

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Pemantauan Sistem Konsumsi Energi Untuk Meningkatkan Efisiensi Energi

Penelitian yang dilakukan Gonçalo Marques dan Rui Pitarma (2017) dalam jurnal berjudul *“Monitoring Energy Consumption System to Improve Energy Efficiency”*. NS iPlug sistem adalah sistem pemantauan energi otomatis yang memungkinkan pengguna, seperti manajer gedung, untuk mengetahui, secara real time, konsumsi energi perangkat listrik terhubung ke sistem. ACS712 – adalah ic sensor arus linier berbasis efek hall yang terintegrasi dengan Isolasi 2,1 kVrms dan konduktor arus resistansi rendah. ESP8266 – adalah chip WiFi dengan sakelar antena terintegrasi, balun RF, penguat daya, penguat penerima kebisingan rendah, filter, modul manajemen daya. Aplikasi penting lainnya dari pemantauan energi berbasis di IoT adalah singkatan dari sistem pengawasan untuk pembangkit listrik fotovoltaik surya yang dapat sangat meningkatkan kinerja, pemantauan, dan pemeliharaan pembangkit yang disajikan oleh Adhya dkk (2016).

2.1.2 Pemantauan dan Rasionalisasi Konsumsi Energi Peralatan Listrik Rumah Tangga

Penelitian yang dilakukan Khairy Sayed, dkk (2012) dalam jurnal berjudul *“Monitoring and Rationalizing Energy Consumption of Home Electric Appliances”*. Arduino adalah papan pengembangan elektronik yang terdiri dari sirkuit elektronik sumber terbuka dengan mikrokontroler pada satu papan yang diprogram oleh komputer dan dirancang untuk membuat penggunaan elektronik interaktif dalam proyek interdisipliner menjadi lebih mudah. Arduino digunakan terutama dalam Desain proyek elektronik interaktif atau proyek yang ditujukan untuk membangun sensor lingkungan yang berbeda (misalnya suhu, angin, tekanan, dll.). Arduino dapat dihubungkan ke berbagai program di PC. Arduino Mega 2560 Untuk rangkaian akhir proyek untuk menambah jumlah input dan output Rangkaian the measurement terdiri dari Arduino Uno(ATmega328) dan Node Esp8266. Smart Connectivity Platform (ESCP) adalah seperangkat SOC nirkabel berperforma

tinggi dan berintegrasi tinggi, yang dirancang untuk perancang platform seluler yang dibatasi ruang dan daya. Ini memberikan kemampuan tak tertandingi untuk menanamkan kemampuan WiFi dalam sistem lain, atau berfungsi sebagai aplikasi mandiri, dengan biaya terendah, dan kebutuhan ruang minimal.

2.1.3 Pengembangan Perangkat IoT untuk Pemantauan Konsumsi Energi Listrik

Penelitian yang dilakukan Siriwat Wasoontarajoen (2017) dalam jurnal berjudul *“Development of an IoT Device for Monitoring Electrical Energy Consumption”*. Internet of Things (IoT) juga disebut sebagai Internet objek adalah teknologi baru yang memfasilitasi kenyamanan akses data dan informasi di antara objek atau perangkat apa pun bagi manusia untuk membuat hidup lebih mudah dan cerdas dalam banyak aspek. Saat ini terdapat keragaman aplikasi IoT seperti smart energy, smart city, dan smart building. Untuk mendukung aplikasi tersebut, perangkat untuk mengumpulkan data penggunaan energi yang dipadukan dengan konsep IoT perlu dikembangkan secara cermat. Menjadi perangkat IoT, dapat membawa lebih banyak kemudahan untuk mengelola konsumsi energi karena data yang dikumpulkan disimpan di server cloud, sehingga dapat dipantau dan diambil di lokasi mana pun di mana internet tersedia.

2.1.4 Pengukur Energi Pintar Berbasis Internet Untuk Memantau Pemakaian Energi

Penelitian yang dilakukan Muralidhara, dkk (2020) dalam jurnal berjudul *“An internet of things-based smart energy meter for monitoring device-level consumption of energy”*. Modul Energi Cerdas Juni adalah solusi plug-and-use untuk pengukuran energi. Ini didasarkan pada Narrowband IoT (NB-IOT) dan menawarkan berbagai fitur seperti penyimpanan data berbasis cloud dan analisis dengan visualisasi. Selain itu, dapat diatur untuk memicu pemberitahuan jika terjadi suatu peristiwa. Kekurangannya adalah solusi plug-and-use adalah untuk switchboard listrik utama dan bukan stopkontak, sehingga tidak mampu memantau energi tingkat perangkat. Steker Pengukur Cerdas Revogi adalah pengukur stopkontak dinding yang berbasis Bluetooth, menyediakan fitur seperti otomatisasi, kontrol terjadwal, dan kontrol orang tua. Karena didasarkan pada Bluetooth, jarak pendek tidak memungkinkan untuk pemantauan jarak jauh. Aurora oleh Larsen dan

Toubro adalah meteran pintar fase tunggal dengan fitur baru seperti kontrol beban, sistem peringatan tegangan berlebih dan arus berlebih, pencatatan data, parameter penagihan, serta pembayaran di muka. Namun, itu tidak mampu mengukur konsumsi data oleh peralatan individu. Prinsip Hall Effect dan Induction adalah dua prinsip yang menjadi dasar dari perangkat yang diusulkan. Keduanya adalah teknologi non-kontak yang bekerja berdasarkan prinsip bahwa medan magnet proporsional dihasilkan di sekitar konduktor pembawa arus untuk arus tertentu.

2.1.5 Alat Kontrol Dan Otomatis Pada Bangunan Dengan Pemantauan Jarak Jauh Secara *Real Time*

Penelitian yang dilakukan Marinakis, dkk (2013) dalam jurnal berjudul “*A building automation and control tool for remote and real time monitoring of energy consumption*”. Otomasi bangunan adalah bagian mendasar dari sistem manajemen energi. Untuk keperluan penelitian ini sistem otomasi gedung yang digunakan adalah sistem Dupline. Sistem otomasi gedung terdesentralisasi Dupline menggabungkan panas, pencahayaan, A/C, dan prosedur pemantauan gedung lainnya yang memberikan standar kenyamanan, keamanan, dan potensi penghematan energi yang tinggi. Dibandingkan dengan instalasi tradisional, pengkabelan sistem Dupline jauh lebih sederhana dan fleksibilitas perubahan dan ekspansi meningkat secara signifikan. Selanjutnya, sistem otomatisasi Dupline dapat mengirimkan beberapa sinyal digital dan analog jarak jauh dengan menggunakan kabel 2-kawat standar. Semua unit instalasi lainnya, seperti unit input-output (I/O), pengukur energi, dan sensor dihubungkan melalui sepasang kabel ke generator utama.

2.3 Tarif Tenaga Listrik

Tarif tenaga listrik adalah tarif tenaga listrik untuk konsumen yang disediakan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero). Tarif tenaga listrik untuk keperluan rumah tangga, terdiri atas:

1. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga kecil pada tegangan rendah, dengan daya sampai dengan 450 VA, 900 VA, 900 VA-RTM, 1.300 VA, dan 2.200 VA (R-1/TR);

2. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga menengah pada tegangan rendah, dengan daya 3.500 VA samapi dengan 5.500 VA (R-2/TR);
3. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga besar pada tegangan rendah, dengan daya 6.600 VA ke atas (R-3/TR).

**PENETAPAN PENYESUAIAN TENAGA LISTRIK PERIODE APRIL –
JUNI 2021**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER (PASCA BAYAR)		PRABAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.444,70	1.444,70
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.444,70	1.444,70

Gambar 2.3 Tarif Tenaga Listrik

2.2 Monitoring

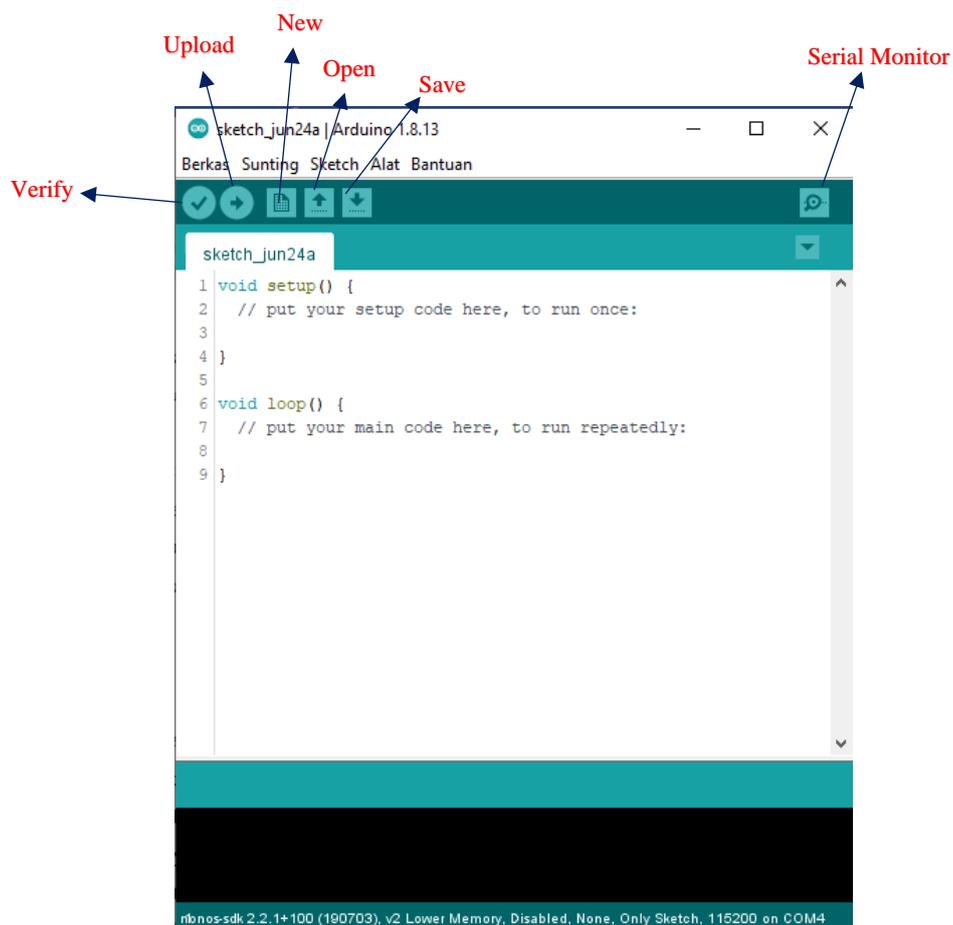
Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program. Memantau perubahan yang fokus pada proses dan keluaran. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang disediakan berulang kali dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa proses terhadap suatu objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan (Isnawaty, 2016).

Secara umum monitoring bertujuan mendapatkan umpan balik bagi kebutuhan program proses pembelajaran yang sedang berjalan, dengan mengetahui kebutuhan ini pelaksanaan program akan segera mempersiapkan kebutuhan dalam pembelajaran tersebut. Kebutuhan bias berupa biaya, waktu, personel, dan alat. Pelaksanaan program akan mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan, berapa lama waktu yang tersedia untuk kegiatan tersebut. Dengan demikian akan diketahui pula

berapa jumlah tenaga yang dibutuhkan, serta alat apa saja yang harus disediakan untuk melaksanakan program (Isnawaty, 2016).

2.3 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment* yang bisa diartikan sebagai lingkungan terintegrasi untuk melakukan pengembangan. Arduino IDE merupakan software untuk melakukan penulisan program, compile serta upload program ke board arduino. Arduino IDE berfungsi untuk membuat, membuka, dan mengedit program yang akan kita masukkan ke dalam board Arduino. Aplikasi Arduino IDE dirancang agar memudahkan penggunaanya dalam membuat berbagai aplikasi. Arduino IDE memiliki struktur bahasa pemrograman yang sederhana dan fungsi yang lengkap, sehingga mudah untuk dipelajari oleh pemula sekalipun. (Dr. Junaidi, S.Si, 2018: Hal 26).



Gambar 2.1 Tampilan Arduino IDE

Tabel 2.1 Toolbar

	Verify Untuk mengecek kesalahan dari program yang dibuat
	Upload Untuk mengecek dan memasukkan program ke IC
	New Untuk membuat sketch yang baru
	Open Untuk membuka file sketch yang tersimpan
	Save Untuk menyimpan sketch
	Serial Monitor Untuk menampilkan komunikasi serial

2.4 Blynk

Blynk adalah platform baru yang memungkinkan Anda untuk dengan cepat membangun interface untuk mengendalikan dan memantau proyek hardware dari iOS dan perangkat Android. Setelah men-download aplikasi Blynk, kita dapat membuat dashboard proyek dan mengatur tombol, slider, grafik, dan widget lainnya ke layar. Menggunakan widget, Anda dapat mengaktifkan pin dan mematikan atau menampilkan data dari sensor. Blynk sangat cocok untuk antarmuka dengan proyek-proyek sederhana seperti pemantauan suhu atau menyalakan lampu dan mematikan dari jarak jauh. Blynk adalah Internet layanan Things (IoT) yang dirancang untuk membuat remote control dan data sensor membaca dari perangkat arduino ataupun esp8266 dengan cepat dan mudah. Blynk bukan hanya sebagai "cloud IoT", tetapi blynk merupakan solusi end-to-end yang menghemat waktu dan sumber daya ketika membangun sebuah aplikasi yang berarti bagi produk dan jasa terkoneksi. (Arafat, 2016). Perancangan Blynk terdiri dari 4 tahap yaitu:

- Create New Project untuk membuat proyek baru.
- Auth Token untuk mengirim autentikasi Blynk token ke email untuk diterapkan pada kode program.

- Widget box berfungsi untuk membuat gauges yang akan digunakan.

User interface aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring atau pengendalian. (Kadir. 2012). Tampilan aplikasi/ platform Blynk dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Tampilan Blynk

(Sumber: <http://indomaker.com/index.php/2019/04/10/menyalakan-led-dengan-blynk-nodemcu/>)

2.5 Arus Listrik

Arus listrik adalah mengalirnya elektron secara kontinyu pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. Satuan arus listrik adalah Ampere. Satu ampere arus adalah mengalirnya elektron sebanyak 628×10^{16} atau sama dengan satu coulomb per detik meliwati suatu penampang konduktor. (Irwan Dinata: 2015)

$$i = \frac{q}{t} \quad [ampere] \quad (1)$$

Dimana:

Q = Banyaknya muatan listrik dalam satuan coulomb

i = Kuat Arus dalam satuan Amper.

t = Waktu dalam satuan detik.

2.6 Tegangan Listrik

Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial (voltage) adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu

coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal atau kutub ke terminal atau kutub lainnya, atau pada kedua terminal atau kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan atau memindahkan muatan sebesar satu coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat disederhanakan bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan. (Irwan Dinata: 2015)

Secara matematis:

$$v = \frac{dw}{dq} \quad [volt] \quad (2)$$

2.7 Daya Listrik

Daya pada arus bolak-balik atau *alternating current* (ac) ada 3 macam yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata. (Irwan Dinata: 2015)

1. Daya aktif

Daya aktif digunakan secara umum oleh konsumen. Daya aktif inilah yang biasanya dapat dikonversikan dalam bentuk kerja. Satuan daya aktif dinyatakan dalam watt. Daya aktif (*real power*), didapat dari persamaan:

$$P = V.I.\cos\theta \quad [kW] \quad (3)$$

2. Daya reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet. Maka akan terbentuk fluks magnet. Satuan daya reaktif dinyatakan dalam VAR. Daya reaktif (*reactive power*), didapat dari persamaan:

$$Q = V.I.\sin\theta \quad [kVA_r] \quad (4)$$

3. Daya nyata

Daya nyata adalah penjumlahan geometris dari daya aktif dan daya reaktif. Daya nyata merupakan daya yang diproduksi oleh perusahaan sumber listrik untuk didistribusikan ke konsumen. Satuan daya nyata ini dinyatakan dalam VA. Daya nyata (*apparent power*), didapat dari persamaan:

$$S = V.I \text{ [kVA]} \quad (5)$$

Dengan :

P : Daya Aktif [kW]

Q : Daya Reaktif [kVA]

S : Daya Nyata [kVA]

I : Arus [Ampere]

V : Tegangan [Volt]

2.8 Kilowatt per Jam (kWh)

Kilowatt jam atau kilowatt hour (kWh) merupakan sebuah satuan energi listrik. Satuan ini menunjukkan pemakaian daya sebesar 1.000 Watt yang digunakan tiap jam. kWh biasa digunakan dalam menghitung tagihan listrik yang harus dibayarkan oleh pengguna. Semakin banyak nilai kWh yang muncul pada kWh meter, maka semakin besar tagihan yang harus dibayarkan. Nilai 1 kWh jika dikonversi ke dalam satuan Joule adalah $3,6 \times 10^6$ Joule.

Energi listrik suatu sumber arus (I) dengan beda potensial (V) selama selang waktu (t) tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan

$$W = V \times I \times t \quad (6)$$

2.9 Modul NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah Modul ESP8266 yang paling familiar diantara saudaranya yang lain. Pada modul ini sudah terdapat IC CH340 sehingga sudah bisa langsung di isi program dari komputer menggunakan Port Serial, didalam buku ini akan dijelaskan bagaimana cara memprogram modul NodeMCU menggunakan bahasa pemograman Python (micropython) dasar, dan bahasa yang digunakan oleh Arduino IDE. (www.anakkendali.com, 2019: Hal 5)

NodeMCU ESP8266 merupakan modul turunan pengembangan dari modul platform IoT (Internet of Things) keluarga ESP8266 tipe ESP-12. Secara fungsi modul ini hampir menyerupai dengan platform modul arduino, tetapi yang

membedakan yaitu dikhususkan untuk “Connected to Internet“. Untuk saat ini modul NodeMCU sudah terdapat 3 tipe versi antara lain :



Gambar 2.3 Versi NodeMCU ESP8266

(Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/apa-itu-module-nodemcu-esp8266/>)
Versi NODEMCU ESP8266:

1. NodeMCU 0.9

Pada versi ini (v0.9) merupakan versi pertama yang memiliki memori flash 4 MB sebagai (System on Chip) SoC-nya dan ESP8266 yang digunakan yaitu ESP-12. Kelemahan dari versi ini yaitu dari segi ukuran modul board lebar, sehingga apabila ingin membuat protipe menggunakan modul versi ini pada breadboard, pin-nya kan habis digunakan hanya untuk modul ini.

2. NodeMCU 1.0

Versi ini merupakan pengembangan dari versi 0.9. Dan pada versi 1.0 ini ESP8266 yang digunakan yaitu tipe ESP-12E yang dianggap lebih stabil dari ESP-12. Selain itu ukuran board modulnya diperkecil sehingga compatible digunakan membuat prototipe projek di breadboard. Serta terdapat pin yang dikhususkan untuk komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface) dan PWM (Pulse Width Modulation) yang tidak tersedia di versi 0.9.

3. NodeMCU 1.0 (unofficial board)

Dikatakan unofficial board dikarenakan produk modul ini diproduksi secara tidak resmi terkait persetujuan dari Developer Official NodeMCU.

Perbedaannya tidak begitu mencolok dengan versi 1.0 (official board) yaitu hanya penambahan V usb power output.

Adapun karakteristik dari NodeMCU dapat dilihat tabel 2.2.

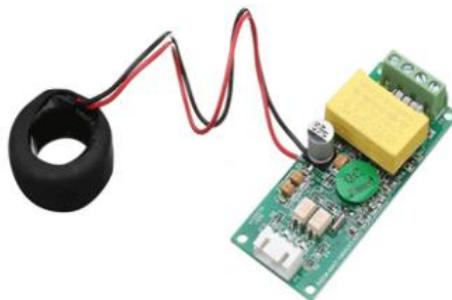
Tabel 2.2 Karakteristik NodeMCU

Spesifikasi	NodeMCU
Type	ESP-12E
USB port	Micro USB
GPIO Pin	13
ADC	1 pin (10 bit)
Usb to Serial Converter	CH340G
Power Input	5 Vdc
Ukuran Module	57 x 30 mm

2.10 Sensor Arus PZEM 004T

PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur: Voltage / Tegangan, Arus, Daya, Frekuensi, Energi dan Power Faktor. Dengan kelengkapan fungsi / feature ini, maka modul PZEM-004T sangat ideal untuk digunakan sebagai project maupun eksperimen alat pengukur daya pada sebuah jaringan listrik seperti rumah atau gedung.

Modul PZEM-004T diproduksi oleh sebuah perusahaan bernama Peacefair, ada yang model 10 Ampere dan 100 Ampere. Harap berhati-hati karena wiring antara yang model 10 Ampere dengan 100 Ampere berbeda, jika salah bisa terjadi konslet atau hubungan arus pendek pada jaringan listrik.



Gambar 2.4 PZEM 004T V3

(Sumber: <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/10/mengenal-pzem-004t-modul-elektronik-untuk-alat-pengukuran-listrik/>)

Tabel 2.3 Spesifikasi PZEM-004T V3

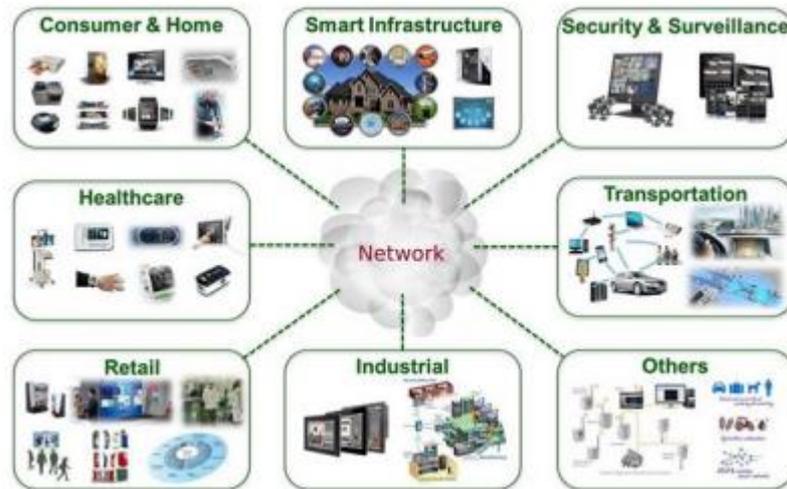
Working Voltage	80 ~ 260 VAC
Rated Power	100A / 22000W
Working Frequency	45-65 Hz
Measurement Accuracy	1.0

2.11 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep dimana konektivitas internet dapat bertukar informasi satu sama lainnya dengan benda-benda yang ada disekelilingnya. Banyak yang memprediksi bahwa Internet of Things (IoT) merupakan “the next big thing” di dunia teknologi informasi. Hal ini dikarenakan banyak sekali potensi yang bisa dikembangkan dengan teknologi Internet of Things (IoT) tersebut. (Yuhdo Yudha Yudhanto, 2019 :Hal 210)

Ide awal *Internet of Things* pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dimana benda-benda di sekitar kita dapat berkomunikasi antara satu sama lain melalui sebuah jaringan seperti internet. Berawal dari Auto-ID Center, teknologi yang berbasis pada *Radio Frequency Identification* (RFID). RFID merupakan identifikasi kode produk elektronik yang bersifat unik ini kemudian berkembang menjadi teknologi bahwa pada setiap benda dapat memiliki alamat Internet Protocol (IP). Suatu perangkat keras yang tertanam di berbagai macam benda nyata sehingga benda tersebut dapat tersambung dengan internet. Pengidentifikasian tersebut dapat dilakukan dengan beberapa teknologi seperti kode batang (Barcode), Kode QR (QR Code), dan Identifikasi Frekuensi Radio (RFID). Benda-benda yang kita tanamkan sensor tersebut akan dibuat selalu aktif terhubung secara luas dengan alamat *Internet Protocol* (IP) tertentu. Dengan semakin berkembangnya infrastruktur internet, maka kita menuju babak berikutnya, di mana bukan hanya smartphone atau komputer saja yang dapat terkoneksi dengan internet. Namun berbagai macam benda nyata akan terkoneksi

dengan internet. Perkembangan sekarang mengantarkan teknologi jaringan yang bukan saja hanya menghubungkan orang, namun menghubungkan orang dengan benda, dan juga benda dengan benda. Inilah dimulainya era *Internet of Things* (IoT). IoT dapat dipahami sebagai lapisan informasi digital yang mencakup dunia fisik seperti yang digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 2.5 Teknologi *Internet of Things* (IoT)
(Sumber: <http://pijarmulyautama.com/apa-itu-internet-iot/>)