

**RANCANG BANGUN MONITORING ENERGI LISTRIK PADA
RUMAH TANGGA SECARA IOT BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

SKRIPSI

RONALDO MARCOPOLLO HARIANJA

180821002



**PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

**RANCANG BANGUN MONITORING ENERGI LISTRIK PADA
RUMAH TANGGA SECARA IOT BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat mencapai gelar
Sarjana Sains

RONALDO MARCOPOLLO HARIANJA

180821002



**PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

MEDAN

2021

PENYATAAN ORISINILITAS

RANCANG BANGUN MONITORING ENERGI LISTRIK PADA RUMAH TANGGA SECARA IOT BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 10 Febuari 2021



Ronaldo M Harianja

180821002

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : “Rancang Bangun Monitoring Energi Listrik Pada Rumah
Tangga Secara IOT Berbasis Mikrokontroler Atmega328”

Kategori : Skripsi

Nama : Ronaldo Marcopolo Harianja

Nomor Induk Mahasiswa : 180821002

Program Studi : Sarjana Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sumatera Utara

Disetujui di
Medan, Febuari 2021

Ketua Departemen Fisika

FMIPA USU



Dr. Perdinan Sinuhaji, MS

NIP. 195903101987031002

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the supervisor, is written in a cursive style.

Drs. Aditia Warman, M.Si

NIP. 195705031983031003

RANCANG BANGUN MONITORING ENERGI LISTRIK PADA RUMAH TANGGA SECARA IOT BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328

ABSTRAK

Perancangan alat ini berupa sebuah sistem monitoring penggunaan listrik rumah tangga secara IoT berbasis mikrokontroler Atmega 328. Sistem kerja alat ini menggunakan 2 sensor yaitu sensor VR dan Acs712 yang digunakan untuk membaca tegangan dan arus. Setiap parameter yang diukur yakni untuk menjelaskan aliran input hingga output yang kemudian dikirim ke mikrokontroler Atmega 328 untuk dikonversi ke nilai digital. Hasil proses pengolahan berupa output pada display lcd dan anroid. Yang kemudian esp8266 mengirim data ke internet melalui hotspot internet. Dengan demikian pemantauan energi lebih praktis dan efisien karena semua parameter dapat dipantau hanya dengan menggunakan sebuah display.

Kata kunci : *Atmega 328, Sensor vr, Sensor acs712, Android, Lcd, esp8266*

**RANCANG BANGUN MONITORING ENERGI LISTRIK PADA RUMAH TANGGA
SECARA IOT BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

ABSTRACT

The design of this tool is in the form of a monitoring system for household electricity usage by IoT based on the Atmega 328 microcontroller. The working system of this tool uses 2 sensors, namely VR and Acs712 sensors which are used to read voltages and currents. Each parameter that is measured is to describe the flow of input to output which is then sent to the Atmega 328 microcontroller to be converted to digital values. The results of the processing process are in the form of output on an LCD and android display. Which then esp8266 sends data to the internet via an internet hotspot. Thus energy monitoring is more practical and efficient because all parameters can be monitored only by using a display.

Keywords : Atmega 328, Sensor vr, Sensor acs712, Android, Lcd, esp8266

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penyusunan Tugas Akhir.....	3
1.6.1 Studi Literatur	3
1.6.2 Metode Bimbingan.....	4
1.6.3 Metode Perancangan Sistem	4
1.6.4 Pengujian Alat.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Arus Listrik	7
2.2.1 Arus searah (Direct Current/DC)	8
2.2.2 Arus bolak-balik (Alternating Current/AC)	8
2.3 Tegangan	9
2.4 Energi Listrik	9
2.5 Daya Listrik	12
2.5.1 Daya aktif.....	13
2.5.2 Daya Reaktif	13
2.5.3 Daya Semu	13
2.6 Dioda.....	14
2.7 Kapasitor.....	15
2.7.1 Kapasitor Polar	16
2.7.2 Kapasitor Variable	17
2.7.3 Kapasitor Non Polar	17
2.7.4 Catu Daya	18
2.8 NodeMCU ESP8266 versi 12E	19

2.9 Sensor arus ACS 712	20
2.9.1 Fitur ACS712	23
2.10 Mikrokontroler Arduino	23
2.10.1 Hardware	23
2.10.1.1 Arduino Uno	24
2.10.1.2 Software	26
2.11 Program Arduino Uno	26
2.12 LCD (Liquid Cristal Display) 2X16 character	28
 BAB III PERANCANGAN DAN CARA PEMBUATAN ALAT	31
3.1 Metode Penelitian	31
3.2 Lokasi Penelitian	31
3.3 Peralatan	31
3.4 Perancangan Hardware	32
3.4.1 Blok Diagram	32
3.4.2 Rancangan Pengendali	33
3.4.3 Rangkaian Display	33
3.4.4 Rangkaian Sensor Arus	34
3.4.5 Adapter Wifi Esp8266	35
3.4.6 Sensor Tegangan	36
3.5 Flowchart	38
 BAB IV HASIL DAN PENGUJIAN	40
4.1 Hasil Penelitian	40
4.2 Pengujian Sistem	41
4.2.1 Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno	42
4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan	44
4.2.3 Pengujian Sensor Arus ACS712	46
4.2.4 Pengujian Display LCD	48
4.2.5 Pengujian Catu Daya Sistem	50
4.2.6 Analisa Penggunaan Energi Listrik Dalam Satuan KWH	51
4.2.7 Pengujian Sistem Monitoring Energi Berbasis IoT	54
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
 Daftar Pustaka	61

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
Tabel		
2.1	Terminal List Sensor Arus ACS712	22
2.2	Index Board Arduino	24
2.3	Pin Lcd dan Fungsinya	29
4.1	Hasil Pengukuran Pin Arduino Uno	43
4.2	Hasil Pengukuran Sensor Tegangan	44
4.3	Data Pengukuran Sensor Arus	47
4.4	Hasil Pengukuran Tegangan Catu Daya	50
4.5.a	Pengukuran Kwh Meter Analog	52
4.5.b	Pengukuran Kwh Meter Digital	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul	Halaman
2.1	Grafik Perubahan Arus Searah Terhadap Waktu	8
2.2	Grafik Perubahan Arus Bolak-Balik Terhadap Waktu	8
2.5.3	Segetiga Daya	14
2.6	Simbol Dioda	15
2.7.1	Kapasitor Polar	17
2.7.2	Kapasitor Variable	17
2.7.3	Kapasitor Non Polar	17
2.7.4	Catu Daya	18
2.8.a	NodeMCU ESP8266 12E	19
2.8.b	Mapping Pin NodeMCU V3 Lolin	20
2.9	Sensor Arus ACS712	21
2.9	Pin out ACS712	21
2.9	Diagram Blok	22
2.10.1	Bentuk Fisik Arduino Uno R3	25
2.11	Tampilan Program Arduino Uno	26
2.12	Liquid Cristal Display (LCD) 2x16	29
3.1	Blok Diagram	32

3.2	Rangkaian Keseluruhan Sistem Pemantau Energi Berbasis IoT	33
3.3	Hubungan Display LCD Pada Pin Arduino Uno	34
3.4	Sensor Arus ACS712 Terhubung Pada Pin A0 Arduino Uno	35
3.5	Esp 8266 Pada Pin 1 dan Pin 0 Arduino Uno	36
3.6	Sensor Tegangan Pada Masukkan Analog Arduino Uno	37
3.5	Flowchart	38
4.1	Rangkaian Monitoring Energi Berbasis Arduino Uno	41
4.2	Pengukuran Tegangan Pln Arduino Uno	44
4.3	Pengukuran Output Sensor Tegangan	46
4.4	Pengukuran Output Sensor Arus	48
4.5	Hasil Pengujian Display LCD	49
4.6	Pengukuran Output Catu Daya	50
4.7	Pengujian Pengukuran Energi Listrik Dengan Beban Lampu Pijar	53
4.7.a	Tampilan Awal Aplikasi Blynk	54
4.7.b	Properti Komponen Pada Widget Box	55
4.7.c	Tampilan Form Setelah Pemasangan Komponen	56
4.7.d	Tampilan Pengaturan Pin Pada Properti	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan suatu sumber daya yang tidak dapat dipisahkan atau dihindari dari kehidupan manusia karena manusia membutuhkan energi untuk kelangsungan hidup. Untuk memasak saja dibutuhkan energi untuk transportasi, penerangan, informasi dan sebagainya semua itu membutuhkan energi. Banyak bentuk energi yang disediakan oleh alam dan dapat diubah oleh manusia. Salah satu energi yang paling banyak digunakan dan paling efisien dalam hal distribusi dan pengendalian adalah energi listrik. Hampir semua rumah diperkotaan telah menggunakan listrik sebagai sumber energi utama untuk penerangan, pendingin ruang, bahkan untuk memasak. Menurut survey, energi listrik memiliki skala paling besar pada penggunaan nya didalam rumah, baik industri, perhotelan ,rumah tangga karena distribusinya paling mudah dan cepat. Untuk mengukur volume penggunaan energi listrik dapat digunakan alat ukur KWH meter atau meteran listrik. KWH Meter umumnya milik pemerintah yaitu PLN yang dipasang pada masukan untuk mengukur penggunaan energi yang dikonsumsi oleh penghuni rumah atau gedung. KWH meter dapat menghitung energi listrik berdasarkan berapa lama pemakaian daya oleh beban. KWH meter cukup efektif untuk mengetahui dan memonitor penggunaan energi listrik sehingga dapat dihitung biaya yang harus dibayar oleh pengguna listrik. Kelemahan KWH meter konvensional adalah proses pemantauannya harus secara langsung kelokasi dimana KWH meter terpasang. Dengan demikian PLN membutuhkan seorang pencatat yang harus mendatangi tiap rumah dan mencatat meteran KWH agar dapat diperhitungkan biaya yang harus dibayarkan. Bayangkan disebuah kota besar yang terdapat ratusan ribu pengguna listrik ,berapa petugas yang dibutuhkan untuk mencatat dan berapa lama waktu yang dibutuhkan. Hal ini sangat tidak efisien sehingga biaya operasional menjadi tinggi yang juga membuat harga listrik per kwh juga informasi penggunaan energi dapat ditingkatkan sehingga biaya operasional dapat ditekan dan harga listrik dapat lebih murah.

Berdasarkan permasalahan diatas ,penulis mencoba mencari solusi bagaimana membaca dan mengirim informasi tersebut dengan memanfaatkan teknologi yang ada. Dewasa ini telah berkembang teknologi internet of things yaitu suatu sistem yang dapat melakukan pertukaran data, pengiriman informasi bahkan pengendalian jarak jauh dengan memanfaatkan jaringan internet. Dengan fasilitas ini diharapkan sebuah informasi penggunaan energi listrik dapat dilakukan sehingga tidak membutuhkan petugas pencatat yang hanya mencatat meteran KWH. Petugas dapat dialihkan pada pekerjaan yang lebih bermanfaat misalnya bagian perawatan.

Rancang bangun yang akan direalisasikan adalah sebuah sistem monitoring penggunaan energi listrik rumah tangga berbasis IoT. Dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler, sensor dan internet diharapkan sistem dapat dibangun dan dapat dikembangkan menjadi sistem informasi tagihan listrik yang lebih efisien dan dapat menurunkan biaya operasional PLN.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat sebuah sistem monitoring penggunaan energi listrik rumah tangga berbasis Internet of Things.
2. Bagaimana memperoleh dan menghitung energi yang digunakan dengan komponen sensor elektronik yaitu sensor arus dan sensor tegangan.
3. Bagaimana mengirim data ke user melalui jaringan internet untuk merealisasikan sistem Internet of Things.
4. Bagaimana membuat algoritma program untuk menjalankan sistem monitoring yang dibangun.

1.3 Batasan Masalah

1. Rancang bangun menggunakan mikrokontroler ATmega 328 pada board Arduino Uno sebagai pengendali sistem dan esp 8266 wemos sebagai pengirim data via internet.
2. Rancang bangun menggunakan sensor arus ACS712 untuk mendeteksi arus dan sensor tegangan stepdown untuk mendeteksi tegangan PLN.

3. Batas arus pembacaan sensor maksimal adalah 20A pada tegangan 220V.
4. Mikrokontroler atmega 328 diprogram dengan bahasa C menggunakan perangkat Arduino IDE versi 1.8.13.

1.4 Tujuan penelitian

1. Merancang dan membuat sistem monitoring penggunaan energi listrik rumah tangga berbasis IoT.
2. Mencari cara efektif untuk menghitung nilai energi listrik dengan sensor yang ada.
3. Mencari cara untuk mengirim data ke user melalui jaringan internet.
4. Membuat program dan mengunggahnya pada ic kontroler untuk menjalankan sistem.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui dan memonitor penggunaan energi listrik rumah tangga setiap saat dari mana saja via internet
2. Dengan mengetahui energi yang digunakan maka efisiensi dapat dilakukan untuk menghindari pemakaian yang tidak perlu yaitu dengan mematikan beban yang tidak perlu.

1.6 Metodologi Penyusunan Tugas Akhir

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini, secara garis besar terdapat beberapa metode pengumpulan data agar memperoleh data yang valid dan memperoleh hasil laporan yang maksimal. Metode tersebut antara lain :

1.6.1 Studi Literatur

Metode studi literatur yaitu cara untuk mengumpulkan dan mempelajari data dari berbagai sumber buku di perpustakaan yang ada ataupun tulisan internet sebagai referensi dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.

1.6.2 Metode Bimbingan

Metode ini mendapatkan pengarahan dan petunjuk pembuatan Tugas Akhir hingga proses pembuatan Tugas Akhir dapat berjalan dengan lancar yang dibimbing oleh dosen pembimbing Program Studi Fisika Instrumentasi Universitas Sumatera Utara.

1.6.3 Metode Perancangan Sistem

- a. Membuat desain Sistem yaitu sistem monitoring energi listrik rumah tangga berbasis IoT.
- b. Merancang blok diagram, skema, desain layout dan sebagainya.
- c. Merakit atau mengintegrasikan semua komponen sistem.
- d. Merancang dan membuat perangkat lunak sistem.

1.6.4 Pengujian Alat

- a. Melakukan pengujian perangkat keras sistem yang dirancang.
- b. Melakukan pengujian input dan output kontroler.

1.7 Sistematika Penulisan

Isi penulisan sesuai dengan yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- HALAMAN JUDUL
- HALAMAN PENGESAHAN
- KATA PENGANTAR
- ABSTRAK
- DAFTAR ISI
- DAFTAR GAMBAR
- DAFTAR TABEL
- DAFTAR LAMPIRAN

BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan proposal tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka dan dasar teori yang menjadi panduan pada pembuatan Tugas Akhir.

BAB III METODOLOGI yaitu PERANCANGAN SISTEM DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan menerangkan mengenai obyek pengamatan, dan pembahasan tentang perencanaan dan pembuatan rancang bangun, metodologi, Peralatan dan bahan yang digunakan dan pembahasan cara kerja sistem yaitu cara kerja komponen dan cara kerja sistem secara keseluruhan. Skematik rangkaian dan diagram alir juga akan dibahas pada bab ini.

BAB IV PENGUJIAN SISTEM

Membahas tentang pengujian sistem yang dilakukan, hasil pengujian, analisa data pengujian dan sebagainya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dari pengujian sistem dan saran yang penyempurnaan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Menurut Purwadarminta, energi adalah tenaga, atau gaya untuk berbuat sesuatu. Dalam pengertian sehari-hari energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Energi mempunyai berbagai bentuk, dalam dunia listrik sebuah medan listrik akan mempunyai jumlah energi yang dinyatakan dalam rumus :

$$\text{Energi} = 0,5 \text{ CU} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana C adalah kapasitansi dan U adalah besar tegangan. Sedangkan jumlah energi yang tersimpan dalam sebuah medan magnet dinyatakan dalam rumus :

$$\text{Energi} = 0,5 \text{ LI}^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana L adalah induktansi dan I adalah besarnya arus yang mengalir². Dimana C adalah kapasitansi dan U adalah besar tegangan. Umumnya bentuk energi adalah dalam bentuk panas, panas tersebut dihasilkan dari hasil perkalian antara massa benda dikalikan kalor jenis dan perubahan suhu yang dinyatakan dalam rumus:

$$Q = m \cdot c \cdot t \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

Q = kalor (joule)

m = massa benda (Kg)

c = kalor jenis (j/Kg°C)

t = suhu (°C)

Dalam kaitannya dengan dunia kelistrikan, energi tersebut sebanding dengan besarnya daya yang digunakan oleh suatu peralatan listrik yang dikalikan dengan lamanya alat tersebut dialiri arus listrik.

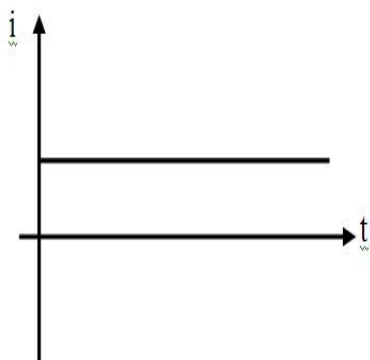
2.2 Arus Listrik

Arus merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu dengan simbol i , dengan kata lain arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus pun akan hilang. Muatan akan bergerak jika ada energi luar yang mempengaruhinya. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau sub bagian dari atom. Dimana dalam teori atom modern menyatakan bahwa atom terdiri dari partikel inti (proton bermuatan positif (+) dan neutron bersifat neutral) yang dikelilingi oleh muatan elektron (-), normalnya atom bermuatan neutral. Muatan terdiri dari dua jenis yaitu muatan positif dan muatan negatif. Arah arus searah dengan arah muatan positif (arah arus listrik) atau berlawanan dengan arah aliran elektron. Suatu partikel dapat menjadi muatan positif apabila kehilangan elektron dan menjadi muatan negatif apabila menerima elektron dari partikel lain. Coulomb adalah unit dasar dari International System of Units (SI) yang digunakan untuk mengukur muatan listrik energi luar yang mempengaruhinya. Simbol : Q = muatan konstan, q = muatan tergantung satuan waktu dan muatan 1 elektron = $-1,6021 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$. Dengan kata lain arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus pun akan hilang. Muatan akan bergerak jika ada energi luar yang mempengaruhinya. Dimana dalam teori atom modern menyatakan bahwa atom terdiri dari partikel inti (proton bermuatan positif (+) dan arus listrik yaitu sebuah aliran yang terjadi akibat jumlah muatan listrik yang mengalir dari satu titik ke titik lain, dalam suatu rangkaian tiap satuan waktu. Arus listrik juga terjadi akibat, adanya beda potensial atau tegangan pada media penghantar antara dua titik.

$$1 \text{ coulomb} = - 6,24 \times 10^{18} \text{ elektron} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.2.1 Arus Searah (Direct Current/DC)

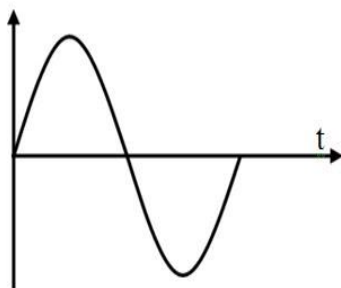
Arus DC adalah arus yang mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu, artinya jika ditinjau arus tersebut di mana pun dan pada waktu berbeda akan mendapatkan nilai yang sama.



Gambar 2.1 Grafik Perubahan Arus Searah Terhadap Waktu

2.2.2 Arus Bolak-Balik (Alternating Current/AC)

Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai yang berubah terhadap satuan waktu dengan karakteristik akan selalu berulang untuk perioda waktu tertentu (mempunyai perioda waktu : T). Arus listrik di mana besarnya dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik. Berbeda dengan arus searah di mana arah arus yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik biasanya berbentuk gelombang sinusoida, karena ini yang memungkinkan pengaliran energi yang paling efisien dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik.



Gambar 2.2 Grafik Perubahan Arus Bolak-Balik Terhadap Waktu

2.3 Tegangan

Tegangan atau beda potensial adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial jika terjadi perubahan, baik itu pergerakan atau pemindahan muatan sebesar satu Coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat di persingkat bahwa tegangan adalah energi persatuan muatan. Terminal/kutub (+) mempunyai potensial lebih tinggi daripada potensial di terminal/kutub (-). Maka ada dua istilah yang seringkali dipakai pada rangkaian listrik, yaitu:

- a. Tegangan turun (*voltage drop*)

Jika dipandang dari potensial lebih tinggi ke potensial lebih rendah dalam hal ini dari terminal A ke terminal B.

- b. Tegangan naik (*voltage rise*) Jika dipandang dari potensial lebih rendah ke potensial lebih tinggi dalam hal ini dari terminal B ke terminal A.

2.4 Energi Listrik

Energi listrik merupakan salah satu sumber kebutuhan manusia yang harus terpenuhi untuk menghidupkan peralatan, prabotan dan benda-benda lainnya yang membutuhkan energi listrik agar dapat berfungsi. Energi listrik adalah energi akhir yang dibutuhkan bagi peralatan listrik 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 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. 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 $V = R.i$, maka persamaan energi listrik dapat dirumuskan dalam bentuk :

$W = V.i.t = (R.i).i.t$, $W = i^2.R.t$ (dalam satuan watt-detik). dan karena $i = V/R$, maka persamaan energi listrik dapat pula dirumuskan dengan:

$$W = i^2.R.t = (V/R^2).R.t).....(2.5)$$

$$W = V^2.t/R \text{ (dalam satuan watt-detik)}.....(2.6)$$

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:

$$Q = 0,24 V i t \text{kalori}.....(2.7)$$

$$Q = 0,24 i^2 R t \text{kalori}.....(2.8)$$

$$Q = 0,24 V^2 .t/R \text{kalori}.....(2.9)$$

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 energi listrik yang digunakan.

Energi listrik didefinisikan sebagai laju penggunaan daya listrik dikalikan dengan selama waktu tersebut.

Untuk mencari - cari energi listrik yang terpakai dapat digunakan rumus di bawah ini. Energi listrik yang dilepaskan itu tidak hilang begitu saja melainkan berubah menjadi panas (kalor) pada penghantar.

$$W = P \times t \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana,

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.11)$$

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 (second)

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

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

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

$$1 \text{ kilowatt jam} = 1000 \text{ watt} \times 3.600 \text{ second}$$

$$= 3.600.000 \text{ joule}$$

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

2.5 Daya Listrik

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

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

$$P = W/t$$

$$P = V.i.t/t = V.i$$

$$P = i^2.R$$

$$P = V^2.R \text{ (dalam satuan volt-ampere, VA) } \dots\dots\dots (2.12)$$

Satuan daya listrik:

- a. watt (W) = joule/detik
- b. kilowatt (kW): 1 kW = 1000 W.

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 kWh = 36 x 10⁵ 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:

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

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

2.5.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang dipakai untuk keperluan menggerakkan mesin atau mekanik, dimana daya tersebut dapat diubah menjadi panas. Daya aktif ini merupakan pembentuk dari tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya. Daya aktif adalah tegangan dikali arus dikali $\cos \phi$, dinyatakan dalam watt. Besarnya daya aktif dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$P = V \cdot I \cos \phi \text{ (Untuk 1 Phasa) (2.14)}$$

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \cos \phi \text{ (Untuk 3 Phasa).....(2.15)}$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (Watt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

$\cos \phi$ = Faktor Kerja (standart PLN = 0,85)

2.5.2 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang tidak terpakai dalam suatu sistem tenaga listrik. Yang akan kembali lagi ke sistem 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 :

$$P = V \cdot I \sin \phi \text{ (Untuk 1 Phasa)(2.16)}$$

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \sin \phi \text{ (Untuk 3 Phasa).....(2.17)}$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (Var)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

$\sin \phi$ = Faktor Kerja (tergantung besarnya ϕ)

2.5.3 Daya Semu

Daya semu adalah daya hasil resultan atau penjumlahan dari daya aktif dan daya reaktif. Daya semu daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik. Dalam masyarakat umum daya inilah yang diberikan langsung oleh PLN dalam satuan VA (Volt Amper).

Secara matematis daya semu dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$S = V \times I \text{ (untuk 1 Phasa)..... (2.18)}$$

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \text{ (untuk 3 Phasa)..... (2.19)}$$

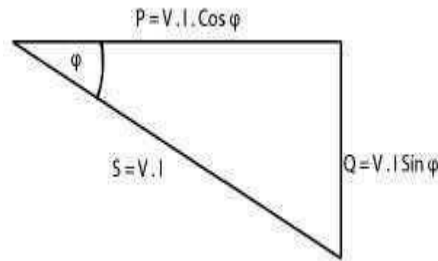
Keterangan :

S = Daya semu (VA)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

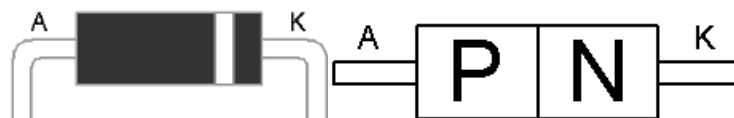
Adapun hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dapat digambarkan dalam sebuah diagram daya seperti di bawah ini :



Gambar 2.5.3 Segitiga Daya

2.6 Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang hanya memperbolehkan arus listrik mengalir dalam satu arah sehingga dioda biasa disebut juga sebagai “Penyearah”. Dioda terbuat dari bahan semikonduktor jenis silicon dan germanium. Dioda terbuat dari penggabungan dua tipe semikonduktor yaitu tipe P (Positive) dan tipe N (Negative), kaki dioda yang terhubung pada semikonduktor tipe P dinamakan “Anode” sedangkan yang terhubung pada semikonduktor tipe N disebut “Katode”. Pada bentuk aslinya pada dioda terdapat tanda cincin yang melingkar pada salah satu sisinya, ini digunakan untuk menandakan bahwa pada sisi yang terdapat cincin tersebut merupakan kaki Katode. Arus listrik akan sangat mudah mengalir dari anoda ke katoda hal ini disebut sebagai “Forward-Bias” tetapi jika sebaliknya yakni dari katoda ke anoda, arus listrik akan tertahan atau tersumbat hal ini dinamakan sebagai “Reverse-Bias”.



Gambar 2.6 Simbol Dioda

Berikut dibawah ini adalah jenis-jenis diode dan penjelasan singkat pada jenis-jenis diode tersebut:

1. Diode Zener

Ketika tegangan reserve-bias maksimum diberikan kepada dioda, maka arus listrik akan mengalir seperti layaknya pada keadaan forward-bias. Arus listrik ini tidak akan merusak dioda jika tidak melebihi dari apa yang telah ditentukan. Ketika tegangan reserve-bias ini dapat dikendalikan pada level tertentu maka dioda ini disebut sebagai Dioda Zener.

2. LED (Light Emitting Diodes)

LED merupakan jenis dioda yang jika diberikan tegangan forward-bias akan menimbulkan cahaya dengan warna-warna tertentu seperti merah, hijau, dan kuning.

3. Photodioda

Photodioda adalah dioda yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya, dimana jika photodioda terkena cahaya maka photodioda bekerja seperti dioda pada umumnya, tetapi jika tidak mendapat cahaya maka photodioda akan berperan seperti resistor dengan nilai tahanan yang besar sehingga arus listrik tidak dapat mengalir. Cahaya yang dapat ditekisi oleh diode mulai dari cahaya infra merah, cahaya tampak.

2.7 Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C” adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi

pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, phenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan. Berikut adalah jenis-jenis kapasitor:

2.7.1. Kapasitor Polar

Sesuai dengan namanya kapasitor ini memiliki polaritas pada kedua kakinya yaitu polaritas positif (+) dan polaritas negatif (-). Kapasitor ini termasuk dalam kelompok kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tetap dan memiliki nilai kapasitas yang besar. Kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan arus listrik dalam bentuk muatan, selain itu kapasitor juga dapat digunakan sebagai penyaring frekuensi. Kapasitas untuk menyimpan kemampuan kapasitor dalam muatan listrik disebut Farad (F) sedangkan simbol dari kapasitor adalah C (kapasitor). sebuah kapasitor pada dasarnya terbuat dari dua buah lempengan logam yang saling sejajar satu sama lain dan diantara kedua logam tersebut terdapat bahan isolator yang sering disebut dielektrik. Bahan dielektrik tersebut dapat mempengaruhi nilai dari kapasitansi kapasitor tersebut. adapun bahan dielektrik yang paling sering dipakai adalah keramik, kertas, udara, metal film dan lain-lain. Kapasitor sering juga disebut sebagai kondensator. Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, tergantung dari kapasitas, tegangan kerja, dan lain sebagainya.



Gambar 2.7.1 Kapasitor Polar

2.7.2 Kapasitor Variabel

Kapasitor variabel adalah kapasitor yang nilai kapasitas-nya dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Oleh karena itu kapasitor ini di kelompokkan ke dalam kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tidak tetap.



Gambar 2.7.2 Kapasitor Variabel

2.7.3 Kapasitor Nonpolar

Kapasitor nonpolar merupakan jenis kapasitor yang memiliki kapasitas yang tetap, kapasitor ini memiliki kapasitas yang tidak terlalu besar serta tidak dibedakan antara kaki positif dan negatifnya.



Gambar 2.7.3 Kapasitor Nonpolar

2.7.4 Catu Daya

Catu Daya atau sering disebut dengan Power Supply adalah sebuah piranti yang berguna sebagai sumber listrik untuk piranti lain. Pada dasarnya Catu Daya bukanlah sebuah alat yang menghasilkan energi listrik saja, namun ada beberapa Catu Daya yang menghasilkan energi mekanik, dan energi yang lain. Daya untuk menjalankan peralatan elektronik dapat diperoleh dari berbagai sumber. Baterai dapat menghasilkan suatu ggl dc dengan reaksi kimia. Foton dari panas atau cahaya yang berasal dari matahari dapat

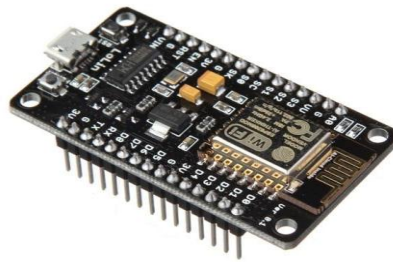
diubah menjadi energi listrik dc oleh sel-foto (photocell). Catu daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronik lainnya. Sel bahan bakar menggabungkan gas hidrogen dan oksigen dalam suatu elektrolit untuk menghasilkan ggl dc. Sebuah mesin bahan bakar fosil atau air terjun dapat memutar generator dc atau generator Ac. Power supply atau catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada pengubahan daya listrik.



Gambar 2.7.4 Catu Daya

2.8 NodeMCU ESP8266 versi 12E

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat opensource. Terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip ESP8266 dari ESP8266 buatan Espressif System.

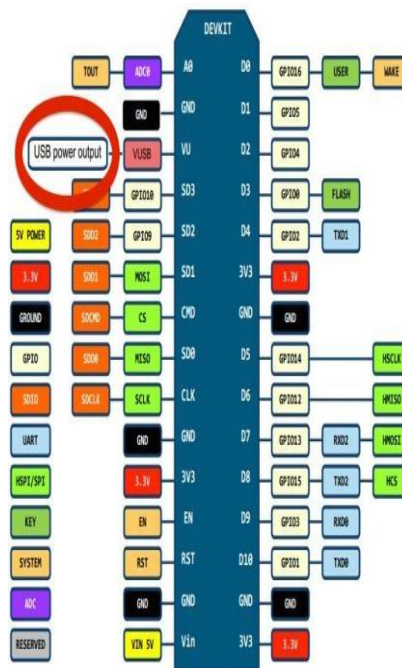


Gambar 2.8.a NodeMCU ESP8266 12E

NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino yang terkoneksi dengan ESP8266. NodeMCU telah me-package ESP8266 ke dalam sebuah board yang sudah terintegrasi dengan berbagai feature selayaknya mikrokontroler dan kapasitas akses terhadap wifi dan juga chip komunikasi yang berupa USB to serial. Sehingga dalam pemrograman hanya dibutuhkan kabel data USB. NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat opensource. Terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip ESP8266 dari ESP8266 buatan Espressif System, juga firmware yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman scripting Lua. Istilah NodeMCU secara default sebenarnya mengacu pada firmware yang digunakan daripada perangkat keras development kit.

Karena sumber utama dari NodeMCU adalah ESP8266 khususnya seri ESP-12 yang termasuk ESP-12E. Maka fitur – fitur yang dimiliki oleh NodeMCU akan lebih kurang serupa dengan ESP-12. Beberapa fitur yang tersedia antara lain :

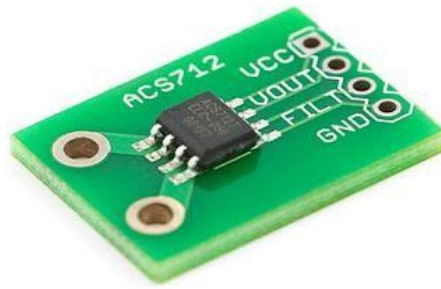
1. 10 Port GPIO dari D0 – D10
2. Fungsionalitas PWM
3. Antarmuka I2C dan SPI
4. Antaruka 1 Wire
5. ADC



Gambar 2.8.b Mapping Pin NodeMCU V3 Lolin.

2.9 Sensor arus ACS 712

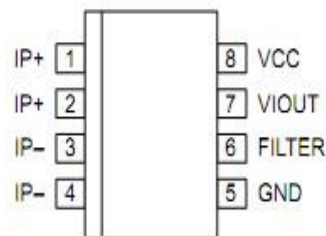
ACS712 adalah Hall Effect current sensor. Hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban berlebih, bentuk fisik dari sensor arus ACS712 dapat dilihat pada gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 Sensor Arus ACS712

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS Hall IC yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Berikut terminal list dan gambar pin out ACS712.

Pin-out Diagram

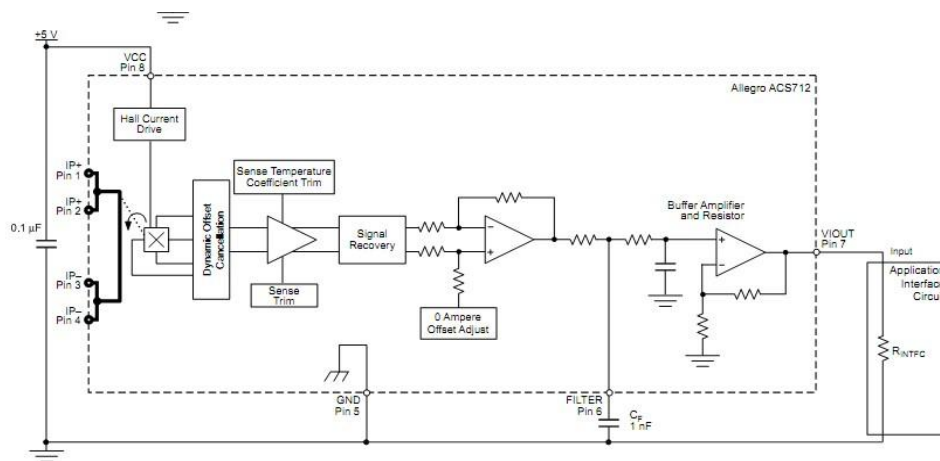


Gambar 2.9 Pin out ACS712

Tabel 2.1 Terminal List Sensor Arus ACS712.

Number	Name	Description
1 and 2	IP +	Terminals for current being sampled ; fused internally
3 and 4	IP -	Terminals for current being sampled ; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

Pada gambar 2.9 pin out dan tabel 2.1 terminal list diatas dapat kita lihat tata letak posisi I/O dari sensor arus dan kegunaan dari masing-masing pin dari sensor arus ACS712. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 m Ω dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor leads/mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. Sensor ini telah dikalibrasi oleh pabrik. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar blok diagram sensor arus ACS712.

**Gambar Blok Diagram ACS712**

2.9.1 Fitur ACS712

Fitur yang dimiliki ACS712 sebagai berikut:

1. *Rise time* output = 5 μ s.
2. *Bandwidth* sampai dengan 80 kHz.
3. Total kesalahan output 1,5% pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$.
4. Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
5. Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin 1-4 dan pin 5-8.
6. Sensitivitas output 185 mV/A.
7. Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
8. Tegangan output proporsional terhadap input arus AC atau DC.
9. Tegangan kerja 5 VDC.

Rumus tegangan pada *pin Out* = $2,5 \pm (0,185 \times I)$ Volt, dimana I = arus yang terdeteksi dalam satuan Ampere.

2.10 Mikrokontroler Arduino

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware dalam arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan software dan bahasa sendiri.

2.10.1 Hardware

Hardware dalam arduino memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis arduino disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan. Yang membedakan antara arduino yang satu dengan yang lainnya. Dalam tugas akhir ini, jenis arduino yang digunakan adalah arduino uno.

2.10.1.1 Arduino Uno

Menurut Abdul Kadir (2013 : 16), Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Pengendalian LED hingga pengontrolan robot dapat diimplementasikan dengan menggunakan papan berukuran relatif kecil ini. Bahkan dengan penambahan komponen tertentu, piranti ini bisa dipakai untuk pemantauan kondisi pasien di rumah sakit dan pengendalian alat-alat di rumah. (Sumber: B. Gustomo, 2015)

Tabel 2.2 Index Board Arduino

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)



Gambar 2.10.1 Bentuk Fisik Arduino Uno R3

Hardware arduino uno memiliki spesifikasi sebagai berikut:

a. 14 pin IO Digital (pin 0–13)

Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan input atau output yang diatur dengan cara membuat program IDE.

b. 6 pin Input Analog (pin 0–5)

Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai input yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.

c. 6 pin Output Analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)

Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin output analog dengan cara membuat programnya pada IDE. Papan Arduino Uno dapat mengambil daya dari USB port pada komputer dengan menggunakan USB charger atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC adapter dengan tegangan 9 volt. Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin output analog dengan cara membuat programnya pada IDE. Jika tidak terdapat power supply yang melalui AC adapter, maka papan Arduino akan mengambil daya dari USB port. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC adapter secara bersamaan dengan USB port maka papan Arduino akan mengambil daya melalui AC adapter secara otomatis. (Sumber: B. Gustomo, 2015)

2.10.2 Software

Software arduino yang digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. Integrated Development Environment (IDE), suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino. IDE arduino merupakan software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java. IDE arduino terdiri dari :

1. Editor Program

Sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.

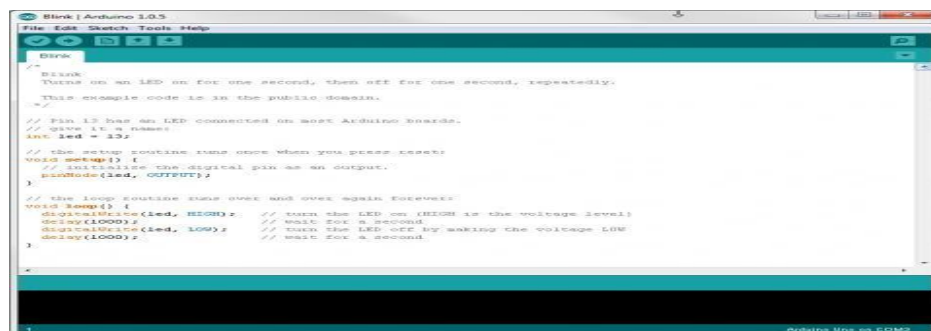
2. Compiler

Berfungsi untuk kompilasi sketch tanpa unggah ke board bisa dipakai untuk pengecekan kesalahan kode sintaks sketch. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa processing.

3. Uploader

Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi sketch ke board target. Pesan error akan terlihat jika board belum terpasang atau alamat port COM belum terkonfigurasi dengan benar. Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan arduino.(Sumber: B.Gustomo, 2015).

2.11 Program Arduino Ide



Gambar 2.11 Tampilan Program Arduino Uno

Kode Program Arduino biasa disebut sketch dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman C. Program atau sketch yang sudah selesai ditulis di Arduino IDE bisa langsung dicompile dan diupload ke Arduino Board.

Secara sederhana, sketch dalam Arduino dikelompokkan menjadi 3 blok (lihat gambar di atas): Header, Setup, Loop

1. Header

Pada bagian ini biasanya ditulis definisi-definisi penting yang akan digunakan selanjutnya dalam program, misalnya penggunaan library dan pendefinisian variable. Code dalam blok ini dijalankan hanya sekali pada waktu compile. Di bawah ini contoh code untuk mendeklarasikan variable led (integer) dan sekaligus di isi dengan angka 13
`int led = 13;`

2. Setup

Di sinilah awal program Arduino berjalan, yaitu di saat awal, atau ketika power on Arduino board. Biasanya di blok ini diisi penentuan apakah suatu pin digunakan sebagai input atau output, menggunakan perintah `pinMode`. Inisialisasi variable juga bisa dilakukan di blok ini

```
// the setup routine runs once when you press reset: void
setup() { // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT); }
```

OUTPUT adalah suatu makro yang sudah didefinisikan Arduino yang berarti = 1. Jadi perintah di atas sama dengan `pinMode(led, 1);`

Suatu pin bisa difungsikan sebagai OUTPUT atau INPUT. Jika difungsikan sebagai output, dia siap mengirimkan arus listrik (maksimum 100 mA) kepada beban yang disambungkannya. Jika difungsikan sebagai INPUT, pin tersebut memiliki impedance yang tinggi dan siap menerima arus yang dikirimkan kepadanya.

3. Loop

Blok ini akan dieksekusi secara terus menerus. Apabila program sudah sampai akhir blok, maka akan dilanjutkan dengan mengulang eksekusi dari awal blok. Program akan berhenti apabila tombol power Arduino di matikan. Di sinilah fungsi utama program Arduino kita berada. `void loop() { digitalWrite(led, HIGH); // nyalakan LED delay(1000); // tunggu 1000 milidetik digitalWrite(led, LOW); // matikan LED delay(1000); // tunggu 1000 milidetik }` yang ikut sertakan pada saat informasi sebuah Perintah `digitalWrite(pinNumber,nilai)` akan memerintahkan arduino untuk menyalakan atau mematikan tegangan di `pinNumber` tergantung nilainya. Jadi perintah di atas `digitalWrite(led,HIGH)` akan membuat pin nomor 13 (karena di header dideklarasikan `led = 13`) memiliki tegangan = 5V (HIGH). Hanya ada dua kemungkinan nilai `digitalWrite` yaitu HIGH atau LOW yang sebetulnya adalah nilai integer 1 atau 0. Kalau sudah dibuat program diatas, selanjutnya kita ambil kabel USB yang diikutsertakan pada saat membeli Arduino, pasangkan ke komputer dan board arduino, dan upload programnya. Lampu LED yg ada di Arduino board kita akan kelap-kelip. Sekedar informasi, sebuah LED telah disediakan di board Arduino Uno dan disambungkan ke pin 13.

Selain blok `setup()` dan `loop()` di atas kita bisa mendefinisikan sendiri blok fungsi sesuai kebutuhan. Kita akan jumpai nanti pada saat pembahasan proyek. Hanya ada dua kemungkinan nilai `digitalWrite` yaitu HIGH atau LOW yang sebetulnya adalah nilai integer 1 atau 0. Kalau sudah dibuat program diatas, selanjutnya kita ambil kabel USB yang diikutsertakan pada saat membeli Arduino, pasangkan ke komputer dan board arduino, dan upload programnya. Lampu LED yg ada di Arduino board kita akan kelap-kelip. Perintah `digitalWrite(pinNumber,nilai)` akan memerintahkan arduino untuk menyalakan atau mematikan tegangan di `pinNumber` tergantung nilainya. Jadi perintah di atas `digitalWrite(led,HIGH)` akan membuat pin nomor 13 (karena di header dideklarasikan `led = 13`) memiliki tegangan = 5V (HIGH). (Sumber: Septa Ajjie, 2016)

2.12 LCD (*Liquid Cristal Display*) 2X16 character

LCD (Liquid Cristal Display) adalah suatu display dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. LCD banyak digunakan sebagai

display dari alat-alat elektronika seperti kalkulator, multimeter digital, Jam digital dan sebagainya.

LCD dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler ARM NUC120. Pada tugas akhir ini LCD yang digunakan adalah LCD 2x16, lebar display 2 baris 16 kolom. Bentuk LCD 2x16 dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.12 Liquid Cristal Display (LCD) 2x16

LCD (Liquid Cristal Display) sudah dilengkapi perangkat pengontrol sendiri yang menyatu dengan LCD sehingga memudahkan dalam penggunaannya tinggal menyesuaikan data pin LCD tersebut dengan mikrokontroler. Lihat tabel 2.3 pin LCD dan fungsinya

Tabel 2.3 Pin LCD dan Fungsinya.

<i>Pin</i>	<i>Nama pin</i>	<i>Fungsi</i>
1	VSS	Ground
2	VCC	Power suplay (+5V)
3	VEE	<i>Contras adjust</i>
4	RS	<i>Register Select</i> 0 = <i>Instruction Register</i> 1 = <i>Data Register</i>

5	R/W	<i>Read/Write, to choose write or read mode</i> 0 = <i>write mode</i> 1 = <i>read mode</i>
6	E	<i>Enable</i> 0 = <i>start to lacht data to LCD character</i> 1 = <i>disable</i>
7	DB0	Data <i>bit</i> ke-0 (LSB)
8	DB1	Data <i>bit</i> ke-1
9	DB2	Data <i>bit</i> ke-2
10	DB3	Data <i>bit</i> ke-3
11	DB4	Data <i>bit</i> ke-4
12	DB5	Data <i>bit</i> ke-5
13	DB6	Data <i>bit</i> ke-6
14	DB7	Data <i>bit</i> ke-7 (MSB)
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground</i>

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA PEMBUATAN ALAT

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah perancangan dan implementasi yaitu suatu metode untuk merancang objek berdasarkan sistem yang akan dibuat. Pembahasan dilakukan pada cara merancang sistem monitoring energi berbasis IoT, cara kerja sistem, cara kerja komponen, pengujian dan analisa sistem hingga membuat suatu kesimpulan. Pada bab ini akan dibahas tentang rancangan sistem antara lain kebutuhan peralatan, lokasi perancangan hardware, blok diagram dan flowchart.

3.2 Lokasi penelitian

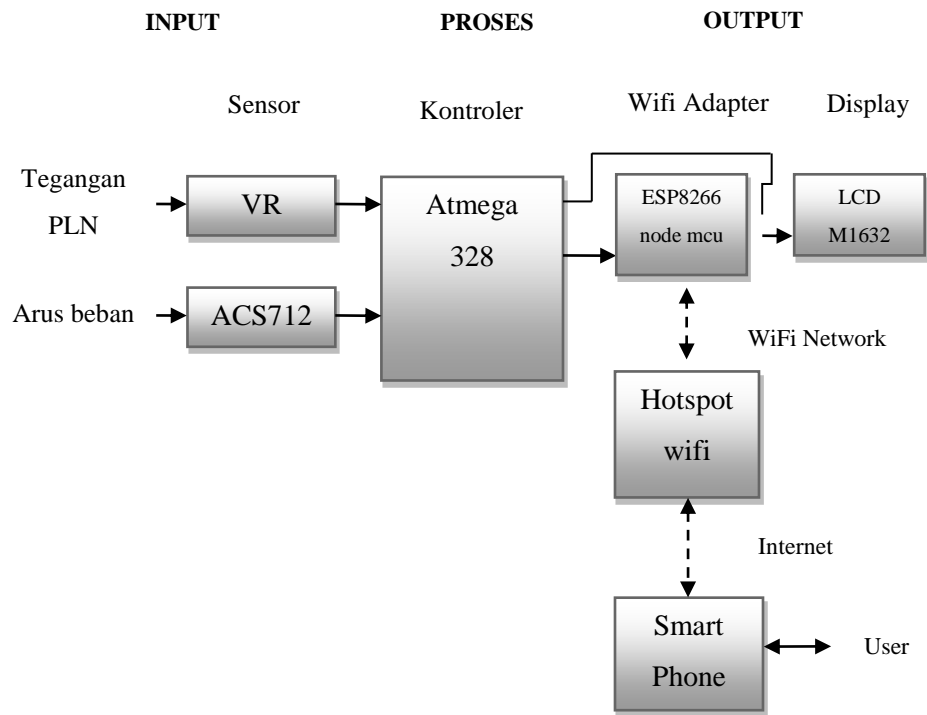
Penelitian dilakukan pada lokasi kampus Universitas Sumatera Utara, medan yang beralamat di jalan dr. Mansyur

3.3. Peralatan

1. Modul ACS712
2. IC AN 7805
3. AVR Atmega 328 (Arduino Uno tipe R3)
4. Kapasitor 100uF/50V, 10uF/50V
5. Dioda silikon
6. Resistor tetap dan resistor variabel
7. ESP8266 node mcu
8. Display LCD
9. PCB dan casing
10. Soket IC 28 pin
11. Terminal kabel dan sebagainya.
12. Trado stepdown dan Catu daya 12V

3.4 Perancangan Hardware

3.4.1 Blok Diagram

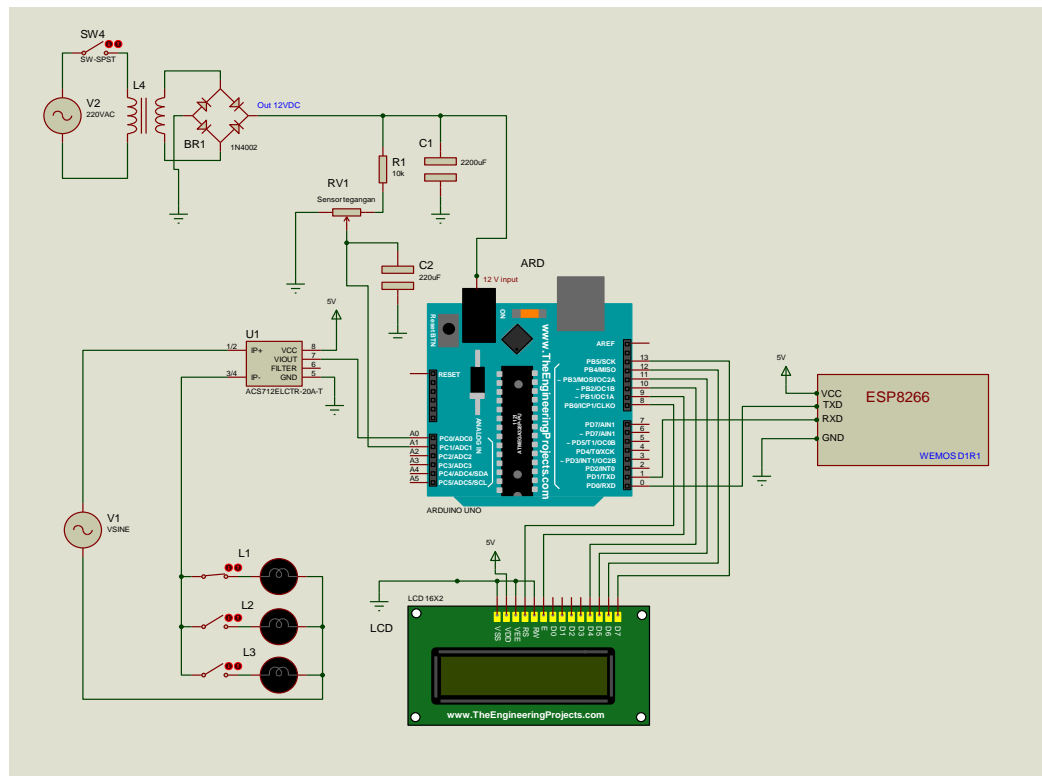


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Monitoring Energi Berbasis IoT

Blok diagram adalah sebuah diagram yang menjelaskan konfigurasi sistem yaitu bagian-bagian sistem dan menjelaskan aliran input hingga output. Pada rancangan ini ,input berasal dari sensor arus dan sensor tegangan. Input dibaca dan diolah oleh mikrokontroler atmega 328. Hasil proses pengolahan dikeluarkan berupa output pada display LCD dan esp 8266. Esp 8266 mengirim data ke internet melalui hotspot internet kemudian user mengaksesnya melalui smartphone dengan aplikasi thinkspeak.

3.4.2 Rancangan Pengendali

Rangkaian dibangun dengan basis sebuah mikrokontroler Arduino dan sensor. Gambar 3.2 berikut menunjukkan rangkaian keseluruhan sistem yaitu alat Monitoring energi Berbasis IoT. Rangkaian terdiri dari sebuah mikrokontroler Arduino , sensor arus, sensor tegangan, display LCD dan catu daya. Prinsip kerja rangkaian adalah mendeteksi arus dan tegangan beban kemudian menghitung daya dan energi listrik. Hasil pengolahan kemudian dikirim ke internet melalui esp 8266 yaitu modul adapter wifi yang terhubung pada hotspot.

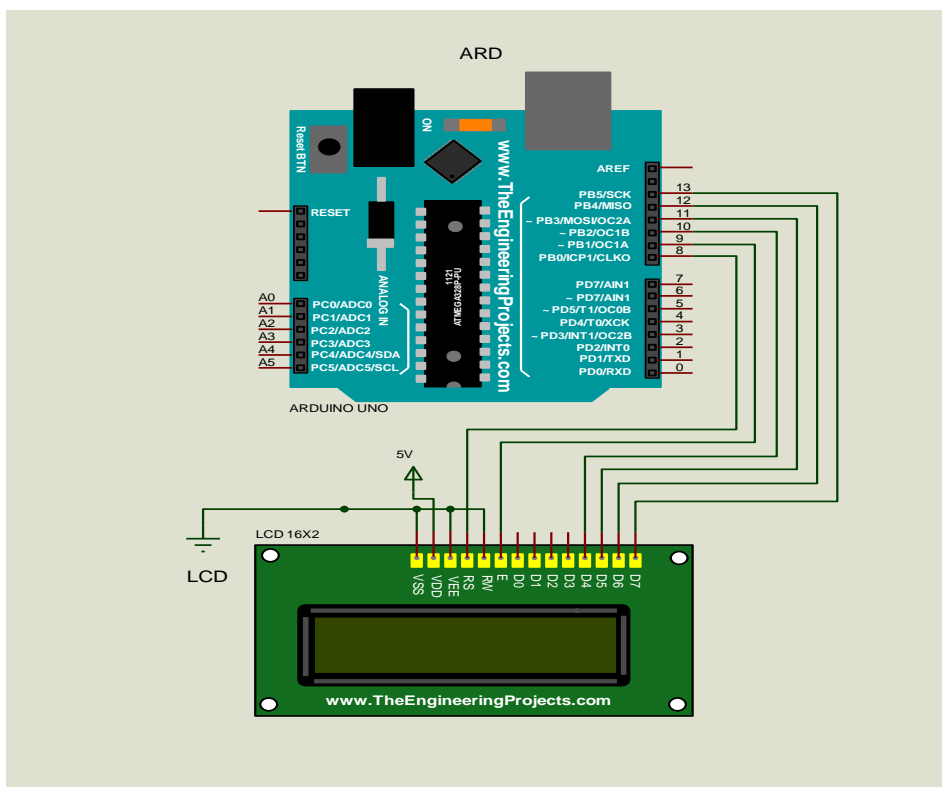


Gambar 3.2 Rangkaian Keseluruhan Sistem Pemantau Energi Berbasis IoT

3.4.3 Rangkaian Display

Display yang digunakan adalah display LCD M1632 yang merupakan display karakter dengan ukuran 2 baris x 16 kolom karakter. Fungsi display adalah menampilkan

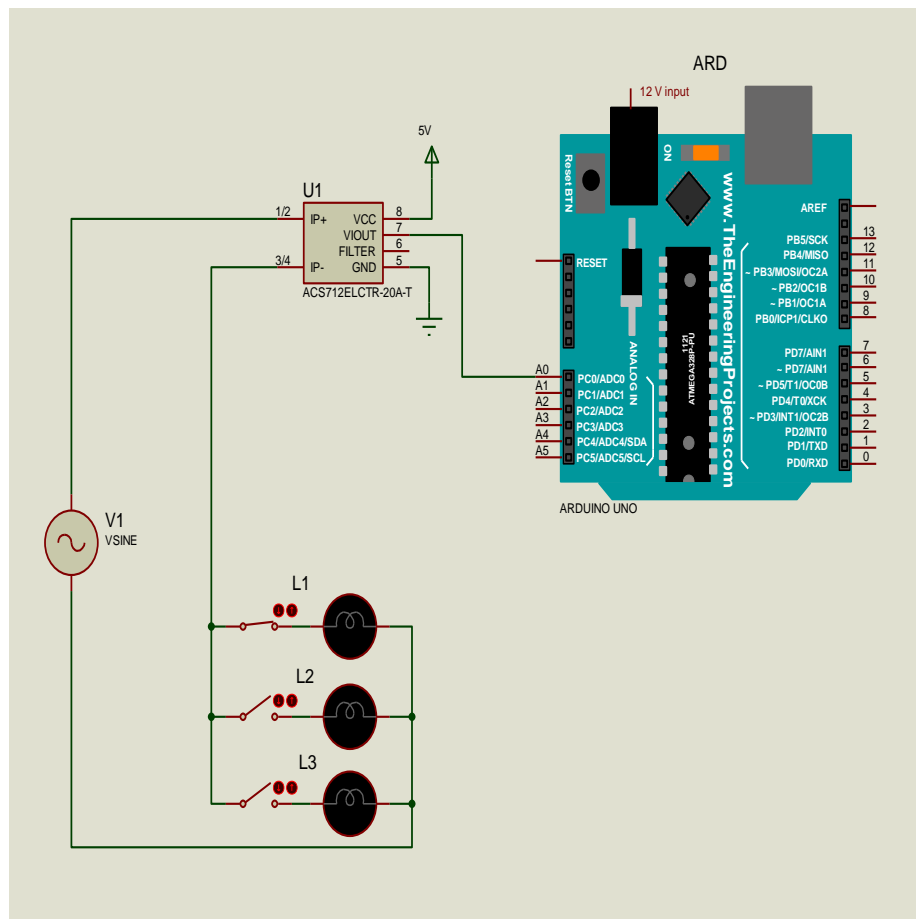
hasil proses dari mikrokontroler yaitu data data sensor seperti arus, tegangan, daya dan energi. Display dikontrol langsung oleh mikrokontroler Arduino melalui port 8 hingga 13. Berikut adalah konfigurasi pin display LCD dengan mikrokontroler Arduino.



Gambar 3.3 Hubungan Display LCD Pada Pin Arduino Uno

3.4.4 Rangkain Sensor Arus

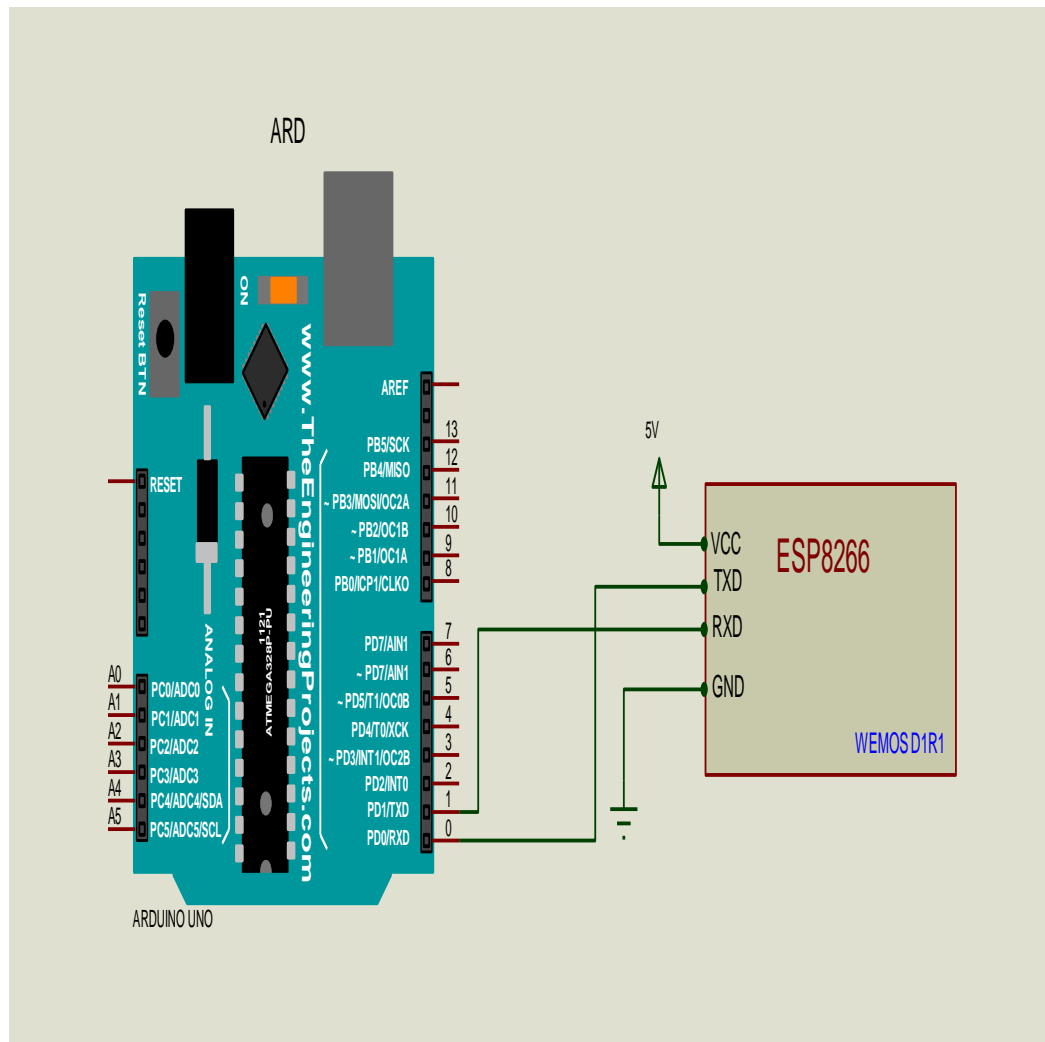
Sensor arus yang digunakan adalah sensor ACS 712 yaitu sensor yang bekerja dengan efek hall. Fungsi sensor adalah mendeteksi arus yang mengalir kebeban. Output sensor berupa tegangan analog ac yang berbanding lurus dengan arus beban. Makin besar arus makin besar pula tegangan output sensor. Dengan membaca tegangan dan mengaplikasikan diperoleh arus sebenarnya dari beban. Hubungan sensor arus pada Arduino dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini yaitu pada pin A0 atau masukan analog pertama Arduino uno. Tegangan sensor dibaca dan dikalibrasi oleh program menjadi nilai arus.



Gambar 3.4 Sensor Arus ACS712 Terhubung Pada Pin A0 Arduino Uno

3.4.5 Adapter Wife Esp8266

Fungsi Adapter WiFi adalah sebagai media untuk menghubungkan rangkaian kontroler arduino dengan jaringan internet. Tipe adapter adalah esp8266 dengan modul wemos D1R1 mini. Adapter menerima data dari output serial Arduino yaitu pin TX atau pin 1. Data yang diterima adalah data arus, tegangan, daya dan energi. Data tersebut kemudian dikirim ke hotspot dan selanjutnya dilanjutkan ke server internet yaitu Blynk. Dari server tersebut user dapat mengakses data energi di Internet dengan aplikasi Blynk pada Smart phone. Gambar 3.5 menunjukkan hubungan esp 8266 dengan Arduino Uno

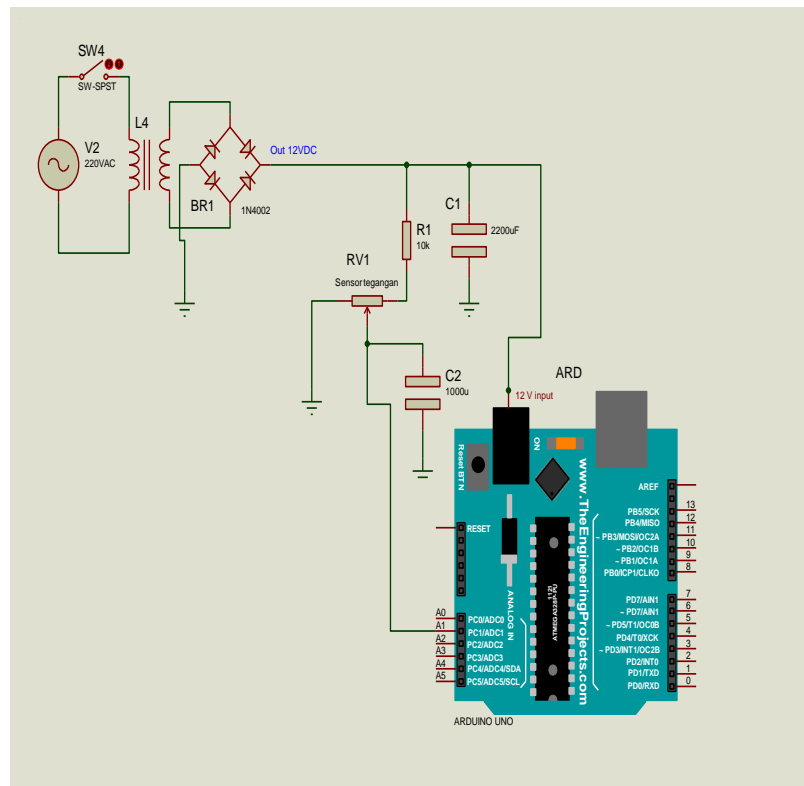


Gambar 3.5 Esp 8266 Pada Pin 1 dan Pin 0 Arduino Uno

3.4.6 Sensor Tegangan

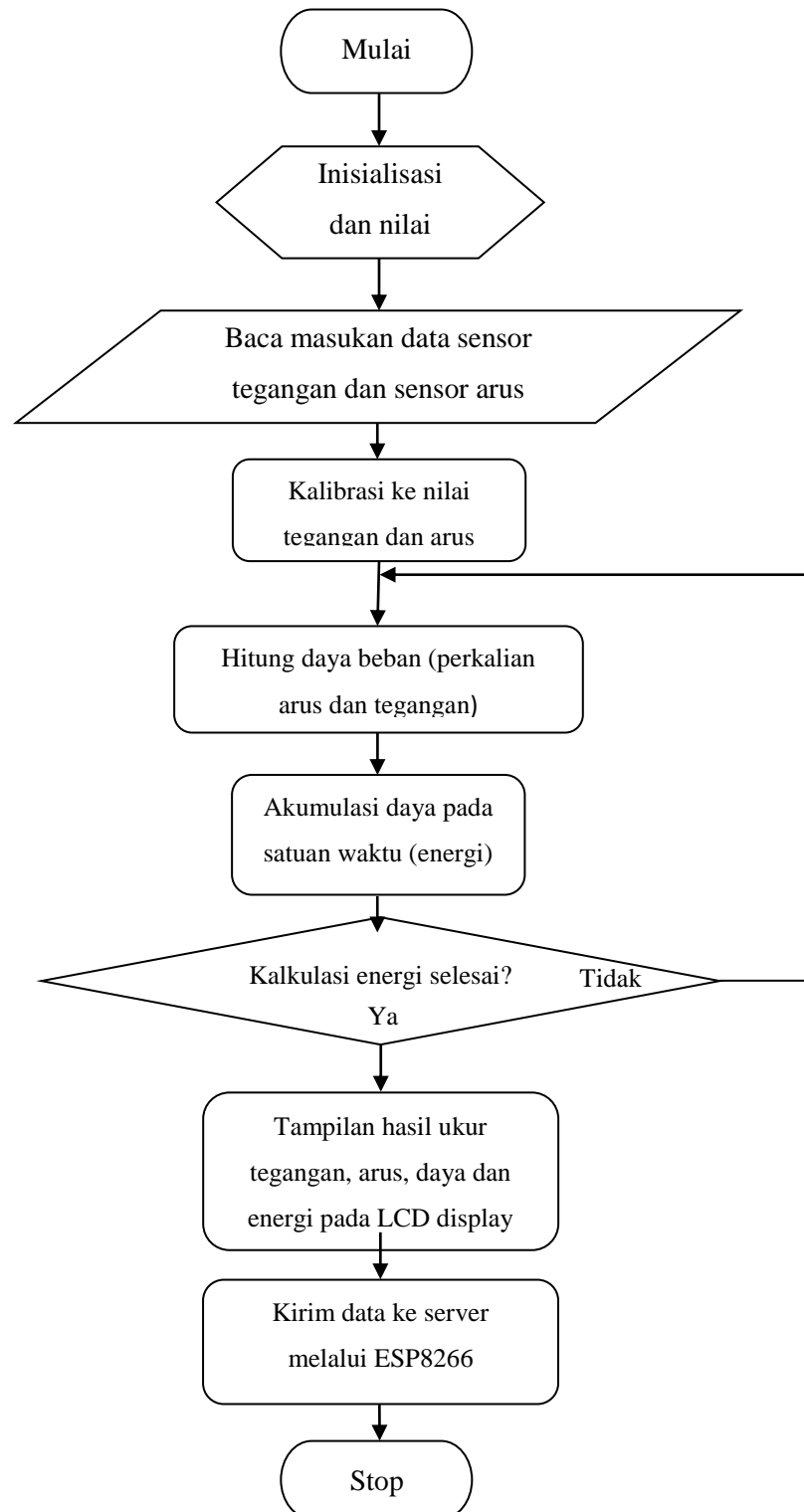
Sensor tegangan adalah sensor yang berfungsi membaca tegangan pada line atau tegangan beban. Sensor dapat dibuat dengan komponen sederhana yaitu stepdown dan pembagi tegangan. Pada gambar 3.6 memperlihatkan rangkaian sensor tegangan yang terdiri dari trafo stepdown penyearah perata dan pembagi tegangan yaitu potensiometer. Output sensor dihubungkan pada masukan analog Arduino yaitu pin A1. Tegangan line diturunkan oleh stepdown menjadi 12V dan disearahkan oleh dioda dan kapasitor. Setelah itu potensiometer akan membagi tegangan 12V menjadi tegangan dibawah 5V

dan diberikan pada masukan tersebut. Arduino membaca tegangan dan mengaplikasikannya menjadi nilai tegangan sebenarnya yaitu sekitar 220VAC. Kenaikan atau penurunan tegangan akan terbaca melalui sensor tegangan yang dipakai. Gambar 3.6 menunjukkan hubungan sensor tegangan pada pin analog Arduino.



Gambar 3.6 Sensor Tegangan Pada Masukan Analog Arduino Uno

3.5 Flowchart



Gambar 3.1 Flowchart Sistem Monitoring Energi Berbasis IoT.

Keterangan:

Gambar diatas menunjukkan diagram alir sistem, yaitu aliran proses kerja sesuai program yang dibuat dan bekerja pada kontroler. Dimulai dengan inisialisasi dan nilai awal yaitu kondisi awal dari sistem. Dilanjutkan dengan pembacaan masukan yaitu tegangan dan arus beban. Program akan kalibrasi data tersebut menjadi nilai sebenarnya dan menghitung daya beban. Daya yang diakumulasikan pada satuan waktu untuk menghasilkan besaran energi. Setelah proses selesai data akan ditampilkan pada output yaitu display LCD dan thingspeak

BAB 4

HASIL DAN PENGUJIAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian adalah suatu konsep pemantauan penggunaan energi listrik menggunakan sebuah alat ukur energi berbasis smartphone. Konsep yang dibuat adalah mengukur parameter dasar listrik yaitu arus dan tegangan dan mengolahnya secara digital kemudian mengirimkannya ke smartphone via internet. Pada umumnya pengukuran energi listrik konvensional yaitu KWH Meter masih menggunakan metode analog yaitu dengan induksi medan listrik. KWH Meter analog ini sangat tidak memungkinkan untuk dipantau dari jauh. Untuk itu dibutuhkan suatu konsep baru untuk merealisasikan sistem IoT misalnya dengan membuat sistem pengukuran energi digital dengan komponen-komponen elektronik. Dengan data digital maka pengolahan dan pemantauan dapat direalisasikan. Konsep baru ini memberikan banyak keuntungan antara lain komponen yang lebih murah dengan ketelitian yang tinggi serta kalibrasi yang sederhana. Rancangan ini menggunakan komponen - komponen elektronika seperti sensor arus, sensor tegangan dan mikrokontroler. Sensor tegangan dan sensor arus merupakan komponen analog yang berfungsi mengubah besaran analog dari energi listrik menjadi besaran tegangan analog yang dapat dibaca oleh kontroler. Dua besaran dasar listrik arus dan tegangan diubah menjadi data digital oleh konverter analog. ADC merupakan bagian dari mikrokontroler atmega 328 (Arduino Uno). Data hasil konversi yang diolah secara digital melalui program. Kalibrasi nilai dilakukan pada program yaitu mengalikan dengan sebuah konstanta. Karena kalibrasi dilakukan secara software maka sangat mudah melakukan kalibrasi nilai yaitu dengan mengganti nilai konstanta. Selain itu kelebihan konsep pengolahan digital juga dapat menangani data-data yang tidak linear pada sensor karena pada umumnya nilai sensor tidak selalu linear sehingga dibutuhkan proses linearisasi yang cukup rumit. Hal ini dapat dilakukan dengan mudah oleh digital processing. Keunggulan lain konsep KWH meter digital ini adalah nilai

ditampilkan pada display LCD sehingga semua parameter dapat ditampilkan secara bergantian misalnya tegangan, arus, daya, dan energi. Dengan demikian pemantauan energi lebih praktis dan efisien karena semua parameter dapat dipantau hanya dengan menggunakan sebuah display.

Pada rancangan ini pemantauan energi jarak jauh dilakukan dengan sebuah smartphone. Aplikasi yang digunakan untuk monitoring energi adalah blynk, yaitu sebuah aplikasi yang menyediakan server untuk komunikasi data via internet



Gambar 4.1 Rangkaian Monitoring Energi Berbasis Arduino Uno

4.2. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan setelah semua komponen telah terpasang/terhubung pada rangkaian utama yaitu mikrokontroler Arduino Uno. Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sensor, pengujian kontroler, pengujian hasil kalibrasi dan output . Pengujian dilakukan dengan mengukur, menghitung dan menganalisa data hasil pengukuran. Berikut adalah data hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing komponen.

4.2.1 Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino uno adalah mikrokontroler yang bekerja bahasa pemrograman tertentu, untuk itu arduino hanya dapat diuji dengan memprogramnya terlebih dahulu dan melihat hasilnya apakah sesuai dengan program atau tidak. Pada pengujian ini Arduino diprogram untuk memberikan output logika pada port. Setelah itu diukur apakah logika keluaran port tersebut sesuai dengan program atau tidak. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan untuk pengujian tersebut. Algoritma program :

Void setup ()

{

Pinmode(0,Output);digitalWrite(0,LOW);

Pinmode(1,Output);digitalWrite(1, LOW);

Pinmode(2,Output);digitalWrite(2,HIGH);

Pinmode(3,Output);digitalWrite(3, HIGH);

Pinmode(4,Output);digitalWrite(4, LOW);

Pinmode(5,Output);digitalWrite(5, LOW);

Pinmode(6,Output);digitalWrite(6, LOW);

Pinmode(7,Output);digitalWrite(7, HIGH);

Pinmode(8,Output);digitalWrite(8, LOW);

Pinmode(9,Output);digitalWrite(9,HIGH);

Pinmode(10,Output);digitalWrite(10, LOW);

Pinmode(11,Output);digitalWrite(11, HIGH);

Pinmode(12,Output);digitalWrite(12,LOW);

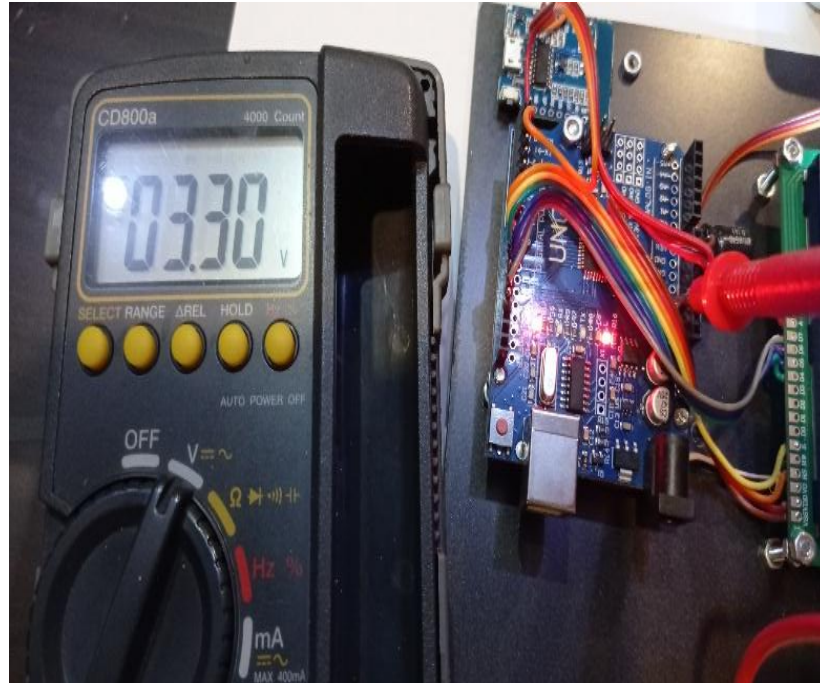
}

Setelah diunggah pada board arduino kemudian dijalankan dan diukur, maka hasil pengukuran tiap pin adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pin Arduino Uno

Pin	Vout(V)
0	0,01
1	0,01
2	4,99
3	5,00
4	0,00
5	0,01
6	0,00
7	5,01
8	0,01
9	4,99
10	0,01
11	5,00
12	0,02
Vcc	3,30

Hasil perbandingan dinyatakan cocok sehingga dapat disimpulkan bahwa Arduino telah bekerja sesuai program yang dibuat



Gambar 4.2 Pengukuran Tegangan Pin Arduino Uno

4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor memberikan informasi tegangan dari line PLN yang ada pada saat itu. Penurunan dilakukan oleh stepdown dan disearahkan oleh dioda penyearah. Output penyearah kemudian dibagi oleh resistor pembagi tegangan agar sesuai dengan level pembacaan adc yaitu 0 hingga 5V. Pengujian sensor dapat dilakukan dengan memberikan variasi input melalui sebuah auto trafo. Pengukuran dilakukan pada masukan dan keluaran sensor. Data hasil pengukuran sensor adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Sensor Tegangan

Vin (PLN)	Vout(sensor)
100V	1.01V
110V	1.12V
120V	1.23V
130V	1.30V
140V	1.41V
150V	1.50V
160V	1.61V
170V	1.71V
180V	1.81V
190V	1.92V
200V	2.02V
210V	2.11V
220V	2.20V
230V	2.31V
240V	2.40V
250V	2.51V

Analisa data :

Dari hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa perbandingan nilai input dengan ouput cukup linear sehingga tidak membutuhkan linearisasi pada program. Konstanta kalibrasi dapat diperoleh dari perbandingan tersebut yaitu :

$$K = V_{in} / V_{out}$$

Dimana:

K : konstanta

Vin : tegangan masukan dari PLN

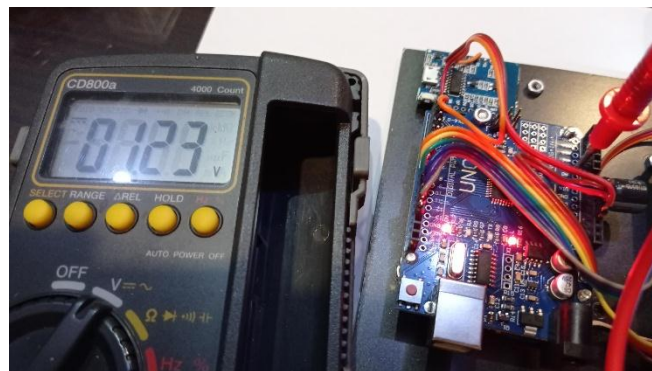
Vout : tegangan keluaran sensor

Contoh : jika PLN = 220V dan sensor = 2,2V maka,

$$K = 220V / 2,2V$$

$$K = 100.$$

Dengan menggunakan konstanta $K = 100$ maka program dapat menghitung nilai tegangan sebenarnya dari data yang terbaca oleh sensor.



Gambar 4.3 Pengukuran Output Sensor Tegangan

4.2.3 Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian dilakukan dengan mengukur arus yang mengalir pada sensor, dan mengukur output tegangan sensor. Masukan sensor adalah arus beban yang melalui kumparan sensor. Sedangkan output sensor adalah besar tegangan yang dihasilkan oleh sensor akibat beban tersebut. Tabel berikut adalah hasil pengukuran arus dan tegangan keluaran sensor, dari data tersebut dapat dicari karakteritik sensor dan konstanta kalibrasinya.

Pengujian menggunakan beban linear yaitu lampu pijar 100 Watt sebanyak 10 buah yang dihidupkan satu persatu pada tegangan 220V.

Tabel 4.3 Data Pengukuran Sensor Arus

Arus(A)	Vout (V)	Jumlah Lampu	Daya terukur(w)
0,45	0,16	1	100,1
0,91	0,54	2	200,9
1,35	0,96	3	301,1
1,81	1,34	4	401,2
2,25	1,74	5	499,8
2,69	2,07	6	600,2
3,15	2,45	7	699,7
3,51	2,74	8	800,1
3,91	3,12	9	900,3
4,49	3,49	10	1000,1

Data keluaran tegangan tersebut kemudian dikonversi ke digital oleh adc, yang ada pada atmega 328. Dengan persamaan berikut dapat dihitung data hasil konversi.

$$\text{Data adc} = \text{Vout}/\text{Vref} \times 1023;$$

Dimana : $\text{Vref} = 5\text{V}$

dan : 1023 adalah jumlah kombinasi 10 bit dari biner.

Misalkan Vout sensor : $\text{Vout} = 0,16\text{V}$

maka: $\text{Data} = 0,16\text{V}/5\text{V} \times 1023 = 32$

Untuk mencari konstanta kalibrasi dapat dilakukan dengann rumus perbandingan yaitu:

$K = \text{Data ADC}/\text{arus sebenarnya}$

Untuk itu ,maka:

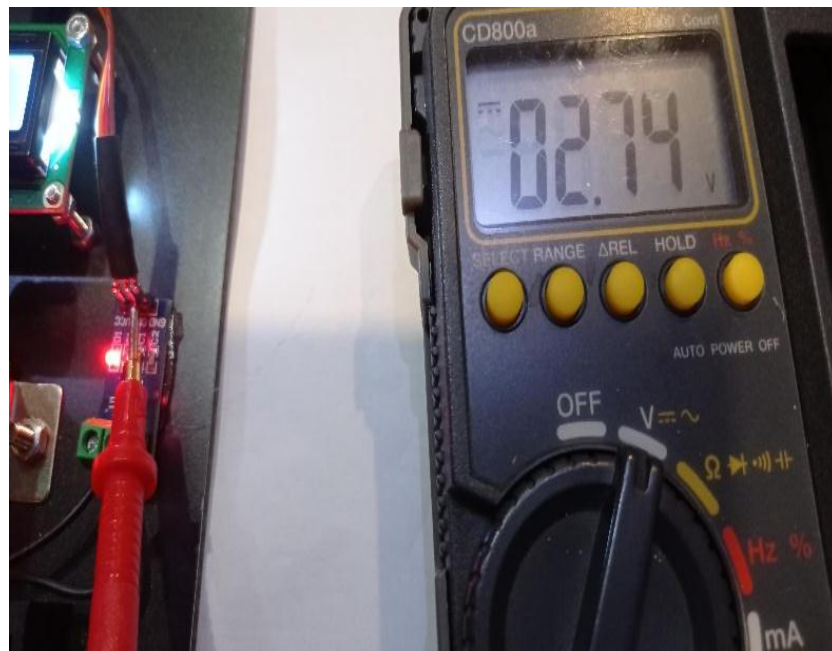
$$K1 = 32/0,45A = 71/A.$$

Oleh karena itu misalkan data yang terbaca oleh sensor adalah 100 satuan data maka arus dapat dihitung sebagai berikut:

$$I = \text{data} / K;$$

$$I = 100/71;$$

$$I = 1,40 \text{ A}$$



Gambar 4.4 Pengukuran Output Sensor Arus

4.2.4 Pengujian Display LCD

Pengujian display LCD dilakukan dengan membuat program yang dibuat khusus untuk menampilkan sebuah pesan pada LCD tersebut. Program dibuat dengan bahasa C, kemudian diunggah pada kontroler. Berikut adalah list program yg dibuat untuk pengujian tersebut.

```
Init_lcd();

while(1)

{
    lcd_clear();

    lcd_putsf("Rancangan Alat");

    lcd_gotoxy(0,1);

    lcd_putsf(" PEMANTAU ENERGI ");

}
```

Setelah diunggah dan dijalankan pada kontroler , maka pada display LCD akan muncul kata " Rancangan Alat" pada baris pertama dan " PEMANTAU ENERGI "pada baris kedua, kemudian berkedip secara teratur. Dengan tampilan seperti itu maka pengujian display LCD telah telah bekerja dengan baik sesuai dengan yang diprogramkan.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Display LCD

4.2.5 Pengujian Catu Daya Sistem

Catudaya yang digunakan adalah trafo stepdown. Pengujian dilakukan dgn mengukur tegangan keluaran catu daya saat berbeban dan tanpa beban. Terdapat 2 testpoint output yaitu output setelah penyearah dan output setelah regulator 7805. Berikut adalah data hasil pengukuran catu daya :

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tegangan Catu Daya

	Output dc	Output regulator
Tanpa beban	17,6 V	5,01 V
Dgn beban	12,2 V	5,00 V

Pembahasan:

Dari pengukuran diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tegangan yang dihasilkan telah memenuhi kebutuhan rangkaian yang dibuat yaitu 12V dan 5V. Dengan demikian pengujian ini dinyatakan berhasil.



Gambar 4.6 Pengukuran Output Catu Daya

4.2.6 Analisa Penggunaan Energi Listrik Dalam Satuan KWH

KWH adalah satuan energi listrik yaitu jumlah energi listrik yang dipakai untuk menghidupkan beban listrik. Definisi energi listrik adalah penggunaan daya persatuan waktu. Dengan kata lain penggunaan daya selama beberapa waktu disebut energi dengan satuan Watt Hour. Pengertian KWH itu sendiri adalah penggunaan daya 1000 watt selama 1 jam yang disebut 1 KWH. Pada percobaan yang dilakukan untuk menguji alat yang dibuat yaitu KWH meter digital adalah dengan cara mengukur tegangan, arus dan daya serta waktu pemakaian. Dari hasil pengukuran tersebut kemudian dibandingkan dengan KWH meter konvensional analog yang ada untuk mengetahui kinerja dan tingkat akurasi alat yang dibuat. Pengukuran atau pengujian dilakukan dengan memberikan beban konstan pada output rangkaian, dalam hal ini menggunakan bola lampu pijar 100 watt sebanyak 5 buah. Prosedur pengujian adalah dengan mengukur tegangan dan arus yang mengalir pada lampu dengan menggunakan voltmeter dan ampere meter.

Data pengukuran adalah sebagai berikut :

Tegangan PLN : 220 V

Arus beban : 2,25 A

Dengan demikian daya yang digunakan oleh beban diatas adalah :

$$P = V \times I$$

$$P = 220V \times 2,25A$$

$$P = 495 \text{ watt.}$$

Beban tersebut dihidupkan selama 10 jam dengan asumsi tegangan dan arus adalah konstan. Perlu diketahui, pengujian ini juga menggunakan alat ukur KWH konvensional sebagai bahan pembanding. Dimana output kwh meter analog terhubung dengan beban

lampu 495 watt tersebut. Saat beban mulai dihidupkan dicatat penunjukan nilai kwh meter dan tunggu hingga 10 jam.

Perhitungan manual adalah :

$$E = P \times t$$

$$E = 495 \text{ watt} \times 10 \text{ jam}$$

$$E = 4950 \text{ watt jam atau } 4,95 \text{ KWH.}$$

Data hasil pengukuran adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5.a. Pengukuran KWH Meter Analog

Jam	Volt	Ampere	Daya	Kwh
0	220	2,25	495,0	0
1	222	2,26	501,7	000 491
2	221	2,25	497,2	000 992
3	221	2,25	497,2	001 495
4	220	2,25	495,0	001 992
5	220	2,25	495,0	002 487
6	223	2,27	506,2	002 981
7	221	2,25	497,2	003 486
8	220	2,25	495,0	003 980
9	222	2,26	501,7	004 471
10	223	2,27	506,2	004 987

Tabel 4.5.b Pengukuran KWH Meter Digital

Jam	Volt	Ampere	Daya	Kwh(WH)
0	220	2,25	495,1	0
1	221	2,26	499,1	495
2	221	2,26	499,2	994
3	221	2,26	497,2	1495
4	222	2,25	497,1	1998
5	222	2,26	501,7	2495
6	223	2,26	503,2	2996
7	223	2,26	503,2	3500
8	222	2,26	497,7	4003
9	223	2,26	503,2	4500
10	224	2,27	503,9	5003

Hasil perbandingan data kwh akhir setelah 10 jam pemakaian adalah :

$$\% \text{ error} = (\text{data analog} - \text{data digital}) / \text{data analog} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = ((4987 - 5003) / 4998) \times 100\%$$

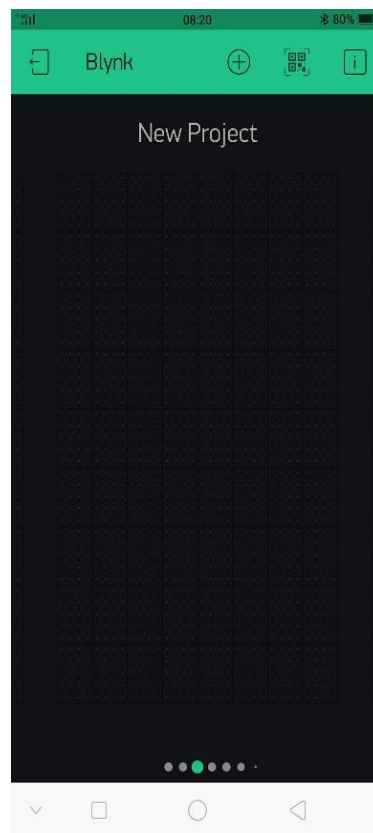
$$\% \text{ error} = 0,32 \%$$

Dengan persentase error 0,1 % maka dapat disimpulkan kwh meter digital yang dibuat bekerja dengan baik dengan akurasi yang cukup tinggi .

**Gambar 4.7 Pengujian Pengukuran Energi listrik Dengan Beban Lampu Pijar**

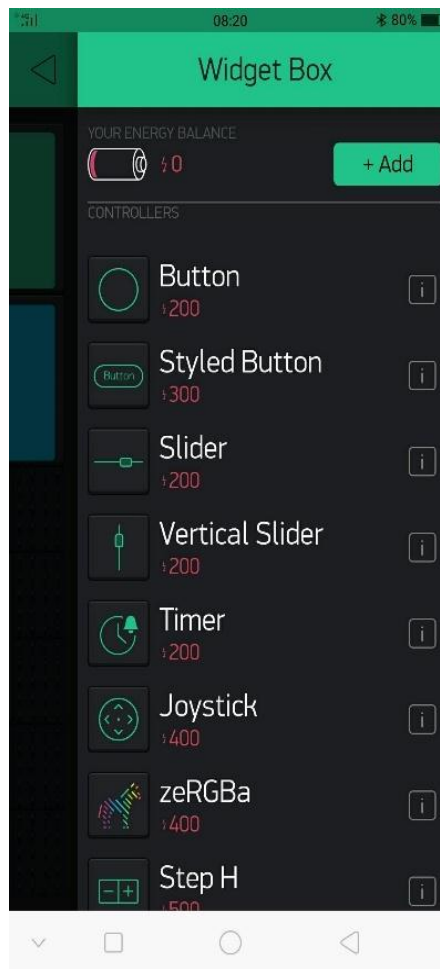
4.2.7 Pengujian Sistem Monitoring Energi Berbasis IoT.

Pengujian ini membutuhkan koneksi internet dan wifi agar data dapat dikirim dan diterima oleh sistem. Aplikasi yang digunakan sebagai server adalah aplikasi blynk yang juga diunduh pada playstore. Setelah melalui beberapa pengaturan maka aplikasi yang berfungsi sebagai penghubung antara server dan client dapat digunakan sebagai pengirim dan penerima data via smartphone. Dengan aplikasi ini data dapat dipantau dari mana saja selama terdapat koneksi internet. Untuk memulai pengujian kita perlu membahas terlebih dahulu beberapa pengaturan yang diperlukan. Pertama-tama jalankan aplikasi blynk yang telah diunduh dan diinstal pada perangkat. Tampilan awal aplikasi dapat dilihat pada gambar berikut,



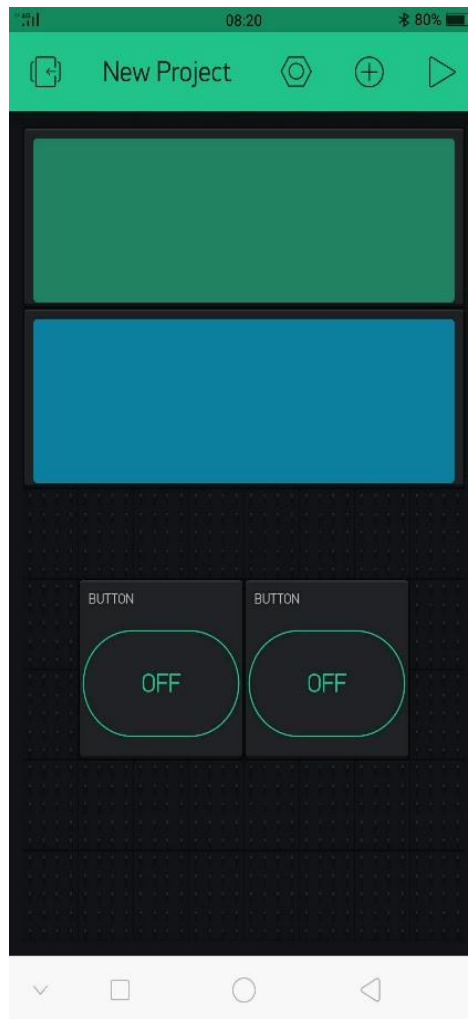
Gambar 4.7.a Tampilan Awal Aplikasi Blynk

Terlihat form masih kosong, untuk membuat aplikasi klik new project maka ada notifikasi untuk memasang komponen display misalnya text atau tombol. Dengan cara menggeser display kekiri maka muncul properti seperti gambar dibawah,



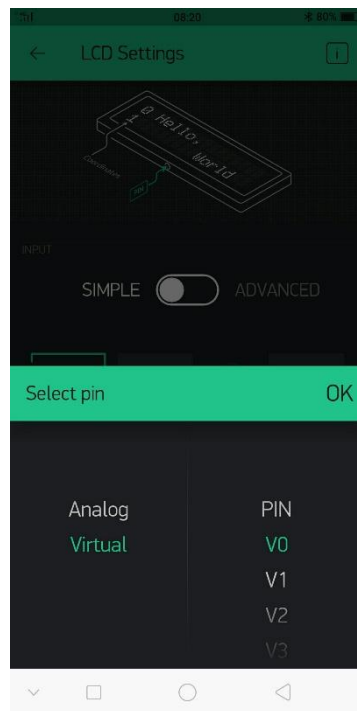
Gambar 4.7.b Properti Komponen Pada Widget Box

Dari widget box pilih komponen yang akan dipakai sebagai monitor dan kontrol, dalam hal ini dipilih 2 tombol atau button untuk on-off dan 2 display LCD untuk tampilan nilai 2 kwh meter yang dipantau. Setelah dipasangkan pada form dan atur posisi yang sesuai. Tampilan setelah pemasangan komponen pada form adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7.c Tampilan Form Setelah Pemasangan Komponen

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengaturan pada properti yaitu nama komponen misalnya nama tombol dan tampilan pada display juga pengaturan pin yang digunakan sebagai input atau output. Tampilan form pengaturan adalah sebagai berikut



Gambar 4.7.d Tampilan Pengaturan Pin Pada Properti

Alhasil, setelah pengaturan dilakukan maka saatnya untuk uji coba sistem internet of thing yang dirancang. Dimulai dengan mengaktifkan rangkaian kontroler dengan catatan program arduino dan node mcu telah diunggah ke dalam chip tersebut. Pastikan hotspot wifi telah tersedia dan sesuai namanya dengan yang ada diprogram. Setelah itu jalankan aplikasi blynk pada smartphone. Saat pertama kali dicoba, koneksi antara smartphone dengan rangkaian kwh meter gagal dan data tidak dapat dikirim ke smartphone, oleh karena itu di cek kembali pada rangkaian, pada program dan pada koneksi internet dan wifi. Setelah lama melakukan perbaikan, yakni ada kesalahan tulisan alamat wifi dan password dan sebagainya akhirnya koneksi berhasil dan monitoring data dapat

dilaksanakan. Perbaikannjuga dilakukan pada bagian kontrol tombol, sebelumnya terdapat kesalahan penulisan properti input yaitu di pin 0 yang seharusnya di V0 agar sesuai dengan program. Tombol akhirnya dapat digunakan untuk mengontrol aktif dan non aktif kwh meter dari jarak jauh. Setelah melalui banyak penyempurnaan maka sistem monitoring dan kontroling daya berbasis internet of things dapat direalisasikan. Dengan demikian pengujian dinyatakan berhasil dan berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sebuah sistem pemantau penggunaan energi listrik yaitu KWH meter digital berbasis IoT dapat dirancang dengan menggunakan komponen analog dan digital yang dikontrol oleh sebuah mikrokontroler Atmega 328 (Arduino Uno). Untuk aplikasi IoT dilakukan oleh modul esp 8266 Wemos yang bertugas mengirim data energi ke jaringan internet.
2. Energi listrik dapat dihitung dari komponen dasar listrik yaitu arus dan tegangan serta waktu. Dengan mengalikan ketiga komponen dasar diperoleh energi listrik dalam satuan watt-hour. Untuk itu dibutuhkan sebuah sensor arus yaitu ACS712 dan sebuah sensor tegangan, dalam hal ini adalah penurun tegangan dan penyearah. Komponen waktu adalah berapa lama beban menggunakan daya tersebut. Misalnya penggunaan daya sebesar 100 watt selama 1 jam akan menyerap energi 100 watt-hour.
3. Data dapat dikirim ke user melalui jaringan internet dengan bantuan server Blynk. Data hasil hitungan yaitu energi dikirim oleh mikrokontroler ke esp 8266. Esp 8266 yang terhubung dengan jaringan internet melalui WiFi akan mengirim data ke server Blynk. Setelah diterima oleh server tersebut barulah pengguna dapat mengakses data tersebut dengan aplikasi Blynk pada smartphone.
4. Algoritma program dapat dibuat dalam bahasa pemrograman C. Pada rancangan ini program di edit dan dikompilasi dengan bantuan software Arduino yaitu Arduino Integrated Development Environment (IDE) versi 1.8.13. Setelah berhasil di kompilasi ,kode program kemudian diunggah pada mikrokontroler Atmega 328 melalui port usb komputer.

5.2 Saran

1. Dibutuhkan penelitian dan pengembangan lebih lanjut agar sistem dapat digunakan sebagai alat pemantau energi yang efektif.
2. Menggunakan sensor yang lebih presisi dan handal untuk meningkatkan akurasi data dan kinerja alat yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

Kadir, Abdul. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler Dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta: Penervit ANDI

Fajar Wicaksono, Muhammad. 2017. *Mudah Belajar Mikrokontroler Arduino*. Jakarta: Penerbit Informatika

Kadir, Abdul. 2019. *Arduino dan Sensor*. Yogyakarta: Penervit ANDI

Eko Istiyanto, Jazi. 2014. *Pengantar Elektronika dan Instrumentasi, Pendekatan Project Arduino & Android*. Yogyakarta: Penerbit ANDI

Kurniawan, Dayat. 2010. *Aplikasi Elektronika Dengan Visual C# 2008*. Jakarta: Penerbit Elex Media Komputindo

Hari Sasongko, Bagus. 2012. *Pemrograman Mikrokontroler Dengan Bahasa C*. Yogyakarta: Penerbit ANDI

Blocher, Richard. 2009. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: Penerbit Andi

Rangkuti, Syahban. 2011. *Mikrokontroler ATMEL AVR (ISIS Proteus dan CodeVisionAVR) + CD*. Jakarta: Penerbit INFORMATIKA

DATA LAMPIRAN

Disclaimer and Copyright Notice

Information in this document, including URL references, is subject to change without notice.

THIS DOCUMENT IS PROVIDED "AS IS" WITH NO WARRANTIES WHATSOEVER, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY, NON-INFRINGEMENT, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY OTHERWISE ARISING OUT OF ANY

PROPOSAL, SPECIFICATION OR SAMPLE. All liability, including liability for infringement of any proprietary rights, relating to use of information in this document is disclaimed. No licenses express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights are granted herein.

The Wi-Fi Alliance Member Logo is a trademark of the WiFi Alliance.

All trade names, trademarks and registered trademarks mentioned in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.

Copyright © 2015 Espressif Systems. All rights reserved.

Table of Contents

1.	General Overview.....	6
1.1.	Introduction	6
1.2.	Features	7
1.3.	Parameters	7
1.4.	Ultra Low Power Technology.....	9
1.5.	Major Applications	9
2.	Hardware Overview	11
2.1.	Pin Definitions	11
2.2.	Electrical Characteristics	13
2.3.	Power Consumption	13
2.4.	Receiver Sensitivity	14
2.5.	MCU	15
2.6.	Memory Organization.....	15
2.6.1.	Internal SRAM and ROM	15
2.6.2.	External SPI Flash	15
2.7.	AHB and AHB Blocks	16
3.	Pins and Definitions	17
3.1.	GPIO	17
3.1.1.	General Purpose Input/Output Interface (GPIO)	17

3.2.	Secure Digital Input/Output Interface (SDIO)	18
3.3.	Serial Peripheral Interface (SPI/HSPI)	18
3.3.1.	General SPI (Master/Slave)	18
3.3.2.	SDIO / SPI (Slave)	19
3.3.3.	HSPI (Master/Slave)	19
3.4.	Inter-integrated Circuit Interface (I2C)	19
3.5.	I2S	20
3.6.	Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)	20
3.7.	Pulse-Width Modulation (PWM)	21
3.8.	IR Remote Control	22
3.9.	ADC (Analog-to-digital Converter)	22
3.10.	LED Light and Button	24
4.	Firmware & Software Development Kit	26
4.1.	Features	26
5.	Power Management	27
6.	Clock Management	28
6.1.	High Frequency Clock	28
6.2.	External Reference Requirements	29
7.	Radio	29
7.1.	Channel Frequencies	30

7.2.	2.4 GHz Receiver30
7.3.	2.4 GHz Transmitter30
7.4.	Clock Generator30
8.	Appendix: QFN32 Package Size31

1. General Overview

1.1. Introduction

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) is a set of high performance, high integration wireless SOCs, designed for space and power constrained mobile platform designers. It provides unsurpassed ability to embed WiFi capabilities within other systems, or to function as a standalone application, with the lowest cost, and minimal space requirement.

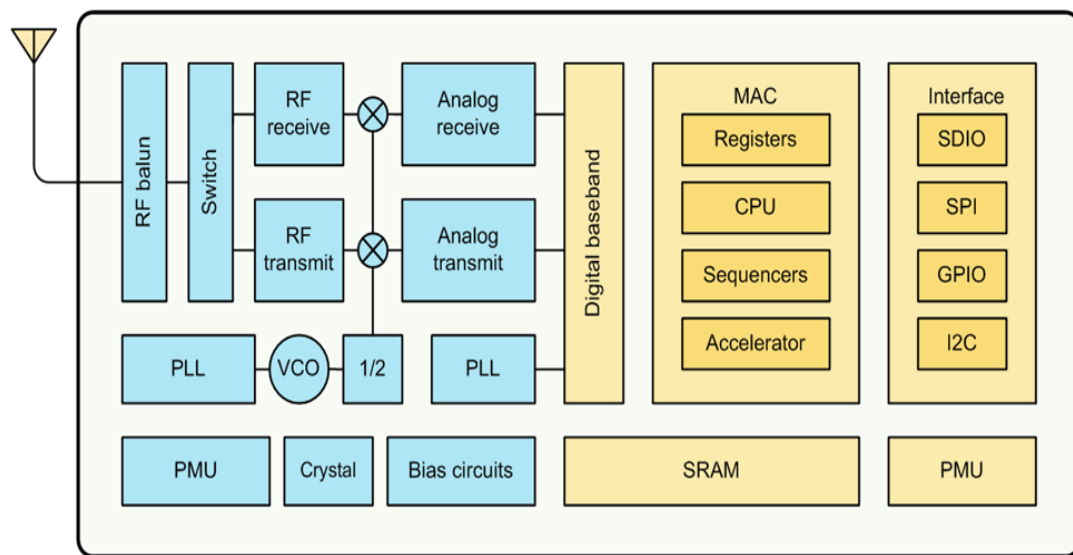


Figure 1 ESP8266EX Block Diagram

ESP8266EX offers a complete and self-contained WiFi networking solution; it can be used to host the application or to offload WiFi networking functions from another application processor. When ESP8266EX hosts the application, it boots up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications.

Alternately, serving as a WiFi adapter, wireless internet access can be added to any micro controller-based design with simple connectivity (SPI/SDIO or I2C/UART interface). ESP8266EX is among the most integrated WiFi chip in the industry; it integrates the antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier,

filters, power management modules, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area. ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor, with on-chip SRAM, besides the WiFi functionalities. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other application specific devices through its GPIOs; sample codes for such applications are provided in the software development kit (SDK).

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) demonstrates sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

1.2. Features

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices

- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20 dBm output power in 802.11b m

1.3. Parameters

Table 1 Parameters

Categories	Items	Values
WiFi Paramters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	WiFi Protocles	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)
		802.11 n: -72 dbm (MCS7)
	Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip
Hardware Paramaters	Peripheral Bus	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°~125°

	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	5x5mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	WiFi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Ssoftware Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP

1.4. Ultra Low Power Technology

ESP8266EX has been designed for mobile, wearable electronics and Internet of Things applications with the aim of achieving the lowest power consumption with a combination of several proprietary techniques. The power saving architecture operates mainly in 3 modes: active mode, sleep mode and deep sleep mode. By using advance power management techniques and logic to power-down functions not required and to control switching between sleep and active modes, ESP8266EX consumes about than 60uA in deep sleep mode (with RTC clock still running) and less than 1.0mA (DTIM=3) or less than 0.5mA (DTIM=10) to stay connected to the access point. When in sleep mode, only the calibrated real-time clock and watchdog remains active. The real-time clock can be programmed to wake up the ESP8266EX at any required interval.

The ESP8266EX can be programmed to wake up when a specified condition is detected. This minimal wake-up time feature of the ESP8266EX can be utilized by mobile device SOCs, allowing them to remain in the low-power standby mode until WiFi is needed. In order to satisfy the power demand of mobile and wearable electronics, ESP8266EX can be programmed to reduce the output power of the PA to fit various application profiles, by trading off range for power consumption.

1.5. Major Applications

Major fields of ESP8266EX applications to Internet-of-Things include:

- Home Appliances
- Home Automation
- Smart Plug and lights
- Mesh Network
- Industrial Wireless Control
- Baby Monitors
- IP Cameras
- Sensor Networks
- Wearable Electronics
- WiFi Location-aware Devices
- Security ID Tags
- WiFi Position System Beacons

2. Hardware Overview

2.1. Pin Definitions

The pin assignments for 32-pin QFN package is illustrated in Fig.2.

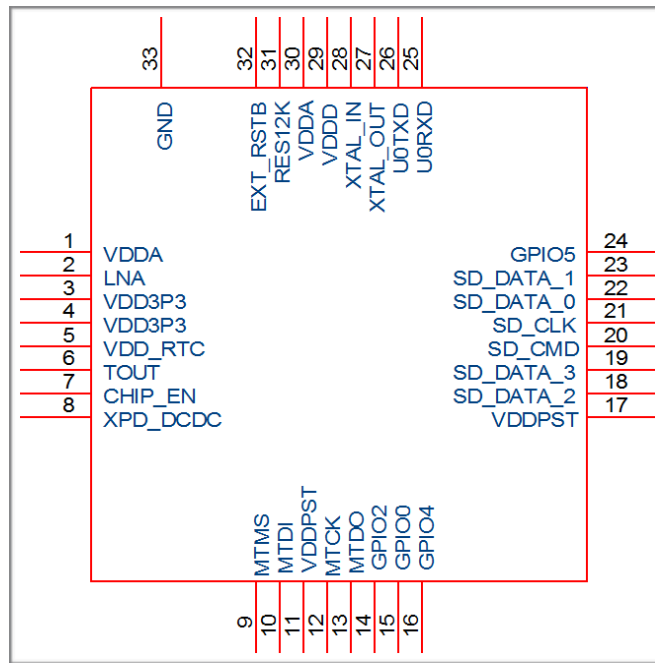


Figure 2 Pin Assignments

Table 2 below presents an overview on the general pin attributes and the functions of each pin.

Table 2 Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 3.0 ~3.6V
2	LNA	I/O	RF Antenna Interface. Chip Output Impedance=50Ω No matching required but we recommend that the π -type matching network is retained.

3	VDD3P3	P	Amplifier Power 3.0~3.6V
4	VDD3P3	P	Amplifier Power 3.0~3.6V
5	VDD_RT C	P	NC (1.1V)

Note: GPIO2, GPIO0, MTDO can be configurable as 3-bit SDIO mode.

2.2. Electrical Characteristics

Table 3 ESP8266EX Electrical Characteristics

Parameters		Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Storage Temperature Range			-40	Normal	125	°C
Maximum Soldering Temperature		IPC/JEDEC J-STD-020			260	°C
Working Voltage Value			3.0	3.3	3.6	V
I/O	V_{IL}/V_{IH}		$0.3/0.75V_{IO}$		$0.25V_{IO}/3.6$	V
	V_{OL}/V_{OH}		$N/0.8V_{IO}$		$0.1V_{IO}/N$	
	MAX				12	mA
Electrostatic Discharge (HBM)		TAMB=25°C			2	KV
Electrostatic Discharge (CDM)		TAMB=25°C			0.5	KV

2.3. Power Consumption

The following current consumption is based on 3.3V supply, and 25°C ambient, using internal regulators. Measurements are done at antenna port without SAW filter. All the transmitter's measurements are based on 90% duty cycle, continuous transmit mode.

Table 4 Description on Power Consumption

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Tx802.11b, CCK 11Mbps, P OUT=+17dBm		170		mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, P OUT =+15dBm		140		mA
Tx 802.11n, MCS7, P OUT =+13dBm		120		mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length , -80dBm		50		mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm		56		mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep①		15		mA
Light-Sleep②		0.9		mA
Deep-Sleep③		10		uA
Power Off		0.5		uA

①: Modem-Sleep requires the CPU to be working, as in PWM or I2S applications.

According to

802.11 standards (like U-APSD), it saves power to shut down the WiFi Modem circuit while maintaining a WiFi connection with no data transmission. E.g. in DTIM3, to maintain a sleep 300ms- wake 3ms cycle to receive AP's Beacon packages, the current is about 15mA

②: During Light-Sleep, the CPU may be suspended in applications like WiFi switch. Without data transmission, the WiFi Modem circuit can be turned off and CPU suspended to save power according to the 802.11 standard (U-APSD). E.g. in DTIM3, to maintain a sleep 300ms-wake 3ms cycle to receive AP's Beacon packages, the current is about 0.9mA.

③: Deep-Sleep does not require WiFi connection to be maintained. For application with long time lags between data transmission, e.g. a temperature sensor that checks the temperature every 100s, sleep 300s and waking up to connect to the AP (taking about 0.3~1s), the overall average current is less than 1mA.

2.4. Receiver Sensitivity

The following are measured under room temperature conditions with 3.3V and 1.1V power supplies.

Table 5 Receiver Sensitivity

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412		2484	MHz
Input impedance		50		Ω
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	15.5	16.5	17.5	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20.5	21.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1Mbps		-98		dBm
CCK, 11Mbps		-91		dBm
6Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65Mbps, 72.2Mbps)		-72		dBm
Adjaent Channel Rejection				
OFDM, 6Mbps		37		dB
OFDM, 54Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

2.5. MCU

ESP8266EX is embedded with Tensilica L106 32-bit micro controller (MCU), which features extra low power consumption and 16-bit RSIC. The CPU clock speed is 80MHz. It can also reach a maximum value of 160MHz. Real Time Operation System (RTOS) is enabled. Currently, only 20% of MIPS has been occupied by the WiFi stack, the rest can all be used for user application programming and development. The following interfaces can be used to connect to the MCU embedded in ESP8266EX:

- Programmable RAM/ROM interfaces (iBus), which can be connected with memory controller, and can also be used to visit external flash;
- Data RAM interface (dBus), which can connected with memory controller;
- AHB interface, can be used to visit the register.

2.6. Memory Organization

2.6.1. Internal SRAM and ROM

ESP8266EX WiFi SoC is embedded with memory controller, including SRAM and ROM. MCU can visit the memory units through iBus, dBus, and AHB interfaces. All memory units can be visited upon request, while a memory arbiter will decide the running sequence according to the time when these requests are received by the processor. According to our current version of SDK provided, SRAM space that is available to users is assigned as below:

- RAM size < 36kB, that is to say, when ESP8266EX is working under the station mode and is connected to the router, programmable space accessible to user in heap and data section is around 36kB.)
- There is no programmable ROM in the SoC, therefore, user program must be stored in an external SPI flash.

2.6.2. External SPI Flash

An external SPI flash is used together with ESP8266EX to store user programs. Theoretically speaking, up to 16 Mbyte memory capacity can be supported.

Suggested SPI Flash memory capacity:

- OTA is disabled: the minimum flash memory that can be supported is 512 kByte;
- OTA is enabled: the minimum flash memory that can be supported is 1 Mbyte.

Several SPI modes can be supported, including Standard SPI, Dual SPI, DIO SPI, QIO SPI, and Quad SPI. Therefore, please choose the correct SPI mode when you are downloading into the flash, otherwise firmwares/programs that you downloaded may not work in the right way.

2.7. AHB and AHB Blocks

The AHB blocks performs the function of an arbiter, controls the AHB interfaces from the MAC, SDIO (host) and CPU. Depending on the address, the AHB data requests can go into one of the two slaves: APB block, or flash controller (usually for standalone applications). Data requests to the memory controller are usually high speed requests, and requests to the APB block are usually register access. The APB block acts as a decoder. It is meant only for access to programmable registers within ESP8266's main blocks. Depending on the address, the APB request can go to the radio, SI/SPI, SDIO (host), GPIO, UART, real-time clock (RTC), MAC or digital baseband.

3. Pins and Definitions

The chipset encapsulates variable analog and data transmission I/Os, descriptions and definitions of which are explained below in detail.

3.1. GPIO

3.1.1. General Purpose Input/Output Interface (GPIO)

There are up to 17 GPIO pins. They can be assigned to various functions by the firmware. Each GPIO can be configured with internal pull-up (except XPD_DCDC,

which is configured with internal pull- down), input available for sampling by a software register, input triggering an edge or level CPU interrupt, input triggering a level wakeup interrupt, open-drain or push-pull output driver, or output source from a software register, or a sigma-delta PWM DAC. These pins are multiplexed with other functions such as I2C, I2S, UART, PWM, IR Remote Control, etc.

Data I/O soldering pad is bidirectional and tri-state that include data input and output controlling buffer. Besides, I/O can be set as a specific state and remains like this. For example, if you intend to lower the power consumption of the chip, all data input and output enable signals can be set as remaining low power state. You can transport some specific state into the I/O. When the I/O is not powered by external circuits, the I/O will remain to be the state that it was used the last time. Some positive feedback is generated by the state-remaining function of the pins, therefore, if the external driving power must be stronger than the positive feedback. Even so, the driving power that is needed is within 5uA.

Table 6 Pin Definitions of GPIOs

Variables	Symbol	Min	Max	Unit
Input Low Voltage	V _{IL}	-0.3	0.25×V _{IO}	V
Input High Voltage	V _{IH}	0.75×V _{IO}	3.3	V
Input Leakage Current	I _{IL}		50	nA
Output Low Voltage	V _{OL}		0.1×V _{IO}	V
Output High Voltage	V _{OH}	0.8×V _{IO}		V
Input Pin Resistance Value	C _{pad}		2	pF
VDDIO	V _{IO}	1.8	3.3	V
Maximum Driving Power	I _{MAX}		12	mA
Temperature	T _{amb}	-40	125	°C

All digital IO pins are protected from over-voltage with a snap-back circuit connected between the pad and ground. The snap back voltage is typically about 6V, and the

holding voltage is 5.8V. This provides protection from over-voltages and ESD. The output devices are also protected from reversed voltages with diodes.

3.2. Secure Digital Input/Output Interface (SDIO)

One Slave SDIO has been defined by ESP8266EX, the definitions of which are described in Table 7 below. 4bit 25MHz SDIO v1.1 and 4bit 50MHz SDIO v2.0 are supported.

Table 7 Pin Definitions of SDIOs

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
SDIO_CLK	21	IO6	SDIO_CLK
SDIO_DATA0	22	IO7	SDIO_DATA0
SDIO_DATA1	23	IO8	SDIO_DATA1
SDIO_DATA_2	18	IO9	SDIO_DATA_2
SDIO_DATA_3	19	IO10	SDIO_DATA_3
SDIO_CMD	20	IO11	SDIO_CMD

3.3. Serial Peripheral Interface (SPI/HSPI)

Currently, one general Slave/Master SPI, one Slave SDID/SPI, and one general Slave/Master HSPI have been defined by ESP8266EX. Functions of all these pins can be implemented via hardware. The pin definitions are are described below:

3.3.1. General SPI (Master/Slave)

Table 8 Pin Definitions of General SPIs

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
SDIO_CLK	2 1	IO6	SPICLK
SDIO_DATA0	2 2	IO7	SPIQ/MISO

SDIO_DATA1	2 3	IO8	SPID/MOSI
SDIO_DATA_2	1 8	IO9	SPIHD
SDIO_DATA_3	1 9	IO10	SPIWP
SDIO_CMD	2 0	IO11	SPICS0
U0TXD	2 6	IO1	SPICS1
GPIO0	1 5	IO0	SPICS2

3.3.2. SDIO / SPI (Slave)

Table 9 Pin Definitions of SDIO / SPI (Slave)

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
SDIO_CLK	21	IO6	SPI_SLAVE_CLK
SDIO_DATA0	22	IO7	SPI_SLAVE_MISO
SDIO_DATA1	23	IO8	SPI_SLAVE_INT
SDIO_DATA_2	18	IO9	NC
SDIO_DATA_3	19	IO10	SPI_SLAVE_CS
SDIO_CMD	20	IO11	SPI_SLAVE_MOSI

3.3.3. HSPI (Master/Slave)

Table 10 Pin Definitions of HSPI (Master/Slave)

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
MTMS	9	IO14	HSPICL

			K
MTDI	10	IO12	HSPIQ/MISO
MTCK	12	IO13	HSPID/MOSI
MTDO	13	IO15	HPSICS

Note:

- SPI mode can be implemented via software programming. The clock frequency can reach up to a maximum value of 80MHz.
- Function of Slave SDIO/SPI interface can be implemented via hardware, and linked list DMA (Direct Memory Access) is supported, software overheads are smaller. However, there is no linked list DMA on general SPI and HSPI, and the software overheads are larger, therefore, the data transmitting speed will be restrained by software processing speed.

3.4. Inter-integrated Circuit Interface (I2C)

One I2C, which is mainly used to connect with micro controller and other peripheral equipment such as sensors, is defined by ESP8266EX. The present pin definition of I2C is as defined below:

Table 11 Pin Definitions of I2C

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
MTMS	9	IO14	I2C_SCL
GPIO2	14	IO2	I2C_SDA

Both I2C-Master and I2C-Slave are supported. I2C interface functionality can be realized via software programming, the clock frequency can be up to around 100KHz at

most. It should be noted that I2C clock frequency should be higher than the slowest clock frequency of the slave device.

3.5. I2S

Currently one I2S data input interface and one I2S data output interface are defined. I2S interface is mainly used in applications such as data collection, processing, and transmission of audio data, as well as the input and output of serial data. For example, LED lights (WS2812 series) are supported. The pin definition of I2S is as defined below:

Table 12 Pin Definitions of I2S

I2S Data Input :			
Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
MT DI	10	IO12	I2SI_DATA
MTCK	12	IO13	I2SI_BC K
MTMS	9	IO14	I2SI_WS
I2S Data Output :			
Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
MTDO	13	IO15	I2SO_BCK
U0RXD	25	IO3	I2SO_DATA
GPIO2	14	IO2	I2SO_W S

I2S functionality can be realized via software programming, the GPIOs that will be used are multiplexed, and linked list DMA is supported.

3.6. Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)

Two UART interfaces, UART0 and UART1, have been defined by ESP8266EX, the definitions are as below:

Table 13 Pin Definitions of UART Interfaces

Pin Type	Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
UART0	U0RXD	25	IO3	U0RXD
	U0TXD	26	IO1	U0TXD
	MTDO	13	IO15	U0RTS
	MTCK	12	IO13	U0CTS
UART1	GPIO2	14	IO2	U1TXD
	SD_D1	23	IO8	U1RXD

Data transfers to/from UART interfaces can be implemented via hardware. The data transmission speed via UART interfaces can reach 115200*40 (4.5Mbps).

UART0 can be for communication. It supports fluid control. Since UART1 features only data transmit signal (Tx), it is usually used for printing log.

Notes: By default, UART0 will output some printed information when the device is powered on and is booting up. The baud rate of the printed information is closely related to the frequency of the external crystal oscillator. If the frequency of the crystal oscillator is 40MHz, then the baud rate for printing is 115200; if the frequency of the crystal oscillator is 26MHz, then the baud rate for printing is 74880. If the printed

information exerts any influence on the functionality of your device, you'd better block the printing during the power-on period by changing (U0TXD,U0RXD) to (MTDO,MTCK).

3.7. Pulse-Width Modulation (PWM)

Four PWM output interfaces have been defined by ESP8266EX. They can be extended by users themselves. The present pin definitions of the PWM interfaces are defined as below:

Table 14 Pin Definitions of PWM Interfaces

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
MTDI	10	IO12	PWM0
MTDO	13	IO15	PWM1
MTMS	9	IO14	PWM2
GPIO4	16	IO4	PWM3

The functionality of PWM interfaces can be implemented via software programming. For example, in the LED smart light demo, the function of PWM is realized by interruption of the timer, the minimum resolution can reach as much as 44 ns. PWM frequency range is adjustable from 1000 us to 10000 us, i.e., between 100Hz and 1KHz. When the PWM frequency is at 1 KHz, the duty ratio will reach 1/22727, and over 14 bit resolution will be achieved at 1KHz refresh rate.

3.8. IR Remote Control

Currently, only one Infrared remote control interface is defined, the pin definition is as below:

Table 14 Pin Definition of IR Remote Control

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
MTMS	9	IO12	IR Tx
GPIO5	24	IO5	IR Rx

The functionality of Infrared remote control interface can be implemented via software programming. NEC coding, modulation, and demodulation are used by this interface. The frequency of modulated carrier signal is 38KHz, while the duty ratio of the square wave is 1/3. The length of data transmission, which is around 1m, is determined by two factors: one is the maximum value of rated current, the other is internal current-limiting resistance value in the infrared receiver. The larger the resistance value, the lower the current, so is the power, and vice versa. The transmission angle is between 15° and 30°, and is mainly determined by the radiation direction of the infrared receiver.

Notes: Among the eight interfaces mentioned above, most of them can be multiplexed. Pin definitions that can be defined is not limited to the eight ones herein mentioned, customers can self customise the functions of the pins according to their specific application scenarios. Functions of these pins can be implemented via software programming and hardware.

3.9. ADC (Analog-to-digital Converter)

ESP8266EX is embedded with a 10-bit precision SARADC. Currently, TOUT (Pin6) is defined as ADC interface, the definition of which is described below:

Pin Name	Pin Num	Function Name
TOUT	6	ADC Interface

Table 16 Pin Definition of ADC

The following two applications can be implemented using ADC (Pin6). However, these two applications cannot be implemented concurrently.

- Test the power supply voltage of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4).

The function used to test the power supply voltage on PA_VDD pin is: uint16 system_get_vdd33(void)

- Test the input voltage of TOUT (Pin 6):

The function used to test the input voltage of TOUT is: uint16 system_adc_read(void)
RF-init parameter in the following passage refers to esp_init_data_default.bin

Application One: Test the power supply voltage of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4).

Hardware Design: TOUT must be dangled.

RF-init Parameter: The 107th byte of esp_init_data_default.bin (0 - 127 byte), “vdd33_const“, must set to be 0xFF, i.e., the value of “vdd33_const“ is 255.

RF Calibration Process: Optimize the RF circuit conditions based on the testing results of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4).

User Programming: Use system_get_vdd33 instead of system_adc_read.

Application Two: Test the input voltage of TOUT (Pin 6).

Hardware Design: The input voltage range is 0 to 1.0 V when TOUT is connected to external circuit. RF-init Parameter: The value of the 107th byte of esp_init_data_default.bin (0 - 127 byte), “vdd33_const“, must be set to be the real power supply voltage of Pin 3 and Pin 4. The working power voltage range of ESP8266EX is between 1.8V and 3.6V, while the unit of “vdd33_const“ is 0.1V, therefore, the effective value range of “vdd33_const“ is 18 to 36.

RF Calibration Process: Optimize the RF circuit conditions based on the value of vdd33_const the permissible error is $\pm 0.2V$. UserProgramming: Use system_adc_read instead of system_get_vdd33.

Note One:

In RF_init parameter esp_init_data_default.bin (0 - 127 byte), the 107th byte is defined as “vdd33_const“. Definitions of “vdd33_const“ is described below:

(1) If vdd33_const = 0xff, the power voltage of Pin 3 and Pin 4 will be tested by the internal self- calibration process of ESP8266EX chipset itself. RF circuit conditions should be optimized according to the testing results.

(2) If $18 \leq \text{vdd33_const} \leq 36$, ESP8266EX RF Calibration and optimization process is implemented via $(\text{vdd33_const}/10)$.

(3) If $\text{vdd33_const} < 18$ or $36 < \text{vdd33_const} < 255$, ESP8266EX RF Calibration and optimization process is implemented via the default value 3.0V.

Note Two:

Function system_get_vdd33 is used to test the power supply voltage of VDD3P3 (Pin 3 and Pin 4). Details on this function are described below:

(1) Pin Tout must be dangled. The 107th byte of esp_init_data_default.bin (0 - 127 byte), “vdd33_const“, must set to be 0xFF.

(2) If the 107th byte of esp_init_data_default.bin (0 - 127 byte), “vdd33_const“, is equal to 0xff, the returned value of function system_get_vdd33 will be an effective value, otherwise 0xffff will be returned.

(3) The unit of the returned value is: 1/1024 V.

Note Three:

Function `system_adc_read` is defined to test the input voltage of Pin TOUT (Pin 6). Details on this function are described below:

- (1) The value of the 107th byte of `esp_init_data_default.bin` (0 - 127 byte), “`vdd33_const`“, must be set to be the real power supply voltage of Pin 3 and Pin 4.
- (2) If the 107th byte of `esp_init_data_default.bin` (0 - 127 byte), “`vdd33_const`“, is NOT equal to 0xff, the returned value of `system_adc_read` will be an effective value of the input voltage of Pin TOUT, otherwise 0xffff will be returned.
- (3) The unit of the returned value is: 1/1024 V.

3.10. LED Light and Button

ESP8266EX features up to 17 GPIOs, all of which can be assigned to realise various functions of LED lights and buttons. Definitions of some GPIOs that are assigned with certain functions in our demo application design are shown below:

Table 17 Pin Definitions of LED and Button

Pin Name	Pin Num	IO	Function Name
MTCK	12	IO13	Button (Reset)
GPIO0	15	IO0	WiFi Light
MTDI	10	IO12	Link Light

Altogether three interfaces have been defined, one is for the button, and the other two is for LED light. Generally, MTCK is used to control the reset button, GPIO0 is used as an signal to indicate the WiFi working state, MTDI is used as a signal light to indicate communication between the device and the server.

4. Firmware & Software Development Kit

The application and firmware is executed in on-chip ROM and SRAM, which loads the instructions during wake-up, through the SDIO interface, from the external flash. The firmware implements TCP/IP, the full 802.11 b/g/n/e/i WLAN MAC protocol and WiFi Direct specification. It supports not only basic service set (BSS) operations under the distributed control function (DCF) but also P2P group operation compliant with the latest WiFi P2P protocol. Low level protocol functions are handled automatically by ESP8266:

- RTS/CTS
- acknowledgement
- fragmentation and defragmentation
- aggregation
- frame encapsulation (802.11h/RFC 1042)
- automatic beacon monitoring / scanning, and
- P2P WiFi direct

Passive or active scanning, as well as P2P discovery procedure is performed autonomously once initiated by the appropriate command. Power management is handled with minimum host interaction to minimize active duty period.

4.1.Features

The SDK includes the following library functions:

- 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r support;
- WiFi Direct (P2P) support:
- P2P Discovery, P2P Group Owner mode, P2P Power Management

- Infrastructure BSS Station mode / P2P mode / softAP mode support;
- Hardware accelerators for CCMP (CBC-MAC, counter mode), TKIP (MIC, RC4), WAPI (SMS4), WEP (RC4), CRC;
- WPA/WPA2 PSK, and WPS driver;
- Additional 802.11i security features such as pre-authentication, and TSN;
- Open Interface for various upper layer authentication schemes over EAP such as TLS, PEAP, LEAP, SIM, AKA, or customer specific;
- 802.11n support (2.4GHz);
- Supports MIMO 1×1 and 2×1, STBC, A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4μs guard interval;
- WMM power save U-APSD;
- Multiple queue management to fully utilize traffic prioritization defined by 802.11e standard;
- UMA compliant and certified;
- 802.1h/RFC1042 frame encapsulation;
- Scattered DMA for optimal CPU off load on Zero Copy data transfer operations;
- Antenna diversity and selection (software managed hardware);
- Clock/power gating combined with 802.11-compliant power management dynamically adapted to current connection condition providing minimal power consumption;
- Adaptive rate fallback algorithm sets the optimum transmission rate and Tx power based on actual SNR and packet loss information;

- Automatic retransmission and response on MAC to avoid packet discarding on slow host environment;
- Seamless roaming support;
- Configurable packet traffic arbitration (PTA) with dedicated slave processor based design provides flexible and exact timing Bluetooth co-existence support for a wide range of Bluetooth Chip vendors;
- Dual and single antenna Bluetooth co-existence support with optional simultaneous receive (WiFi/Bluetooth) capability.

5. Power Management

The chip can be put into the following states:

- OFF: CHIP_PD pin is low. The RTC is disabled. All registers are cleared.
- DEEP_SLEEP: Only RTC is powered on – the rest of the chip is powered off. Recovery memory of RTC can keep basic WiFi connecting information.
- SLEEP: Only the RTC is operating. The crystal oscillator is disabled. Any wakeup events (MAC, host, RTC timer, external interrupts) will put the chip into the WAKEUP state.
- WAKEUP: In this state, the system goes from the sleep states to the PWR state. The crystal oscillator and PLLs are enabled.
- ON: the high speed clock is operational and sent to each block enabled by the clock control register. Lower level clock gating is implemented at the block level, including the CPU, which can be gated off using the WAITI instruction, while the system is on.

6. Clock Management

6.1. High Frequency Clock

The high frequency clock on ESP8266EX is used to drive both transmit and receive mixers. This clock is generated from the internal crystal oscillator and an external crystal. The crystal frequency can range from 26MHz to 52MHz. While internal calibration of the crystal oscillator ensures that a wide range of crystals can be used, in general, the quality of the crystal is still a factor to consider, to have reasonable phase noise that is required for good performance. When the crystal selected is sub-optimal due to large frequency drifts or poor Q-factor, the maximum throughput and sensitivity of the WiFi system is degraded.

Please refer to the application notes on how the frequency offset can be measured.

Table 18 High Frequency Clock

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Frequency	FXO	26	52	MHz
Loading capacitance	CL		32	pF
Motional capacitance	CM	2	5	pF
Series resistance	RS	0	65	Ω
Frequency tolerance	Δ FXO	-15	15	ppm
Frequency vs temperature (-25°C ~ 75°C)	Δ FXO, T _{emp}	-15	15	ppm

6.2. External Reference Requirements

For an externally generated clock, the frequency can range from 26MHz to 52MHz can be used. For good performance of the radio, the following characteristics are expected of the clock:

Table 19 External Clock Reference

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Clock amplitude	VXO	0.2	1	Vpp
External clock accuracy	Δ FXO, EXT	-15	15	ppm
Phase noise @1kHz offset, 40MHz clock			-120	dBc/Hz
Phase noise @10kHz offset, 40MHz clock			-130	dBc/Hz
Phase noise @100kHz offset, 40MHz clock			-138	dBc/Hz

7. Radio

The ESP8266EX radio consists of the following main blocks:

- 2.4GHz receiver
- 2.4GHz transmitter
- High speed clock generators and crystal oscillator
- Real time clock
- Bias and regulators
- Power management

7.1. Channel Frequencies

The RF transceiver supports the following channels according to the IEEE802.11b/g/n standards.

Table 20 Frequency Channel

Channel No	Frequency (MHz)	Channel No	Frequency (MHz)
------------	-----------------	------------	-----------------

1	2412	8	2447
2	2417	9	2452
3	2422	10	2457
4	2427	11	2462
5	2432	12	2467
6	2437	13	2472
7	2442	14	2484

7.2. 2.4 GHz Receiver

The 2.4GHz receiver downconverts the RF signal to quadrature baseband signals and converts them to the digital domain with 2 high resolution high speed ADCs. To adapt to varying signal channel conditions, RF filters, automatic gain control (AGC), DC offset cancelation circuits and baseband filters are integrated within ESP8266EX.

7.3. 2.4 GHz Transmitter

The 2.4GHz transmitter up-converts the quadrature baseband signals to 2.4GHz, and drives the antenna with a high powered CMOS power amplifier. The use of digital calibration further improves the linearity of the power amplifier, enabling a state of art performance of delivering +19.5dBm average power for 802.11b transmission and +16dBm for 802.11n transmission.

Additional calibrations are integrated to cancel any imperfections of the radio, such as:

- carrier leakage,
- I/Q phase matching, and
- baseband nonlinearities

This reduces the amount of time required and test equipment required for production testing.

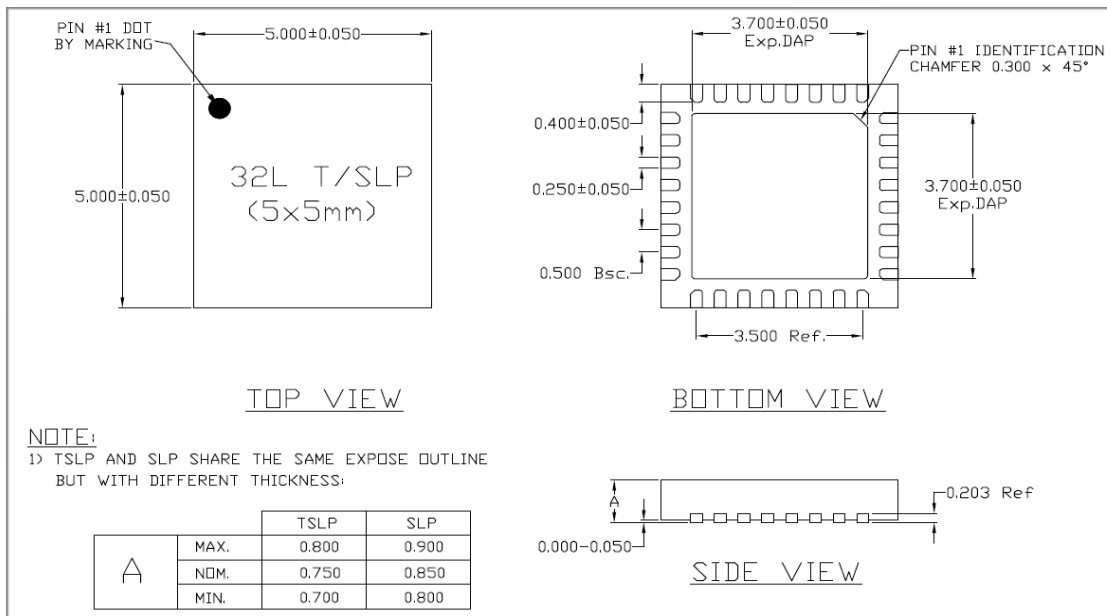
7.4. Clock Generator

The clock generator generates quadrature 2.4 GHz clock signals for the receiver and transmitter. All components of the clock generator are integrated on-chip, including:

- inductor,
- varactor, and
- loop filter

The clock generator has built-in calibration and self test circuits. Quadrature clock phases and phase noise are optimized on-chip with patented calibration algorithms to ensure the best receiver and transmitter performance.

8. Appendix: QFN32 Package Size



LEMBAR EKSPEDISI PERBAIKAN SKRIPSI



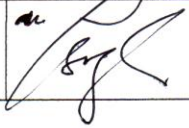
Nama : Ronaldo Marcopolo Harianja

Nim : 180821002

Program Studi : S1 Fisika Ekstensi

Departemen : Fisika

Judul : Rancang Bangun Monitoring Energi Listrik Pada Rumah Tangga
Secara IoT Berbasis Mikrokontroler ATmega328

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Drs. Aditia Warman, M.Si	Pembimbing	
2	Junedi Ginting, M.Si	Penguji	
3	Drs. Herli Ginting, MS	Penguji	

Medan, Februari 2021

Hormat saya,



Ronaldo M Harianja

NIM. 180821002