

Alat Pengendali Penggunaan Daya Listrik Berbasis Wi-Fi

Vincentius Andrew Pranata¹, Eko Syamsuddin Hasrito² dan Suraidi¹

Abstract: *Electricity has become a very important part in life. We use various kinds of equipments and most of these equipments use electricity. In order to be able to use electricity, we must subscribe and pay to the electrical company. The power that we can use will be limited. Usage over the limit will cause the electricity supply to stop. We can also save cost by reducing the electricity usage. This design and realization of a electricity usage controller will create an electricity usage controller system based on the priority of the loads and the schedule. This controller system will consist of a computer and a device. The designed device will consist of a microcontroller as the core. A Wi-Fi module will be equipped to combine the designed devices into one system if there are more than one designed device. A current sensor will be used to measure the current used the loads. The loads that will be controlled by each designed device will consist of 3 light bulbs with 100 watt each, 2 personal computers with 400 watt each, and an equivalent load to an air conditioner with 600 watt. The system is tested with 3 tests which is the testing of the priority control function, the testing of schedule control function, and the testing of current sensor function. The results of the test showed that the designed device can perform well.*

Keywords: *Control, priority, schedule*

Abstrak: *Energi listrik telah menjadi bagian yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Berbagai peralatan yang kita gunakan memerlukan energi listrik, dan untuk dapat menggunakan energi listrik, kita harus membayar kepada penyedia jasa layanan listrik. Daya listrik yang tersedia terbatas, dan penggunaan melebihi batas akan menghentikan pasokan listrik. Penghematan biaya yang harus dibayarkan juga bisa dilakukan dengan mengurangi jumlah pemakaian daya listrik. Perancangan dan realisasi alat pengendali penggunaan daya listrik ini akan merancang sebuah sistem pengendalian listrik yang berdasarkan pada tingkat prioritas beban, dan jadwal pemakaian yang telah ditentukan. Sistem pengendalian ini akan terdiri dari sebuah komputer pengendali dan alat yang dirancang. Alat yang dirancang terdiri dari sebuah mikrokontroler sebagai inti, dan dilengkapi dengan modul Wi-Fi untuk menyatukan sistem bila ada lebih dari 1 unit alat yang dirancang. Sensor arus akan digunakan untuk menghitung arus yang digunakan oleh beban-beban yang dikendalikan. Adapun beban-beban yang dikendalikan adalah lampu, pendingin ruangan (AC) dan komputer. Beban yang dikendalikan oleh tiap unit alat yang dirancang adalah 2 buah komputer desktop, 1 buah beban setara AC $\frac{3}{4}$ PK dan 3 buah lampu pijar dengan daya masing-masing 100 watt. Pengujian keseluruhan sistem dibagi menjadi 3 tahap, yaitu pengujian fungsi prioritas, pengujian fungsi penjadwalan, dan pengujian fungsi modul sensor arus. Dari ketiga tahap pengujian yang dilakukan, sistem yang dirancang disimpulkan dapat berfungsi dengan baik.*

Kata kunci: *Jadwal, pengendalian, prioritas.*

PENDAHULUAN

Energi listrik saat ini telah menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Berbagai peralatan yang diciptakan untuk membantu manusia dalam berbagai bidang kehidupan, menggunakan energi listrik sebagai sumber energinya. Semakin bertambahnya jenis peralatan yang menggunakan energi listrik mengakibatkan kebutuhan akan energi listrik juga bertambah. Namun, pertumbuhan kebutuhan listrik tersebut tidak diimbangi oleh peningkatan kapasitas pasokan [1].

Energi listrik dihasilkan dengan mengubah bentuk-bentuk energi lain seperti energi panas dan energi kinetik menjadi energi listrik. Di Indonesia, masalah kelistrikan ditangani oleh Perusahaan Listrik Negara atau PLN. Penduduk yang ingin menggunakan energi listrik harus menghubungi PLN dan membayar jasa listrik yang disediakan oleh PLN. Jumlah biaya yang harus dibayarkan tergantung dari batas daya, jenis kategori pelanggan, dan jumlah pemakaian daya oleh pelanggan. Semakin besar batas daya yang tersedia dan jumlah pemakaian daya listrik akan mengakibatkan jumlah biaya yang harus dibayarkan juga semakin besar.

PLN menggunakan *Miniature Circuit Breaker* (MCB) untuk membatasi daya yang tersedia ke pelanggannya. MCB memiliki fungsi sebagai pemutus arus listrik jika arus listrik mengalami kenaikan secara mendadak atau perlahan hingga mencapai batas maksimal kemampuan MCB [2]. Ukuran MCB untuk tiap pelanggan akan berbeda-beda, sesuai dengan jumlah daya tersedia yang diinginkan. Pelanggan akan meminta daya listrik yang sesuai kebutuhan dan tidak berlebihan untuk mengurangi biaya yang harus dikeluarkan.

Penggunaan daya listrik terkadang dapat melebihi daya yang tersedia, dan menyebabkan MCB bekerja dan memutus aliran listrik. Aliran listrik yang terputus akan menyebabkan alat-alat yang menggunakan energi listrik tidak dapat bekerja. Hal ini akan menyebabkan tertundanya atau terhentinya suatu pekerjaan yang menggunakan energi listrik, dan menyebabkan kerugian secara tidak langsung. Pencegahan agar MCB tidak bekerja dapat dilakukan dengan 2 cara. Cara pertama yaitu dengan meminta batas daya yang lebih tinggi dari PLN, sehingga jumlah daya yang tersedia menjadi lebih besar. Cara kedua dilakukan dengan memberikan prioritas pada penggunaan daya listrik, sehingga penggunaan daya listrik dapat diatur agar tidak melebihi daya yang sudah tersedia.

Pengurangan biaya yang harus dibayarkan untuk penggunaan daya listrik juga dapat dilakukan dengan cara mengurangi jumlah daya listrik yang digunakan. Tidak jarang akibat kelalaian manusia, peralatan yang tidak terpakai tidak dimatikan, atau bahkan dengan sengaja suatu peralatan dinyalakan untuk tujuan pribadi yang tidak sesuai. Contohnya adalah penggunaan komputer di perkantoran. Tidak jarang komputer dibiarkan menyala

¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara Jakarta

² BPPT Serpong Tangerang Selatan, Banten

terus setelah jam kerja selesai, akibat karyawan lupa memaatkannya, atau karena sengaja dibiarkan menyala oleh karyawan karena digunakan untuk tujuan lain, misalnya untuk *download*. Biaya yang harus dikeluarkan akibat hal ini mungkin tidak dirasakan oleh karyawan, tetapi pihak perusahaan tetap harus mengeluarkan biaya untuk pemakaian komputer diluar kegiatan operasional perusahaan tersebut.

Berdasarkan hal-hal tersebut, diperlukan sistem yang dapat mengatur pemakaian daya listrik agar MCB tidak aktif dan dapat mematikan peralatan-peralatan listrik yang digunakan di luar jam kerja yang ditentukan. Sistem ini akan membantu mencegah aktifnya MCB dan mengurangi biaya akibat pemakaian daya listrik yang tidak perlu.

Survei ini dilakukan sebanyak dua kali. Survei pertama dilakukan pada alat ciptaan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Tarumanagara, Irwan dengan NIM 525020028, yang berjudul Perancangan Sistem Pengendalian Peralatan Listrik Pada Gedung Bertingkat Secara *Wireless* dengan Berbasis *Personal Computer* dan Mikrokontroler. Alat ini dapat mematikan dan menghidupkan peralatan listrik sesuai dengan jadwal yang telah disimpan di komputer. Alat ini juga dapat mengendalikan peralatan listrik yang jaraknya jauh dari komputer dengan menggunakan gelombang radio sebagai penghubung komputer dengan modul pengendali peralatan.

Survei kedua dilakukan di Gedung Dinas Perindustrian dan Energi DKI Jakarta. Gedung ini memiliki dua cara pengendalian daya listrik. Pengendalian listrik untuk bagian dalam gedung dilakukan secara manual. Petugas akan menghidupkan atau mematikan listrik gedung melalui panel sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Listrik yang digunakan pada bagian luar gedung, didapatkan dari *solar panel*. Masing-masing *solar panel* menyuplai listrik untuk satu tiang lampu, dan tiap tiang lampu menggunakan sensor cahaya sebagai alat pengendalinya. Di lingkungan Gedung Dinas Perindustrian dan Energi DKI ini terdapat 10 titik penerangan yang menggunakan *solar panel*.

Informasi-informasi lain yang didapatkan dari survei kedua yaitu:

1. Lampu yang digunakan diperkantoran umumnya lampu *fluorescent* dengan daya 36 watt untuk tiap lampu. Tiap saklar lampu akan mengendalikan lebih dari satu lampu.
2. Besar daya rata-rata yang diperlukan oleh AC 1 PK (PK = *paardenkracht* = hp = *horse power* = tenaga kuda) adalah 750 watt, dan untuk AC 2 PK diperlukan 1400 watt.
3. Besar daya rata-rata yang digunakan untuk komputer perkantoran yang masih menggunakan monitor *Cathode Ray Tube* (CRT) adalah 400 watt, sedangkan untuk komputer yang sudah menggunakan monitor *Liquid Crystal Display* (LCD) daya rata-rata yang diperlukan adalah 300 watt.
4. Ketebalan rata-rata dari lantai gedung perkantoran bertingkat adalah 50 cm.

Alat yang dirancang adalah sebuah alat yang dapat mengendalikan penggunaan daya listrik dengan sistem prioritas dan jadwal. Alat ini akan mengendalikan penggunaan daya listrik agar tidak melebihi daya yang tersedia dan mematikan peralatan listrik sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Peralatan yang akan dikendalikan oleh alat ini yaitu AC, lampu, dan komputer. Alat ini menggunakan komputer untuk melakukan perhitungan dan tempat penyimpanan jadwal. Komputer akan mengirimkan data ke mikrokontroler, dan mikrokontroler akan mematikan peralatan sesuai dengan data yang diterima dari komputer.

Ketika pemakaian daya listrik sudah mencapai batas daya yang tersedia, dan ada beban yang ingin dioperasikan, alat akan mematikan beban-beban dengan tingkat prioritas yang lebih rendah, untuk menyediakan daya bagi beban yang ingin dioperasikan sehingga pemakaian daya tidak melebihi batas daya yang tersedia. Alat ini juga akan mematikan peralatan-peralatan listrik sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan. Apabila suatu peralatan ingin digunakan diluar jadwal yang ditentukan, pengguna dapat melaporkannya agar jadwal untuk peralatan tersebut diubah. Alat yang dibuat lebih dari satu dan dihubungkan melalui *Wi-Fi*, agar luas daerah yang dapat dikendalikan menjadi semakin luas. Penggunaan jaringan *Wi-Fi* akan membuat alat dapat tetap berhubungan, walaupun terhalang objek seperti plafon, atau tembok.

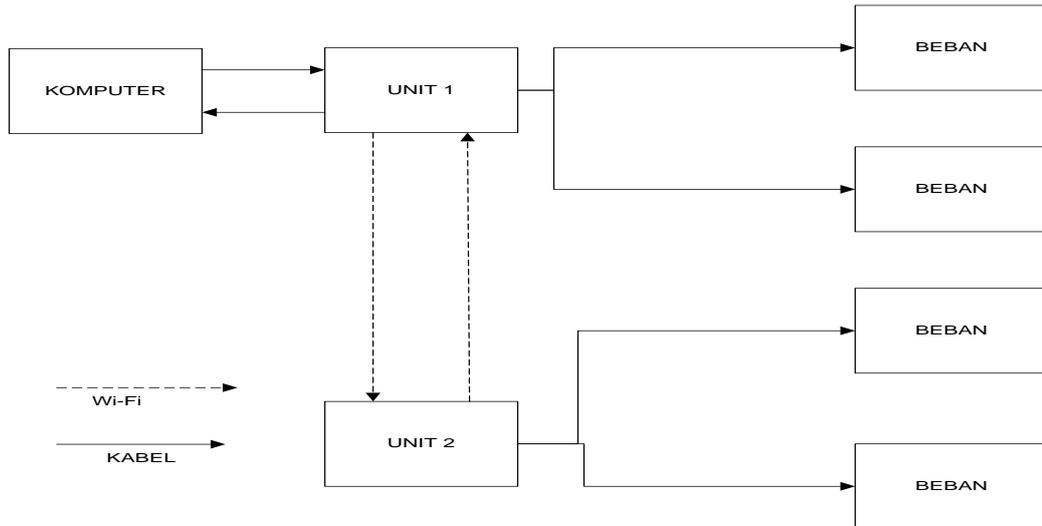
KAJIAN PUSTAKA

Alat yang dirancang oleh Penulis adalah alat pengendali penggunaan daya listrik berbasis *Wi-Fi*. Alat ini bertujuan untuk mengendalikan penggunaan daya listrik agar pemakaian tidak melebihi batas daya yang tersedia, dan mencegah pemakaian daya listrik yang tidak diperlukan. Peralatan yang dapat dikendalikan adalah lampu, AC, dan komputer. Penggunaan alat yang dirancang ini lebih ditujukan ke gedung-gedung perkantoran bertingkat, yang memiliki jumlah AC, lampu, dan komputer yang cukup banyak.

Pengendalian dilakukan berdasarkan fungsi prioritas dan jadwal penggunaan yang telah ditentukan. Prioritas masing-masing alat yang akan dikendalikan, jadwal penggunaannya, besar daya yang tersedia, dan besar daya yang diperlukan oleh tiap alat yang akan dikendalikan, telah ditentukan terlebih dahulu. Komputer pengendali akan digunakan untuk mengganti jadwal yang telah ditentukan. Sensor arus akan digunakan sebagai pembanding dalam proses perhitungan.

AC dan lampu dihubungkan ke mikrokontroler pada alat yang dirancang melalui *relay*, sedangkan komputer dihubungkan melalui modul *interface*. Alat yang dirancang akan menghitung penggunaan daya listrik dari total arus yang digunakan. Jika pemakaian daya listrik sudah mencapai batas daya yang tersedia, dan ada beban yang ingin dioperasikan, sistem akan melihat tingkat prioritas beban tersebut. Jika beban memiliki tingkat prioritas terendah, beban tidak akan dapat dioperasikan. Apabila beban memiliki tingkat prioritas yang tinggi, sistem akan mematikan beban lain yang sedang beroperasi dengan prioritas yang lebih rendah dari beban yang akan dioperasikan agar tersedia daya yang cukup. Apabila daya yang tersedia cukup, beban dapat dioperasikan seperti biasa, apabila daya tidak cukup, maka beban tidak dapat dioperasikan. Jadwal yang disimpan adalah jadwal untuk mematikan suatu beban. Beban yang sudah dimatikan sesuai jadwal tidak akan dapat dioperasikan lagi hingga batas waktu yang telah ditentukan.

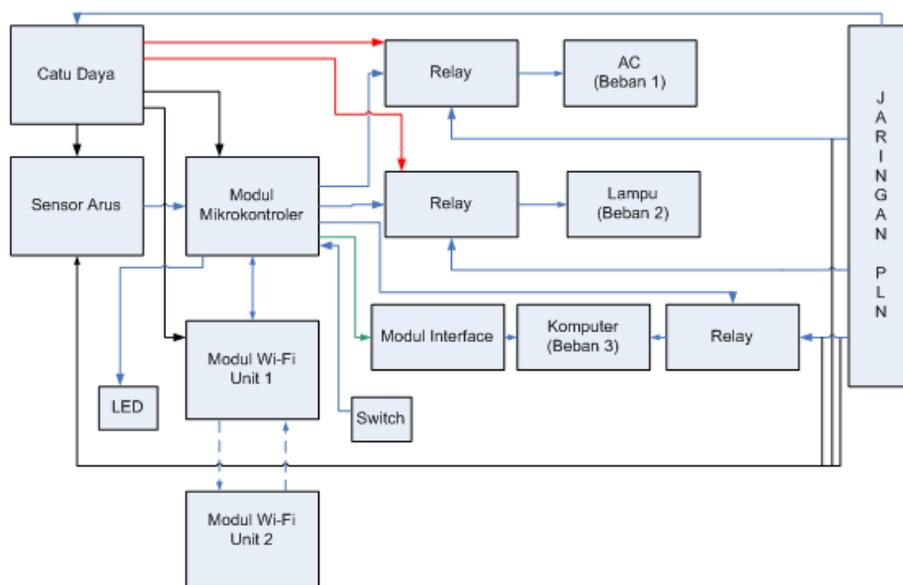
Wi-fi digunakan sebagai media komunikasi antar alat yang dirancang. Jika ada 2 unit alat yang dirancang, kedua unit alat ini akan saling berhubungan menjadi satu sistem untuk mengendalikan peralatan yang lebih banyak dan mencakup daerah yang lebih luas. Skema dasar dari alat yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 1.



■ Gambar 1. Skema Dasar dari Alat

Diagram Blok

Diagram blok dari alat yang dirancang bisa dilihat pada gambar di bawah ini. Gambar 2 ini adalah diagram blok dari 1 unit alat yang dibuat.



■ Gambar 2. Diagram Blok dari Alat

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang dikemas dalam bentuk sebuah *integrated circuit* atau IC. Fungsi mikrokontroler mirip seperti sebuah prosesor yaitu untuk mengolah data berdasarkan intruksi-intruksi

yang diberikan. Pada mikrokontroler, sudah terdapat komponen-komponen pendukung yang diperlukan agar mikrokontroler tersebut dapat bekerja dengan baik.

Beberapa komponen pendukung yang sudah terdapat dalam sebuah IC mikrokontroler adalah:

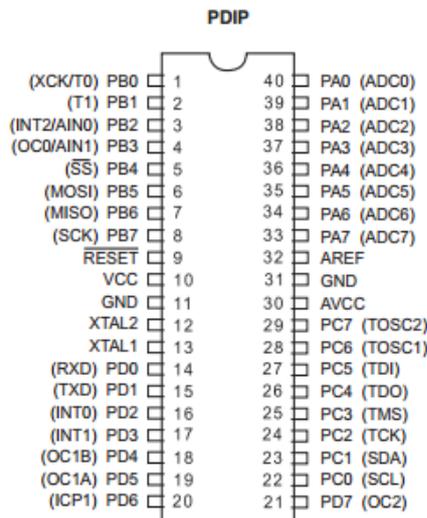
- a. CPU
CPU adalah pusat pengendali yang ada pada mikrokontroler. CPU terdiri dari *Control Unit* dan *Arithmetic Logic Unit* (ALU).
- b. Memori
Memori pada mikrokontroler berfungsi untuk menyimpan data-data yang diperlukan dalam pengoperasiannya. Data-data tersebut bisa berupa instruksi-instruksi maupun nilai-nilai variabel. Memori yang ada pada mikrokontroler terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *Random Access Memory* (RAM) dan *Read Only Memory* (ROM).
- c. I/O
I/O pada mikrokontroler adalah dalam bentuk pin-pin. Pin-pin ini dapat menjadi pin *input* maupun pin *output*. Pin *input* berarti pin tersebut berfungsi untuk menerima data dari komponen lain, sedangkan pin *output* berfungsi untuk memberikan data dari mikrokontroler ke komponen lain.
- d. Clock
Clock adalah penentu kecepatan mikrokontroler dalam mengerjakan suatu instruksi. Semakin tinggi frekuensi clock mikrokontroler, maka semakin cepat pula mikrokontroler tersebut dalam mengerjakan suatu instruksi.
- e. Analog to Digital Converter / ADC
Beberapa mikrokontroler yang ada sekarang telah dilengkapi dengan ADC di beberapa pinnya. ADC berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi digital. Dengan adanya ADC pada beberapa pin mikrokontroler, perangkat-perangkat lain yang mengeluarkan sinyal analog sebagai keluarannya dapat dihubungkan secara langsung ke mikrokontroler. Alat-alat yang mengeluarkan sinyal analog sebagai keluarannya misalnya sensor-sensor.

Berdasarkan jenis instruksinya, mikrokontroler dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *Complex Instruction Set Computers* (CISC) dan *Reduced Instruction Set Computers* (RISC). Sesuai namanya, mikrokontroler CISC menggunakan instruksi yang kompleks dalam pengoperasiannya sedangkan RISC menggunakan instruksi yang lebih sederhana dibandingkan CISC. Perbedaan instruksi yang dimaksud adalah kerumitannya. Pada CISC, instruksi yang diberikan bentuknya singkat, misalnya “*Multiply*” tetapi langkah pengerjaannya terdiri dari beberapa tahap, sedangkan pada RISC instruksi yang diberikan sangat sederhana, umumnya hanya memerlukan satu tahap dalam pengerjaannya, sehingga untuk mengerjakan suatu operasi, diperlukan instruksi yang lebih banyak dibandingkan dengan CISC.

Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengendali dari alat yang akan dirancang. Mikrokontroler akan memproses data yang diterima, dan mengeluarkan *output* sesuai dengan data *input* dan fungsi yang disimpan. Mikrokontroler yang digunakan adalah jenis ATMEGA 16 keluaran ATMEL. Mikrokontroler ini dipilih karena spesifikasinya sesuai dengan kebutuhan. Adapun spesifikasi dari mikrokontroler ATMEGA 16 yang dimaksud adalah:

- a. Termasuk dalam kategori *Reduced Instruction Set Computers* (RISC).
- b. Memiliki *Analog to Digital Converter* (ADC) 10 bit yang terdapat pada 8 pinnya, sehingga tidak diperlukan ADC tambahan.
- c. Memiliki 32 pin I/O

Gambar dari *pin out* dan bentuk fisik dari mikrokontroler ATMEGA 16 bisa dilihat pada Gambar 3.



■ Gambar 3. Pin out Mikrokontroler ATMEGA 16

Komputer

Komputer adalah alat yang dipakai untuk mengolah data menurut prosedur yang telah dirumuskan. Pada perancangan ini, komputer akan digunakan untuk mengubah jadwal yang disimpan pada mikrokontroler. Komputer terdiri dari beberapa perangkat yang dirangkai menjadi suatu sistem. Perangkat-perangkat yang ada dalam sebuah PC terbagi menjadi empat jenis yaitu:

- Perangkat Input**
Perangkat *input* berfungsi untuk memasukkan data untuk diproses oleh komputer. Beberapa contoh dari alat input misalnya *keyboard* dan *mouse*.
- Perangkat Output**
Perangkat *output* berfungsi untuk menampilkan data hasil pengolahan komputer. Beberapa contoh dari alat output misalnya *monitor*, *speaker*, dan *printer*.
- Prosesor / Central Processing Unit (CPU)**
CPU bekerja sebagai unit pemroses utama pada komputer. Seluruh data baik perintah maupun variabel-variabel yang akan diolah akan diterima oleh CPU untuk diproses.
- Perangkat Memori**
Perangkat memori pada komputer berfungsi sebagai tempat penyimpanan data. Perangkat memori secara umum terbagi menjadi 2 kategori, yaitu memori primer dan memori sekunder
Memori primer adalah memori yang diakses langsung oleh CPU. Sifat dari memori primer yaitu memiliki kecepatan yang tinggi, tetapi sifat penyimpanannya tidak permanen dan kapasitasnya relatif kecil. Data yang disimpan pada memori primer akan hilang ketika sumber daya memori dihentikan.
Memori sekunder adalah memori yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan data-data yang sedang tidak terpakai oleh CPU. Sifat dari memori sekunder yaitu kecepatannya lambat, tetapi memiliki kapasitas penyimpanan yang besar dan sifat penyimpanannya permanen.

Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk memberikan daya ke komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan ini. Tegangan keluaran dari catu daya yang diperlukan adalah sebesar 5 Volt DC dan 12 Volt DC. Beberapa komponen yang terdapat pada catu daya DC adalah:

- Trafo *step down***
Sifat dari trafo *step down* adalah, tegangan keluarannya akan lebih kecil dibandingkan tegangan input. Tegangan yang dihasilkan oleh trafo tergantung dari lilitannya. Adapun rumus hubungan antara lilitan dan tegangan adalah

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad [3] \quad (2-1)$$

dengan V_p = Tegangan Primer / Tegangan Input

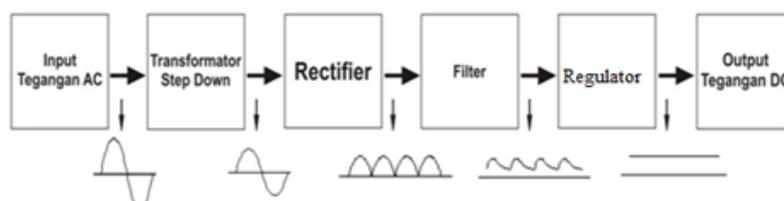
V_s = Tegangan Sekunder / Tegangan Output

N_p = Jumlah lilitan primer

N_s = Jumlah lilitan sekunder

Trafo *step down* ini berfungsi untuk menurunkan tegangan input yang didapatkan dari jaringan listrik PLN.

- Dioda Penyearah/Rectifier**
Tegangan *input* catu daya adalah tegangan bolak-balik (*Alternating Current/AC*) sedangkan yang diperlukan adalah tegangan searah (*Direct Current/DC*), sehingga diperlukan dioda penyearah. Dioda ini akan mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah.
- Voltage Regulator**
Voltage Regulator berfungsi untuk mempertahankan nilai tegangan. Nilai tegangan yang dihasilkan apabila tidak menggunakan *voltage regulator* dapat naik atau turun sehingga dapat memperpendek usia pemakaian komponen. Dengan *voltage regulator*, nilai yang dihasilkan akan menjadi konstan dan tidak naik atau turun sehingga memperpanjang usia pemakaian komponen. Secara umum, diagram blok dari catu daya yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.



■ Gambar 4. Diagram Blok Modul Catu Daya [3]

Berdasarkan Gambar 4 di atas, cara kerja dari catu daya yang dimaksud yaitu tegangan *input* yang berasal dari jaringan PLN akan diturunkan menggunakan transformator *step down*. Tegangan kemudian disearahkan menjadi tegangan DC menggunakan *rectifier*. Ada kemungkinan bahwa tegangan hasil keluaran *rectifier* masih memiliki sisa-sisa arus AC, maka diperlukan filter untuk membuang komponen *ripple* yang ada pada gelombang. Tegangan kemudian masuk ke regulator agar nilainya menjadi stabil, tidak naik ataupun turun. Tegangan keluaran regulator sudah dapat digunakan untuk komponen-komponen yang membutuhkan.

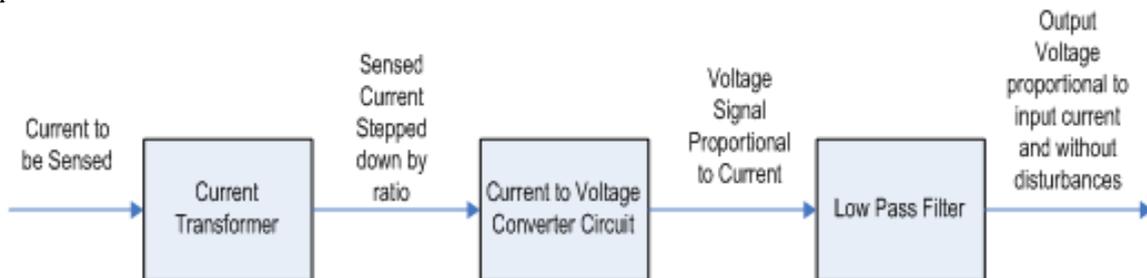
Modul catu daya yang dibuat, menggunakan regulator agar tegangan 5 volt hasil keluaran catu daya stabil, dan tidak naik turun. Regulator yang digunakan berupa IC yaitu IC Regulator LM-7805. IC ini dipilih karena dapat menghasilkan tegangan keluaran 5 V dengan toleransi kesalahan maksimal 5%. IC LM-7805 ini memiliki karakteristik yaitu tegangan inputnya harus lebih besar daripada tegangan yang ingin dihasilkan, maka tegangan input untuk IC LM-7805 harus lebih besar daripada 5 V.

Alat pengendali penggunaan daya listrik berbasis *Wi-Fi* ini menggunakan catu daya dengan keluaran 5 Vdc dan 12 Vdc. Tegangan sebesar 5 Vdc akan digunakan untuk memberikan daya kepada mikrokontroler dan modul-modul lain yang digunakan, sedangkan tegangan 12 Vdc akan digunakan untuk menyuplai daya *relay*. *Input* dari modul catu daya adalah tegangan PLN sebesar 220 Vac. Tegangan PLN sebesar 220 Vac akan diturunkan menjadi 12 Vac menggunakan transformator. Tegangan kemudian disearahkan menjadi tegangan 12 Vdc. Tegangan ini dapat digunakan langsung untuk catu daya 12 Vdc, sedangkan untuk menjadi catu daya 5 Vdc, tegangan ini perlu masuk ke IC LM7805.

Sensor Arus

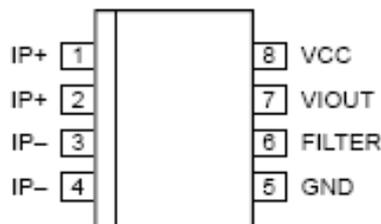
Sensor arus berfungsi untuk mengukur arus dan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan besarnya arus yang diukur. Hasil tegangan keluaran dari sensor arus ini akan menjadi input untuk mikrokontroler, sehingga mikrokontroler dapat menggunakannya sebagai bahan pembanding dalam proses perhitungan.

Sensor arus akan menghasilkan tegangan yang besarnya sesuai dengan skala dari sensor arus tersebut. Arus yang akan diukur, akan diturunkan terlebih dahulu menggunakan transformator arus bila perlu. Arus kemudian akan diubah menjadi tegangan oleh sirkuit konverter. Diagram blok dari cara kerja sensor arus dapat dilihat pada Gambar 5.



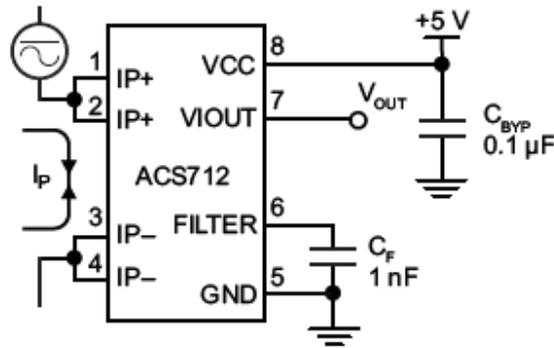
■ Gambar 5. Diagram Blok Sensor Arus[4]

Modul sensor arus menggunakan IC yang dapat mengkonversikan nilai arus yang terukur menjadi nilai tegangan yang sesuai, sehingga dapat dimengerti oleh mikrokontroler. IC yang digunakan adalah IC ACS 712ELCTR – 20A. IC ini memiliki sensitivitas sebesar 100 mV untuk tiap Amperenya. Total arus yang dapat diukur menggunakan IC ini adalah 20A. IC ini dipilih dalam perancangan ini karena kapasitas dan sensitivitas yang disediakan sudah cukup. Gambar *pinout* dari IC ACS 712ELCTR-20A dapat dilihat pada Gambar 6.



■ Gambar 6. Pinout IC ACS 712ELCTR-20A

Sensor arus digunakan untuk mengukur besarnya arus pada beban-beban yang dikendalikan. Besarnya arus akan diubah menjadi tegangan yang menjadi *input* bagi mikrokontroler. Berdasarkan tegangan *input* yang diterima, sistem menghitung besarnya daya yang sedang digunakan. Keluaran modul sensor arus sifatnya masih berupa tegangan analog, sehingga akan dihubungkan ke pin pada mikrokontroler yang memiliki ADC. Gambar dari rangkaian modul sensor arus dapat dilihat pada Gambar 7.



■ Gambar 7. Rangkaian Modul Sensor Arus

Perhitungan Daya Listrik

Ada 3 macam satuan daya listrik yaitu Volt-Ampere (VA), Volt-Ampere Reactive (VAR) dan Watt (W). Ketiga satuan daya ini memiliki hubungan satu sama lain, dimana hubungan tersebut dirumuskan dengan

$$P(W) = \cos \varphi \times S (VA) \quad (2-2)$$

$$Q(VAR) = \sin \varphi \times S(VA) \quad (2-3)$$

dengan $P(W)$ = Besarnya daya aktif dalam Watt
 $\cos \varphi$ = Faktor daya bernilai antara 0 hingga 1
 $S(VA)$ = Besarnya daya dalam VA
 $Q(VAR)$ = Besarnya daya reaktif dalam VAR

Daya listrik yang disediakan oleh PLN adalah dalam satuan VA. Daya yang digunakan oleh beban-beban yang dioperasikan adalah dalam satuan Watt, sedangkan daya dalam satuan VAR, adalah daya reaktif yang tidak berguna. Berdasarkan rumus persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai VA akan selalu lebih besar dari nilai W suatu alat, tetapi daya yang sebenarnya digunakan oleh sebuah beban adalah daya aktifnya dalam Watt, sehingga dalam perancangan, nilai beban yang digunakan adalah nilai Wattnya. Nilai daya aktif sendiri didapatkan dengan mengalikan nilai tegangan dengan nilai arus yang dipakai oleh suatu beban, atau dirumuskan sebagai

$$P(W) = V \times I \quad (2-4)$$

dengan V : nilai tegangan dalam Volt
 I : nilai arus dalam Ampere.

Pada alat ini, nilai dari tegangan yang digunakan adalah konstan yaitu sebesar 220 Volt. Nilai arus yang digunakan akan diambil berdasarkan hasil pembacaan sensor arus.

Komunikasi Data

Tujuan utama dari sebuah sistem komunikasi adalah pertukaran data atau informasi antar kedua pihak [5]. Tiga unsur utama yang menyusun sebuah sistem komunikasi adalah *transmitter*, *receiver*, dan informasi yang dikirimkan. *Transmitter* adalah pihak yang akan mengirimkan informasi, sedangkan *receiver* adalah pihak yang akan menerima informasi. Suatu sistem komunikasi dapat dikatakan bekerja dengan baik apabila informasi yang diterima oleh *receiver* sama dengan informasi yang dikirimkan oleh *transmitter*.

Berdasarkan caranya data dikirimkan, komunikasi data terbagi menjadi 2, yaitu komunikasi serial dan komunikasi paralel. Komunikasi serial adalah dimana data-data dikirimkan secara berurutan, satu persatu melalui jalur transmisi yang sama. Komunikasi paralel adalah ketika data-data dikirimkan secara bersamaan, menggunakan lebih dari 1 jalur transmisi, kemudian data dikumpulkan dan diurutkan kembali di penerima, menjadi data semula. Pada alat ini, jenis komunikasi data yang digunakan adalah komunikasi serial. Jenis komunikasi ini terjadi antara komputer dengan mikrokontroler, dan juga antar modul *Wi-Fi*.

Wi-Fi

Wi-Fi adalah sebuah teknologi yang memungkinkan peralatan elektronik untuk saling bertukar data secara nirkabel menggunakan gelombang radio. *Wi-Fi* didefinisikan sebagai sebuah jaringan lokal nirkabel yang

sesuai dengan salah satu standar 802.11 yang dikeluarkan oleh IEEE [6]. Adapun beberapa spesifikasi dari standar IEEE 802.11 dapat dilihat pada Tabel 1.

■ Tabel 1. Spesifikasi Dasar *Wi-Fi* 802.11 b, g, n.

Standar <i>Wi-Fi</i>	Frekuensi Kerja	Teknik Modulasi	Kecepatan Transfer Data Maksimum	Jangkauan <i>Indoor</i> (m)	Jangkauan <i>Outdoor</i> (m)
802.11 b	2.4 GHz	DSSS	11 Mbps	35	140
802.11 g	2.4 GHz	DSSS/OFDM	54 Mbps	38	140
802.11 n	2.4 GHz	OFDM	150 Mbps	70	250

Wi-Fi dapat ditemui pada berbagai peralatan elektronik seperti *handphone*, *music player*, mainan anak-anak, dan lain-lain. Banyaknya peralatan yang menggunakan *Wi-Fi* membuat jaringan *Wi-Fi* mudah untuk dijumpai. Pada perancangan ini, *Wi-Fi* dipilih sebagai media komunikasi antar alat yang dirancang. Informasi-informasi yang akan disalurkan berupa informasi beban-beban yang sedang aktif, pembacaan sensor arus, dan perintah untuk mematikan sebuah beban.

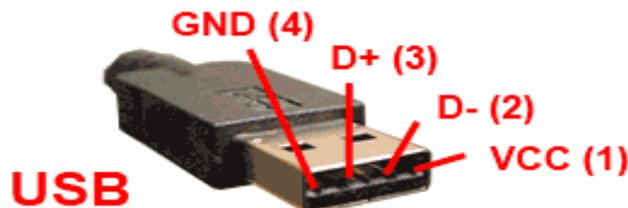
Teknik modulasi *Direct Sequences Spread Spectrum* (DSSS) adalah teknik modulasi yang mengalikan data yang ingin ditransmisikan, dengan sebuah kode *pseudo random*, yang memiliki frekuensi yang jauh lebih cepat. Kode *pseudo random* yang sama seperti yang digunakan pada transmitter juga ada pada receiver, sehingga receiver dapat mengambil data informasi yang sebenarnya. Kelebihan dari DSSS ini adalah, sebuah spektrum frekuensi dapat digunakan untuk banyak komunikasi asalkan kode *pseudo random* yang digunakan berbeda.

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) adalah teknik modulasi digital, dimana data yang ingin ditransmisikan dipecah menjadi paket-paket kecil, kemudian tiap-tiap paket dimodulasikan dengan sinyal *carrier* yang memiliki frekuensi yang berbeda-beda. Kelebihan dari penggunaan beberapa *carrier* dengan frekuensi yang berbeda daripada menggunakan *carrier* frekuensi tunggal adalah, *carrier* dengan frekuensi yang berbeda-beda lebih tahan terhadap gangguan. Sifat lain dari OFDM adalah, sinyal-sinyal *carriernya* sifatnya orthogonal satu sama lain, sehingga interferensi antar kanal tidak dapat terjadi.

Modul *Interface* USB

Universal Serial Bus (USB) adalah sebuah standar untuk port komunikasi data. USB didesain untuk menyatukan berbagai macam jenis koneksi yang sudah ada sebelumnya seperti *port* serial, *port* paralel, dan *port* PS/2. Penyatuan *port-port* menjadi satu standar akan membuat penghubungan peralatan menjadi lebih mudah dilakukan.

Jenis konektor USB ada bermacam-macam. Konektor yang berbeda-beda digunakan untuk berbagai alat yang berbeda-beda, tetapi untuk komputer, konektor yang digunakan adalah universal yaitu konektor tipe A. Modul *interface* USB digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan komputer. Jenis konektor yang digunakan adalah konektor tipe A. *Pinout* dan bentuk dari konektor USB tipe A yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar *Pin out* dan bentuk dari konektor USB tipe A yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 8.



■ Gambar 8. *Pin out* dari konektor USB tipe A

Modul Penggerak *Relay*

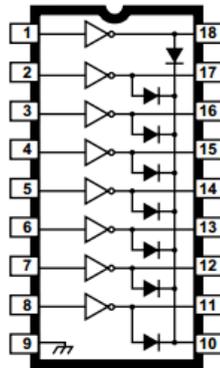
Relay adalah sebuah saklar elektronik yang dapat dikendalikan oleh rangkaian elektronik lainnya. *Relay* terdiri kumparan magnet, dan kontak. Kontak dari *relay* terbagi menjadi *common*, *normally open* (NO), dan *normally closed* (NC). Kontak *normally open* adalah kontak yang ketika *relay* tidak diberi arus listrik, tidak terhubung dengan kontak *common*, sedangkan kontak *normally closed* adalah kontak yang terhubung ke *common* ketika *relay* tidak diberi arus listrik.

Berdasarkan jumlah dari kontak *common*, NO dan NC, *relay* bisa dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- Relay Single Pole Single Throw* (SPST) yang terdiri dari 1 buah *common*, dan 1 buah NO.
- Relay Single Pole Dual Throw* (SPDT) yang terdiri dari 1 buah *common*, dan sepasang NO dan NC.
- Relay Double Pole Single Throw* (DPST) yang terdiri dari 2 buah *common* dan sepasang NO dan NC.
- Relay Double Pole Double Throw* (DPDT) yang terdiri dari 2 buah *common* dan 2 pasang NO dan NC.

Relay tidak dapat dihubungkan ke mikrokontroler secara langsung, karena tegangan keluaran mikrokontroler tidak cukup untuk menggerakkan *relay*. Rangkaian yang digunakan untuk menghubungkan *relay* ke mikrokontroler disebut sebagai modul penggerak *relay*. Modul penggerak *relay* berfungsi untuk menerima tegangan keluaran mikrokontroler dan mengatur aliran arus ke *relay* sehingga *relay* dapat bekerja dengan baik.

IC *Driver Relay ULN 2803* akan digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan *relay*. Tegangan hasil keluaran mikrokontroler akan digunakan sebagai *input* untuk menggerakkan *relay-relay* yang diperlukan. Kelebihan dari menggunakan IC ini adalah, 1 IC dapat digunakan untuk menggerakkan 8 *relay* sekaligus. Gambar *pin out* dari IC *Driver Relay ULN 2803* dapat dilihat pada Gambar 9.



■ Gambar 9. Pinout IC ULN 2803

Modul penggerak *relay* berfungsi untuk menghubungkan mikrokontroler ke beban. *Relay* mengendalikan aliran listrik ke beban. Pengendalian dilakukan dengan menggunakan IC ULN 2803 yang terhubung ke mikrokontroler dan *relay-relay*.

Perangkat Lunak

Pada perancangan ini, ada 2 jenis perangkat lunak yang dibuat. Perangkat lunak pertama yaitu perangkat lunak untuk komputer pengendali, dan yang kedua yaitu perangkat lunak untuk mikrokontroler pada alat. Perangkat lunak yang terdapat pada komputer pengendali dirancang menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic, sedangkan perangkat lunak pada mikrokontroler dirancang menggunakan bahasa *BASIC*.

Perangkat lunak yang terdapat pada komputer pengendali berfungsi sebagai penghubung *user* dengan sistem yang dirancang. Perangkat lunak ini juga berfungsi sebagai pusat kendali dan perhitungan dari sistem yang dirancang.

Perangkat lunak pada mikrokontroler dirancang agar mikrokontroler dapat menjalankan fungsi-fungsi yang diinginkan. Perangkat lunak pada mikrokontroler juga menghubungkan modul-modul yang dirancang ke komputer pengendali.

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Modul Catu daya

Pengujian modul catu daya dilakukan untuk mengetahui catu daya yang dibuat dapat menghasilkan tegangan keluaran yang stabil, dan sesuai dengan spesifikasi rancangan. Modul catu daya yang dibuat menggunakan tegangan 220 V dari jaringan PLN sebagai *input* dengan keluaran berupa tegangan 5 VDC dan 12 VDC. Pengujian dilakukan dengan dan tanpa beban.

Pengujian tanpa beban dilakukan dengan menghubungkan catu daya ke jaringan PLN, kemudian mengukur keluarannya secara langsung dengan multimeter. Pengujian tanpa beban ini dilakukan pada catu daya 5 VDC dan 12 VDC. Hasil dari pengujian catu daya tanpa beban menghasilkan tegangan keluaran catu daya 5 VDC sebesar 4.98 Volt dan catu daya 12 VDC sebesar 13.1 Volt.

Pengukuran dengan beban dilakukan pada catu daya 5 VDC dan 12 VDC. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan beban berupa tahanan ke catu daya, dan mengukur tegangannya. Nilai-nilai tahanan yang digunakan untuk menguji catu daya akan disesuaikan dengan beban alat yang dirancang. Nilai tahanan dari alat yang dirancang didapatkan dengan menghubungkan alat yang dirancang ke modul catu daya, kemudian mengukur arus dan tegangannya. Hasil pengujian modul catu daya 5 VDC dengan beban dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengujian catu daya 12 VDC dengan beban dilakukan dengan menghubungkan multimeter ke rangkaian dengan resistor yang nilainya sesuai dengan tahanan kumparan *relay* yaitu 180 Ohm. Jumlah resistor yang digunakan kemudian ditambah secara paralel hingga mencapai 6 buah seperti jumlah *relay* yang digunakan. Hasil pengujian modul catu daya 12 VDC dengan beban dapat dilihat pada Tabel 3.

■ **Tabel 2.** Hasil Pengujian Modul Catu Daya 5 VDC dengan Beban

No.	Beban yang digunakan	Tegangan Keluaran Catu Daya 5 Volt
1	20 ohm	4.92 Volt
2	30 Ohm	4.86 Volt
3	40 Ohm	4.95 Volt
4	50 Ohm	4.93 Volt
5	60 Ohm	4.87 Volt

■ **Tabel 3.** Hasil Pengujian Modul Catu Daya 12 VDC dengan Beban

No	Nilai tahanan yang digunakan	Tegangan keluaran catu daya
1	180 Ohm	13.01 Volt
2	90 Ohm	12.82 Volt
3	60 Ohm	12.53 Volt
4	45 Ohm	12.41 Volt
5	36 Ohm	12.16 Volt
6	30 Ohm	11.88 Volt

Modul Mikrokontroler

Pengujian modul mikrokontroler dilakukan untuk melihat apakah mikrokontroler dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan membuat sebuah program sederhana yang membuat pin-pin mikrokontroler mengeluarkan logika *high* dan *low* secara bergantian. Program kemudian *download* ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian dimasukkan ke rangkaian, dan *logic probe* dihubungkan ke tiap-tiap pin dari mikrokontroler. Hasil pengujian modul mikrokontroler dapat dilihat pada Tabel 4.

■ **Tabel 4.** Hasil Pengujian Modul Mikrokontroler

Pin	Logika	Pin	Logika	Pin	Logika	Pin	Logika
A0	<i>High</i>	B0	<i>High</i>	C0	<i>High</i>	D0	<i>Low</i>
A1	<i>High</i>	B1	<i>High</i>	C1	<i>Low</i>	D1	<i>High</i>
A2	<i>High</i>	B2	<i>Low</i>	C2	<i>High</i>	D2	<i>Low</i>
A3	<i>High</i>	B3	<i>Low</i>	C3	<i>Low</i>	D3	<i>High</i>
A4	<i>Low</i>	B4	<i>High</i>	C4	<i>High</i>	D4	<i>Low</i>
A5	<i>Low</i>	B5	<i>High</i>	C5	<i>Low</i>	D5	<i>High</i>
A6	<i>Low</i>	B6	<i>Low</i>	C6	<i>High</i>	D6	<i>Low</i>
A7	<i>Low</i>	B7	<i>Low</i>	C7	<i>Low</i>	D7	<i>High</i>

Modul Sensor Arus

Pengujian modul sensor arus dilakukan untuk melihat apakah modul sensor arus dapat bekerja dengan baik, sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan modul sensor arus ke sebuah rangkaian yang terdiri dari sebuah catu daya dan sebuah beban. Multimeter kemudian diukur untuk mengukur arus yang mengalir pada rangkaian dan tegangan keluaran sensor. Hasil pengujian modul sensor arus dapat dilihat pada Tabel 5.

■ **Tabel 5.** Hasil Pengujian Modul Sensor Arus

No.	Arus Multimeter (A)	Tegangan Sensor Arus (V)	Tegangan Hasil Perhitungan (V)	% Toleransi
1	0.45	0.05	0.045	11.11
2	1.5	0.15	0.15	0
3	2.27	0.23	0.227	1.32
4	2.6	0.27	0.26	3.8
5	3	0.32	0.3	6.66
				Rata-rata: 4.58%

Modul Penggerak Relay

Pengujian modul penggerak *relay* dilakukan untuk mengetahui apakah modul penggerak *relay* yang dirancang dapat berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memberikan *input* pada IC ULN 2803 berupa logika *high* atau *low*, kemudian mengukur nilai tahanan *relay* dengan menggunakan multimeter. Modul

penggerak relay dibuat agar *relay* terbuka ketika IC ULN 2803 mendapatkan *input low*, dan tersambung ketika IC ULN 2803 mendapat *input high*. Hasil pengujian modul penggerak *relay* dapat dilihat pada Tabel 6.

■ **Tabel 6.** Hasil Pengujian Modul Penggerak *Relay*

No.	Logika <i>Input</i> ULN 2803	Nilai Tahanan <i>Relay</i>
1	<i>High</i>	0 Ohm
2	<i>Low</i>	Mendekati tak terhingga

Modul *Wi-Fi*

Pengujian modul *Wi-Fi* dilakukan untuk mengetahui berapa jarak maksimal dari modul *Wi-Fi* yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan kedua modul *Wi-Fi* ke kedua modul mikrokontroler. Program sederhana dibuat untuk kedua mikrokontroler, agar kedua mikrokontroler dapat saling mengirimkan data melalui modul *Wi-Fi*. *Switch* pada mikrokontroler 1 akan mengubah LED pada mikrokontroler 2, dan berlaku sebaliknya. Kedua unit mikrokontroler diletakkan tanpa ada penghalang dengan jarak tertentu. Jarak kedua mikrokontroler akan terus ditambah hingga didapat jarak dimana salah satu *switch* tidak dapat mengubah LED yang bersangkutan. Hasil dari pengujian modul *Wi-Fi* yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 7.

■ **Tabel 7.** Hasil Pengujian Modul *Wi-Fi* Tanpa Penghalang

No	Jarak kedua mikrokontroler	Status koneksi kedua mikrokontroler
1	1 Meter	Terhubung
2	2 Meter	Terhubung
3	3 Meter	Terhubung
4	4 Meter	Terhubung
5	5 Meter	Terhubung
6	6 Meter	Terputus
7	7 Meter	Terputus

Pengujian modul *Wi-Fi* dengan penghalang juga dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal modul *Wi-Fi* jika terdapat penghalang diantara keduanya. Penghalang yang digunakan adalah tembok semen dengan ketebalan 20 cm. Pengujian dilakukan sama seperti pengujian tanpa penghalang. Hasil pengujian modul *Wi-Fi* dengan penghalang dapat dilihat pada Tabel 8.

■ **Tabel 8.** Hasil Pengujian Modul *Wi-Fi* Dengan Penghalang

No	Jarak kedua mikrokontroler (dengan penghalang 20cm)	Status koneksi kedua mikrokontroler
1	1 Meter	Terhubung
2	2 Meter	Terhubung
3	3 Meter	Terputus

Dari hasil pengujian modul *Wi-Fi* yang dilakukan, diketahui jarak maksimal agar modul *Wi-Fi* dapat saling terhubung dengan baik ketika tanpa halangan adalah sebesar 5 meter, sedangkan ketika diberi penghalang berupa tembok semen dengan ketebalan 20 cm, jarak maksimalnya berkurang menjadi 2 meter. Ketika jarak kedua mikrokontroler melebihi 5 meter ketika tanpa penghalang dan 2 meter ketika diberi penghalang, kedua modul *Wi-Fi* sudah tidak terhubung yang ditandai ketika *switch* pada mikrokontroler 1 digeser, LED pada mikrokontroler 2 tidak berubah, dan sebaliknya.

Pengujian dan Analisis Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan beban-beban yang akan dikendalikan ke alat yang dirancang. Salah satu unit alat yang dirancang dihubungkan ke komputer pengendali. Sistem kemudian dihubungkan ke jaringan PLN. Kondisi dari sistem yang dirancang ketika dilakukan pengujian adalah:

Daya Tersedia: 3000 Watt

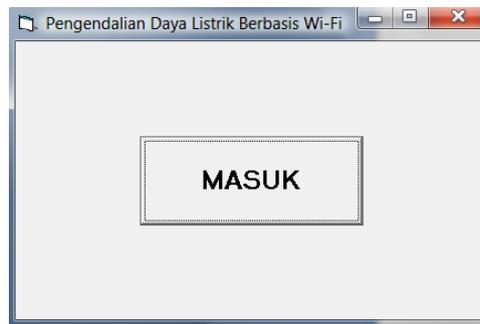
Konsumsi Daya Masing-masing Beban:

1. Komputer = 400 Watt
2. Lampu = 100 Watt
3. Beban setara AC $\frac{3}{4}$ PK = 600 Watt

Tingkat Prioritas Alat:

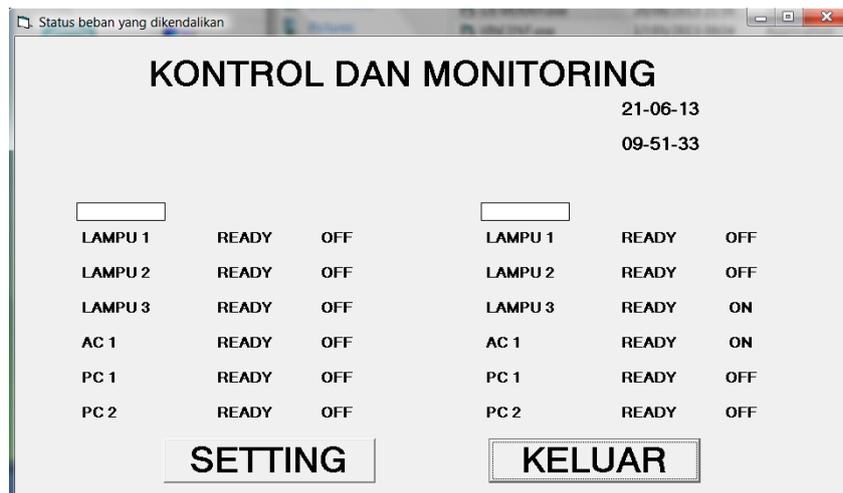
1.	KOMPUTER	21	(400 W)
2.	AC	2	(600 W)
3.	LAMPU	21	(100 W)
4.	KOMPUTER	11	(400 W)
5.	KOMPUTER	12	(400 W)
6.	AC	1	(600 W)
7.	LAMPU	11	(100 W)
8.	LAMPU	12	(100 W)
9.	KOMPUTER	22	(400 W)
10.	LAMPU	22	(100 W)
11.	LAMPU	23	(100 W)
12.	LAMPU	13	(100 W)

Program yang ada pada komputer pengendali dijalankan setelah seluruh sistem sudah terhubung. Pada tampilan awal program, pengguna akan mengklik tombol “MASUK”. Gambar dari tampilan awal program dapat dilihat pada Gambar 10.



■ Gambar 10. Tampilan Awal Program Pada Komputer Pengendali

Program kemudian akan menampilkan tampilan utama yang berisi status dari tiap-tiap beban yang dikendalikan. Status yang ditampilkan yaitu kondisi suatu beban sedang menyala atau tidak, dan apakah suatu beban dapat langsung dinyalakan atau tidak. Gambar dari tampilan utama program komputer pengendali dapat dilihat pada Gambar 11.

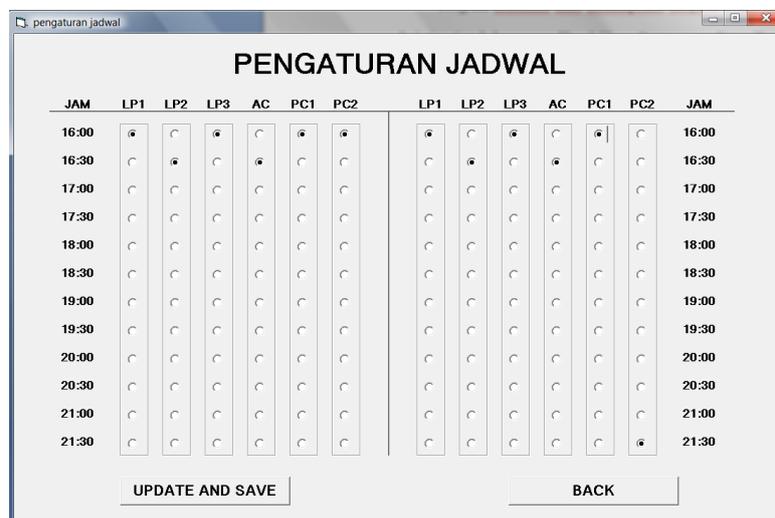


■ Gambar 11. Tampilan Utama Program Komputer Pengendali

Tombol “SETTING” yang ada pada tampilan utama program berfungsi untuk mengubah jadwal suatu beban akan dimatikan. Ketika tombol “SETTING” diklik, maka program akan menampilkan tampilan pengaturan jadwal seperti yang terlihat pada Gambar 12.

Setelah mengatur jadwal, pengendali harus mengklik “UPDATE AND SAVE” untuk menyimpan jadwal tersebut, kemudian “BACK” untuk kembali ke tampilan utama. Pengujian pertama dilakukan untuk menguji fungsi tingkat prioritas sistem. Pengujian dilakukan dengan menyalakan beban satu persatu hingga daya yang tersedia tidak cukup lagi, dan sistem terpaksa mematikan beban lain dengan tingkat prioritas yang lebih rendah. Pengoperasian dilakukan dengan menggeser *switch* tiap-tiap beban. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyalakan beban: Komputer 22 + Komputer 21 + AC 2 + Komputer 11 + Komputer 12 + AC 1 + Lampu 23 + Lampu 13 + Lampu 22
 Hasil: Sistem mematikan Lampu 13 dan menyalakan Lampu 22 karena penggunaan daya sudah mencapai batas 3000 W dan Lampu 22 memiliki tingkat prioritas yang lebih tinggi dibanding Lampu 13.
2. Dari kondisi akhir pengujian pertama, yaitu: Komputer 22 + Komputer 21 + AC 2 + Komputer 11 + Komputer 12 + AC 1+ Lampu 23 + Lampu 22, dilanjutkan dengan pengoperasian Lampu 21.
 Hasil: Sistem mematikan Lampu 23 dan menyalakan Lampu 21 karena penggunaan daya sudah mencapai batas 3000 W dan Lampu 21 memiliki tingkat prioritas lebih tinggi dibanding Lampu 23.
3. Dari kondisi akhir pengujian kedua, yaitu: Komputer 22 + Komputer 21 + AC 2 + Komputer 11 + Komputer 12 + AC 1+ Lampu 21 + Lampu 22, dilanjutkan dengan pengoperasian Lampu 11.
 Hasil: Sistem mematikan Lampu 22 dan menyalakan Lampu 11 karena penggunaan sudah mencapai batas 3000 W dan Lampu 11 memiliki tingkat prioritas yang lebih tinggi daripada Lampu 22.
4. Dari kondisi akhir pengujian ketiga, yaitu: Komputer 22 + Komputer 21 + AC 2 + Komputer 11 + Komputer 12 + AC 1+ Lampu 21 + Lampu 11, dilanjutkan dengan pengoperasian Lampu 12.
 Hasil: Sistem mematikan Komputer 22 dan menyalakan Lampu 12, Lampu 22, Lampu 23, dan Lampu 13, karena penggunaan sudah mencapai batas 3000 W, dan Lampu 12 memiliki tingkat prioritas yang lebih tinggi daripada Komputer 22. Ketika Komputer 22 mati, tersedia daya sebesar 400 W yang digunakan 100 W untuk menyalakan Lampu 12. Sisa daya sebesar 300 W kemudian digunakan untuk menyalakan lampu-lampu yang tadinya dimatikan yaitu Lampu 22, Lampu 23, dan Lampu 13.



■ Gambar 12. Tampilan Pengaturan Jadwal

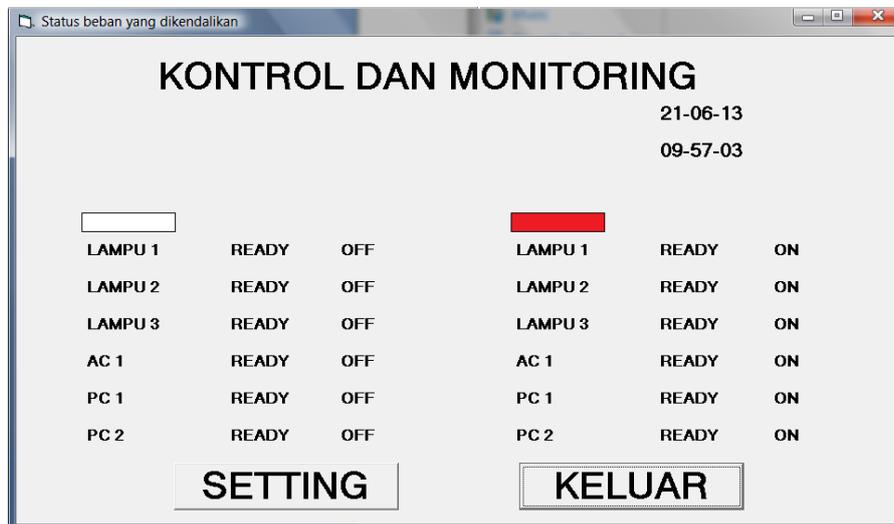
Hasil dari pengujian fungsi tingkat prioritas sistem menunjukkan bahwa fungsi tingkat prioritas sistem dapat bekerja dengan baik, karena sistem dapat mematikan beban dengan prioritas yang lebih rendah, untuk menyediakan daya bagi beban lain dengan tingkat prioritas yang lebih tinggi, ketika ingin dioperasikan.

Pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi penjadwalan yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara menentukan waktu tiap beban akan dimatikan, dan memeriksa apakah beban dimatikan tepat pada waktunya. Rincian dari pengujian kedua dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

■ Tabel 9. Rincian Pengujian Sistem Penjadwalan

No.	Beban yang sedang aktif	Waktu mati yang ditentukan	Waktu semua beban mati
1	Komputer 22, semua lampu, semua beban setara AC	16.00	16.00.45
2	Komputer 21, komputer 22, semua lampu, semua beban setara AC	16.30	16.31.30
3	Semua lampu, Semua beban setara AC	Seluruh lampu dan beban setara AC pada Unit 1 pada pukul 16.00 dan untuk semua lampu dan beban setara AC pada Unit 2 pada pukul 16.30	Semua beban Unit 1 mati pada pukul 16.00, dan semua beban Unit 2 mati pada pukul 16.30

Pengujian ketiga dilakukan untuk mengetahui apakah modul sensor arus yang dirancang dapat berfungsi seperti yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan 2 buah komputer *desktop*, 3 buah lampu pijar 100 watt, dan 2 buah beban setara AC ke sebuah unit alat yang dirancang, kemudian dioperasikan. Total daya dari seluruh beban yang disambungkan adalah 2300 watt. Batas daya yang disediakan untuk satu unit alat yang dirancang adalah sebesar 1700 watt. Modul sensor arus yang dirancang dianggap dapat bekerja dengan baik apabila indikator kelebihan beban yang ada pada tampilan utama program komputer pengendali berubah menjadi merah. Gambar dari tampilan utama program komputer pengendali, ketika indikator kelebihan beban aktif, dapat dilihat pada Gambar 13.



■ Gambar 13. Tampilan Utama Program Ketika Indikator Aktif

Dapat dilihat pada gambar, indikator disebelah kiri adalah indikator normal ketika tidak ada kelebihan daya, sedangkan disebelah kanan adalah ketika indikator aktif. Pada saat pengujian, beberapa kali terjadi asinkronisasi. Kondisi asinkronisasi yang dimaksud ditandai dengan program pada komputer pengendali tidak lagi mengenal perubahan *switch* yang dilakukan. Kondisi beban yang sedang aktif atau nonaktif tidak dapat lagi diubah. Cara mengatasi asinkronisasi yang terjadi adalah dengan melakukan prosedur *reset*. Prosedur *reset* yang dimaksud adalah dengan menekan tombol *reset* yang ada pada kedua mikrokontroler, dan keluar dari program komputer pengendali. Program kemudian dijalankan kembali seperti biasa.

KESIMPULAN

Fungsi pengendalian dan penjadwalan yang dirancang dapat berfungsi dengan baik karena dapat mematikan beban sesuai dengan tingkat prioritas dan jadwal yang telah ditentukan. Penghalang berupa tembok semen setebal 20 cm dapat menurunkan jangkauan modul *Wi-Fi* dari 5 meter menjadi 2 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Keharusan Untuk Keluar Dari Krisis Listrik”, <http://www.danareksaresearch.com/node/292> (30 Oktober 2012 pukul 19:24)
- [2] T. Linsley, *Instalasi Listrik Dasar 3 3rd Ed.* Jakarta: Erlangga, 2004.
- [3] R.L.Boylestad & L. Nashelsky, “*Electronic Devices And Circuit Theory*”, 10th ed, NJ: Pearson International Edition, 2009. Halaman: 677 dan 773.
- [4] ”*Electrical Project On Current Sensing Card*”, <http://www.finalyearproject.com/2012/08/ElectricalProjectCurrentSensing-Card.html> (2 Desember 2012 pukul 19:18)
- [5] W. Stallings, “*Data and Computer Communications*”, 8th ed, NJ: Pearson Prentice Hall, 2007. Halaman: 7.
- [6] B.A. Forouzan, “*Data Communications & Networking*”, 4th ed, NY: McGraw Hill, 2007.