

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka membahas tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dan penambahan referensi dalam pengembangan metode yang ingin dirancang dalam tugas akhir.

2.1.1 *Internet of things* pada *Monitoring* Energi Listrik Menggunakan *Sensor* Multi-Parameter Listrik

Penelitian ini dilakukan oleh Risfendra dan kawan-kawan pada tahun 2021 bertujuan untuk menerapkan teknologi *Internet of things* pada *monitoring* konsumsi energi listrik. Sistem dirancang untuk menggantikan pengukuran energi listrik yang masih manual dan konvensional. Penggunaan listrik yang tidak terkontrol merupakan salah satu penyebab tingginya tingkat pemakaian energi listrik. Oleh karena itu, konsumen perlu mengetahui jumlah pemakaian energi listrik secara *real time*. Alat dirancang menggunakan PZEM-004T yang digunakan sebagai *sensor* untuk membaca multi-parameter listrik, Arduino sebagai kendali utama, dan ESP8266 sebagai pengirim data pada sistem *Cloud*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat telah mampu membaca dan menampilkan data besaran listrik berupa tegangan, arus, daya, dan akumulasi tarif listrik secara *real time* yang ditampilkan pada platform *ThingSpeak*. Pengujian pada *sensor* PZEM-004T memiliki tingkat akurasi 94.96% untuk pembacaan nilai arus dan 99.42% untuk pembacaan nilai tegangan [3].

2.1.2 Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Penggunaan Daya Listrik Berbasis *Smartphone*

Penelitian ini dilakukan oleh Syahrul Mustafa dan Umar Muhammad pada tahun 2020 dan membuat alat *monitoring* daya listrik berbasis *smartphone* yang telah dirancang memudahkan pengguna dalam *memonitoring* daya listrik. Metode yang dilakukan dalam proses pengambilan data yaitu metode eksperimen. Alat *monitoring* daya listrik berbasis *smartphone* ini dapat mengukur berapa daya yang terpakai dan dapat di pantau melalui aplikasi android. Alat *monitoring* daya listrik berbasis *smartphone* dapat memudahkan pengguna dalam *memonitoring*

daya listrik dengan menggunakan aplikasi pada *smartphone*. Dilihat dari hasil tabel pengukuran *cosphi* beban, dengan mengambil sample data pengukuran mesin bor, *rice cooker*, solder, setrika dan mesin pompa, beban yang terukur pada mesin tersebut akan terhubung langsung dengan aplikasi dari *smartphone*. Aplikasi *smartphone* ini bertujuan untuk memudahkan pengguna agar bisa memantau penggunaan daya listrik pada beban yang digunakan.

2.1.3 Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung Menggunakan KWH Meter dan KVARH Meter

Penelitian ini dilakukan oleh Dwi Asmono pada tahun 2019 bertujuan melihat perilaku atau pengaruh beban listrik dari tiga katagori penunjukan kWh meter dan kVARh meter. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran energi listrik tidak langsung, sehingga meter tidak disambung langsung dengan beban, melainkan melalui trafo arus/ *current transformer* (CT), sehingga hasil ukurnya harus dikalikan dengan kelipatan sesuai perbandingan trafo arusnya. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban resistif, induktif dan kapasitif secara bergantian sebagai beban, kemudian diamati putaran piringan kWh meter dan kVARh meter. Dari pengamatan putaran piringan tersebut dilakukan perhitungan energi sesuai dengan konstanta meter, juga membaca besarnya energi yang ditunjukkan oleh meter, hasil ukur terdapat perbedaan, hal ini disebabkan adanya kelas alat ukur^[4].

2.1.4 *Mirroring Display* KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM

Penelitian ini dilakukan oleh Ilham Dwi Christanto dan kawan-kawan pada tahun 2021. Pada alat yang dibuat terdapat sebuah layar memperlihatkan nilai pemakaian daya setiap bulannya yang penerapannya dapat ditempatkan di luar rumah. Alat dilengkapi dengan teknologi IOT sehingga pemakaian daya dapat dipantau dari jarak jauh. Dari hasil pengujian dan pengukuran, didapatkan informasi semakin besar nilai beban yang diterapkan pada aliran listrik, akan berefek pada nilai data seperti arus dan tegangan. Data yang didapatkan dari modul *sensor PZEM-004T* masih harus dilakukan penyesuaian agar mendekati nilai sebenarnya. Nilai rasio VA hasil pengukuran melalui modul *sensor PZEM-004T* dan alat ukur *multimeter* adalah 99,12% untuk satu beban dan 96,97% untuk dua beban. Hasil tersebut dapat digunakan untuk pemantauan pemakaian daya tiap bulannya menggunakan alat ukur yang

berbeda. Kedepannya, proses *mirroring* display dapat diterapkan pada aplikasi Android di gawai sehingga dapat memudahkan pengguna.

2.2 Perbandingan Jurnal Tugas Akhir

Perbandingan jurnal tugas akhir dapat dilihat pada Tabel 2.1. Monitor Biaya Listrik Berbasis IOT merupakan modifikasi dari penelitian-penelitian sebelumnya. Hal yang berbeda dalam Tugas Akhir ini antara lain *output* dari sistem dikonversi ke dalam bentuk nilai rupiah, serta adanya fungsi *top up* atau bayar listrik secara otomatis berbasis aplikasi android, sehingga memudahkan seseorang dalam melakukan pengisian pulsa listrik.

Tabel 2. 1 Perbandingan Jurnal TA

No.	Pembanding	Kontroller	Sensor	Tujuan
1	Jurnal 1	ESP8266	PZEM004T	Menggantikan pengukuran energi listrik yang masih manual.
2	Jurnal 2	Arduino Uno	SCT013	Memudahkan pengguna agar bisa memantau penggunaan daya listrik.
3	Jurnal 3	KWH Meter	Trafo CT	Melakukan pengukuran daya listrik menggunakan KWH Meter dan KVARH Meter.
4	Jurnal 4	ESP32 CAM	PZEM004T Split Core	Memantau pemakaian daya listrik dari jarak jauh.

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Laptop

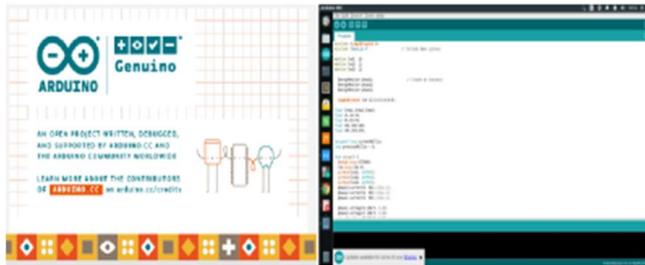
Laptop berperan sangat penting dalam pembuatan suatu alat, karena difungsikan sebagai perangkat keras yang dapat digunakan untuk mengetik program yang menjadi sistem alat. Komputer adalah salah satu alat yang dianggap sebagai barometer kemajuan teknologi, dengan inovasi-inovasinya yang canggih membuat fungsi komputer menjadikan pekerjaan manusia lebih cepat dan mudah. Di dalam laptop atau PC harus terinstal Arduino IDE sebagai *software* untuk pemrograman. *Software* tersebut beroperasi menggunakan java dan dapat berjalan di *windows*, *linux*, *ios*, dll^[5].

2.3.2 Android

Android atau ponsel merupakan perangkat keras dengan berbagai fitur dan aplikasi. Android merupakan *subset* perangkat lunak untuk perangkat mobile yang meliputi system operasi, *middleware*, dan aplikasi inti yang direlease oleh Google. Kegunaan android untuk pemrograman biasanya digunakan untuk memberikan kesan yang lebih baik dengan adanya penambahan mode IOT dengan koneksi Wi-Fi maupun *bluetooth*. Sistem android yang dapat mengakses aplikasi monitor biaya listrik berbasis IoT adalah sistem android yang beroperasi dengan android minimal android versi 8^[6].

2.3.3 Pemrograman Arduino IDE

IDE itu merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui *software* inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler^[7]. Antarmuka Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Pemrograman Arduino IDE [7].

2.3.4 Pengukuran Beban Listrik

Pengukuran beban listrik merupakan kegiatan pembacaan suatu besaran listrik dari komponen tertentu. Dalam penelitian ini, beban listrik yang diukur adalah beban perumahan, ialah beban listrik yang sebagian besar bebannya terdistribusi pada daerah perumahan. Peralatan listrik pada beban perumahan umumnya terdiri dari lampu penerangan, setrika, kipas angin, dan lain sebagainya [8]. Dalam penelitian ini, alat hanya akan beroperasi pada daya listrik semu minimal 2.200 VA dengan biaya Rp. 1.444 per kWh.

2.3.5 *Internet of things (IOT)*

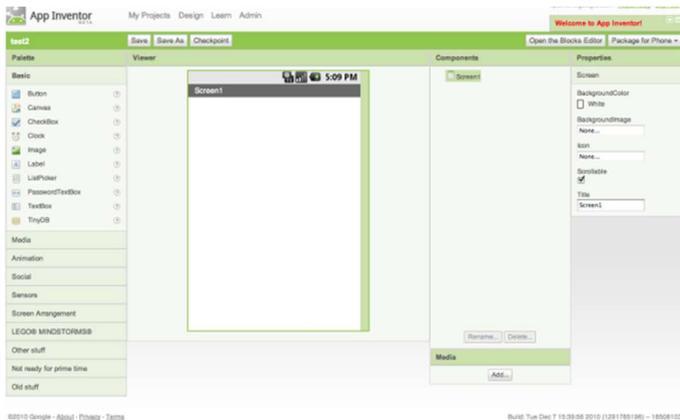
IOT adalah suatu sistem untuk mengkomunikasikan dimana objek pada kehidupan sehari-hari akan dilengkapi dengan mikrokontroler sebagai *transceiver* dan dilengkapi oleh program dari komputer pribadi yang dapat membuat mereka berkomunikasi satu sama lain. Konsep dari IOT sebenarnya bertujuan untuk membuat fungsi dari internet lebih mendalam. Misalnya peralatan rumah tangga, kamera pengintai, pemantauan *sensor*, dan sebagainya. IOT juga akan mendorong perkembangan sejumlah aplikasi untuk memberikan layanan baru kepada instansi yang dibutuhkan [9]. Gambaran skema IoT dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Internet of things (IOT) ^[9].

2.3.6 AppInventor

AppInventor merupakan aplikasi *web opensource* yang awalnya dikembangkan oleh Google, dan saat ini dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). AppInventor memungkinkan pengguna untuk menciptakan aplikasi perangkat lunak berbasis sistem operasi Android. AppInventor menggunakan antarmuka grafis yang berbasis *visual block programming* ^[10] yang memungkinkan pengguna *men-drag* dan *drop* objek visual saat proses pembuatan aplikasi dan tanpa perlu membuat kode apa pun. Antarmuka AppInventor dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 MIT AppInventor ^[10].

2.3.7 Firebase

Firebase merupakan *framework* yang sangat berguna untuk membangun aplikasi *web portable* yang ditujukan untuk keperluan bisnis. Hal tersebut tentunya membutuhkan *database* yang bersifat *realtime* sehingga ketika terdapat seseorang yang memperbarui pencatatan di *database*, maka pembaruan kemudian diteruskan kepada setiap pengguna lainnya secara instan ^[11]. *Firebase* memiliki produk utama yaitu menyediakan *database realtime* dan *backend service*. Layanan ini menyediakan pengembang aplikasi API yang memungkinkan aplikasi data yang akan disinkronisasi di klien dan disimpan di *cloud Firebase*. Gambaran atau skema *firebase* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

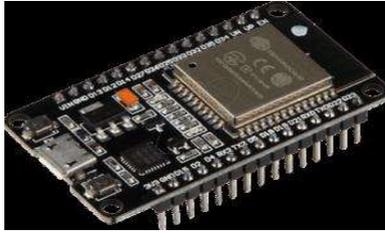


Gambar 2. 4 *Firebase* ^[11].

2.4 Komponen-Komponen Alat

2.4.1 Wi-Fi Module ESP32

Wi-Fi Module ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (*System on Chip*) terpadu dengan WiFi 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2, dan berbagai periferal. *Chip* ini menggunakan mikroprosesor 32 bit Xtensa LX6 *dual-core*. Ruang alamat untuk data dan instruksi adalah 4 GB dan ruang alamat periferal 512 kB. Memori terdiri atas 448 kB ROM, 520 kB SRAM, dua 8kB RTC *memory*, dan *flash memory* 4MB. *Chip* ini mempunyai 18 pin ADC (12-bit), empat SPI, dan dua I2C. Kelebihan utama mikrokontroler ini ialah harganya yang relatif murah, mudah diprogram, memiliki jumlah pin I/O yang memadai, serta memiliki adapter WiFi internal untuk mengakses jaringan internet ^[12]. Gambar 2.5 merupakan wujud fisik ESP32 dan Tabel 2.2 merupakan spesifikasi ESP32.



Gambar 2. 5 *Wi-Fi Module ESP32* ^[12].

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Wi-Fi Module ESP32*

No.	Spesifikasi	Nilai
1	MCU	Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
2	Wi-Fi	802.11 b/g/n HT40
3	<i>Bluetooth</i>	Bluetooth 4.2 and below
4	<i>Typical Frequency</i>	160 MHz
5	SRAM	512 kBytes
6	<i>Flash</i>	SPI Flash, up to 16 MB
7	<i>Hardware/Software PWM</i>	1/16 <i>Channels</i>
8	ADC	12 bit

2.4.2 Modul *Sensor PZEM004T*

Modul PZEM004T merupakan sebuah modul *sensor* arus dan tegangan terintegrasi yang mampu mengukur daya, tegangan dan energi pada aliran listrik. Pada penerapannya, modul ini digunakan khusus untuk penggunaan dalam ruangan (*indoor*) dan beban yang terpasang tidak melebihi kemampuan daya yang dapat ditransfer kepadanya. Modul *sensor* ini mengeluarkan *output* dengan komunikasi serial ^[13]. Gambar 2.6 merupakan wujud fisik PZEM004T dan Tabel 2.3 merupakan spesifikasi PZEM004T.



Gambar 2. 6 Modul *Sensor* PZEM004T ^[13].

Tabel 2. 3 Spesifikasi Modul *Sensor* PZEM004T

No.	Spesifikasi	Nilai
1	<i>Working Voltage</i>	80-280 VAC
2	<i>Rated Power</i>	10 A / 2200 W
3	<i>Working Frequency</i>	45-65 Hz
4	Akurasi Pengukuran	0.5 %

2.4.3 Transformator *Step down* LM2596

Transformator *Step down* merupakan transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik dan menyesuaikannya dengan kebutuhan elektronika. Transformator ini melakukan aksinya dengan merubah tegangan dan arus tanpa menimbulkan perubahan frekuensi. Modul *trafo step down* LM2596 adalah sirkuit terpadu/*integrated circuit* yang berfungsi sebagai *step down* DC *converter* dengan *current rating* 3A. Terdapat beberapa varian dari modul seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu versi *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diatur, dan versi *fixed voltage output* yang tegangan keluarannya sudah tetap / *fixed*. Pada penelitian ini menggunakan seri modul *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diubah-ubah. Keunggulan modul *step down* LM2596 dibandingkan dengan *step down* tahanan resistor / potensiometer adalah besar tegangan *output* tidak berubah (stabil) walaupun tegangan *input* naik turun ^[14]. Gambar 2.7 merupakan wujud fisik modul trafo LM2596 dan Tabel 2.4 merupakan spesifikasi modul trafo LM2596.



Gambar 2. 7 Modul Trafo *Step down* LM2596 ^[14].

Tabel 2. 4 Spesifikasi Modul Trafo *Step down* LM2596

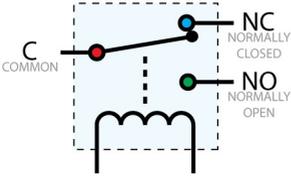
No.	Spesifikasi	Nilai
1	<i>Input Voltage range</i>	440 VDC
2	<i>Output Voltage range</i>	1.25-37 VDC adjustable
3	<i>Output Current</i>	2 A
4	<i>Voltmeter Range</i>	0 to 40 V, error +/- 0.1 V

2.4.4 Module Relay 1 Channel

Modul ini merupakan modul *relay* yang dirancang untuk *switching* satu perangkat berpower tinggi dari Arduino. Cara kerja *relay* yaitu dapat memutus dan menyambung aliran listrik dalam rangkaian. *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan armature *relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A. Kendali ON / OFF *switch (relay)*, sepenuhnya ditentukan oleh nilai *output sensor*, yang setelah diproses mikrokontroler akan menghasilkan perintah kepada *relay* untuk

melakukan fungsi ON / OFF. *Module relay* memiliki tiga saluran terminal yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 [15].

Tabel 2. 5 Saluran Terminal *Relay*

Simbol	Nama	Keterangan
	COM (<i>Common</i>)	Terminal yang harus disambungkan ke sinyal (terutama dalam penggunaan listrik) yang akan di- <i>switch</i> -kan.
	NC (<i>Normally Closed</i>)	Konfigurasi terminal yang digunakan untuk kondisi normal-tertutup. Dalam hal ini <i>relay</i> selalu tertutup hingga sinyal dari Arduino dikirim ke <i>module relay</i> untuk membuka rangkaian.
	NO (<i>Normally Open</i>)	Konfigurasi terminal yang digunakan untuk kondisi normal-terbuka. <i>Relay</i> selalu terbuka hingga adanya sinyal dari Arduino untuk menutup rangkaian.

Gambar 2.8 merupakan wujud fisik modul *relay 1 channel* dan Tabel 2.6 merupakan spesifikasi modul *relay 1 channel*.



Gambar 2. 8 *Module Relay 1 Channel* ^[15].

Tabel 2. 6 Spesifikasi *Module Relay 1 Channel*

No.	Spesifikasi	Nilai
1	<i>Operating Voltage</i>	5 V
2	<i>Signal Control</i>	TTL Level
3	<i>Max Switch Voltage</i>	250 VAC 30 VDC
4	<i>Contact action time</i>	< 10 ms

2.4.5 *Power supply*

Power supply merupakan perangkat keras yang mampu menyalurkan tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik PLN ke tegangan listrik yang lainnya. Prinsip kerja *power supply* ini yaitu menggabungkan komponen elektronika secara terus-menerus mengaktifkan dan mematikan frekuensi yang sangat tinggi. Tindakan *switching* ini menghubungkan dan memutus perangkat penyimpanan energi atau induktor atau kapasitor ke dan dari sumber *input* tegangan atau beban keluaran ^[16]. Gambar 2.9 merupakan wujud fisik *power supply* dan Tabel 2.7 merupakan spesifikasi dari *power supply*.



Gambar 2. 9 *Power supply* ^[16].

Tabel 2. 7 Spesifikasi *Power supply*

No.	Spesifikasi	Nilai
1	<i>AC input</i>	110 V / 220 V
2	<i>DC output</i>	12 Vdc
3	Arus	5 A
4	Daya	60 W

2.4.6 *Liquid Crystal Display/LCD 16x2*

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan Perangkat *display* yang paling umum dipasangkan ke pengendali, mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuan menampilkan karakter atau grafik yang lebih baik dibandingkan tampilan *7 segment* ataupun *alphanumeric* ^[17]. Prinsip kerjanya yaitu backlight LCD yang berwarna putih akan memberikan pencahayaan pada kristal cair atau *liquid crystal*. Kristal cair tersebut akan menyaring *backlight* yang diterimanya dan merefleksikannya sesuai dengan sudut yang diinginkan sehingga menghasilkan warna yang dibutuhkan. Sudut kristal cair akan berubah apabila diberikan tegangan dengan nilai tertentu. Karena dengan perubahan sudut dan penyaringan cahaya backlight pada kristal cair tersebut, cahaya *backlight* yang sebelumnya adalah berwarna putih dapat berubah menjadi berbagai warna. Jika ingin menghasilkan warna putih, maka kristal cair akan dibuka selebar-lebarnya sehingga cahaya *backlight* yang berwarna putih dapat ditampilkan sepenuhnya. Sebaliknya, apabila ingin menampilkan warna hitam, maka kristal cair harus ditutup rapat-rapatnya sehingga tidak adalah cahaya *backlight* yang dapat menembus. Dan apabila

menginginkan warna lainnya, maka diperlukan pengaturan sudut refleksi kristal cair yang bersangkutan. Gambar 2.10 merupakan wujud fisik LCD 16x2 dan Tabel 2.8 merupakan spesifikasi dari LCD 16x2.



Gambar 2. 10 *Liquid Crystal Display 16x2* ^[17].

Tabel 2. 8 Spesifikasi *Liquid Crystal Display 16x2*

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Tegangan Operasi	5 VDC
2	<i>Backlight</i>	White
3	<i>Contrast</i>	Adjustable by potentiometer on I2C interface
4	<i>Size</i>	80mm x 36mm x 20mm
5	<i>Viewable area</i>	66mm x 16mm
6	<i>I2C address</i>	2 line by 16 character