.

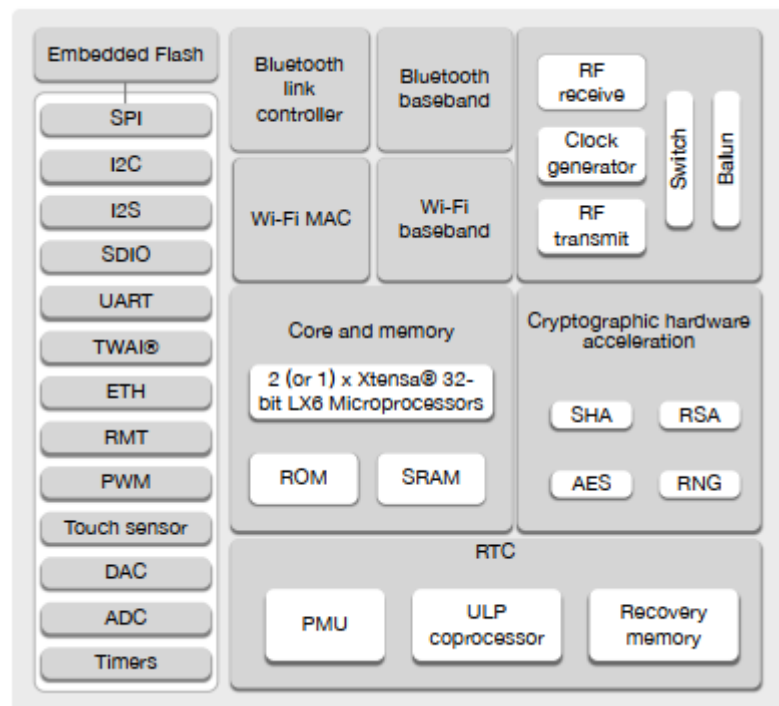
Dibawah ini merupakan contoh gambar dari ESP32 beserta penamaan disetiap pinnya.



Gambar 2.21 Pinout ESP32

2.12.1 Komponen Pada ESP32

Komponen utama di dalam papan ESP32 adalah sebuah microcontroller 32 bit dengan merk Xtensa yang dibuat oleh perusahaan Tensilica. Berbagai papan ESP dapat memakai tipe Xtensa yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasi dan kegunaannya, sebagai contoh ESP32 menggunakan Xtensa Dual Core LX6 sedangkan ESP8266 yang lebih tua menggunakan Xtensa L106. Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah microcontroller, pada gambar berikut ini diperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari microcontroller LX6 (yang dipakai pada ESP32).



Gambar 2.22 Diagram Blok ESP32

2.12.2 Pemrograman ESP32 Pada Arduino IDE

Program pada pemrograman yang dipakai oleh ESP32 menyerupai pemrograman pada *board* Arduino. Pemrograman ini menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan tipe sistem *Open-Source*. Aplikasi ini memudahkan penggunaan penulisan kode untuk diupload ke *board* ESP32. Aplikasi ini banyak digunakan pada sistem operasi *mainstream* yang sering kita temui, seperti

Windows, Mac OS, dan Linux. Dibawah ini merupakan contoh pada program aplikasi Arduino IDE.



Gambar 2.23 Antarmuka yang terdapat pada Arduino IDE

1. *Verify* : Fungsi ini merupakan *button* untuk mengecek kesalahan pada program yang kita bubuhkan pada *sketch*. Proses *Verify* mengubah *sketch* ke kode biner.
2. *Upload* : Fungsi ini adalah untuk meng*upload sketch* yang sudah dibuat ke mikrokontroler.
3. *New Sketch* : Fungsi ini adalah untuk membuat *window* dan membuat *sketch* baru.



4. *Open Sketch* : Fungsi ini adalah membuka *sketch* yang sudah pernah dibuat. *Sketch* yang pernah dibuat akan disimpan dengan ekstensi file *.ino*
5. *Save Sketch* : Fungsi ini menyimpan *sketch* yang ingin disimpan.
6. *Serial Monitor* : Fungsi ini membuka *interface* untuk komunikasi serial via Arduino IDE.
7. *Console Log* : Fungsi ini sebagai antarmuka pesan yang dijalankan pada mikrokontroler.
8. *Sketch* : Fungsi ini merupakan tempat dimana bahasa perintah program dimasukkan, penggunaan bahasa program yang dipakai adalah bahasa C++.
9. *Board dan Port* : Fungsi ini menginformasikan *port* yang dipakai oleh mikrokontroler yang sedang digunakan.

2.13 Pengantar LCD dan I2C LCD

Liquid Crystal Display (LCD) adalah komponen yang digunakan untuk menampilkan informasi dalam bentuk layar sederhana. LCD yang didukung oleh ArduBlock adalah LCD teks, yang hanya digunakan untuk menampilkan teks. Dalam hal ini, LCD untuk jenis paralel berukuran 16 x 2 karakter, dan untuk jenis I2C berupa 20 x 4 karakter. Angka 2 atau 4 menyatakan jumlah baris. Gambar 2.12 berikut ini akan menunjukkan contoh LCD yang mengandung 16 kolom & 2 baris¹⁰



Gambar 2.24 LCD 16 x 2 karakter

Inter-Integrated Circuit (I2C) LCD adalah jenis LCD yang menggunakan I2C untuk berhubungan dengan Arduino. Jika dilihat dari depan, sekilas LCD ini

¹⁰ Abdul Kadir, *Pemrograman Arduino menggunakan ArduBlock*, ANDI, Yogyakarta, 2017, hal 110

tidak berbeda dengan LCD jenis paralel. Namun, di bagian belakangnya terdapat komponen tambahan yang memungkinkan Arduino berhubungan dengan peranti ini menggunakan 4 kabel. Gambar 2.13 memperlihatkan keadaan dibalik I2C LCD.

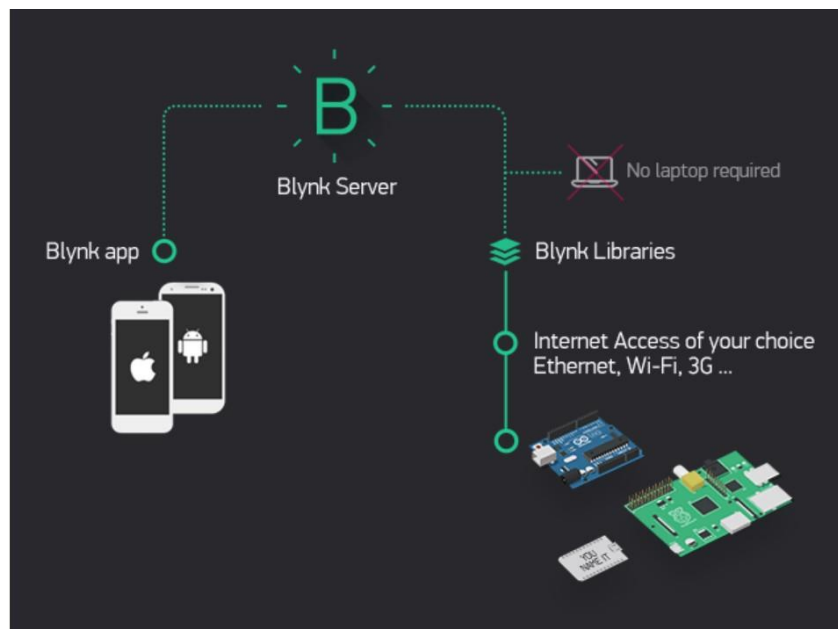


Gambar 2.25 I2C LCD 16 x 2 karakter

Cara menghubungkan LCD ini dengan Arduino adalah seperti berikut :

- Pin SDA dihubungkan ke pin analog A4 milik Arduino;
- Pin SCL dihubungkan ke pin analog A5 milik Arduino;
- Pin VCC dihubungkan ke pin 5V milik Arduino;
- Pin GND dihubungkan ke salah satu pin GND milik Arduino.

2.14 BLYNK



Gambar 2.26. Mekanisme Blynk



Blynk merupakan aplikasi yang berbasis IOS atau Android untuk mengontrol mikrokontroler berupa Arduino melalui internet. Aplikasi Blynk dapat membantu admin dalam memonitoring sesuatu dengan praktis. Blynk dirancang untuk Internet of Things. Dapat mengontrol perangkat keras dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, memvisualisasikannya, dan melakukan banyak hal lainnya¹¹.

¹¹ (2018) The Blynkwebsite. [Online]. Available: <http://docs.blynk.cc/>