



TUGAS AKHIR - TE 141599

***BUILDING AUTOMATION SYSTEM* BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MONITORING DAN
KONTROL ENERGI**

Nurin Fadilla
NRP 2211100098

Dosen Pembimbing
Suwito, ST., MT.
Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE 141599

**BUILDING AUTOMATION SYSTEM BASED ON
MICROCONTROLLER FOR ENERGY MONITORING AND
CONTROL**

Nurin Fadilla
NRP 2211100098

Supervisor
Suwito, ST., MT.
Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**BUILDING AUTOMATION SYSTEM BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MONITORING DAN
KONTROL ENERGI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Suwito, ST., MT.

NIP. 198101052005011004



Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

NIP. 196512111990021002

**SURABAYA
JULI, 2015**

**BUILDING AUTOMATION SYSTEM BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MONITORING DAN KONTROL
ENERGI**

Nama : Nurin Fadilla
Pembimbing I : Suwito, ST., MT.
Pembimbing II : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

ABSTRAK

Building Automation System (BAS), suatu contoh dari *Distributed Control System* (DCS), adalah infrastruktur jaringan komunikasi yang digunakan untuk mengatur layanan bangunan seperti monitoring dan kontrol penerangan atau temperatur untuk penghematan energi dan biaya pemeliharaan. Suatu bangunan yang dikontrol oleh BAS sering disebut sistem bangunan cerdas.

BAS dapat diimplementasikan untuk manajemen energi di kelas dengan perangkat elektronik lampu dan *Air Conditioner* (AC). Pada waktu yang ditentukan dari jadwal perkuliahan, kelas mulai dikondisikan dengan suhu AC pada batas maksimal. Sistem dapat disesuaikan dengan absensi dosen menggunakan *Radio Frequency Identification* (RFID) sehingga lampu menyala dan suhu AC diturunkan hingga suhu tertentu. Sementara itu, di *control room* terdapat *Human Machine Interface* (HMI) untuk monitoring dan kontrol berdasarkan data absensi dan power meter. Operator berhak melakukan mode kontrol terpusat atau pengaturan dilakukan secara otomatis dengan mikrokontroler arduino di kelas. Dengan perancangan BAS di kelas, diharapkan efisiensi penggunaan energi listrik dapat meningkat.

Dari pengujian keseluruhan sistem, BAS dapat digunakan untuk otomasi berdasarkan kondisi kelas aktif. Dari hasil pengujian sensor daya, didapatkan selisih rata-rata 3,49% terhadap wattmeter analog. Dari pengujian dengan empat kartu, RFID mempunyai akurasi 100% dengan jarak maksimal 6 cm. Waktu RTC terhadap waktu sebenarnya mempunyai akurasi data 99,99%. Kemampuan sistem dalam menjalankan output kontrol adalah 100%. Komunikasi antara HMI dengan sistem mikrokontroler dengan RS485 dan RS232 sukses dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%.

Kata kunci : *Air Conditioner*, BAS, Energi, HMI, Kelas, Lampu.

**BUILDING AUTOMATION SYSTEM BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MONITORING DAN KONTROL
ENERGI**

Nama : Nurin Fadilla
Pembimbing I : Suwito, ST., MT.
Pembimbing II : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

ABSTRAK

Building Automation System (BAS), suatu contoh dari *Distributed Control System* (DCS), adalah infrastruktur jaringan komunikasi yang digunakan untuk mengatur layanan bangunan seperti monitoring dan kontrol penerangan atau temperatur untuk penghematan energi dan biaya pemeliharaan. Suatu bangunan yang dikontrol oleh BAS sering disebut sistem bangunan cerdas.

BAS dapat diimplementasikan untuk manajemen energi di kelas dengan perangkat elektronik lampu dan *Air Conditioner* (AC). Pada waktu yang ditentukan dari jadwal perkuliahan, kelas mulai dikondisikan dengan suhu AC pada batas maksimal. Sistem dapat disesuaikan dengan absensi dosen menggunakan *Radio Frequency Identification* (RFID) sehingga lampu menyala dan suhu AC diturunkan hingga suhu tertentu. Sementara itu, di *control room* terdapat *Human Machine Interface* (HMI) untuk monitoring dan kontrol berdasarkan data absensi dan power meter. Operator berhak melakukan mode kontrol terpusat atau pengaturan dilakukan secara otomatis dengan mikrokontroler arduino di kelas. Dengan perancangan BAS di kelas, diharapkan efisiensi penggunaan energi listrik dapat meningkat.

Dari pengujian keseluruhan sistem, BAS dapat digunakan untuk otomasi berdasarkan kondisi kelas aktif. Dari hasil pengujian sensor daya, didapatkan selisih rata-rata 3,49% terhadap wattmeter analog. Dari pengujian dengan empat kartu, RFID mempunyai akurasi 100% dengan jarak maksimal 6 cm. Waktu RTC terhadap waktu sebenarnya mempunyai akurasi data 99,99%. Kemampuan sistem dalam menjalankan output kontrol adalah 100%. Komunikasi antara HMI dengan sistem mikrokontroler dengan RS485 dan RS232 sukses dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%.

Kata kunci : *Air Conditioner*, BAS, Energi, HMI, Kelas, Lampu.

BUILDING AUTOMATION SYSTEM BASED ON MICROCONTROLLER FOR ENERGY MONITORING AND CONTROL

***Name : Nurin Fadilla
Supervisor : Suwito, ST., MT.
Co-Supervisor : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.***

ABSTRACT

Building Automation System (BAS), an example of a Distributed Control System (DCS), is a communication network infrastructure which is used to manage building services like lighting and temperature monitoring and control for energy saving and maintenance cost. A building controlled by a BAS is often referred to as an intelligent building system.

BAS can be implemented for energy management in classes with electronic devices, lamp and Air Conditioner (AC). At the specified hour from course schedule, each class is set with maximum temperature. The system can be built according to lecturers' absences using Radio Frequency Identification (RFID), so the lighting is set and the AC temperature is set cooler. Meanwhile, in a control room, there is a Human Machine Interface (HMI) for monitoring and control based on data of absence and power meter. An operator has the right to do the control mode centralized or automatized with arduino in classes. With the implementation of BAS for lamp and AC in classes, it is expected that the energy efficiency is enhanced.

From the experiments of the overall system, BAS could be used for automation based on active class condition. From the experiments of power sensor, it's been known that the average differential to a wattmeter analog was 3.49%. It's been experimented with four tags and the RFID's accuracy was 100% with the maximum distance of 6 cms. The time of RTC compared to the real time had the accuracy of 99.99%. The system's responsibility in the executions of the output control was 100%. The communication between HMI and the microcontroller system using RS485 and RS232 succeeded with the success rate of 100%.

Keywords : Air conditioner, BAS, Class, Energy, HMI, Lamp.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur tiada henti penulis haturkan kepada Tuhan semesta alam, Allah SWT, atas seluruh limpahan rahmat, karunia, dan hidayahNya selama ini sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam mengerjakan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan berbagai macam bantuan dan doa, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih atas bantuannya dan semoga Allah membalasnya dengan sebaik-baik balasan,

- Bapak, Ibu, adik-adik, serta seluruh keluarga yang memberikan dukungan baik moril maupun materil.
- Bapak Suwito, ST, MT., selaku dosen pembimbing pertama, yang tanpa bimbingan beliau, tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik.
- Bapak Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., selaku dosen pembimbing kedua, yang juga karena bimbingan beliau, tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
- Tasripan, Ir. MT. selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika dan dosen wali yang memberikan begitu banyak motivasi dan inspirasi.
- Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya.
- Seluruh dosen bidang studi elektronika dan seluruh dosen Teknik Elektro ITS.
- Teman-teman seperjuangan asisten laboratorium elektronika.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna. Saran dan kritik yang membangun senantiasa penulis terima guna pengembangan lebih lanjut. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi semua pihak yang ingin mengembangkan BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

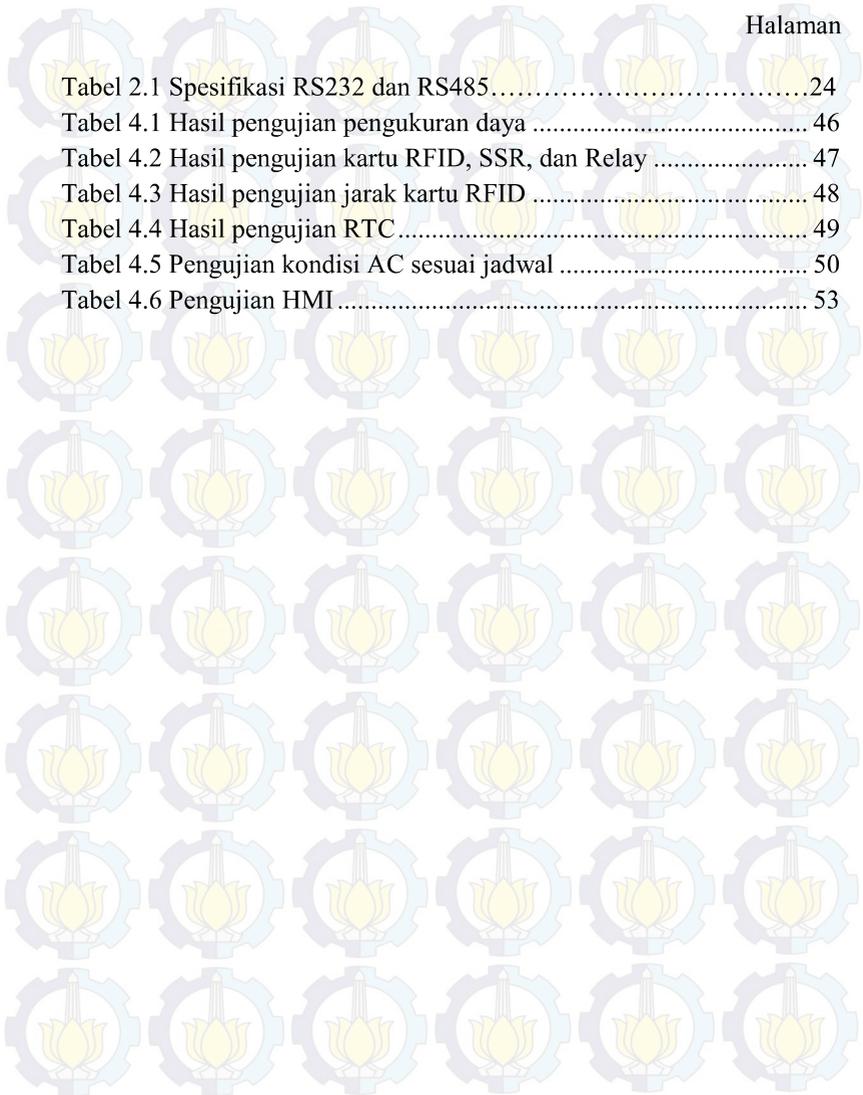
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Definisi Eco-Campus	7
2.1.2 Building Automation System (BAS)	8
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Electronic Energy Meter XTM75SA	11
2.2.2 Solid State Relay (SSR)	14
2.2.3 Mikrokontroler Arduino	15
2.2.4 RFID	18
2.2.5 Real Time Clock (RTC) DS1307	19
2.2.6 Protokol Modbus	21
2.2.7 RS232 dan RS485	23
2.2.7 Touch screen MT8070iH	25
BAB III PERANCANGAN SISTEM	29

3.1 Diagram Blok Sistem	29
3.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	30
3.2.1 Rangkaian Sensor Daya.....	31
3.2.2 Rangkaian RFID.....	33
3.2.3 Rangkaian Sistem Mikrokontroler.....	34
3.2.4 Rangkaian LCD	35
3.2.5 Perangkat yang Dikontrol.....	35
3.2.6 Rangkaian HMI	36
3.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	36
3.3.1 Perancangan Program Utama Mikrokontroler.....	36
3.3.2 Perancangan <i>Interface</i> dengan EasyBuider8000	41
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS	45
4.1 Pengujian Pengukuran Daya	45
4.2 Pengujian RFID, LCD Display, SSR, dan Relay	46
4.3 Pengujian RTC	48
4.4 Pengujian Ketepatan Jadwal.....	50
4.5 Pengujian HMI	51
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN	59
BIODATA PENULIS.....	67

DAFTAR TABEL

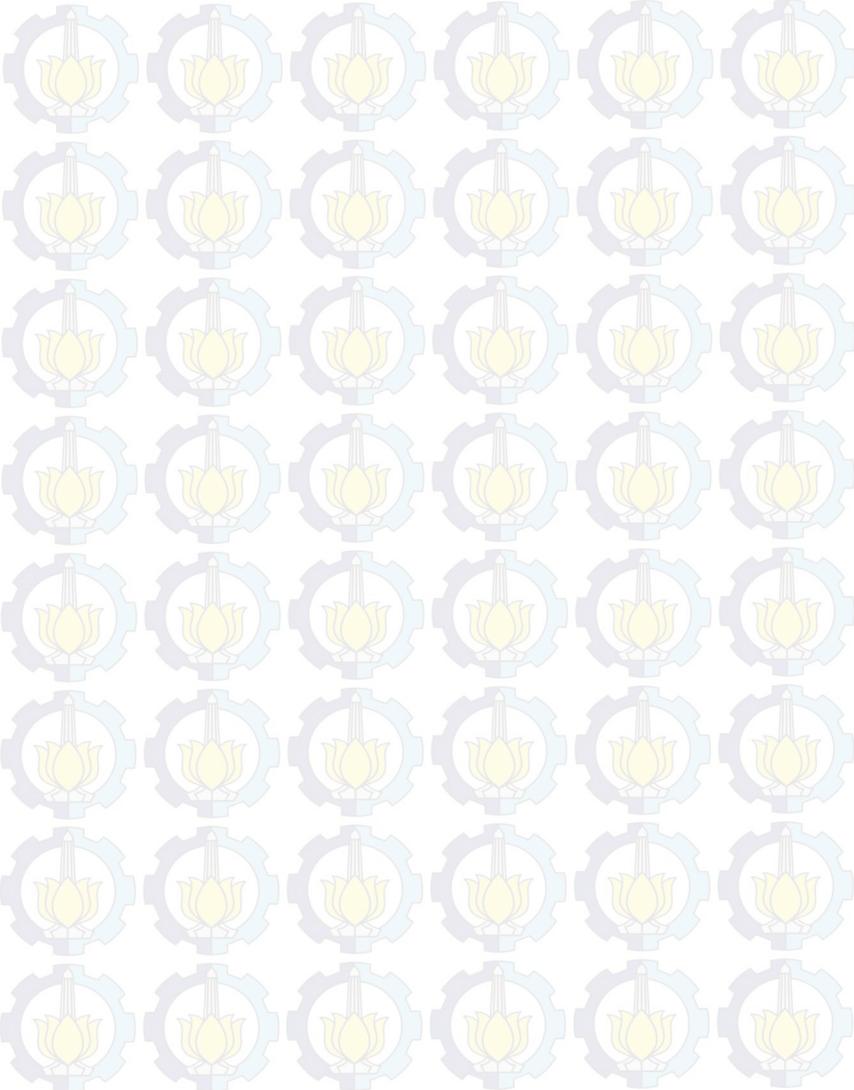
	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi RS232 dan RS485.....	24
Tabel 4.1 Hasil pengujian pengukuran daya	46
Tabel 4.2 Hasil pengujian kartu RFID, SSR, dan Relay	47
Tabel 4.3 Hasil pengujian jarak kartu RFID	48
Tabel 4.4 Hasil pengujian RTC	49
Tabel 4.5 Pengujian kondisi AC sesuai jadwal	50
Tabel 4.6 Pengujian HMI	53



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Penghijauan sebagai usaha eco-campus di ITS 8
Gambar 2.2	BAS pada gedung komersial 9
Gambar 2.3	BAS pada apartemen..... 9
Gambar 2.4	Topologi BAS 10
Gambar 2.5	1 Phase 2 Wire KWH Meter 11
Gambar 2.6	Wiring diagram power meter 12
Gambar 2.7	Output pulsa power meter 13
Gambar 2.8	Solid State Relay 15
Gambar 2.9	Blok diagram mikrokontroler ATmega328 17
Gambar 2.10	Arduino Mega 18
Gambar 2.11	Kunci elektronik dengan system kartu RFID 18
Gambar 2.12	Diagram pin DS1307 20
Gambar 2.13	Hubungan request-respon pada divais Modbus..... 21
Gambar 2.14	MT8070iH 27
Gambar 3.1	Diagram blok BAS 30
Gambar 3.2	Diagram blok <i>hardware</i> sistem..... 31
Gambar 3.3	Sensor daya dengan sistem..... 32
Gambar 3.4	Reader RFID untuk absensi 33
Gambar 3.5	Skematik power meter dan sistem mikrokontroler.... 34
Gambar 3.6	Perangkat yang dikontrol (AC dan lampu) 35
Gambar 3.7	Fungsi Modbus untuk Arduino 37
Gambar 3.8	Sinyal untuk relay yang mengatur remote AC..... 39
Gambar 3.9	Kode untuk remote AC 39
Gambar 3.10	<i>Flow chart</i> dalam sistem Arduino 40
Gambar 3.11	<i>Finite state</i> dalam sistem Arduino 41
Gambar 3.12	Tampilan awal EasyBuilder8000 42
Gambar 3.13	Tampilan antar muka HMI dengan simulasi online .. 43
Gambar 4.1	Pengujian pengukuran daya 45
Gambar 4.2	Sistem mikrokontroler dan display LCD di lokal 47
Gambar 4.3	Pengujian RTC..... 49
Gambar 4.4	Remote menyalakan AC secara otomatis..... 51
Gambar 4.5	HMI <i>touch screen</i> 52

Gambar 4.6 Sistem mikrokontroler lokal ke HMI dengan serial... 52



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nurin Fadilla lahir pada tanggal 25 Januari 1994, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis mengawali kegiatan pendidikan formal di SD Mangkang Kulon 1 Semarang, yang kemudian dilanjutkan di SMP Negeri 4 Kediri, kemudian SMA Negeri 2 Kediri dan pada tahun 2011 penulis diterima sebagai mahasiswa di jurusan Teknik Elektro ITS. Saat kuliah, penulis turut berpartisipasi sebagai asisten praktikum di bidang studi elektronika serta aktif pula dalam unit kegiatan himpunan mahasiswa Teknik Elektro ITS.

Email : nurin_fadilla@yahoo.com

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi dan Sumber Daya Alam (SDA) serta perubahan iklim telah menjadi isu lingkungan global pada saat ini. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) sebagai Perguruan Tinggi di Indonesia berkomitmen untuk ikut aktif berperan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta penerapan budaya gaya hidup berwawasan lingkungan berbasis eco-campus.

Untuk program peningkatan efisiensi energi listrik sebagai upaya terciptanya eco-campus, kebijakan internal ITS mewajibkan bahwa suhu pendingin ruangan atau *Air Conditioner* (AC) tidak boleh lebih rendah dari 25°C, serta penggantian bertahap peralatan listrik dengan peralatan yang hemat energi. Namun pada kenyataannya, dalam penggunaan energi listrik, dalam satu tahun total konsumsi energi listrik di ITS adalah 8.687.480 kWh/tahun atau rata-rata 724.000 kWh/bulan sehingga biaya yang dibayarkan ITS adalah Rp. 500.000.000/bulan atau 6 Miliar/Tahun[1].

Penggunaan listrik yang tidak efektif di kelas dapat dikarenakan pemakaian perangkat elektronik, antara lain lampu dan AC, yang selalu menyala sejak pagi hingga malam walaupun tidak ada perkuliahan. Dengan kondisi ini, dibutuhkan suatu sistem otomasi sebagai upaya dari manajemen energi listrik yang digunakan pada perangkat elektronik di kelas, yaitu meliputi monitoring dan kontrol penerangan dan juga level suhu AC. Sistem otomasi yang dirancang dituntut untuk fleksibel dan mementingkan kenyamanan pengguna ruangan.

Sistem bangunan cerdas adalah suatu bangunan yang dikontrol oleh sistem kontrol terdistribusi yaitu *Buiding Automation System* (BAS). BAS, suatu contoh sistem kontrol terdistribusi, adalah infrastruktur jaringan komunikasi yang mengatur berbagai layanan bangunan seperti monitoring dan kontrol penerangan atau temperatur untuk penghematan energi dan biaya pemeliharaan. Dengan demikian, BAS dapat diterapkan untuk pengaturan lampu dan AC di kelas sebagai upaya dari manajemen energi. Untuk komunikasi *one-to-many* dari master di *control room* ke kelas sebagai slave menggunakan RS485

dengan rate transmisi 115200bps, komunikasi dapat mencapai jarak 200m[2].

Pada tugas akhir ini, akan dilakukan perancangan suatu sistem yang dapat menghasilkan sistem monitoring dan kontrol penggunaan energi listrik pada perangkat elektronik di kelas, meliputi lampu dan AC dengan menggunakan BAS. Sistem ini dilengkapi dengan *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan *touch screen* di *control room*. Pada jam-jam tertentu dilihat dari jadwal perkuliahan, kelas dikondisikan terlebih dahulu dengan suhu maksimum (30°C) dan menunggu *log in* yaitu absensi dosen menggunakan RFID yang telah terdaftar dalam sistem. Kegiatan perkuliahan dapat dimulai dengan kondisi lampu dinyalakan dengan SSR serta level suhu AC diturunkan hingga 25°C menggunakan relay yang mengatur remote AC. Jika kelas selesai, dilakukan *log out* lampu mati, level suhu dinaikkan hingga maksimum, dan AC juga dimatikan. AC akan menyala kembali pada jadwal kelas berikutnya. Dengan demikian, diharapkan adanya efisiensi dan penghematan energi listrik sesuai tujuan dari eco-campus.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana algoritma keadaan kelas yang aktif dan *Local Control* otomatis yang tepat.
2. Bagaimana memproses data dari power meter dan modul RFID serta mengirimkan sinyal untuk pengaturan lampu dan AC dengan mikrokontroler.
3. Bagaimana cara transmisi data dari mikrokontroler dengan menggunakan koneksi serial hingga ditampilkan monitoring dan pengaturan terpusat dengan HMI.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut :

1. Memperoleh algoritma keadaan kelas yang aktif beserta *Local Control* otomatis yang tepat.
2. Mengimplementasikan pada mikrokontroler untuk pembacaan sensor daya dan modul RFID serta pengaturan lampu dan AC.
3. Mewujudkan sistem manajemen energi dengan monitoring dan pengaturan terpusat sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi listrik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Power meter yang digunakan ialah XTM75SA.
2. Modul RFID yang digunakan ialah RDM6300 dengan kartu yang diujikan sebanyak empat buah.
3. *Touch screen* yang digunakan adalah MT8070iH.
4. Kelas yang diujikan adalah satu kelas.
5. Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega2560.
6. Koneksi menggunakan RS232 dan RS485.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan tinjauan pustaka dan dasar teori untuk menunjang dalam penulisan Tugas Akhir yang dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet, meliputi :

- Pemilihan meter untuk mengukur daya pada AC dengan standar industri.
- Pengkondisian sinyal output dari sensor dan RFID serta perancangan *remote AC* dan SSR agar dapat terhubung ke mikrokontroler.
- Mempelajari pemrograman Arduino dan *Touchscreen*.

2. Perancangan Hardware

Pada tahap ini dirancang hardware yang terdiri dari Perancangan desain dari sistem yang terdiri atas modul RFID, relay, *remote*, SSR, power meter, RTC, mikrokontroler, LCD, converter, dan *touch screen* untuk HMI. Hasil pengukuran dan pengaturan akan ditampilkan di *touch screen*.

3. Perancangan Software

Pada tahap ini dibuat program untuk akuisisi data menggunakan mikrokontroler Arduino serta menghubungkannya dengan HMI untuk keperluan monitoring dan kontrol yang perancangannya menggunakan pemrograman EasyBuilder8000.

4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk menentukan keandalan dari pembacaan data daya, RTC, transmisi data, dan mengintegrasikannya pada sistem agar dapat dilakukan monitoring dan pengaturan pusat dengan *touchscreen*.

5. Penulisan Laporan Akhir

Tahap penulisan laporan Tugas Akhir dilakukan setelah mendapatkan data – data yang dibutuhkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

➤ **Bab 1 : Pendahuluan**

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, sistematika penulisan, metodologi, dan relevansi.

➤ **Bab 2 : Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori**

Bab ini menjelaskan tentang berbagai macam teori-teori penunjang dalam pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya tinjauan pustaka mengenai definisi *eco-campus*, BAS, dan dasar teori tentang *electronic energy meter*, SSR, mikrokontroler, RFID, RTC, protokol Modbus, RS232 dan RS485 serta *touch screen*.

➤ **Bab 3: Perancangan Sistem**

Pada bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah dalam merencanakan dan membangun sistem secara keseluruhan baik *software* maupun *hardware* agar didapatkan sistem BAS yang sesuai untuk kelas.

➤ **Bab 4 : Pengujian dan Analisis**

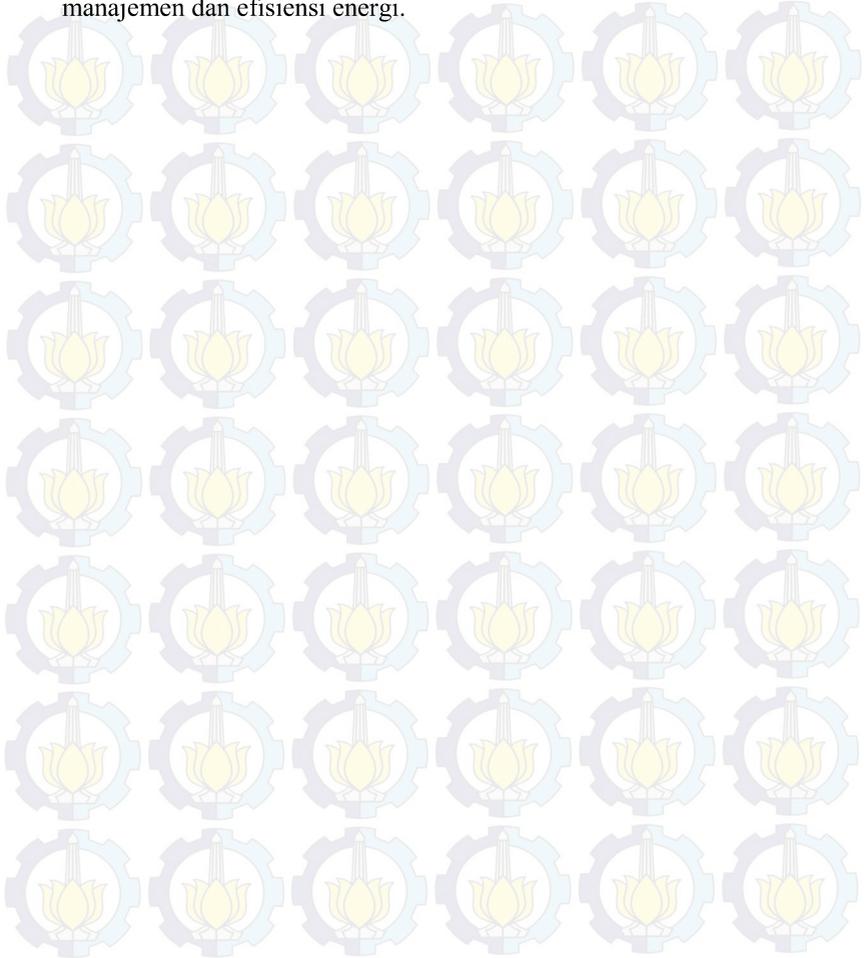
Bab ini menjelaskan data yang didapat dari pengujian-pengujian secara keseluruhan sistem beserta analisisnya.

➤ **Bab 5 : Penutup**

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan pembuatan Tugas Akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangan selanjutnya.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan mampu membantu proses manajemen energi dengan memonitoring besar daya yang digunakan perangkat elektronik di kelas. Diharapkan pula hasil dari pengaplikasian pengukuran BAS untuk monitoring dan kontrol energi ini bisa mendukung penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan manajemen dan efisiensi energi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Tinjauan pustaka dalam bab ini menjelaskan tentang sistem-sistem yang berhubungan dengan tugas akhir ini dan teknologi yang telah ada, antara lain mengenai eco-campus di ITS dan teknologi BAS. Sementara itu, bagian dasar teori menjelaskan tentang teori penunjang yang berhubungan dengan bagian-bagian dari sistem pada tugas akhir ini.

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Definisi Eco-Campus

Menurut Badan Lingkungan Hidup (BLH) Surabaya (2011), eco-campus didefinisikan sebagai kampus yang peduli dan berbudaya lingkungan serta melakukan pengelolaan lingkungan secara sistematis dan berkesinambungan. Eco-campus mencerminkan budaya untuk selalu memedulikan aspek kesehatan dan lingkungan di sekitarnya dengan melibatkan seluruh civitas akademika yang berada dalam lingkungan kampus.

Beberapa indikator terciptanya eco-campus yang perlu diwujudkan oleh ITS antara lain:

- adanya kebijakan manajemen kampus yang berorientasi pada pengelolaan lingkungan,
- adanya upaya penghematan air, kertas, dan listrik,
- adanya penghijauan untuk mencapai proporsi ideal Ruang Terbuka Hijau atau RTH (gambar 2.1),
- tersedianya bangunan/gedung yang ramah lingkungan,
- terpeliharanya kebersihan dan kenyamanan lingkungan,
- terciptanya kampus tanpa rokok dan bebas polusi,
- terselenggaranya pendidikan lingkungan bagi mahasiswa, dan
- adanya kepedulian dan keterlibatan seluruh elemen civitas akademika dalam budaya peduli lingkungan.

Untuk memenuhi indikator-indikator terciptanya eco-campus secara keseluruhan, diperlukan tindakan nyata yang berkelanjutan dan bukan sekedar seremonial yang hanya diselenggarakan pada waktu tertentu. Namun, usaha untuk menciptakan eco-campus harus terus diupayakan dan dibudayakan sehingga tercipta perubahan pola pikir dalam menyikapi dan memperlakukan lingkungan dengan baik.



Gambar 2.1 Penghijauan sebagai usaha eco-campus di ITS[1]

Komitmen ITS untuk mewujudkan suatu kampus yang peduli dan berbudaya lingkungan merumuskan evaluasi dan revitalisasi master plan pengembangan ITS berbasis eco-campus melalui penelitian-penelitian di ITS. Berbagai penelitian yang melibatkan berbagai disiplin ilmu telah dilakukan, di antaranya terkait dengan penggunaan *renewable energy* (energi terbarukan) yang merupakan salah satu tema penelitian unggulan ITS.

Untuk program peningkatan efisiensi energi listrik di ITS dilaksanakan dengan:

- rekonfigurasi jaringan dan meterisasi listrik di tiap jurusan,
- otomatisasi pemakaian energi listrik di kelas,
- pengaturan penerangan umum,
- pengaturan suhu pendingin ruangan atau AC tidak boleh lebih rendah dari 25°C , dan
- dilakukan penggantian secara bertahap perangkat listrik dengan perangkat yang hemat energi^[1].

2.1.2 Building Automation System (BAS)

Building Automation System (BAS) adalah infrastruktur jaringan komunikasi yang mengatur berbagai layanan bangunan seperti monitoring dan kontrol penerangan atau temperatur untuk penghematan energi dan biaya pemeliharaan. BAS merupakan contoh dari sistem kontrol terdistribusi atau *Distributed Control System* (DCS). Suatu bangunan yang dikontrol oleh BAS sering disebut sebagai sistem bangunan cerdas.

Beberapa fasilitas yang dapat mengambil manfaat dari BAS antara lain rumah sakit umum, gedung komersial, gedung pemerintahan

(misalnya fasilitas kota), fasilitas riset (misalnya laboratorium), pusat pengolahan data atau informasi, gedung apartemen, supermarket indoor, dan lain sebagainya. Manfaat utama dari BAS meliputi penggunaan energi rendah, optimalisasi penggunaan energi, keamanan dan privasi, kontrol atas sumber daya energi, pengendalian kondisi operasi, kelembaban, *air volume*, dan suhu. Gambar 2.2 dan 2.3 menunjukkan instalasi dimana teknologi BAS dengan manfaat utama tersebut telah berhasil diterapkan.



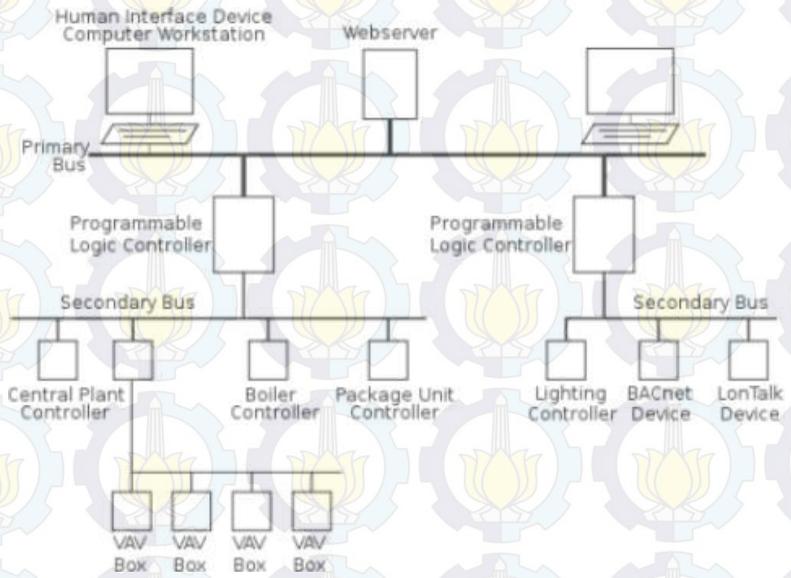
Gambar 2.2 BAS pada gedung komersial[3]



Gambar 2.3 BAS pada apartemen[3]

Teknologi BAS melibatkan beberapa komputer, sensor, aktuator, yang terhubung dengan menggunakan protokol jaringan standar seperti LonWorks, BAC-net, KNX/EIB, *Internet based*, *Wired*, dan nirkabel.

Pada umumnya, jaringan BAS terdiri atas bus primer dan sekunder yang menghubungkan antara kontrol high-level (biasanya dikhususkan untuk BAS, namun bisa juga berupa *Programmable Logic Controller (PLC)* dengan kontrol low-level, divais input/output, dan *user interface* (juga disebut *human interface device*). Bus primer dan sekunder dapat dihubungkan dengan jaringan kabel maupun nirkabel. Gambar 2.4 menunjukkan topologi dari BAS.^[3]



Gambar 2.4 Topologi BAS[3]

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Electronic Energy Meter XTM75SA

Model XTM 75SA single phase DIN rel adalah *energy meter* aktif satu fasa dan dua wire, mengadopsi teknik mikroelektronik dan impor rangkaian terintegrasi skala besar, menggunakan teknik advance teknik digital dan SMT, dll. Meter ini telah sesuai dengan persyaratan teknis yang relevan dengan kelas 1 fasa, yang ditetapkan dalam standar internasional IEC 6205321. Meter ini juga telah mendapat sertifikat paten berupa China State Intellectual Property Office. No.201230520871.8 sertifikat paten dan sertifikat paten negara lain yang menilai.

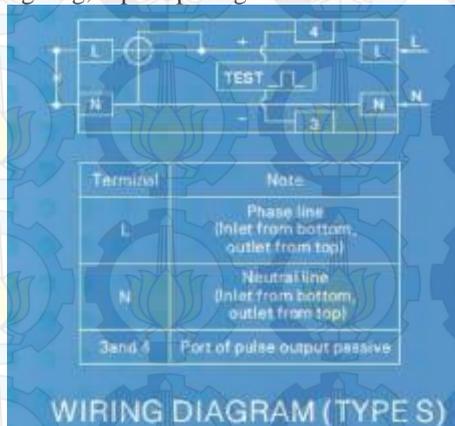
Power meter XTM 75SA dapat digunakan untuk mengukur konsumsi 50Hz atau 60Hz secara langsung dengan akurat dari jaringan listrik AC fase tunggal. Meter ini memiliki tujuh digit display LCD menunjukkan konsumsi dan memiliki fitur berikut: keandalan yang baik, volume kecil, ringan, penampilan baik, instalasi mudah, dan lain sebagainya. Display dari power meter ini adalah digital dan ukuran dimensinya adalah 140. mm x 70. mm x 64. mm. Tampilan power meter XTM 75SA dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 1 Phase 2 Wire KWH Meter[4]

Spesifikasi dari XTM 75SA antara lain sebagai berikut:

- Digit length : 6+1 smart energy meter (0~999999.1KWH)
- Nominal voltage(Un) : 120V 230V
- Operational voltage : 161 - 300V AC
- Operating temperature : -10⁰C - +50⁰C
- Insulation capabilities : AC voltage withstand 2KV 1 menit
Impulse voltage withstand 6KV – 1.2μS waveform
- Arus starting (Ist) : 0.04
- Arus minimum (Imin) : 0.5A
- Arus transisi (Itr) : 1A
- Arus refrensi (Iref) : 10A
- Arus maksimum (Imax): 50A
- Range arus operasional : 0.5A-50A
- Over current withstand : 1500A for 0.01s
- Konsumsi daya internal: ≤2W /10 VA
- Test output flash rate (PULSE LED) 3200 imp
- Pulse output rate (pin 3 & 4) 3200 imp
- Power supply indicator (POWER LED)
- Konfigurasi standar: wiring tipe S (*inlet from bottom, outlet from top*), dapat dioperasikan dengan koneksi langsung, seperti pada gambar 2.6^[4].



Gambar 2.6 Wiring diagram power meter[4]

Banyak meter memiliki output pulsa, termasuk meter listrik fasa tunggal, 3-fasa, meter Gas, meter, aliran air, dan lain sebagainya. Output pulsa mungkin dapat berupa LED yang berkedip atau switching relay (biasanya solid state) atau keduanya.

Dalam kasus meter listrik, output pulsa sesuai dengan sejumlah energi yang melewati meter (kwhr / Wh). Untuk meter listrik domestik fasa tunggal (misalnya Elster A100c), setiap pulsa biasanya setara dengan 1 Wh (1000 pulsa per kwh). Untuk kasus power meter yang lebih tinggi (biasanya tiga fasa), setiap pulsa merepresentasikan nilai jumlah energi yang lebih besar, misalnya. 2Wh per pulsa atau bahkan 10Wh per pulsa.

Gambar 2.7 menggambarkan output pulsa dari power meter. Lebar pulsa T_{high} bervariasi tergantung pada output pulsa dari power meter. Beberapa output pulsa dari power meter memungkinkan T_{high} untuk di-set. T_{high} tetap konstan selama operasi. Untuk power meter A100c, output pulsa memiliki T_{high} selama 50 ms. Waktu antar pulsa, yaitu T_{low} , merepresentasikan nilai daya yang terukur oleh power meter.

Untuk menghitung energi, pada power meter A100c, pulsa masing-masing mewakili 1/1000 dari kWh yaitu 1Wh energi yang melewati meter. Untuk menghitung daya:

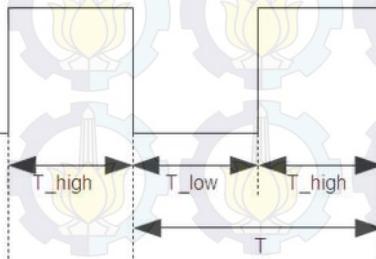
$$3600 \text{ detik per jam} = 3600J \text{ per pulsa}$$

$$1 \text{ Whr} = 3600J$$

Maka daya yang terukur:

$$P = 3600 / T$$

dimana T adalah waktu antara falling edge tiap pulsa.



Gambar 2.7 Output pulsa power meter[5]

Beberapa meter listrik tidak memiliki koneksi pulsa output atau koneksi tidak dapat diakses karena pembatasan yang diberlakukan oleh perusahaan yang membuat power meter tersebut. Namun, semua meter modern memiliki output pulsa optik menggunakan LED. Dalam kasus demikian, sensor optik dapat digunakan untuk antarmuka dengan power meter. Untuk mendeteksi pulsa dari LED, maka dibutuhkan sensor cahaya.

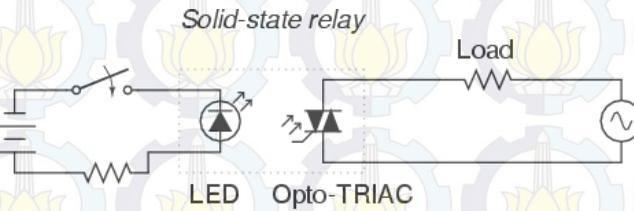
Banyak meter juga memiliki pulsa output wired / switched. Biasanya power meter ini memiliki diagram koneksi mirip. Dua lubang kecil adalah koneksi untuk output pulsa yang merepresentasikan daya terukur. Satu pin adalah pasokan pulsa output yang disediakan oleh catu daya eksternal, sedangkan pin lainnya adalah output berdenyut dibuat oleh meter dengan switch menggunakan internal SSR (seperti switch di antara kedua pin output pulsa).

Perlu diperhatikan bahwa output pulsa power meter tidak terhubung ke tegangan listrik tinggi (dalam power meter), beberapa meter memiliki salah satu konektor output pulsa yang terhubung ke netral sehingga diperlukan sirkuit isolasi untuk antarmuka dengan mikrokontroler^[5].

2.2.2 Solid State Relay (SSR)

Relay elektromekanik dapat digunakan di berbagai aplikasi, namun terdapat banyak keterbatasan. Perancangannya mahal, cycle life kontak yang terbatas, memakan banyak tempat, switch tidak cepat, dibandingkan dengan divais semikonduktor modern. Keterbatasan ini terutama berlaku untuk relay kontaktor besar.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, banyak produsen menawarkan "solid-state" relay, yang menggunakan SCR, TRIAC, atau output transistor bukannya kontak mekanik untuk kontrol power. Output divais (SCR, TRIAC, atau transistor) secara optik-digabungkan ke sumber cahaya LED dalam relay. Relay diaktifkan dengan energi LED ini, biasanya dengan tegangan rendah DC. Isolasi optik antara input ke output menawarkan performasi yang lebih baik dari relay elektromekanik. Hubungan LED dan Opto TRIAC pada SSR dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Solid State Relay[6]

Sebagai divais solid-state, tidak ada bagian lain untuk ditambahkan, dan mampu menghidupkan dan mematikan jauh lebih cepat daripada relay mekanik. Tidak ada picuan antara kontak, dan tidak ada masalah dengan korosi kontak. Salah satu keuntungan yang signifikan dari SCR solid-state atau TRIAC relay melalui divais elektromekanis adalah kecenderungan alami untuk membuka rangkaian AC hanya pada titik nol arus beban. Karena SCR dan TRIAC adalah thyristor, histerisis inheren mereka mempertahankan kelangsungan sirkuit setelah LED telah de-energized sampai arus AC turun di bawah nilai ambang batas. Secara praktis artinya rangkaian tidak akan pernah terputus di tengah-tengah gelombang sinus. Gangguan waktu seperti di sirkuit yang mengandung induktansi besar biasanya akan menghasilkan lonjakan tegangan besar karena runtuhnya medan magnet yang tiba-tiba sekitar induktansi. Hal ini tidak akan terjadi di rangkaian jika SCR atau TRIAC terputus. Fitur ini disebut zero-crossover switching.

Salah satu kelemahan dari SSR adalah kecenderungan untuk gagal "korsleting" pada output, sementara kontak relay elektromekanis cenderung gagal "terbuka." Dalam kedua kasus, adalah mungkin untuk relay gagal dalam modus lain, tetapi ini adalah kegagalan yang paling umum. Karena "gagal-terbuka" umumnya dianggap lebih aman daripada "gagal tertutup", relay elektromekanik masih banyak digunakan dibandingkan perangkat solid-state dalam banyak aplikasi^[6].

2.2.3 Mikrokontroler Arduino

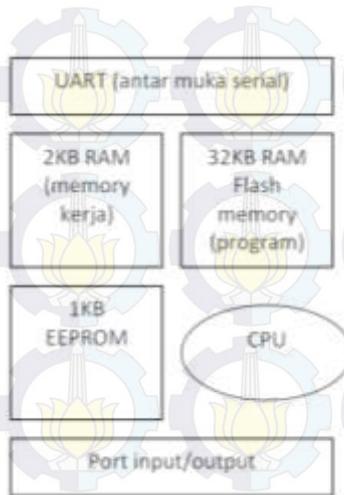
Arduino merupakan platform dari *physical computing*. Istilah *platform* ini dikarenakan Arduino tidak hanya merupakan sebuah alat pengembangan, tetapi juga perpaduan antara *hardware*, bahasa pemrograman, dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang bersifat *open source* (baik untuk *hardware* maupun *software*-nya).

Kemudian, suatu *physical computing* digunakan untuk membuat sebuah sistem yang bersifat interaktif, yaitu dapat menerima maupun memberikan respon terhadap rangsangan dari lingkungan. Artinya, sistem dibuat dengan konsep menghubungkan lingkungan yang secara alami bersifat analog dengan dunia digital (komputer). Hal ini dapat diwujudkan dengan menggunakan sensor dan aktuator serta mikrokontroler.

Saat ini, banyak desain dan alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino. Berbagai pihak telah membuat berbagai modul pendukung (seperti sensor, display, penggerak, dan lain sebagainya) untuk dapat melengkapi dan disambungkan dengan Arduino. Arduino menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi sehingga Arduino telah berevolusi menjadi sebuah platform. Alasan dari banyaknya pengembangan dari Arduino antara lain murah, lintas platform, mudah dipelajari dan digunakan, serta *open source*.

Secara umum, Arduino terdiri atas *hardware* dan *software*. *Hardware* Arduino adalah board dengan beberapa input/output (I/O), sedangkan *software* Arduino mencakup IDE untuk menuliskan kode program atau sketch, driver untuk koneksi antara Arduino dengan komputer, beberapa contoh program (*example*), dan library untuk pengembangan program.

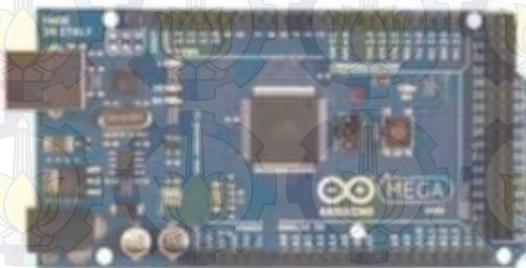
IDE Arduino adalah *software* yang ditulis menggunakan Java. IDE Arduino terdiri atas editor program, compiler, dan uploader. Editor program merupakan sebuah window untuk menuliskan dan melakukan editing kode program atau sketch untuk mikrokontroler Arduino dalam bahasa Processing. Setelah itu, diperlukan compiler sebagai modul untuk mengubah kode program (dalam bahasa Processing) menjadi kode biner sehingga dapat dipahami mikrokontroler. Hal ini dikarenakan sebuah mikrokontroler tidak dapat memahami bahasa *processing*. Selain itu, dengan menggunakan compiler, dapat dilihat apakah kode program telah ditulis dengan benar (tidak ada kesalahan atau error). Kemudian, digunakan uploader, yakni modul yang memuat kode biner setelah di-*compile* dari komputer ke dalam memori yang terdapat dalam board Arduino. Pada IDE Arduino dapat dipilih jenis Arduino yang digunakan sehingga upload dapat dilakukan.



Gambar 2.9 Blok diagram mikrokontroler ATmega328[7]

Komponen utama pada board Arduino adalah sebuah mikrokontroler delapan bit merk ATmega yang dibuat oleh Atmel Corporation. Terdapat bermacam-macam bentuk board Arduino, menggunakan tipe ATmega yang berbeda tergantung dari spesifikasinya. Blok-blok mikrokontroler ATmega328 (Arduino Uno) pada gambar 2.9 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART), antarmuka untuk komunikasi serial seperti RS-232, RS-422 dan RS-485.
- 2KB RAM pada memori kerja, bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), untuk variabel-variabel dalam program.
- 32KB RAM *flash memory*, bersifat *non-volatile*, untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer dan bootloader, yaitu program inisiasi berukuran kecil dan dijalankan oleh CPU ketika daya dihidupkan. Setelah bootloader selesai dijalankan, selanjutnya program dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM, *non-volatile*, untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang walaupun daya dimatikan, tidak digunakan pada Arduino.
- *Central Processing Unit* (CPU), bagian dari mikrokontroler untuk mengeksekusi tiap instruksi program.
- Port input/output, pin-pin untuk input dan output data digital maupun analog.



Gambar 2.10 Arduino Mega[7]

Board Arduino yang memiliki spesifikasi lebih tinggi, antara lain board Arduino Mega dan Arduino Mega 2560, dilengkapi dengan tambahan lebih banyak pin digital maupun analog, port serial, dan lain sebagainya, seperti terlihat pada gambar 2.10. Arduino Mega 2560 menggunakan ATmega2560^[7].

2.2.4 RFID

Radio Frequency identification (RFID) adalah penggunaan medan elektromagnetik nirkabel untuk mentransfer data dengan tujuan untuk keperluan identifikasi dan melacak tag yang melekat pada benda-benda secara otomatis. Tag berisi informasi yang disimpan secara elektronik. Sistem kartu RFID ini dapat digunakan untuk kunci elektronik seperti pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kunci elektronik dengan sistem kartu RFID[8]

Beberapa tag yang didukung oleh induksi elektromagnetik dari medan magnet yang dihasilkan di dekat reader. Beberapa jenis tag mengumpulkan energi dari gelombang radio dan bertindak sebagai transponder pasif. Jenis lain memiliki sumber daya lokal seperti baterai dan dapat beroperasi pada ratusan meter dari reader. Tidak seperti barcode, tag tidak selalu harus berada dalam garis pandang reader, dan dapat tertanam dalam objek dilacak. RFID merupakan salah satu metode untuk *Automatic Identification and Data Capture (AIDC)*.

Sistem RFID mengidentifikasi tag atau label yang dipasang pada objek. Radio dua arah antara pemancar-penerima, disebut sebagai reader, mengirimkan sinyal ke tag untuk kemudian membaca responnya. Sementara itu, tag RFID dapat bersifat pasif, aktif, atau pasif dengan baterai.

Tag aktif memiliki baterai pada board dan secara berkala mengirimkan sinyal ID-nya. *Battery-assisted Passive (BAP)* memiliki baterai kecil di board dan diaktifkan ketika berada di hadapan reader RFID. Sebuah tag pasif lebih murah dan lebih kecil karena tidak memiliki baterai; sebaliknya, tag menggunakan energi radio yang ditransmisikan oleh reader. Namun, untuk mengoperasikan tag pasif, harus didukung dengan daya sekitar seribu kali lebih kuat daripada transmisi sinyal. Yang membuat perbedaan dalam gangguan dan paparan radiasi.

Tag bisa berupa *read-only*, memiliki nomor seri dari pabrik digunakan sebagai kunci ke dalam database, atau bias juga *read/write*, di mana data tertentu dapat ditulis ke dalam tag oleh pengguna sistem. Tag RFID terdiri atas setidaknya dua bagian: sebuah IC untuk menyimpan dan memproses informasi, modulasi dan demodulasi sinyal frekuensi radio (RF), mengumpulkan power DC dari sinyal reader insiden, dan fungsi khusus lainnya; dan antena untuk menerima dan mengirimkan sinyal. Informasi tag disimpan dalam memori *non-volatile*. Tag RFID meliputi baik logika tetap atau diprogram untuk memproses transmisi dan sensor data^[8].

2.2.5 Real Time Clock (RTC) DS1307

Real Time Clock (RTC) adalah suatu chip (IC) yang berfungsi untuk menyimpan waktu dan tanggal. Terdapat dua jenis IC RTC, antara lain RTC DS12C887, yakni RTC dengan jalur data seri yang memiliki register yg dapat menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan dan

tahun, 128 lokasi RAM yang terdiri dari 15 byte untuk data waktu serta kontrol, dan 113 byte sebagai RAM umum. Bus dari RTC DS 12C887 termultipleks sehingga dapat mengurangi jumlah pin; dan RTC DS1307, yakni RTC dengan jalur data paralel untuk menyimpan data detik, menit, jam, hari dalam satu minggu, tanggal, bulan, dan tahun secara valid hingga 2100, 56-byte, battery-backed, RAM nonvolatile (NV) RAM untuk penyimpanan. Antarmuka dari RTC DS1307 adalah serial Two-wire (I2C), komunikasi dilakukan dengan dua jalur. DS1307 memiliki sinyal luaran gelombang-kotak terprogram (*Programmable squarewave*), dilengkapi dengan deteksi otomatis *power-fail* dan rangkaian switch, konsumsi daya dari RTC ini kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator. Selain itu, DS1307 tersedia fitur industri ketahanan suhu -40°C hingga +85°C. Untuk RTC DS1307 tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.

Pin DS1307 dapat dilihat pada gambar 2.12, antara lain :

- VCC (power supply primer)
- X1, X2 (koneksi kristal 32.768kHz)
- VBAT (input baterai +3V)
- GND (ground)
- SDA (serial data)
- SCL (serial clock)
- SQW/OUT (square wave/driver output)^[9]



Gambar 2.12

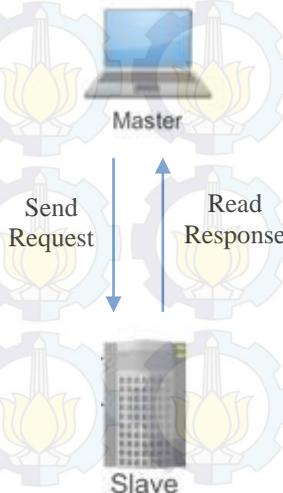
Diagram pin DS1307 [9]

2.2.6 Protokol Modbus

Modbus adalah protokol yang umum digunakan oleh berbagai perangkat untuk komunikasi sederhana, handal, dan efisien di berbagai jaringan modern. Protokol industri modbus dikembangkan pada tahun 1979 untuk membuat komunikasi yang memungkinkan antara perangkat otomatisasi. Awalnya diimplementasikan sebagai protokol level aplikasi yang dimaksudkan untuk mentransfer data melalui serial, kemudian protokol telah diperluas untuk mencakup implementasi selain serial yaitu TCP / IP, dan *User Datagram Protocol* (UDP).

Modbus biasanya digunakan untuk jaringan komunikasi antar divais dalam *Supervisory Control dan Data Acquisition* (SCADA). Sebagai contoh, server besar dapat digunakan sebagai master untuk *Programmable Logic Controller* (PLC) atau *Programmable Automation Controller* (PAC), sedangkan PLC / PAC menjadi master bagi sensor, katup, motorik, atau divais *embedded* lainnya.

Untuk memenuhi kebutuhan untuk jaringan komunikasi antar divais dalam SCADA, Modbus dirancang sebagai protokol request-response dengan data dan model fungsi yang fleksibel. Hubungan request-respon pada Modbus dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Hubungan request-respon pada divais Modbus [10]

Protokol Modbus mengikuti arsitektur master dan slave dimana master mengirimkan permintaan (request) untuk slave dan menunggu balasan (respon). Arsitektur ini memberikan master kontrol penuh atas arus informasi, yang memiliki manfaat pada jaringan serial older multidrop. Bahkan pada jaringan TCP / IP modern, memberikan master kontrol tinggi atas slave, yang memberikan keuntungan dalam beberapa desain.

Dalam Modbus, request adalah data dengan beberapa layer . Lapisan pertama adalah *Application Data Unit* (ADU), yaitu yang sering dianggap sebagai "jenis" dari Modbus yang digunakan. Ada tiga ADU: ASCII, *Remote Terminal Unit* (RTU), dan TCP / IP. TCP adalah format modern yang memungkinkan untuk penanganan efisien untuk request Modbus dan respon dalam perangkat lunak, serta jaringan yang lebih efisien melalui penggunaan koneksi berdedikasi dan pengidentifikasi untuk setiap request. RTU dan ASCII adalah format ADU serial yang lebih tua dengan perbedaan utama antara kedua adalah bahwa RTU menggunakan representasi biner compact sementara ASCII mengirimkan semua request sebagai aliran karakter ASCII.

Modbus mengelola akses data secara sederhana dan fleksibel. Modbus mendukung dua tipe data: nilai Boolean dan *unsigned*, 16-bit integer. Dalam sistem SCADA, umumnya divais *embedded* memiliki nilai-nilai tertentu yang didefinisikan sebagai input, seperti pengaturan proporsional atau Proporsional Integral Derivatif (PID), sementara nilai-nilai lain adalah output, seperti suhu atau posisi katup. Untuk memenuhi kebutuhan ini, nilai data Modbus dibagi menjadi empat *range*, coil, input diskrit, holding register dan input register. Slave dapat menentukan sebanyak 65.536 elemen dalam setiap *range*.

Modbus mengekspos nilai-nilai ini dengan cara yang benar-benar konseptual, yang berarti mungkin sebenarnya tidak ada dalam memori. Sebagai contoh, divais slave dapat didefinisikan sehingga holding register dan input register benar-benar berbagi memori yang sama jika memungkinkan bagi slave. Dalam kebanyakan kasus, slave menyimpan setiap jenis data yang mendukung dalam memori terpisah, dan membatasi jumlah elemen data yang dapat diakses oleh master. Fleksibilitas ini adalah pilihan karena dengan cara demikian data yang terekspos dapat didefinisikan dengan kode fungsi Modbus. Kode fungsi Modbus menentukan bagaimana data diakses dan dimodifikasi oleh master.

2.2.7 RS232 dan RS485

Line driver dan penerima biasanya digunakan untuk pertukaran data antara dua atau lebih titik (*node*) pada jaringan. Komunikasi data yang handal bisa terhambat dengan adanya *noise* induksi, perbedaan level ground, ketidaksesuaian impedansi, kegagalan bias untuk kondisi jalur idle yang efektif, dan bahaya lain yang terkait dengan pemasangan jaringan.

Koneksi antara dua atau lebih elemen (driver dan penerima) harus dianggap sebagai saluran transmisi jika *rise* dan/atau *fall time* kurang dari setengah waktu untuk sinyal untuk travel dari pemancar ke penerima. Standar yang telah dikembangkan untuk memastikan kompatibilitas antar unit yang disediakan oleh produsen yang berbeda, dan untuk memungkinkan keberhasilan wajar dalam mentransfer data jarak tertentu dan/atau tarif data. *Electronics Industry Association* (EIA) telah menghasilkan standar untuk RS485, RS422, RS232, dan RS423 yang berhubungan dengan komunikasi data. Berbagai sugesti sering dibuat untuk menangani masalah-masalah praktis yang mungkin dihadapi dalam jaringan tipikal. Standar EIA dimana sebelumnya ditandai dengan awalan "RS" untuk menunjukkan standar yang direkomendasikan; Namun, standar sekarang umumnya diindikasikan sebagai standar "EIA" untuk mengidentifikasi standar organisasi. Sementara standar membawa keseragaman untuk komunikasi data, banyak daerah tidak secara khusus di-*cover* dan tetap sebagai "daerah abu-abu" bagi pengguna untuk menemukan (biasanya selama instalasi) sendiri komunikasi data yang digunakan.

Komunikasi data elektronik antara unsur-unsur umumnya akan dikategorikan ke dalam dua kategori besar: *single-ended* dan diferensial. RS232 (*single-ended*) diperkenalkan pada tahun 1962, dan meskipun rumor untuk segera berakhir, hingga saat ini tetap banyak digunakan dalam industri. Spesifikasi RS232 memungkinkan untuk transmisi data dari satu pemancar ke satu penerima pada kecepatan data yang relatif lambat (sampai 20K bit/detik) dan jarak pendek (sampai 50 kaki pada data rate maksimum).

Channel independen dibentuk untuk komunikasi dua arah (*full-duplex*). Sinyal RS232 yang direpresentasikan oleh level tegangan terhadap common sistem (daya / logika ground). State "idle" memiliki level sinyal negatif terhadap common, dan state "aktif" memiliki level sinyal positif terhadap common. RS232 memiliki banyak jalur

handshaking (terutama digunakan dengan modem), dan juga menentukan protokol komunikasi.

Secara umum jika tidak terhubung ke modem, jalur *handshaking* dapat menimbulkan banyak masalah jika tidak diputus dalam perangkat lunak atau diperhitungkan dalam perangkat keras (*loop-back* atau *pulled-up*). *Request to Send* (RTS) memang memiliki beberapa utilitas dalam aplikasi tertentu. RS423 adalah spesifikasi lain single ended dengan yang operasi yang lebih disempurnakan dibandingkan RS232. Namun, RS423 ini belum banyak digunakan dalam industri.

Tabel 2.1 Spesifikasi RS232 dan RS485

Spesifikasi	RS232	RS485
Mode operasi	single-ended	diferensial
Jumlah drivers and receivers dalam 1 Line	1 driver 1 receiver	32 driver 32 receiver
Panjang kabel maximum	50 FT.	4000 FT.
Datarate maksimum	20kb/s	10Mb/s-100Kb/s
Tegangan output driver maksimum	+/-25V	-7V to +12V
Level sinyal output driver (loaded min.)	+/-5V to +/-15V	+/-1.5V
Level sinyal output driver (loaded max.)	+/-25V	+/-6V
Load impedansi driver (Ohms)	3k to 7k	54
Max. Driver Current in High Z State	N/A	+/-100uA
Max. Driver Current in High Z State	+/-6mA @ +/- 2v	+/-100uA
Slew Rate (Max.)	30V/uS	N/A
Range tegangan input receiver	+/-15V	-7V to +12V
Sensitifitas input receiver	+/-3V	+/-200mV
Resistensi input receiver (Ohms)	3k to 7k	>=12k

Ketika berkomunikasi pada kecepatan data yang tinggi, atau jarak jauh dalam lingkungan dunia nyata, metode *single-ended* seringkali tidak memadai. Transmisi data diferensial (*balanced differential signal*) menawarkan kinerja yang unggul dalam sebagian besar aplikasi. Sinyal diferensial dapat membantu membatalkan efek dari pergeseran ground dan sinyal *noise* induksi yang dapat muncul tegangan *common* seperti biasa ada pada jaringan.

RS485 telah memenuhi persyaratan untuk jaringan komunikasi yang benar-benar *multi-point*, dan standar yang menentukan hingga 32 *driver* dan 32 *receiver* dalam satu bus (2-wire dan satu wire untuk ground). Dengan diperkenalkannya repeater "otomatis" dan *driver* atau *receiver* impedansi tinggi ini "pembatasan" dapat diperpanjang ke ratusan (atau bahkan ribuan) node di dalam sebuah jaringan. RS485 memperluas kisaran mode common untuk driver maupun penerima dalam mode "*tri-state*" dan dengan *power off*. Driver RS485 juga mampu menahan masalah "tabrakan data" (*bus contention*) dan kondisi kesalahan bus.

Setiap jumlah karakter dapat dikirim, dan pemancar akan secara otomatis kembali memicu dengan masing-masing karakter baru (atau dalam banyak kasus skema waktu "*bit-oriented*" digunakan dalam hubungannya dengan jaringan bias untuk operasi yang sepenuhnya otomatis, termasuk *Baudrate* dan/atau spesifikasi komunikasi, misalnya baudrate 9600 dengan satu start bit, 8 bit data, tanpa parity, dan satu stop bit, atau dapat ditulis 9600, N, 8,1).

Setelah unit slave dialamatkan, slave tersebut mampu merespon dengan segera karena waktu *turn-off* pemancar yang cepat dari divais otomatis. Delay yang lama dalam jaringan tidak diperlukan untuk menghindari "tabrakan data." Karena delay tidak diperlukan, jaringan dapat dibangun dengan memanfaatkan bandwidth komunikasi data sampai dengan 100%^[11].

2.2.8 *Touch screen MT8070iH*

Seri MT8000 adalah generasi baru *Human Machine Interface* (HMI) Weintek. Dengan konsep desain yang sesuai dengan kebutuhan konsumen serta dapat digunakan dengan lebih mudah dibandingkan seri-seri sebelumnya, MT8000 ini dapat digunakan tidak hanya sebagai HMI, tetapi juga dapat berperan sebagai pusat untuk pertukaran data (*data exchange center*).

Melalui koneksi *ethernet* yang umum digunakan, data dapat di-*share* di antara divais MT8000s tanpa batasan dan setiap perangkat lunak SCADA / HMI pada PC dapat mengakses data dari seri MT8000s ini. HMI Weintek MT8070iH dilengkapi dengan USB 1.1 host, USB 2.0 high speed device, dan slot kartu SD. *Touch screen* untuk HMI ini dapat beroperasi pada suhu 0°C hingga 50°C, dapat disimpan pada suhu -20°C hingga 60°C, kelembaban relatif 10% hingga 90% @ 40°C, tanpa kondensasi, serta shock (mampu beroperasi) 10 hingga 25Hz (X, Y, Z 2G 30 menit).

Untuk spesifikasinya antara lain sebagai berikut :

- Konstruksi : housing plastik molding
- Display Type : LCD TFT
- Display Size (Diagonal) : 7"
- Max color : 65,536
- Resolusi : 800x480
- CPU dan core logic : 32Bit RISC 400MHz processor
- DRAM : 64 MB DDR2 pada board
- Storage : 128 MB flash memory pada board,
- I/O: serial port : Com1: RS-232/RS-485 2w/4w
Com2: RS-232
Com3: RS-232/RS-485 2w
- 1 Ethernet port (10/100Base-T)
- 1 USB 1.1 host
- 1 USB 2.0 high speed device
- Sound output : Line out
- RTC : Built-in
- Power input : 24±20%VDC,
250mA@24VDC
- Dimensi (W x H x D) : 7.89"x5.76"x1.68"
- Berat : 0,85 kg
- Software : EB8000 V2.0.0 atau setelahnya^[12]

Gambar 2.14 menunjukkan *touch screen* MT8070iH yang digunakan untuk BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi dalam tugas akhir ini.



Gambar 2.14 MT8070iH [12]

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan konfigurasi *Buinding Automation System* (BAS) berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi. Keterangan lebih lanjut terkait perancangan sistem yang meliputi disain perangkat keras dan perangkat lunak akan dibahas pada sub bab berikut.

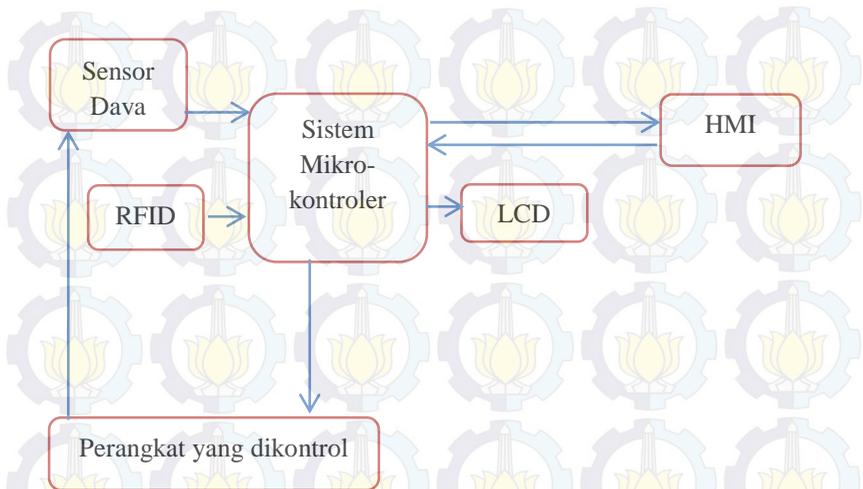
3.1 Diagram Blok Sistem

Power meter untuk mengukur watt yang digunakan pada AC dan lampu menghasilkan data berupa pulsa tegangan dengan variabel frekuensi. Sinyal ini diterjemahkan oleh mikrokontroler dengan fungsi *interrupt counter*. Sementara itu, RFID menunggu hingga ada tag yang sesuai dalam program sistem.

Ketika RFID aktif, mikrokontroler akan menurunkan level suhu AC dan menyalakan lampu. Di ruangan lokal, terdapat LCD Display untuk menunjukkan nilai daya yang digunakan oleh AC dan lampu di kelas tersebut serta bahwa tag RFID dikenali. Sementara itu, di *control room*, HMI juga menunjukkan data dari absensi RFID, data nilai daya yang terukur di kelas, serta kondisi lampu pada kelas tersebut. HMI berupa *touch screen* digunakan sebagai monitoring dan kontrol energi listrik pada perangkat elektronik yaitu lampu maupun AC di kelas secara terpusat.

Setelah kelas selesai, kembali dilakukan *log* RFID yang akan menaikkan level suhu AC serta mematikan lampu. Sistem dilengkapi dengan otomasi ketika tidak ada log setelah beberapa waktu tertentu (kondisi tidak ada kelas atau tidak ingat untuk *log out*) Data daya, absensi RFID, dan kondisi lampu dikirimkan ke HMI di *control room*. Selain itu, penggunaan HMI ini dapat diaktifkan maupun dinonaktifkan oleh operator dengan mudah sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemakaian energi listrik.

Cara kerja dari sistem secara umum dapat dilihat pada blok diagram gambar 3.1.



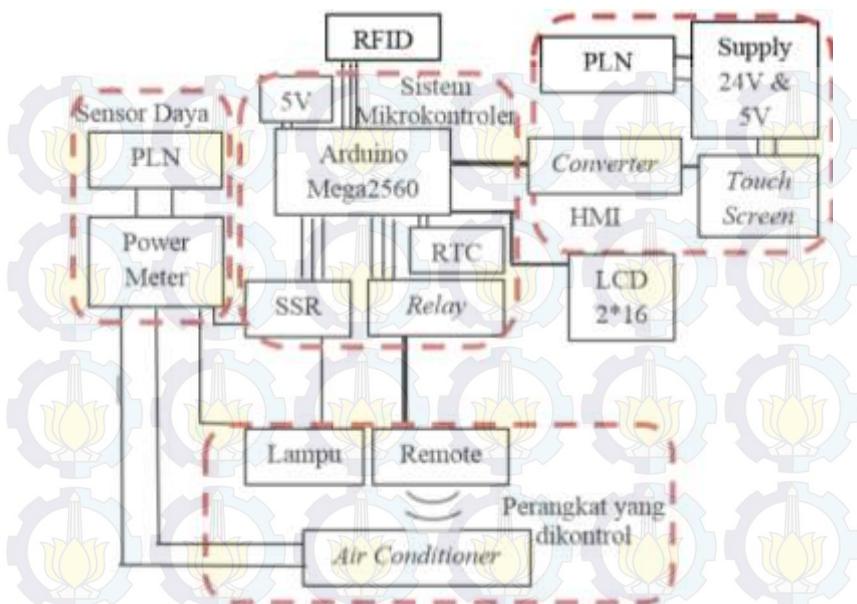
Gambar 3.1 Diagram blok BAS

3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Dari blok diagram BAS pada gambar 3.1, dapat diuraikan menjadi diagram blok hardware yang lebih spesifik. Blok power supply dengan output tegangan +24VDC dan ground diperlukan untuk *touch screen*, sedangkan koneksi serial 232 atau 485 menggunakan converter merupakan bagian dari blok HMI.

Sistem mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega2560 RTC untuk waktu penjadwalan, SSR untuk kontrol lampu, dan relay untuk pengaturan remote AC. Relay ini digunakan untuk menggantikan push button pada remote AC sehingga dapat dikontrol dengan sinyal digital dari mikrokontroler. Sementara itu, AC dan lampu dihubungkan paralel kemudian diseri dengan power meter kemudian dihubungkan ke jala-jala PLN.

Diagram blok *hardware* yang lebih spesifik dari disain BAS untuk monitoring dan kontrol energy yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 3.2.



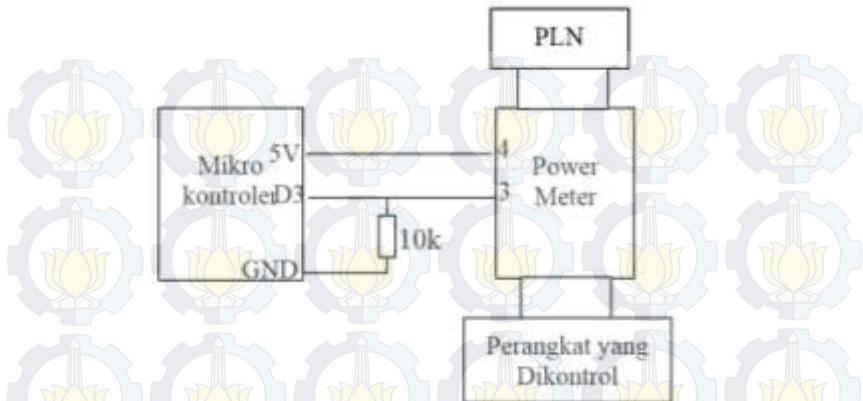
Gambar 3.2 Diagram blok *hardware* sistem

3.2.1 Rangkaian Sensor Daya

Dengan berpedoman pada datasheet, *electronic energy meter* XTM75SA digunakan untuk mengukur satu fasa dengan dua wire yaitu fasa L dan N (netral).

Power meter digital ini memiliki output pulsa untuk mikrokontroler, sedangkan input dari jaringan PLN dan output tegangan input satu fasa ke AC dan lampu sebagai perangkat yang akan dikontrol oleh BAS untuk selanjutnya diukur dan dilakukan monitoring dan kontrol energi daya yang terpakai.

Hubungan antara power meter, jaringan PLN, perangkat yang dikontrol, dan mikrokontroler dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.2 Sensor daya dengan sistem

Input dari jaringan PLN kemudian output untuk beban yaitu perangkat yang dikontrol dan diukur dayanya. Pengukuran daya dapat dilihat dari frekuensi indikator LED atau dari pulsa dengan menambahkan supply DC. Untuk pembacaan pulsa, sesuai dengan datasheet, anoda (kaki 4) dari power meter dihubungkan dengan supply 5V dari mikrokontroler sedangkan katoda (kaki 3) adalah untuk melihat sinyal pulsa.

Power meter yang digunakan memiliki spesifikasi 3200imp/kwh. Dalam power meter ini terdapat SSR yang akan close tiap sekian waktu tergantung watt beban yang diukur dengan spesifikasi 3200 imp, yaitu pulsa sebanyak 3200 untuk tiap kilowatt. Resistor 10k ohm ditambahkan supaya digital input ke mikrokontroler adalah ground ketika SSR dalam kondisi open.

Arduino membaca power berdasarkan sinyal berupa pulsa yang dikirimkan dari power meter dan juga dapat diketahui dari indikator lampu led berwarna merah di power meter tersebut. Pembacaan nilai daya menggunakan interrupt timer dengan mikrokontroler dan dapat diketahui dari frekuensi nyala LED hijau pada power meter. Sementara itu, pada Arduino Mega2560 digunakan pin interrupt0 yaitu pin 3. Data nilai daya ini kemudian ditampilkan ke LCD Display 2*16 di kontrol lokal yaitu kelas, dan juga dikirimkan ke *touch screen* di *control room*.

3.2.2 Rangkaian RFID

Sesuai dengan datasheet dari RFID, maka kaki 5 dihubungkan ke 5V dan kaki 4 ke ground dari mikrokontroler. Kaki 1 RFID sebagai transmitter dihubungkan ke pin digital 2 untuk Arduino Uno. Karena yang mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega2560 maka sebagai receiver pada Arduino, maka pin yang dapat digunakan adalah pin digital 10.

Dari datasheet, RFID RDM6300 ini bekerja dengan kecepatan 9600kbps sehingga dalam kode program Arduino didefinisikan sendiri dengan `rfidReader.begin(9600)`; sementara secara keseluruhan sistem yang digunakan dalam BAS untuk monitoring dan kontrol energi ini, program Arduino beserta protokol Modbus yang digunakan adalah Serial 115200.

Reader RFID yang dipasang di depan kelas untuk absensi dapat diilustrasikan pada gambar 3.4.



Gambar 3.3 Reader RFID untuk absensi

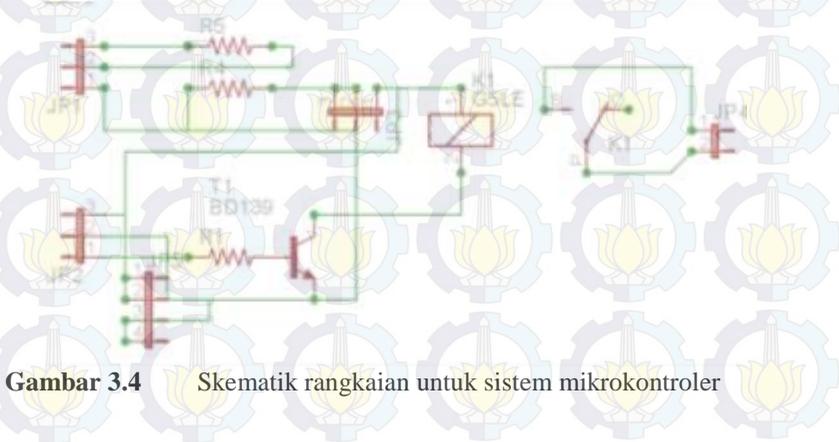
3.2.3 Rangkaian Sistem Mikrokontroler

Tiga buah relay digunakan untuk remote AC sebagai pengganti push button pada tombol remote. Relay berfungsi sebagai penyambung atau pemutus rangkaian dalam remote dengan logika dari mikrokontroler.

Sinyal dari mikrokontroler mengaktifkan transistor NPN BD139 beserta resistor 330 Ohm sehingga dapat digunakan sebagai switch atau saklar pengganti push button on/off pada remote AC menggunakan relay HRS4H-SDC5V, sedangkan untuk kontrol level suhu menggunakan modul relay Opto-Isolated 2 Channel SRD-05VDC-SD-C. Remote AC yang telah terintegrasi dengan sistem mikrokontroler kemudian dipasang di ruangan lokal sehingga dapat mengatur nyala dan level suhu dari AC.

Untuk SSR digunakan resistor 330 Ohm yang disertai dengan pin digital dari Arduino, sedangkan untuk sensor daya digunakan resistor 1k. Skematik untuk pembuatan PCB untuk sistem mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 3.5.

RTC untuk menyimpan data jadwal perkuliahan, digunakan DS1307 dengan VCC dan ground dihubungkan ke 5v dan ground pada sistem mikrokontroler, serta SDA dan SCL dari RTC ke pin 20 dan 21 pada Arduino Mega2560. RTC ini menggunakan baterai 3 V supaya waktu RTC tetap berjalan walaupun Arduino tidak mendapatkan supply atau di-*reset*.



Gambar 3.4 Skematik rangkaian untuk sistem mikrokontroler

3.2.4 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan untuk Display di kelas (lokal) adalah LCD Display 2*16 dengan potensiometer 10k untuk mengatur kecerahan layar.

LCD Display digunakan untuk display di lokal dengan baris pertama menunjukkan nilai daya yang terukur oleh power meter, sedangkan baris kedua menampilkan tulisan “Watt” diikuti tulisan “Tag dikenali” jika ada *log in* atau “Kelas selesai” jika *log out* dengan absensi RFID. LCD Display ini juga digunakan untuk menampilkan waktu RTC dan jadwal perkuliahan selama satu minggu dengan saklar sebagai enable.

3.2.5 Perangkat yang Dikontrol

Perangkat elektronik yang dikontrol dalam sistem antara lain AC dan lampu yang dihubungkan secara paralel sebelum diseri dengan rangkaian sensor daya seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Perangkat yang dikontrol (AC dan lampu)

AC yang digunakan adalah Sharp ½ pk dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Sharp Plasmacluster Ion AH_AD9LY2
- Sharp split type
- 970 Watt
- 4,5 A

Sementara itu, lampu yang digunakan dalam perancangan sistem dalam tugas akhir ini adalah lampu pijar Philips standard bulb dengan daya 75 Watt.

3.2.6 Rangkaian HMI

Sebagaimana dijelaskan pada BAB II, RS485 digunakan agar arduino dapat berkomunikasi dengan *device* lain melalui jaringan (*network*) dengan jarak yang cukup jauh. Dari sistem mikrokontroler, Rx0 dan Tx0 dihubungkan ke rangkaian converter menggunakan IC MAX485 untuk komunikasi hingga ke HMI *touch screen* di *control room*. Karena BAS ini digunakan untuk monitoring dan kontrol, maka diperlukan komunikasi dua arah.

RS485 dapat digunakan untuk komunikasi *half duplex* dengan 2-wire (2W), atau *full duplex* dengan 4-wire (4W) dan satu ground. Untuk RS485(4W) dapat dilakukan dengan modifikasi *hardware*, yaitu menggunakan dua IC MAX485 pada masing-masing master dan slave. Dengan demikian, terdapat dua line A dan dua line B untuk Tx dan Rx. Kemudian pada bagian HMI *touch screen*, disesuaikan dengan COM yang ada menggunakan converter dengan IC MAX23, sedangkan untuk komunikasi dengan PC menggunakan simulasi online, maka diperlukan converter USB to TTL.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Dalam perancangan *software*, melibatkan bahasa pemrograman menggunakan IDE arduino untuk sistem mikrokontroler di pengaturan lokal, dan perancangan *interface* dengan EasyBuilder8000 untuk *touch screen* di *control room*.

3.3.1 Perancangan Program Utama Mikrokontroler

Dalam pemrograman arduino, menggunakan *library* yang memungkinkan Arduino untuk dapat melakukan komunikasi serial dengan protokol Modicon Modbus RTU, yaitu SimpleModbusSlave.

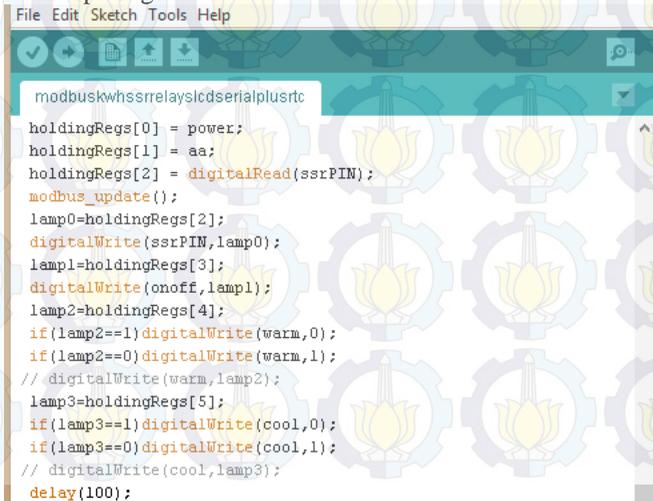
Implementasi dengan *library* ini tidak sepenuhnya sesuai dengan spesifikasi Modbus.

SimpleModbusSlave mengimplementasikan nilai pengembalian *unsigned int* untuk memanggil `modbus_update()`. Dalam *library* ini, terdapat fungsi untuk membaca konten biner dari *holding register* (referensi 4X) dan preset nilai-nilai secara berurutan dengan *holding register* (referensi 4X). Semua fungsi menggunakan *array register* yang sama. Format *byte* Modbus yang digunakan adalah SERIAL_8N2:

- 1 *start bit*,
- 8 bit data,
- *no parity*, dan
- 2 *stop bit*.

HOLDING_REGS_SIZE yang digunakan adalah 10, merupakan jumlah alamat register yang digunakan dalam sistem. Alamat register yang digunakan antara lain untuk data daya dari power meter, data absensi RFID, dan *toggle switch* untuk SSR, on/off AC serta menaikkan dan menurunkan level suhu.

Penulisan dalam program Arduino, yaitu `modbus_configure(&Serial, 115200, SERIAL_8N2, 1, 2, 10, holdingRegs)`; dan kode alamat-alamat `holdingRegs` yang digunakan untuk data yang dikirimkan dari lokal ke *control room* dan sebaliknya, dapat dilihat pada gambar 3.7.



```
File Edit Sketch Tools Help
modbuskwssrrelayslcdserialplustrc
holdingRegs[0] = power;
holdingRegs[1] = aa;
holdingRegs[2] = digitalRead(ssrPIN);
modbus_update();
lamp0=holdingRegs[2];
digitalWrite(ssrPIN,lamp0);
lamp1=holdingRegs[3];
digitalWrite(onoff,lamp1);
lamp2=holdingRegs[4];
if(lamp2==1)digitalWrite(warm,0);
if(lamp2==0)digitalWrite(warm,1);
// digitalWrite(warm,lamp2);
lamp3=holdingRegs[5];
if(lamp3==1)digitalWrite(cool,0);
if(lamp3==0)digitalWrite(cool,1);
// digitalWrite(cool,lamp3);
delay(100);
```

Gambar 3.7 Fungsi Modbus untuk Arduino

Dari sistem mikrokontroler ke HMI, untuk membaca data power meter dan absensi RFID serta kondisi lampu menggunakan `holdingRegs[0]`, `holdingRegs[1]`, dan `holdingRegs[2]`, sedangkan dari HMI ke sistem mikrokontroler untuk data *toggle switch* (alamat `holdingRegs[2]`, `holdingRegs[3]`, `holdingRegs[4]`, `holdingRegs[5]`), terlebih dahulu dalam program di Arduino dituliskan `modbus_update()`; kemudian baru dituliskan fungsi `digitalWrite` untuk masing-masing pin digital untuk SSR dan relay.

Untuk jadwal perkuliahan yang digunakan, AC akan dinyalakan setiap pagi pada pukul 07:59:59. Asumsi jadwal pemakaian kelas tersebut untuk hari Senin sampai Kamis adalah pada:

- pukul 08.00,
- pukul 11.00,
- pukul 14.00 untuk S1 Reguler, dan
- pukul 19.00 untuk Lintas Jalur.

Untuk hari Jum'at, kelas digunakan pada:

- pukul 8.00,
- pukul 13.00,
- pukul 15.00 untuk S1 Reguler, dan
- pukul 19.00 untuk Lintas Jalur.

Pada jam-jam ini, AC dinyalakan oleh sistem secara otomatis dengan suhu terakhir sebelum AC dimatikan, yaitu 30°C. Suhu akan diturunkan hingga 25°C jika ada *log in* menggunakan RFID.

Jika *time on* sinyal untuk on/off terlalu lama, remote AC universal tersebut akan menjadi mode reset sehingga harus di-setting ulang kembali secara manual. Jika *time on* terlalu pendek, maka remote tidak dapat menghidupkan AC. Dari percobaan didapatkan bahwa nilai *time on* dan *delay* sebesar 1200 ms dapat digunakan untuk menghidupkan dan mematikan AC, sedangkan *delay* 1000 ms dapat digunakan untuk pengaturan level suhu AC dari 30°C ke 25°C dan sebaliknya.

Relay dikontrol dengan sinyal `digitalWrite` untuk pengaturan on/off dan suhu untuk remote AC dapat dilihat pada gambar 3.8, sedangkan kode program atau sketch untuk mikrokontroler Arduino pada gambar 3.9.

$t_{on}onoff=1200ms$

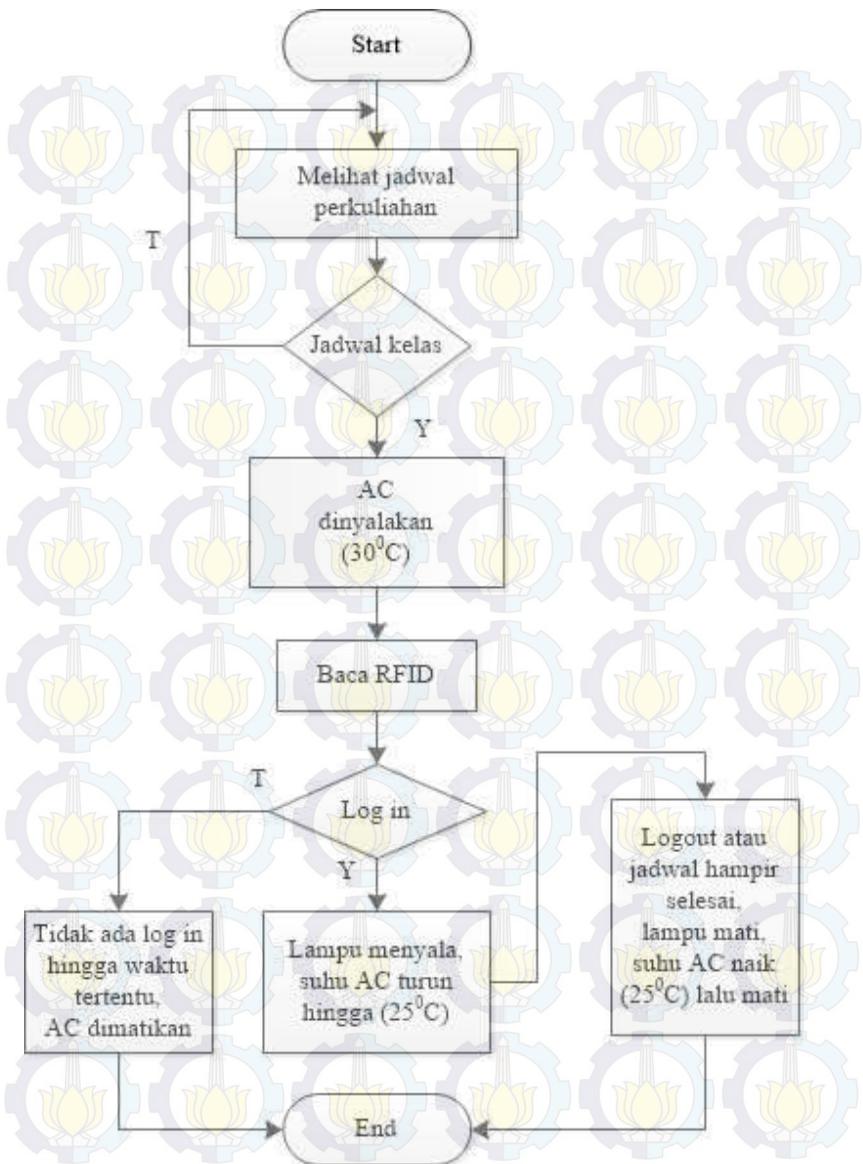


Gambar 3.8 Sinyal untuk relay yang mengatur remote AC

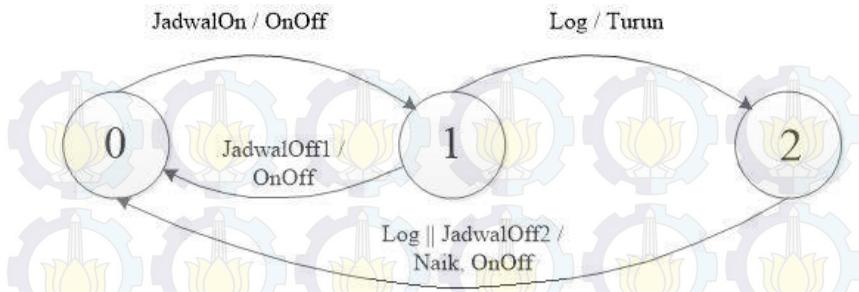
```
modbuskwhssrelayslcdserialplusrtrevisi
delay(1200);
digitalWrite(cool, HIGH);
delay(1200);
digitalWrite(cool, LOW);
delay(1200);
digitalWrite(cool, HIGH);
delay(1200);
aa=1;
break;
Case 1:
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Watt-KlsSelesai");
//Serial.println("Lampu mati");
digitalWrite(ssrPIN, LOW);
digitalWrite(warm, LOW);
delay(1200);
digitalWrite(warm, HIGH);
delay(1200);
digitalWrite(warm, LOW);
delay(1200);
```

Gambar 3.9 Kode untuk remote AC

Diagram alir (*flow chart*) secara keseluruhan dari BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energy dan *finite state* sesuai dengan algoritma kelas yang aktif dalam tugas akhir ini, dapat dilihat pada gambar 3.10 dan 3.11.



Gambar 3.10 *Flow chart* dalam sistem Arduino



Gambar 3.11 *Finite state* dalam sistem Arduino

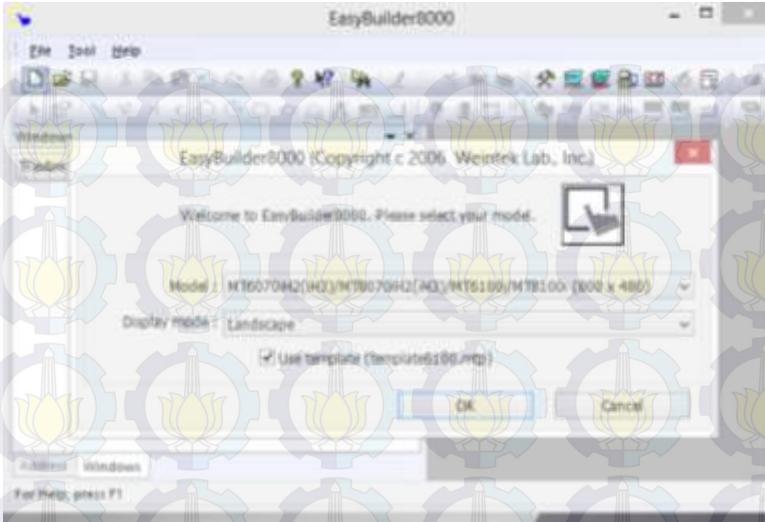
Sistem dimulai pada state 0, yaitu menunggu hingga jadwal perkuliahan dimulai. Pada jam-jam tertentu sesuai jadwal yang telah diinputkan dalam database, kondisi berubah ke state 1 dan AC dihidupkan dengan suhu 30°C. Jika tidak ada *log in* hingga waktu tertentu, maka AC akan dimatikan dan menunggu jadwal selanjutnya (kembali ke state 0).

Jika dosen melakukan *log in* RFID dan cocok dengan database, maka sistem mikrokontroler akan merespon dengan memberi sinyal *drive* untuk menjalankan output sistem sehingga kelas dapat digunakan untuk kegiatan perkuliahan. Sistem menyalakan lampu, menurunkan suhu AC hingga 25°C, dan kondisi state 2. Jika RFID *log out* atau jika jadwal kelas hampir selesai (kasus apabila tidak ingat untuk *log out*), maka sistem akan menaikkan suhu AC hingga 30°C, kemudian mematikan AC dan lampu, serta kembali menunggu jadwal berikutnya (state 0).

3.3.2 Perancangan *Interface* dengan EasyBuilder8000

Perancangan *interface* untuk *touch screen* dengan EasyBuilder8000 dengan pengaturan Local PLC Modbus RTU dan komunikasi RS232 dan RS485.

Tampilan awal EasyBuilder8000 dapat dilihat pada gambar 3.12, yaitu memilih jenis *touch screen* yang digunakan dan mode display yang diinginkan.



Gambar 3.12 Tampilan awal EasyBuilder8000

Untuk BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi ini, diperlukan beberapa objek yang diperlukan, antara lain:

1. Numeric Object untuk menampilkan status absensi RFID di kelas apakah kelas aktif atau tidak. Dengan menggunakan library SimpleModbusSlave, alamat register yang digunakan pada program Arduino adalah holdingRegs[1] sementara alamat yang dipilih pada interface touchscreen adalah 4x 2. Status ada dan tidak menggunakan bilangan biner 0 dan 1 yang langsung dimasukkan ke alamat holding register tersebut.
2. Numeric Object untuk menampilkan daya yang digunakan oleh perangkat AC dan lampu di kelas. Alamat register yang digunakan pada program Arduino adalah holdingRegs[0] sementara alamat yang dipilih pada interface touchscreen adalah 4x 1.
3. Toogle Switch Object dengan switch style toogle untuk mengatur nyala lampu dan momentary untuk mengatur on/off dan level suhu pada remote AC. Karena library Modbus yang digunakan untuk Arduino hanya dapat menggunakan alamat holding register yaitu 4x_Bit dengan data berupa word sehingga untuk toogle switch yang memerlukan operasi bit, maka digunakan alamat 4x

0000(n+1).0 dengan alamat yang ditulis pada Arduino yaitu `holdingRegs[n]` dengan n adalah 2 untuk SSR, 3 untuk on/off, 4 untuk menaikkan suhu AC (warm), dan 5 untuk menurunkan suhu AC (cool).

4. Label untuk menampilkan tulisan keterangan yaitu “Dosen ada/tidak” dan “KWh meter” di atas Numeric object pada poin 1 dan 2.

Sebelum di-*download* ke *touch screen*, EasyBuilder8000 juga menyediakan pilihan simulasi offline dan online pada PC untuk mencoba terlebih dahulu. Tampilan HMI yang telah dibuat untuk monitoring dan kontrol BAS menggunakan simulasi online dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Tampilan antar muka HMI dengan simulasi online

BAB IV

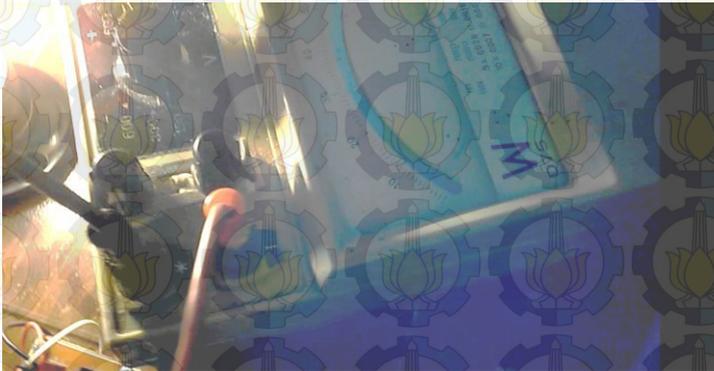
PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan pengambilan data dan pengujian sistem. Pengambilan data ini berupa nilai daya yang terukur dengan power meter, juga menguji RFID, LCD, RTC, SSR dan rangkaian relay untuk remote AC, serta ketepatan jadwal dan komunikasi HMI. Setelah dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.

4.1 Pengujian Pengukuran Daya

Pengujian pengukuran daya dengan *electronic energy meter* ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan pengukuran daya dalam sistem dengan beberapa kondisi lampu dan AC.

Pengujian dilakukan dengan merangkai secara paralel wattmeter analog dengan sistem yang telah dibuat. Pada wattmeter analog, daya yang terukur adalah skala yang ditunjuk dibagi skala total, dikalikan dengan tegangan dan arus maksimal. Nilai tegangan maksimal yang dipilih adalah 300 Volt karena menggunakan sumber PLN, sedangkan arus maksimal dari wattmeter analog adalah 5 A. Kemudian, dilakukan perbandingan nilai yang ditunjukkan pada LCD display dalam sistem dengan daya yang diukur oleh wattmeter analog seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian pengukuran daya

Tabel 4.1 Hasil pengujian pengukuran daya

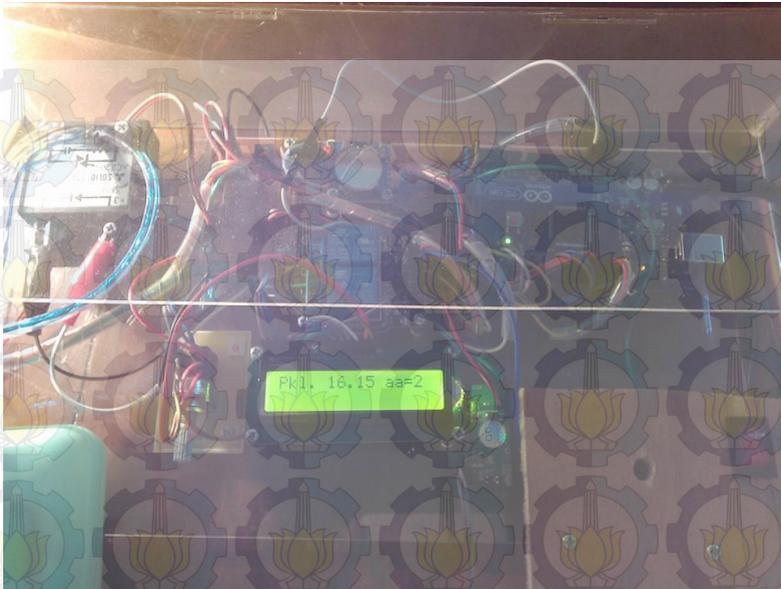
No	Daya yang terbaca pada sistem	Daya yang terbaca pada wattmeter analog	Selisih (%)
1	20.9710 Watt	$(1/75 * 1500 = 20)$ Watt	4,630204
2	74.7014 Watt	$(3.6/75 * 1500 = 72)$ Watt	3,616264
3	93.48 Watt	$(4.5/75 * 1500 = 90)$ Watt	3,722721
4	755.25 Watt	$(37/75 * 1500 = 740)$ Watt	2,019199
Error rata-rata (%)			3,497097

Kondisi pertama adalah AC dinyalakan pertama kali dengan suhu 30°C , kondisi kedua adalah daya yang digunakan oleh lampu, kondisi ketiga adalah gabungan dua kondisi sebelumnya, sedangkan data terakhir adalah daya yang digunakan oleh AC setelah diturunkan menjadi 25°C (kondisi lampu mati). Dari keempat data tersebut, selisih rata-rata antara nilai yang terbaca oleh sistem dengan nilai pada wattmeter analog dalam persen adalah 3,49%. Keakuratan dari pembacaan wattmeter analog dipengaruhi oleh faktor *human error* dalam melihat jarum penunjuk skala. Selain itu, didapatkan bahwa power meter membaca daya yang tidak konstan pada kondisi yang sama.

4.2 Pengujian RFID, LCD Display, SSR, dan Relay

Pada bagian ini, dilakukan pengujian RFID dengan tujuan untuk mengetahui keandalan sistem dalam merespon absensi dengan RFID dan menjalankan output sistem yaitu melakukan pengaturan lampu dan remote AC menggunakan SSR dan relay.

Pengujian dilakukan dengan tiga kartu RFID yang telah terdaftar dalam sistem serta satu kartu RFID yang tidak terdaftar, kemudian dapat diamati kondisi lampu dan AC yang diatur dengan SSR dan relay. Jika kode RFID terdaftar didekatkan pada reader, maka LCD Display akan menampilkan tulisan “tag dikenali”, SSR akan menyalakan lampu, dan relay akan menurunkan level suhu AC dari suhu awal (30°C) hingga 25°C . Selain itu, juga dilakukan pengujian absensi RFID dengan beberapa nilai jarak dari reader, serta melihat waktu RTC dan jadwal perkuliahan pada LCD. Gambar 4.2 menunjukkan sistem mikrokontroler yang digunakan di kelas serta LCD Display yang menampilkan waktu RTC dan sistem pada kondisi state 2.



Gambar 4.2 Sistem mikrokontroler dan display LCD di lokal

Tabel 4.2 Hasil pengujian kartu RFID, SSR, dan Relay

No	Kode RFID	Terdafar / Tidak	Lampu (SSR)	AC (Relay)
1	4B00A97FBF22	Terdafar	Sukses	Sukses
2	6E00090FACC4	Terdafar	Sukses	Sukses
3	6E00090FD6BE	Terdafar	Sukses	Sukses
4	6E00090FA7CF	Tidak	No respond (tidak bisa log in)	No respond (tidak bisa log in)

Tabel 4.3 Hasil pengujian jarak kartu RFID

No	Kode RFID	Jarak	Keterangan
1	4B00A97FBF22	0 cm	Sukses
2	4B00A97FBF22	2 cm	Sukses
3	4B00A97FBF22	4 cm	Sukses
4	4B00A97FBF22	6 cm	Sukses
5	4B00A97FBF22	6.5 cm	Tidak sukses

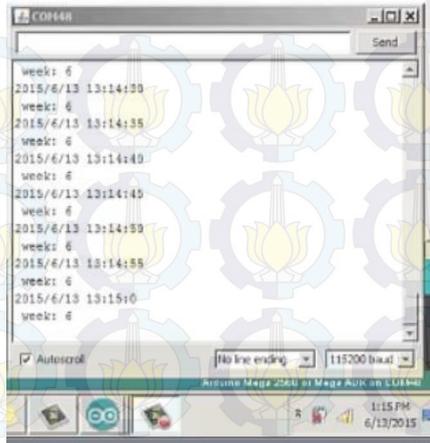
Dari data hasil pengujian di atas, dapat dilihat bahwa kemampuan sistem meliputi RFID serta SSR dan relay untuk lampu dan AC adalah 100%.

Sistem dimulai pada state 0 dan menunggu jadwal perkuliahan. Jika tidak sesuai dengan jadwal, maka pada baris kedua LCD ditampilkan bahwa tag dikenali, namun tidak dapat dilakukan *log in*. Untuk pengujian RFID, digunakan beberapa kartu dengan kode RFID yang telah terdaftar dalam sistem dan dapat digunakan untuk melakukan *log in* maupun *log out* dengan baik, sedangkan untuk kode RFID yang tidak terdaftar, sistem tidak akan memberikan respon. Sementara itu, kartu RFID yang telah terdaftar dapat dikenali hingga jarak 6 cm dari reader.

4.3 Pengujian RTC

Pada bagian ini, dilakukan pengujian RTC untuk melihat keakuratan waktu yang dijalankan oleh RTC dalam sistem sehingga nantinya BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi ini dapat digunakan untuk menyimpan waktu-waktu sesuai jadwal perkuliahan untuk suatu kelas.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu dari RTC yang ditampilkan di *hyper terminal* pada PC dengan waktu pada jam di PC dan stopwatch (untuk melihat detik) seperti pada gambar 4.3. Pengujian RTC dilakukan dalam waktu lima jam dan kemudian diamati apakah waktu pada RTC yang terintegrasi dengan mikrokontroler bergeser dari waktu sebenarnya.



Gambar 4.3 Pengujian RTC

Tabel 4.4 Hasil pengujian RTC

No	Waktu RTC	Waktu Sebenarnya	Error (%)
1	8:00:00	8:00:00	0
2	9:04:00	9:04:00	0
3	10:03:01	10:03:00	0,01355
4	11:01:02	11:01:00	0,018416
5	12:00:01	12:00:00	0,006944
6	13:15:01	13:15:00	0,005291
Error rata-rata			0,007366

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa kemampuan RTC yang terintegrasi dengan sistem mikrokontroler memiliki akurasi sebesar 99,99%. Dalam analisa, juga bisa terjadi kesalahan pengamatan dikarenakan *human error*. Namun, RTC ini dapat digunakan oleh sistem untuk menyimpan jadwal perkuliahan setiap hari dalam satu minggu.

4.4 Pengujian Ketepatan Jadwal

Selanjutnya, dilakukan pengujian ketepatan jadwal untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan output secara otomatis pada jam-jam sesuai jadwal yang telah dibuat.

Pengujian dilakukan dengan mengamati output sistem selama dua hari dengan jadwal yang berbeda. Pada jam-jam tertentu, dilihat apakah AC telah dikondisikan, yaitu dalam keadaan menyala pada suhu 30°C. Kemudian AC dapat dimatikan dengan melakukan *log out* RFID, dengan HMI di *control room*, atau jika tidak ada perkuliahan, maka AC dimatikan secara otomatis pada jam tertentu sebelum jadwal selanjutnya.

Tabel 4.5 Pengujian kondisi AC sesuai jadwal

No	Jadwal	Kondisi AC	Keterangan
1	Kamis pukul 07.59	Menyala otomatis	Sukses
2	Kamis pukul 08.59	Mati otomatis (tanpa <i>log in</i>)	Sukses
3	Kamis pukul 10.59	Menyala otomatis	Sukses
4	Kamis pukul 11.50	Mati otomatis (setelah <i>log in</i> tanpa <i>log out</i>)	Sukses
5	Kamis pukul 14.00	Menyala otomatis	Sukses
6	Kamis pukul 14.02	Mati dengan <i>log out</i>	Sukses
7	Kamis pukul 19.00	Menyala otomatis	Sukses
8	Jum'at pukul 08.00	Menyala otomatis	Sukses
9	Jum'at pukul 13.00	Menyala otomatis	Sukses
10	Jum'at pukul 15.00	Menyala otomatis	Sukses



Gambar 4.4 Remote menyalakan AC secara otomatis

Pada gambar 4.4, dapat dilihat kondisi remote yang baru saja menyalakan AC secara otomatis beberapa saat sebelum jadwal perkuliahan. Dari data pada tabel 4.5, dapat disimpulkan bahwa RTC diintegrasikan dengan sistem mikrokontroler dapat digunakan untuk pengaturan otomatis, yaitu mengkondisikan AC pada jam-jam tertentu sesuai jadwal yang telah diinputkan dengan tingkat keberhasilan 100%. Setelah AC dimatikan dengan *log out* RFID di kelas, dari HMI di *control room*, atau mati otomatis jika tidak ada *log in*, lalu sistem mikrokontroler akan menunggu hingga jadwal berikutnya dan menyalakan AC kembali.

4.5 Pengujian HMI

Pengujian HMI ini dilakukan dengan tujuan mengetahui keberhasilan sistem mikrokontroler untuk berkomunikasi dengan HMI *Touch screen* menggunakan Modbus RTU yang telah diprogram dalam sistem mikrokontroler.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan Rx0 dan Tx0 pada Arduino Mega2560 ke TTL to RS232 Converter untuk komunikasi dengan RS23, sedangkan untuk komunikasi *full duplex* menggunakan RS485 dengan TTL to RS485 (4W) Converter. Komunikasi ini diuji secara bertahap dengan melihat respon pada simulasi online maupun *touch screen*, yaitu hubungan Antara HMI dengan lokal seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.



Gambar 4.5 HMI touch screen



Gambar 4.6 Sistem mikrokontroler lokal ke HMI dengan serial

Tabel 4.6 Pengujian HMI

No	Display HMI	Keterangan
1	Nilai daya	Dapat ditampilkan
2	Absensi RFID	Dapat ditampilkan
3	Kondisi lampu	Sesuai kondisi lampu
4	Toogle switch lampu	Dapat mengatur lampu
5	Toogle switch on/off AC	Dapat mengatur AC
6	Toogle switch warm AC	Dapat mengatur AC
7	Toogle switch cool AC	Dapat mengatur AC

Dari data pada tabel 4.6, dapat dilihat bahwa komunikasi antara HMI dengan sistem mikrokontroler dapat dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%. HMI dapat menampilkan nilai daya penggunaan AC dan lampu yang terukur dari sensor daya dan mikrokontroler di kelas, data status absensi RFID, kondisi lampu, dan pengaturan lampu serta AC dengan toogle switch pada display HMI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. Pambudi, "ITS Menuju ECO-Campus," 13 Agustus 2014. [Online]. <URL: <http://ecocampus.its.ac.id/>>. [Diakses 4 Februari 2014].
- [2] Bai Li, Liu Mingjie, Li Xiaofeng, Zuo Di, "Research on the detecting system of distributed nodes based on RS-485 bus," dalam International Conference on Educational and Network Technology (ICENT 2010), Beijing, 2010.
- [3] D. J. R. Pimentel, "Energy And Building Automation: A White Paper On Its Potential For The City Of Flint And Genesee County," AltEnergy Inc., 2009.
- [4] "35MM Din Rail Single Phase smart energy meter XTM75SA," [Online]. <URL: http://cnxt.en.alibaba.com/product/1797710576-214844628/35MM_Din_Rail_Single_Phase_smart_energy_meter_XTM75SA.html>. [Diakses 4 Februari 2015].
- [5] Glyn Hudson; Trystan Lea, "Reading pulses from meters with pulse outputs," November 2010. [Online]. Available: <http://openenergymonitor.org/emon/buildingblocks/introduction-to-pulse-counting>. [Diakses 4 Februari 2015].
- [6] T. R. Kuphaldt, "Solid-state Relays," Design Science License, [Online]. <URL: <http://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-5/solid-state-relays/>>. [Diakses 4 Februari 2015].
- [7] F. Djuandi, "Pengenalan Arduino," Juli 2011. [Online]. <URL: <http://tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[8] “Radio Frequency Identification,” Wikipedia, [Online]. <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification>. [Diakses 4 Februari 2015].

[9] R. M. Yusuf, “Real Time Clock,” 10 November 2009. [Online]. <URL: <http://www.scribd.com/doc/22362718/Real-Time-Clock#scribd,2009>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[10] “Introduction to Modbus,” 1 Agustus 2014. [Online]. <URL: <http://www.ni.com/white-paper/7675/en/>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[11] R. Smith, “Quick Reference For RS485, RS422, RS232 and RS423,” [Online]. <URL: <http://www.rs485.com/rs485spec.html>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[12] “MT8070iH,” WEINTEK LABS., INC.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dari keseluruhan sistem, BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi dapat digunakan untuk otomasi berdasarkan kondisi kelas aktif. Sistem menunggu jadwal perkuliahan, kemudian mengkondisikan kelas dengan suhu AC 30°C. Jika ada *log in*, maka lampu menyala dan suhu AC diturunkan hingga 25°C. Sistem juga dapat kembali ke state awal ketika ada *log out* maupun tidak ada *log in* atau *log out* hingga waktu tertentu. Dari hasil pengujian sensor daya, didapatkan selisih rata-rata 3,49% terhadap wattmeter analog, sehingga dapat digunakan untuk mengukur daya yang terpakai oleh perangkat elektronik, antara lain lampu dan AC di ruang kelas. Dari pengujian dengan empat kartu RFID yang digunakan oleh dosen untuk kondisi kelas aktif, didapatkan kemampuan mendeteksi tag terdaftar sebesar 100% dengan jarak maksimal 6 cm. Perbandingan antara waktu RTC dalam sistem terhadap waktu sebenarnya mempunyai akurasi data 99,99%. Kemampuan sistem dalam menjalankan output kontrol menggunakan SSR dan relay adalah 100% serta komunikasi antara HMI dengan sistem mikrokontroler menggunakan RS485 dan RS232 sukses dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari tugas akhir ini adalah mengembangkan bagian master dari sistem untuk mengatur beberapa ruang kelas sebagai slave dan melakukan kalkulasi KWh untuk tiap kelas sehingga dapat dilihat nilai efisiensi daya jika dibandingkan kondisi tanpa sistem otomasi.

LAMPIRAN

Kode Arduino :

```
#include <SimpleModbusSlave.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <avr/pgmspace.h>
#define onoff 5
#define warm 8
#define cool 9
#include <Wire.h>
```

```
uint8_t seconds = 22; //Initialization time
uint8_t minutes = 12;
uint8_t hours = 13;
uint8_t week = 6;
uint8_t days = 16;
uint8_t months = 5;
uint16_t Year = 15;
```

```
int menit;
int hari;
```

```
int teks;
int k;
```

```
int bcd2bin(int temp) //BCD to decimal
```

```
{
    int a,b,c;
    a=temp;
    b=0;
    if(a>=16)
    {
        while(a>=16)
        {
            a=a-16;
            b=b+10;
            c=a+b;
            temp=c;
        }
    }
}
```

```

    }
    return temp;
}

int bin_to_bcd(int temp)//decimal to BCD
{
    int a,b,c;
    a=temp;
    b=0;
    if(a>=10)
    {
        while(a>=10)
        {
            a=a-10;
            b=b+16;
            c=a+b;
            temp=c;
        }
    }
    return temp;
}

long pulseCount = 0;
unsigned long pulseTime,lastTime;
double power, elapsedkWh;
int ppwh = 3.2; //3200 pulses/kwh = 3.2 pulse per wh
int aa=0;
int lamp0;
int lamp1;
int lamp2;
int lamp3;

prog_char tag_0[] PROGMEM = "4B00A97FBF22";
prog_char tag_1[] PROGMEM = "6E00090FACC4";
prog_char tag_2[] PROGMEM = "6E00090FD6BE";
//add your tags here
PGMEM const char *tag_table[] =
{

```

```

tag_2,
tag_1,
tag_0);
SoftwareSerial rfidReader(11,12); // Digital pins 10 and 11 connect to
pins 1 and 2 of the RMD6300
String tagString;
char tagNumber[14];
boolean receivedTag;
int ssrPIN=6;
enum
{
    HOLDING_REGS_SIZE
};

unsigned int holdingRegs[10];
int i;
LiquidCrystal lcd(28, 27, 26, 25, 24, 23);

void setup()
{
    lcd.begin(16, 2);
    // lcd.print("KIs dikondisikan");
    modbus_configure(&Serial, 115200, SERIAL_8N2, 1, 2, 10,
    holdingRegs);
    modbus_update_comms(115200, SERIAL_8N2, 1);
    Serial.begin(115200);
    Wire.begin();
    //begin(void) {return 1;}
    // KWH interrupt attached to IRQ 1 = pin3
    attachInterrupt(1, onPulse, FALLING);
    pinMode(40, INPUT_PULLUP);
    pinMode(ssrPIN,OUTPUT);
    pinMode(onoff,OUTPUT);
    pinMode(warm,OUTPUT);
    pinMode(cool,OUTPUT);
    digitalWrite(cool, HIGH);
    digitalWrite(warm, HIGH);
    rfidReader.begin(9600); // the RDM6300 runs at 9600bps

```

```
}
```

```
void onPulse()
```

```
{
```

```
    lastTime = pulseTime;
```

```
    pulseTime = micros();
```

```
    pulseCount++;
```

```
    power = (3600000000.0 / (pulseTime - lastTime))/ppwh;
```

```
    elapsedkWh = (1.0*pulseCount/(ppwh*1000));
```

```
    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
    lcd.print(power,4);
```

```
    lcd.setCursor(0, 1);
```

```
    lcd.print("Watt");
```

```
}
```

```
void tampilLCD(){
```

```
    // jadwal sebenarnya
```

```
    if(hari<=4){
```

```
        lcd.clear();
```

```
        lcd.setCursor(0, 0);
```

```
        lcd.print("Pkl. 8.00");
```

```
        lcd.setCursor(0, 1);
```

```
        lcd.print("Kuliah");
```

```
        lcd.print(k);
```

```
        delay(1000);
```

```
        lcd.clear();
```

```
        lcd.setCursor(0, 0);
```

```
        lcd.print("Pkl. 11.00");
```

```
        lcd.setCursor(0, 1);
```

```
        lcd.print("Kuliah");
```

```
        lcd.print(k+1);
```

```
        delay(1000);
```

```
        lcd.clear();
```

```
        lcd.setCursor(0, 0);
```

```
        lcd.print("Pkl. 14.00");
```

```
        lcd.setCursor(0, 1);
```

```
        lcd.print("Kuliah");
```

```

        lcd.print(k+2);
        delay(1000);
        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.clear();
        lcd.print("Pkl. 19.00");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kuliah");
        lcd.print(k+3);
        delay(1000);
        lcd.clear();
    }
    if(hari==5){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Pkl. 8.00");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kuliah");
        lcd.print(k);
        delay(1000);
        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Pkl. 13.00");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kuliah");
        lcd.print(k+1);
        delay(1000);
        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Pkl. 15.00");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kuliah");
        lcd.print(k+2);
        delay(1000);
        lcd.clear();
    }
}

```

```

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.clear();
        lcd.print("Pkl. 19.00");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kuliah");
        lcd.print(k+3);
        delay(1000);
        lcd.clear();
    }
}

void OnOff() {
    digitalWrite(onoff,HIGH);
    delay(1200);
    digitalWrite(onoff,LOW);
    delay(1200);
}

void loop()
{
    Wire.beginTransmission(0x68);//Send the address of DS1307
    Wire.write(0);//Sending address
    Wire.endTransmission();//The end of the IIC communication
    Wire.requestFrom(0x68, 7);//IIC communication is started, you can
    continue to access another address (address auto increase) and the
    number of visits
    seconds = bcd2bin(Wire.read());//read time
    minutes = bcd2bin(Wire.read());
    hours = bcd2bin(Wire.read());
    week = Wire.read();
    days = bcd2bin(Wire.read());
    months = bcd2bin(Wire.read());
    Year = bcd2bin(Wire.read()) + 2000;
    boolean hasilRFID= cekRFID();
    menit = minutes%3;
    switch(aa) {
        case 0:
            if (cekJadwalOn()){
                aa=1;

```

```

    OnOff();
}
break;

case 1 :
if (cekJadwalOff1()){
    aa=0;
    OnOff();
}

else if (hasilRFID){
    aa=2;
    turun();
}
break;

case 2:
if (cekJadwalOff2()){
    aa=0;
    naik();
    OnOff();
}
else if (hasilRFID) {
    aa=0;
    naik();
    OnOff();
}
break;
}

//menampilkan jam
teks = digitalRead(40);
if (teks == HIGH){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.clear();
    lcd.print("Pkl. ");
    lcd.print(hours);
    lcd.print(".");
    lcd.print(minutes);
}

```

```

        lcd.print(" aa=");
        lcd.print(aa);
    lcd.print(" ");
    lcd.print(menit);}

//jadwal satu minggu
if (teks == LOW){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Senin");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=0;
    hari=1;
        tampilLCD();
        lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Selasa");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=4;
    hari=2;
        tampilLCD();
        lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Rabu");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=8;
    hari=3;
        tampilLCD();
        lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kamis");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=12;
    hari=4;
        tampilLCD();

```

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Jumat");
delay(1000);
if (digitalRead(40) == LOW){
k=16;
hari=5;
tampilLCD();
} } } } }

// modbus_update();
holdingRegs[0] = power;
holdingRegs[1] = aa;
holdingRegs[2] = digitalRead(ssrPIN);
modbus_update();
lamp0=holdingRegs[2];
digitalWrite(ssrPIN,lamp0);
lamp1=holdingRegs[3];
digitalWrite(onoff,lamp1);
lamp2=holdingRegs[4];
if(lamp2==1)digitalWrite(warm,0);
if(lamp2==0)digitalWrite(warm,1);
// digitalWrite(warm,lamp2);
lamp3=holdingRegs[5];
if(lamp3==1)digitalWrite(cool,0);
if(lamp3==0)digitalWrite(cool,1);
delay(100);
}

/*untuk simulasi
boolean cekJadwalOn()
{
    if(seconds==5) {
        if (menit==0){
            return true;
        }
    }
}
else
{

```

```

    return false;
}
}
boolean cekJadwalOff1()
{
    if(seconds==5) {
        if (menit==1){
            return true;
        }
    }
    else
    {
        return false;
    }
}
boolean cekJadwalOff2()
{
    if(seconds==5) {
        if (menit==2){
            return true;
        }
    }
    else
    {
        return false;
    }
}
}
/*
boolean cekJadwalOn()
{
    if((week<=4) && (minutes==59) && (seconds==5)) {
        if ((hours==7) || (hours==10) || (hours==13) || (hours==18)){
            return true;
        }
    }
    else
        if((week==5) && (minutes==59) && (seconds==5)) {

```

```
if((hours==7) || (hours==12) || (hours==14) || (hours==18)){  
    return true;
```

```
}
```

```
}  
else
```

```
{
```

```
    return false;
```

```
}
```

```
}
```

```
boolean cekJadwalOff1()
```

```
{
```

```
    if((week<=4) && (minutes==59) && (seconds==5)) {
```

```
        if ((hours==8) || (hours==11) || (hours==14) || (hours==19)){
```

```
            return true;
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    else
```

```
        if((week==5) && (minutes==59) && (seconds==5)) {
```

```
            if((hours==8) || (hours==13) || (hours==15) || (hours==19)){
```

```
                return true;
```

```
            }
```

```
        }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        return false;
```

```
    }
```

```
}
```

```
boolean cekJadwalOff2()
```

```
{
```

```
    if((week<=4) && (minutes==55) && (seconds==5)) {
```

```
        if ((hours==10) || (hours==13) || (hours==16) || (hours==20)){
```

```
            return true;
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    else
```

```
        if((week==5) && (minutes==55) && (seconds==5)) {
```

```
            if((hours==10) || (hours==14) || (hours==16) || (hours==20)){
```

```
                return true;
```

```
            }
```

```
}
```

```

    }
  }
  else
  {
    return false;
  }
}

boolean cekRFID()
{
  receivedTag=false;
  while (rfidReader.available())
  {
    int BytesRead = rfidReader.readBytesUntil(3, tagNumber, 15);//EOT
    (3) is the last character in tag
    receivedTag=true;
  }
  if (receivedTag){
    tagString=tagNumber;
    if (checkTag(tagString)){
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("Watt-TagDikenali");
      delay(1500); // a delay of 1500ms and a flush() seems to stop tag
      repeats
      rfidReader.flush();
      memset(tagNumber,0,sizeof(tagNumber)); //erase tagNumber
      return true;
    }
    else {
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.clear();
      lcd.print("TagTidakDikenali");
      delay(1500); // a delay of 1500ms and a flush() seems to stop tag
      repeats
      rfidReader.flush();
      memset(tagNumber,0,sizeof(tagNumber)); //erase tagNumber
    }
  }
  return false;
}

```

```
}
```

```
boolean checkTag(String tag){  
    char testTag[14];  
    for (int i = 0; i < sizeof(tag_table)/2; i++)  
    {  
        strcpy_P(testTag, (char*)pgm_read_word(&(tag_table[i])));  
        if(tag.substring(1,13)==testTag){//substring function removes SOT  
        and EOT  
            return true;  
            break;  
        }  
    }  
    return false;  
}
```

```
void turun()  
{  
    digitalWrite(ssrPIN,HIGH);  
    for (int j = 0 ; j<5 ; j++){  
        digitalWrite(cool, LOW);  
        delay(1000);  
        digitalWrite (cool, HIGH);  
        delay(1000);  
    }  
}
```

```
void naik()  
{  
    digitalWrite(ssrPIN,LOW);  
    for (int j = 0 ; j<5 ; j++){  
        digitalWrite(warm, LOW);  
        delay(1000);  
        digitalWrite (warm, HIGH);  
        delay(1000);  
    }  
}
```

BUILDING AUTOMATION SYSTEM BASED ON MICROCONTROLLER FOR ENERGY MONITORING AND CONTROL

***Name : Nurin Fadilla
Supervisor : Suwito, ST., MT.
Co-Supervisor : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.***

ABSTRACT

Building Automation System (BAS), an example of a Distributed Control System (DCS), is a communication network infrastructure which is used to manage building services like lighting and temperature monitoring and control for energy saving and maintenance cost. A building controlled by a BAS is often referred to as an intelligent building system.

BAS can be implemented for energy management in classes with electronic devices, lamp and Air Conditioner (AC). At the specified hour from course schedule, each class is set with maximum temperature. The system can be built according to lecturers' absences using Radio Frequency Identification (RFID), so the lighting is set and the AC temperature is set cooler. Meanwhile, in a control room, there is a Human Machine Interface (HMI) for monitoring and control based on data of absence and power meter. An operator has the right to do the control mode centralized or automatized with arduino in classes. With the implementation of BAS for lamp and AC in classes, it is expected that the energy efficiency is enhanced.

From the experiments of the overall system, BAS could be used for automation based on active class condition. From the experiments of power sensor, it's been known that the average differential to a wattmeter analog was 3.49%. It's been experimented with four tags and the RFID's accuracy was 100% with the maximum distance of 6 cms. The time of RTC compared to the real time had the accuracy of 99.99%. The system's responsibility in the executions of the output control was 100%. The communication between HMI and the microcontroller system using RS485 and RS232 succeeded with the success rate of 100%.

Keywords : Air conditioner, BAS, Class, Energy, HMI, Lamp.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur tiada henti penulis haturkan kepada Tuhan semesta alam, Allah SWT, atas seluruh limpahan rahmat, karunia, dan hidayahNya selama ini sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam mengerjakan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan berbagai macam bantuan dan doa, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih atas bantuannya dan semoga Allah membalasnya dengan sebaik-baik balasan,

- Bapak, Ibu, adik-adik, serta seluruh keluarga yang memberikan dukungan baik moril maupun materil.
- Bapak Suwito, ST, MT., selaku dosen pembimbing pertama, yang tanpa bimbingan beliau, tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik.
- Bapak Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., selaku dosen pembimbing kedua, yang juga karena bimbingan beliau, tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
- Tasripan, Ir. MT. selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika dan dosen wali yang memberikan begitu banyak motivasi dan inspirasi.
- Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya.
- Seluruh dosen bidang studi elektronika dan seluruh dosen Teknik Elektro ITS.
- Teman-teman seperjuangan asisten laboratorium elektronika.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna. Saran dan kritik yang membangun senantiasa penulis terima guna pengembangan lebih lanjut. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi semua pihak yang ingin mengembangkan BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

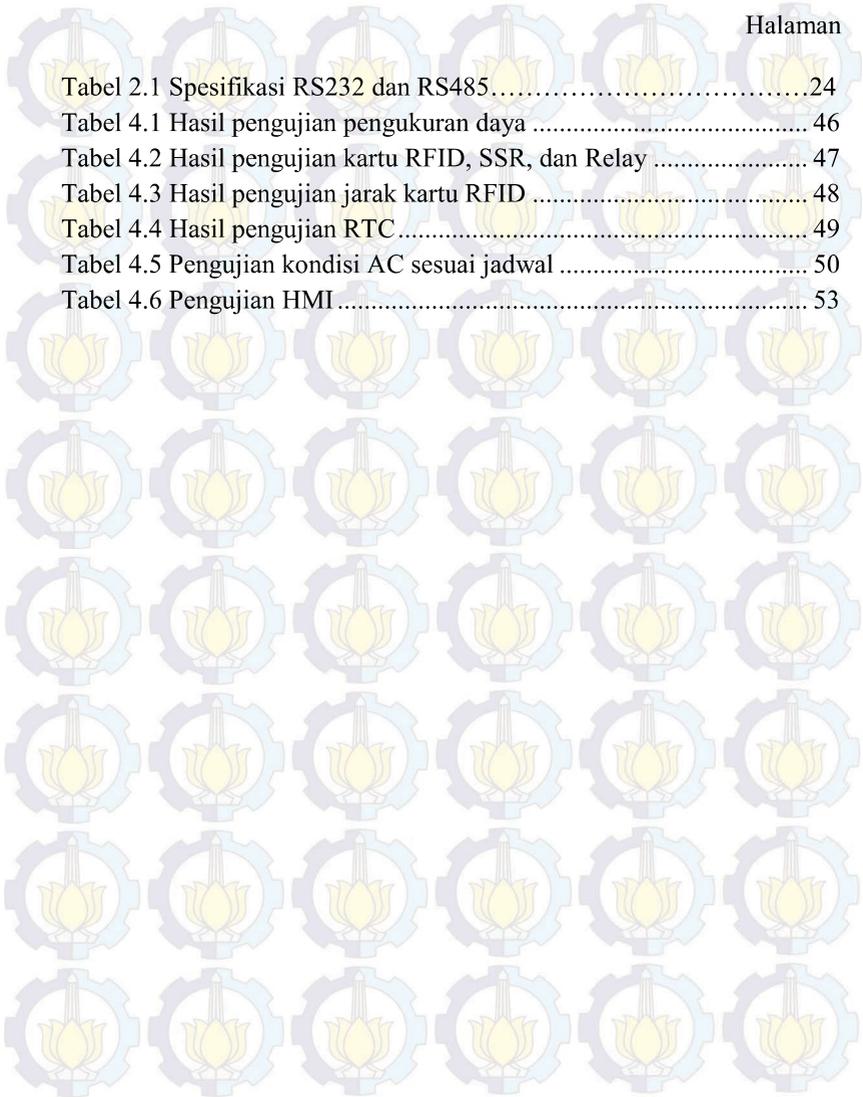
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Definisi Eco-Campus	7
2.1.2 Building Automation System (BAS)	8
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Electronic Energy Meter XTM75SA	11
2.2.2 Solid State Relay (SSR)	14
2.2.3 Mikrokontroler Arduino	15
2.2.4 RFID	18
2.2.5 <i>Real Time Clock</i> (RTC) DS1307	19
2.2.6 Protokol Modbus	21
2.2.7 RS232 dan RS485	23
2.2.7 <i>Touch screen</i> MT8070iH	25
BAB III PERANCANGAN SISTEM	29

3.1 Diagram Blok Sistem	29
3.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	30
3.2.1 Rangkaian Sensor Daya.....	31
3.2.2 Rangkaian RFID.....	33
3.2.3 Rangkaian Sistem Mikrokontroler.....	34
3.2.4 Rangkaian LCD	35
3.2.5 Perangkat yang Dikontrol.....	35
3.2.6 Rangkaian HMI	36
3.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	36
3.3.1 Perancangan Program Utama Mikrokontroler.....	36
3.3.2 Perancangan <i>Interface</i> dengan EasyBuider8000	41
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS	45
4.1 Pengujian Pengukuran Daya	45
4.2 Pengujian RFID, LCD Display, SSR, dan Relay	46
4.3 Pengujian RTC	48
4.4 Pengujian Ketepatan Jadwal.....	50
4.5 Pengujian HMI	51
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN	59
BIODATA PENULIS.....	67

DAFTAR TABEL

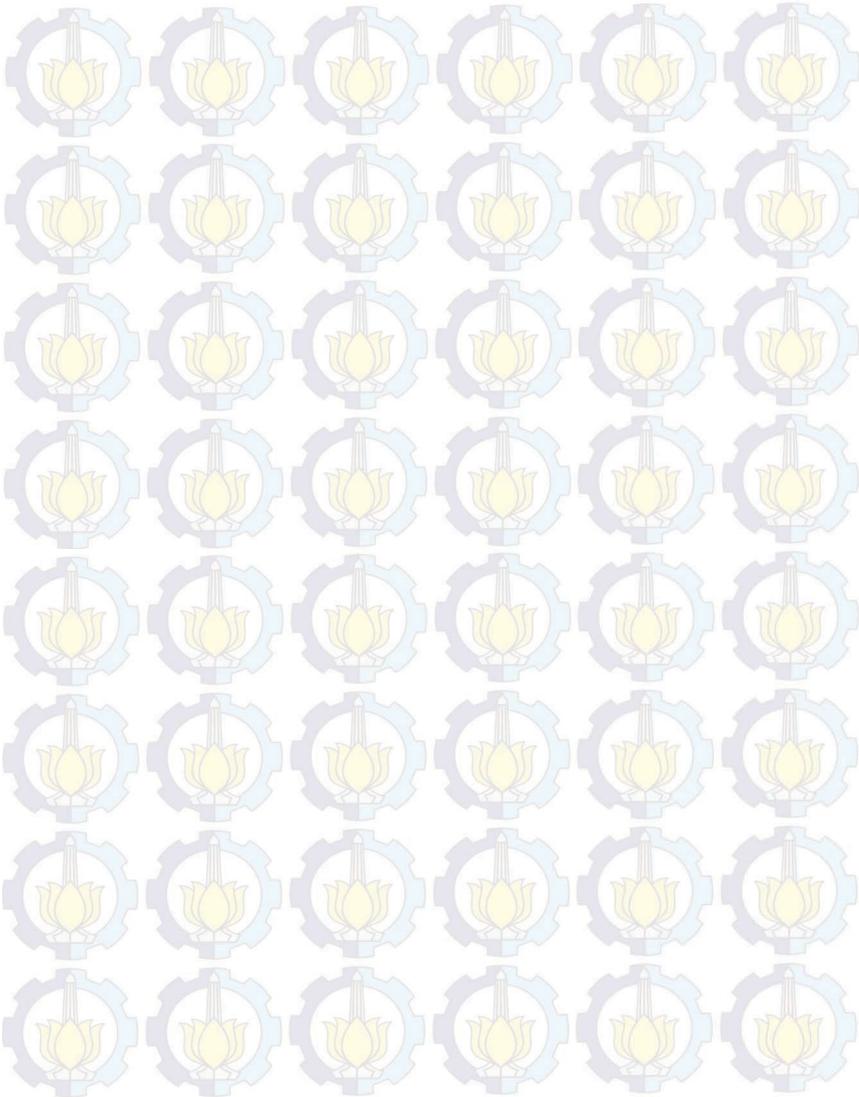
	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi RS232 dan RS485.....	24
Tabel 4.1 Hasil pengujian pengukuran daya	46
Tabel 4.2 Hasil pengujian kartu RFID, SSR, dan Relay	47
Tabel 4.3 Hasil pengujian jarak kartu RFID	48
Tabel 4.4 Hasil pengujian RTC	49
Tabel 4.5 Pengujian kondisi AC sesuai jadwal	50
Tabel 4.6 Pengujian HMI	53



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Penghijauan sebagai usaha eco-campus di ITS 8
Gambar 2.2	BAS pada gedung komersial 9
Gambar 2.3	BAS pada apartemen..... 9
Gambar 2.4	Topologi BAS 10
Gambar 2.5	1 Phase 2 Wire KWH Meter 11
Gambar 2.6	Wiring diagram power meter 12
Gambar 2.7	Output pulsa power meter 13
Gambar 2.8	Solid State Relay 15
Gambar 2.9	Blok diagram mikrokontroler ATmega328 17
Gambar 2.10	Arduino Mega 18
Gambar 2.11	Kunci elektronik dengan system kartu RFID 18
Gambar 2.12	Diagram pin DS1307 20
Gambar 2.13	Hubungan request-respon pada divais Modbus..... 21
Gambar 2.14	MT8070iH 27
Gambar 3.1	Diagram blok BAS 30
Gambar 3.2	Diagram blok <i>hardware</i> sistem..... 31
Gambar 3.3	Sensor daya dengan sistem..... 32
Gambar 3.4	Reader RFID untuk absensi 33
Gambar 3.5	Skematik power meter dan sistem mikrokontroler.... 34
Gambar 3.6	Perangkat yang dikontrol (AC dan lampu) 35
Gambar 3.7	Fungsi Modbus untuk Arduino 37
Gambar 3.8	Sinyal untuk relay yang mengatur remote AC..... 39
Gambar 3.9	Kode untuk remote AC 39
Gambar 3.10	<i>Flow chart</i> dalam sistem Arduino 40
Gambar 3.11	<i>Finite state</i> dalam sistem Arduino 41
Gambar 3.12	Tampilan awal EasyBuilder8000 42
Gambar 3.13	Tampilan antar muka HMI dengan simulasi online .. 43
Gambar 4.1	Pengujian pengukuran daya 45
Gambar 4.2	Sistem mikrokontroler dan display LCD di lokal 47
Gambar 4.3	Pengujian RTC..... 49
Gambar 4.4	Remote menyalakan AC secara otomatis..... 51
Gambar 4.5	HMI <i>touch screen</i> 52

Gambar 4.6 Sistem mikrokontroler lokal ke HMI dengan serial... 52



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nurin Fadilla lahir pada tanggal 25 Januari 1994, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis mengawali kegiatan pendidikan formal di SD Mangkang Kulon 1 Semarang, yang kemudian dilanjutkan di SMP Negeri 4 Kediri, kemudian SMA Negeri 2 Kediri dan pada tahun 2011 penulis diterima sebagai mahasiswa di jurusan Teknik Elektro ITS. Saat kuliah, penulis turut berpartisipasi sebagai asisten praktikum di bidang studi elektronika serta aktif pula dalam unit kegiatan himpunan mahasiswa Teknik Elektro ITS.

Email : nurin_fadilla@yahoo.com

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi dan Sumber Daya Alam (SDA) serta perubahan iklim telah menjadi isu lingkungan global pada saat ini. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) sebagai Perguruan Tinggi di Indonesia berkomitmen untuk ikut aktif berperan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta penerapan budaya gaya hidup berwawasan lingkungan berbasis eco-campus.

Untuk program peningkatan efisiensi energi listrik sebagai upaya terciptanya eco-campus, kebijakan internal ITS mewajibkan bahwa suhu pendingin ruangan atau *Air Conditioner* (AC) tidak boleh lebih rendah dari 25°C, serta penggantian bertahap peralatan listrik dengan peralatan yang hemat energi. Namun pada kenyataannya, dalam penggunaan energi listrik, dalam satu tahun total konsumsi energi listrik di ITS adalah 8.687.480 kWh/tahun atau rata-rata 724.000 kWh/bulan sehingga biaya yang dibayarkan ITS adalah Rp. 500.000.000/bulan atau 6 Miliar/Tahun[1].

Penggunaan listrik yang tidak efektif di kelas dapat dikarenakan pemakaian perangkat elektronik, antara lain lampu dan AC, yang selalu menyala sejak pagi hingga malam walaupun tidak ada perkuliahan. Dengan kondisi ini, dibutuhkan suatu sistem otomasi sebagai upaya dari manajemen energi listrik yang digunakan pada perangkat elektronik di kelas, yaitu meliputi monitoring dan kontrol penerangan dan juga level suhu AC. Sistem otomasi yang dirancang dituntut untuk fleksibel dan mementingkan kenyamanan pengguna ruangan.

Sistem bangunan cerdas adalah suatu bangunan yang dikontrol oleh sistem kontrol terdistribusi yaitu *Buiding Automation System* (BAS). BAS, suatu contoh sistem kontrol terdistribusi, adalah infrastruktur jaringan komunikasi yang mengatur berbagai layanan bangunan seperti monitoring dan kontrol penerangan atau temperatur untuk penghematan energi dan biaya pemeliharaan. Dengan demikian, BAS dapat diterapkan untuk pengaturan lampu dan AC di kelas sebagai upaya dari manajemen energi. Untuk komunikasi *one-to-many* dari master di *control room* ke kelas sebagai slave menggunakan RS485

dengan rate transmisi 115200bps, komunikasi dapat mencapai jarak 200m[2].

Pada tugas akhir ini, akan dilakukan perancangan suatu sistem yang dapat menghasilkan sistem monitoring dan kontrol penggunaan energi listrik pada perangkat elektronik di kelas, meliputi lampu dan AC dengan menggunakan BAS. Sistem ini dilengkapi dengan *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan *touch screen* di *control room*. Pada jam-jam tertentu dilihat dari jadwal perkuliahan, kelas dikondisikan terlebih dahulu dengan suhu maksimum (30°C) dan menunggu *log in* yaitu absensi dosen menggunakan RFID yang telah terdaftar dalam sistem. Kegiatan perkuliahan dapat dimulai dengan kondisi lampu dinyalakan dengan SSR serta level suhu AC diturunkan hingga 25°C menggunakan relay yang mengatur remote AC. Jika kelas selesai, dilakukan *log out* lampu mati, level suhu dinaikkan hingga maksimum, dan AC juga dimatikan. AC akan menyala kembali pada jadwal kelas berikutnya. Dengan demikian, diharapkan adanya efisiensi dan penghematan energi listrik sesuai tujuan dari eco-campus.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana algoritma keadaan kelas yang aktif dan *Local Control* otomatis yang tepat.
2. Bagaimana memproses data dari power meter dan modul RFID serta mengirimkan sinyal untuk pengaturan lampu dan AC dengan mikrokontroler.
3. Bagaimana cara transmisi data dari mikrokontroler dengan menggunakan koneksi serial hingga ditampilkan monitoring dan pengaturan terpusat dengan HMI.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut :

1. Memperoleh algoritma keadaan kelas yang aktif beserta *Local Control* otomatis yang tepat.
2. Mengimplementasikan pada mikrokontroler untuk pembacaan sensor daya dan modul RFID serta pengaturan lampu dan AC.
3. Mewujudkan sistem manajemen energi dengan monitoring dan pengaturan terpusat sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi listrik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Power meter yang digunakan ialah XTM75SA.
2. Modul RFID yang digunakan ialah RDM6300 dengan kartu yang diujikan sebanyak empat buah.
3. *Touch screen* yang digunakan adalah MT8070iH.
4. Kelas yang diujikan adalah satu kelas.
5. Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega2560.
6. Koneksi menggunakan RS232 dan RS485.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan tinjauan pustaka dan dasar teori untuk menunjang dalam penulisan Tugas Akhir yang dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet, meliputi :

- Pemilihan meter untuk mengukur daya pada AC dengan standar industri.
- Pengkondisian sinyal output dari sensor dan RFID serta perancangan *remote AC* dan SSR agar dapat terhubung ke mikrokontroler.
- Mempelajari pemrograman Arduino dan *Touchscreen*.

2. Perancangan Hardware

Pada tahap ini dirancang hardware yang terdiri dari Perancangan desain dari sistem yang terdiri atas modul RFID, relay, *remote*, SSR, power meter, RTC, mikrokontroler, LCD, converter, dan *touch screen* untuk HMI. Hasil pengukuran dan pengaturan akan ditampilkan di *touch screen*.

3. Perancangan Software

Pada tahap ini dibuat program untuk akuisisi data menggunakan mikrokontroler Arduino serta menghubungkannya dengan HMI untuk keperluan monitoring dan kontrol yang perancangannya menggunakan pemrograman EasyBuilder8000.

4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk menentukan keandalan dari pembacaan data daya, RTC, transmisi data, dan mengintegrasikannya pada sistem agar dapat dilakukan monitoring dan pengaturan pusat dengan *touchscreen*.

5. Penulisan Laporan Akhir

Tahap penulisan laporan Tugas Akhir dilakukan setelah mendapatkan data – data yang dibutuhkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

➤ **Bab 1 : Pendahuluan**

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, sistematika penulisan, metodologi, dan relevansi.

➤ **Bab 2 : Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori**

Bab ini menjelaskan tentang berbagai macam teori-teori penunjang dalam pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya tinjauan pustaka mengenai definisi eco-campus, BAS, dan dasar teori tentang *electronic energy meter*, SSR, mikrokontroler, RFID, RTC, protokol Modbus, RS232 dan RS485 serta *touch screen*.

➤ **Bab 3: Perancangan Sistem**

Pada bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah dalam merencanakan dan membangun sistem secara keseluruhan baik *software* maupun *hardware* agar didapatkan sistem BAS yang sesuai untuk kelas.

➤ **Bab 4 : Pengujian dan Analisis**

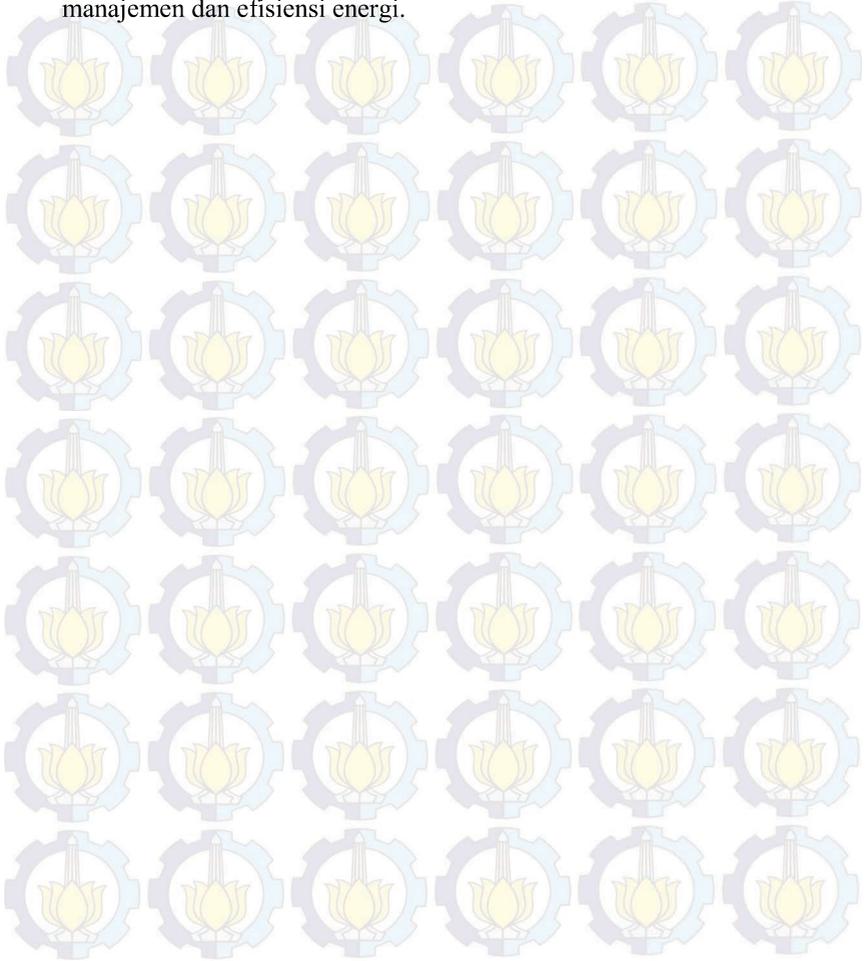
Bab ini menjelaskan data yang didapat dari pengujian-pengujian secara keseluruhan sistem beserta analisisnya.

➤ **Bab 5 : Penutup**

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan pembuatan Tugas Akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangan selanjutnya.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan mampu membantu proses manajemen energi dengan memonitoring besar daya yang digunakan perangkat elektronik di kelas. Diharapkan pula hasil dari pengaplikasian pengukuran BAS untuk monitoring dan kontrol energi ini bisa mendukung penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan manajemen dan efisiensi energi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Tinjauan pustaka dalam bab ini menjelaskan tentang sistem-sistem yang berhubungan dengan tugas akhir ini dan teknologi yang telah ada, antara lain mengenai eco-campus di ITS dan teknologi BAS. Sementara itu, bagian dasar teori menjelaskan tentang teori penunjang yang berhubungan dengan bagian-bagian dari sistem pada tugas akhir ini.

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Definisi Eco-Campus

Menurut Badan Lingkungan Hidup (BLH) Surabaya (2011), eco-campus didefinisikan sebagai kampus yang peduli dan berbudaya lingkungan serta melakukan pengelolaan lingkungan secara sistematis dan berkesinambungan. Eco-campus mencerminkan budaya untuk selalu memedulikan aspek kesehatan dan lingkungan di sekitarnya dengan melibatkan seluruh civitas akademika yang berada dalam lingkungan kampus.

Beberapa indikator terciptanya eco-campus yang perlu diwujudkan oleh ITS antara lain:

- adanya kebijakan manajemen kampus yang berorientasi pada pengelolaan lingkungan,
- adanya upaya penghematan air, kertas, dan listrik,
- adanya penghijauan untuk mencapai proporsi ideal Ruang Terbuka Hijau atau RTH (gambar 2.1),
- tersedianya bangunan/gedung yang ramah lingkungan,
- terpeliharanya kebersihan dan kenyamanan lingkungan,
- terciptanya kampus tanpa rokok dan bebas polusi,
- terselenggaranya pendidikan lingkungan bagi mahasiswa, dan
- adanya kepedulian dan keterlibatan seluruh elemen civitas akademika dalam budaya peduli lingkungan.

Untuk memenuhi indikator-indikator terciptanya eco-campus secara keseluruhan, diperlukan tindakan nyata yang berkelanjutan dan bukan sekedar seremonial yang hanya diselenggarakan pada waktu tertentu. Namun, usaha untuk menciptakan eco-campus harus terus diupayakan dan dibudayakan sehingga tercipta perubahan pola pikir dalam menyikapi dan memperlakukan lingkungan dengan baik.



Gambar 2.1 Penghijauan sebagai usaha eco-campus di ITS[1]

Komitmen ITS untuk mewujudkan suatu kampus yang peduli dan berbudaya lingkungan merumuskan evaluasi dan revitalisasi master plan pengembangan ITS berbasis eco-campus melalui penelitian-penelitian di ITS. Berbagai penelitian yang melibatkan berbagai disiplin ilmu telah dilakukan, di antaranya terkait dengan penggunaan *renewable energy* (energi terbarukan) yang merupakan salah satu tema penelitian unggulan ITS.

Untuk program peningkatan efisiensi energi listrik di ITS dilaksanakan dengan:

- rekonfigurasi jaringan dan meterisasi listrik di tiap jurusan,
- otomatisasi pemakaian energi listrik di kelas,
- pengaturan penerangan umum,
- pengaturan suhu pendingin ruangan atau AC tidak boleh lebih rendah dari 25⁰C, dan
- dilakukan penggantian secara bertahap perangkat listrik dengan perangkat yang hemat energi^[1].

2.1.2 Building Automation System (BAS)

Building Automation System (BAS) adalah infrastruktur jaringan komunikasi yang mengatur berbagai layanan bangunan seperti monitoring dan kontrol penerangan atau temperatur untuk penghematan energi dan biaya pemeliharaan. BAS merupakan contoh dari sistem kontrol terdistribusi atau *Distributed Control System* (DCS). Suatu bangunan yang dikontrol oleh BAS sering disebut sebagai sistem bangunan cerdas.

Beberapa fasilitas yang dapat mengambil manfaat dari BAS antara lain rumah sakit umum, gedung komersial, gedung pemerintahan

(misalnya fasilitas kota), fasilitas riset (misalnya laboratorium), pusat pengolahan data atau informasi, gedung apartemen, supermarket indoor, dan lain sebagainya. Manfaat utama dari BAS meliputi penggunaan energi rendah, optimalisasi penggunaan energi, keamanan dan privasi, kontrol atas sumber daya energi, pengendalian kondisi operasi, kelembaban, *air volume*, dan suhu. Gambar 2.2 dan 2.3 menunjukkan instalasi dimana teknologi BAS dengan manfaat utama tersebut telah berhasil diterapkan.



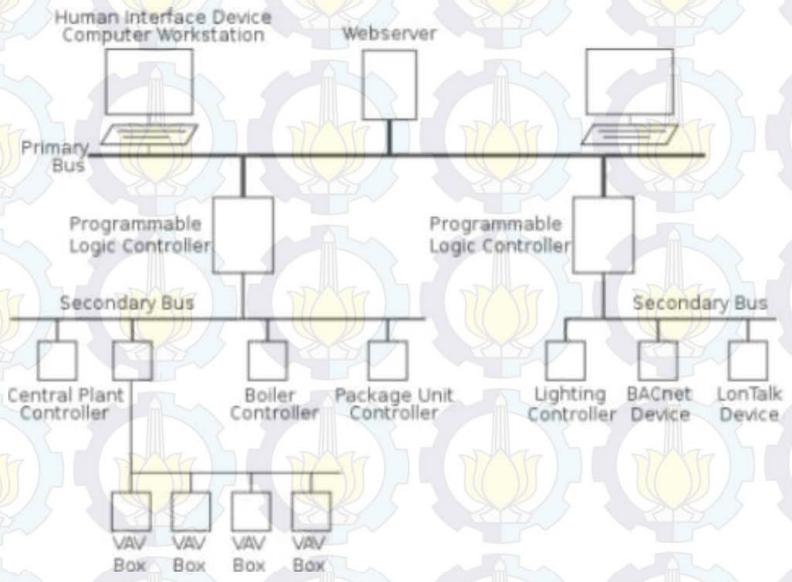
Gambar 2.2 BAS pada gedung komersial[3]



Gambar 2.3 BAS pada apartemen[3]

Teknologi BAS melibatkan beberapa komputer, sensor, aktuator, yang terhubung dengan menggunakan protokol jaringan standar seperti LonWorks, BAC-net, KNX/EIB, *Internet based*, *Wired*, dan nirkabel.

Pada umumnya, jaringan BAS terdiri atas bus primer dan sekunder yang menghubungkan antara kontrol high-level (biasanya dikhususkan untuk BAS, namun bisa juga berupa *Programmable Logic Controller (PLC)* dengan kontrol low-level, divais input/output, dan *user interface* (juga disebut *human interface device*). Bus primer dan sekunder dapat dihubungkan dengan jaringan kabel maupun nirkabel. Gambar 2.4 menunjukkan topologi dari BAS.^[3]



Gambar 2.4 Topologi BAS[3]

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Electronic Energy Meter XTM75SA

Model XTM 75SA single phase DIN rel adalah *energy meter* aktif satu fasa dan dua wire, mengadopsi teknik mikroelektronik dan impor rangkaian terintegrasi skala besar, menggunakan teknik advance teknik digital dan SMT, dll. Meter ini telah sesuai dengan persyaratan teknis yang relevan dengan kelas 1 fasa, yang ditetapkan dalam standar internasional IEC 6205321. Meter ini juga telah mendapat sertifikat paten berupa China State Intellectual Property Office. No.201230520871.8 sertifikat paten dan sertifikat paten negara lain yang menilai.

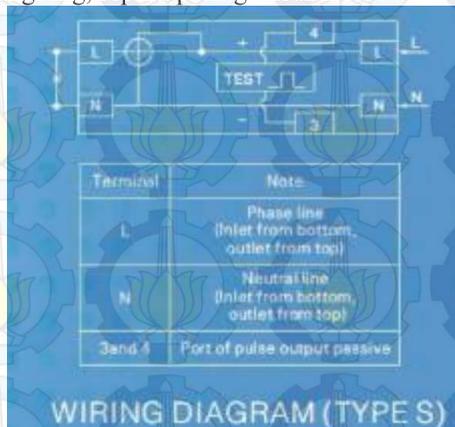
Power meter XTM 75SA dapat digunakan untuk mengukur konsumsi 50Hz atau 60Hz secara langsung dengan akurat dari jaringan listrik AC fase tunggal. Meter ini memiliki tujuh digit display LCD menunjukkan konsumsi dan memiliki fitur berikut: keandalan yang baik, volume kecil, ringan, penampilan baik, instalasi mudah, dan lain sebagainya. Display dari power meter ini adalah digital dan ukuran dimensinya adalah 140. mm x 70. mm x 64. mm. Tampilan power meter XTM 75SA dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 1 Phase 2 Wire KWH Meter[4]

Spesifikasi dari XTM 75SA antara lain sebagai berikut:

- Digit length : 6+1 smart energy meter (0~999999.1KWH)
- Nominal voltage(Un) : 120V 230V
- Operational voltage : 161 - 300V AC
- Operating temperature : -10⁰C - +50⁰C
- Insulation capabilities : AC voltage withstand 2KV 1 menit
Impulse voltage withstand 6KV – 1.2μS waveform
- Arus starting (Ist) : 0,04
- Arus minimum (Imin) : 0,5A
- Arus transisi (Itr) : 1A
- Arus refrensi (Iref) : 10A
- Arus maksimum (Imax): 50A
- Range arus operasional : 0,5A-50A
- Over current withstand : 1500A for 0,01s
- Konsumsi daya internal: ≤2W /10 VA
- Test output flash rate (PULSE LED) 3200 imp
- Pulse output rate (pin 3 & 4) 3200 imp
- Power supply indicator (POWER LED)
- Konfigurasi standar: wiring tipe S (*inlet from bottom, outlet from top*), dapat dioperasikan dengan koneksi langsung, seperti pada gambar 2.6 ^[4].



Gambar 2.6 Wiring diagram power meter^[4]

Banyak meter memiliki output pulsa, termasuk meter listrik fasa tunggal, 3-fasa, meter Gas, meter, aliran air, dan lain sebagainya. Output pulsa mungkin dapat berupa LED yang berkedip atau switching relay (biasanya solid state) atau keduanya.

Dalam kasus meter listrik, output pulsa sesuai dengan sejumlah energi yang melewati meter (kwhr / Wh). Untuk meter listrik domestik fasa tunggal (misalnya Elster A100c), setiap pulsa biasanya setara dengan 1 Wh (1000 pulsa per kwh). Untuk kasus power meter yang lebih tinggi (biasanya tiga fasa), setiap pulsa merepresentasikan nilai jumlah energi yang lebih besar, misalnya. 2Wh per pulsa atau bahkan 10Wh per pulsa.

Gambar 2.7 menggambarkan output pulsa dari power meter. Lebar pulsa T_{high} bervariasi tergantung pada output pulsa dari power meter. Beberapa output pulsa dari power meter memungkinkan T_{high} untuk di-set. T_{high} tetap konstan selama operasi. Untuk power meter A100c, output pulsa memiliki T_{high} selama 50 ms. Waktu antar pulsa, yaitu T_{low} , merepresentasikan nilai daya yang terukur oleh power meter.

Untuk menghitung energi, pada power meter A100c, pulsa masing-masing mewakili 1/1000 dari kWh yaitu 1Wh energi yang melewati meter. Untuk menghitung daya:

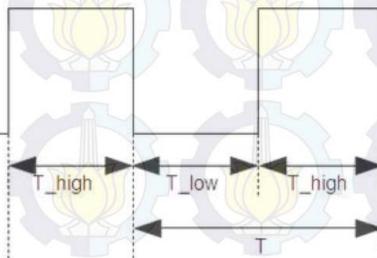
$$3600 \text{ detik per jam} = 3600J \text{ per pulsa}$$

$$1 \text{ Whr} = 3600J$$

Maka daya yang terukur:

$$P = 3600 / T$$

dimana T adalah waktu antara falling edge tiap pulsa.



Gambar 2.7 Output pulsa power meter[5]

Beberapa meter listrik tidak memiliki koneksi pulsa output atau koneksi tidak dapat diakses karena pembatasan yang diberlakukan oleh perusahaan yang membuat power meter tersebut. Namun, semua meter modern memiliki output pulsa optik menggunakan LED. Dalam kasus demikian, sensor optik dapat digunakan untuk antarmuka dengan power meter. Untuk mendeteksi pulsa dari LED, maka dibutuhkan sensor cahaya.

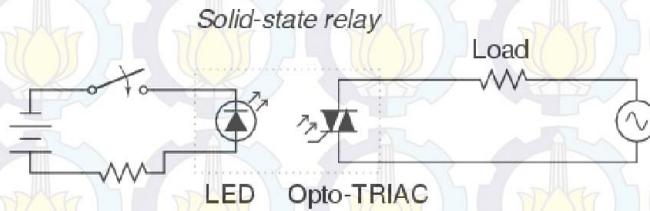
Banyak meter juga memiliki pulsa output wired / switched. Biasanya power meter ini memiliki diagram koneksi mirip. Dua lubang kecil adalah koneksi untuk output pulsa yang merepresentasikan daya terukur. Satu pin adalah pasokan pulsa output yang disediakan oleh catu daya eksternal, sedangkan pin lainnya adalah output berdenyut dibuat oleh meter dengan switch menggunakan internal SSR (seperti switch di antara kedua pin output pulsa).

Perlu diperhatikan bahwa output pulsa power meter tidak terhubung ke tegangan listrik tinggi (dalam power meter), beberapa meter memiliki salah satu konektor output pulsa yang terhubung ke netral sehingga diperlukan sirkuit isolasi untuk antarmuka dengan mikrokontroler^[5].

2.2.2 Solid State Relay (SSR)

Relay elektromekanik dapat digunakan di berbagai aplikasi, namun terdapat banyak keterbatasan. Perancangannya mahal, cycle life kontak yang terbatas, memakan banyak tempat, switch tidak cepat, dibandingkan dengan divais semikonduktor modern. Keterbatasan ini terutama berlaku untuk relay kontaktor besar.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, banyak produsen menawarkan "solid-state" relay, yang menggunakan SCR, TRIAC, atau output transistor bukannya kontak mekanik untuk kontrol power. Output divais (SCR, TRIAC, atau transistor) secara optik-digabungkan ke sumber cahaya LED dalam relay. Relay diaktifkan dengan energi LED ini, biasanya dengan tegangan rendah DC. Isolasi optik antara input ke output menawarkan performansi yang lebih baik dari relay elektromekanik. Hubungan LED dan Opto TRIAC pada SSR dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Solid State Relay[6]

Sebagai divais solid-state, tidak ada bagian lain untuk ditambahkan, dan mampu menghidupkan dan mematikan jauh lebih cepat daripada relay mekanik. Tidak ada picuan antara kontak, dan tidak ada masalah dengan korosi kontak. Salah satu keuntungan yang signifikan dari SCR solid-state atau TRIAC relay melalui divais elektromekanis adalah kecenderungan alami untuk membuka rangkaian AC hanya pada titik nol arus beban. Karena SCR dan TRIAC adalah thyristor, histerisis inherent mereka mempertahankan kelangsungan sirkuit setelah LED telah de-energized sampai arus AC turun di bawah nilai ambang batas. Secara praktis artinya rangkaian tidak akan pernah terputus di tengah-tengah gelombang sinus. Gangguan waktu seperti di sirkuit yang mengandung induktansi besar biasanya akan menghasilkan lonjakan tegangan besar karena runtuhnya medan magnet yang tiba-tiba sekitar induktansi. Hal ini tidak akan terjadi di rangkaian jika SCR atau TRIAC terputus. Fitur ini disebut zero-crossover switching.

Salah satu kelemahan dari SSR adalah kecenderungan untuk gagal "korsleting" pada output, sementara kontak relay elektromekanis cenderung gagal "terbuka." Dalam kedua kasus, adalah mungkin untuk relay gagal dalam modus lain, tetapi ini adalah kegagalan yang paling umum. Karena "gagal-terbuka" umumnya dianggap lebih aman daripada "gagal tertutup", relay elektromekanik masih banyak digunakan dibandingkan perangkat solid-state dalam banyak aplikasi^[6].

2.2.3 Mikrokontroler Arduino

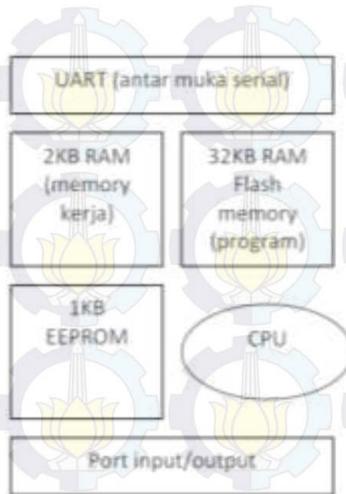
Arduino merupakan platform dari *physical computing*. Istilah *platform* ini dikarenakan Arduino tidak hanya merupakan sebuah alat pengembangan, tetapi juga perpaduan antara *hardware*, bahasa pemrograman, dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang bersifat *open source* (baik untuk *hardware* maupun *software*-nya).

Kemudian, suatu *physical computing* digunakan untuk membuat sebuah sistem yang bersifat interaktif, yaitu dapat menerima maupun memberikan respon terhadap rangsangan dari lingkungan. Artinya, sistem dibuat dengan konsep menghubungkan lingkungan yang secara alami bersifat analog dengan dunia digital (komputer). Hal ini dapat diwujudkan dengan menggunakan sensor dan aktuator serta mikrokontroler.

Saat ini, banyak desain dan alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino. Berbagai pihak telah membuat berbagai modul pendukung (seperti sensor, display, penggerak, dan lain sebagainya) untuk dapat melengkapi dan disambungkan dengan Arduino. Arduino menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi sehingga Arduino telah berevolusi menjadi sebuah platform. Alasan dari banyaknya pengembangan dari Arduino antara lain murah, lintas platform, mudah dipelajari dan digunakan, serta *open source*.

Secara umum, Arduino terdiri atas *hardware* dan *software*. *Hardware* Arduino adalah board dengan beberapa input/output (I/O), sedangkan *software* Arduino mencakup IDE untuk menuliskan kode program atau sketch, driver untuk koneksi antara Arduino dengan komputer, beberapa contoh program (*example*), dan library untuk pengembangan program.

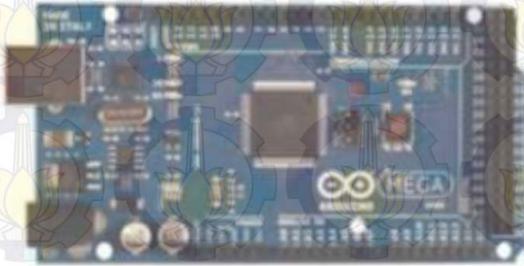
IDE Arduino adalah *software* yang ditulis menggunakan Java. IDE Arduino terdiri atas editor program, compiler, dan uploader. Editor program merupakan sebuah window untuk menuliskan dan melakukan editing kode program atau sketch untuk mikrokontroler Arduino dalam bahasa Processing. Setelah itu, diperlukan compiler sebagai modul untuk mengubah kode program (dalam bahasa Processing) menjadi kode biner sehingga dapat dipahami mikrokontroler. Hal ini dikarenakan sebuah mikrokontroler tidak dapat memahami bahasa *processing*. Selain itu, dengan menggunakan compiler, dapat dilihat apakah kode program telah ditulis dengan benar (tidak ada kesalahan atau error). Kemudian, digunakan uploader, yakni modul yang memuat kode biner setelah di-*compile* dari komputer ke dalam memori yang terdapat dalam board Arduino. Pada IDE Arduino dapat dipilih jenis Arduino yang digunakan sehingga upload dapat dilakukan.



Gambar 2.9 Blok diagram mikrokontroler ATmega328[7]

Komponen utama pada board Arduino adalah sebuah mikrokontroler delapan bit merk ATmega yang dibuat oleh Atmel Corporation. Terdapat bermacam-macam bentuk board Arduino, menggunakan tipe ATmega yang berbeda tergantung dari spesifikasinya. Blok-blok mikrokontroler ATmega328 (Arduino Uno) pada gambar 2.9 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART), antarmuka untuk komunikasi serial seperti RS-232, RS-422 dan RS-485.
- 2KB RAM pada memori kerja, bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), untuk variabel-variabel dalam program.
- 32KB RAM *flash memory*, bersifat *non-volatile*, untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer dan bootloader, yaitu program inisiasi berukuran kecil dan dijalankan oleh CPU ketika daya dihidupkan. Setelah bootloader selesai dijalankan, selanjutnya program dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM, *non-volatile*, untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang walaupun daya dimatikan, tidak digunakan pada Arduino.
- *Central Processing Unit* (CPU), bagian dari mikrokontroler untuk mengeksekusi tiap instruksi program.
- Port input/output, pin-pin untuk input dan output data digital maupun analog.



Gambar 2.10 Arduino Mega[7]

Board Arduino yang memiliki spesifikasi lebih tinggi, antara lain board Arduino Mega dan Arduino Mega 2560, dilengkapi dengan tambahan lebih banyak pin digital maupun analog, port serial, dan lain sebagainya, seperti terlihat pada gambar 2.10. Arduino Mega 2560 menggunakan ATmega2560 [7].

2.2.4 RFID

Radio Frequency identification (RFID) adalah penggunaan medan elektromagnetik nirkabel untuk mentransfer data dengan tujuan untuk keperluan identifikasi dan melacak tag yang melekat pada benda-benda secara otomatis. Tag berisi informasi yang disimpan secara elektronik. Sistem kartu RFID ini dapat digunakan untuk kunci elektronik seperti pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kunci elektronik dengan sistem kartu RFID[8]

Beberapa tag yang didukung oleh induksi elektromagnetik dari medan magnet yang dihasilkan di dekat reader. Beberapa jenis tag mengumpulkan energi dari gelombang radio dan bertindak sebagai transponder pasif. Jenis lain memiliki sumber daya lokal seperti baterai dan dapat beroperasi pada ratusan meter dari reader. Tidak seperti barcode, tag tidak selalu harus berada dalam garis pandang reader, dan dapat tertanam dalam objek dilacak. RFID merupakan salah satu metode untuk *Automatic Identification and Data Capture (AIDC)*.

Sistem RFID mengidentifikasi tag atau label yang dipasang pada objek. Radio dua arah antara pemancar-penerima, disebut sebagai reader, mengirimkan sinyal ke tag untuk kemudian membaca responnya. Sementara itu, tag RFID dapat bersifat pasif, aktif, atau pasif dengan baterai.

Tag aktif memiliki baterai pada board dan secara berkala mengirimkan sinyal ID-nya. *Battery-assisted Passive (BAP)* memiliki baterai kecil di board dan diaktifkan ketika berada di hadapan reader RFID. Sebuah tag pasif lebih murah dan lebih kecil karena tidak memiliki baterai; sebaliknya, tag menggunakan energi radio yang ditransmisikan oleh reader. Namun, untuk mengoperasikan tag pasif, harus didukung dengan daya sekitar seribu kali lebih kuat daripada transmisi sinyal. Yang membuat perbedaan dalam gangguan dan paparan radiasi.

Tag bisa berupa *read-only*, memiliki nomor seri dari pabrik digunakan sebagai kunci ke dalam database, atau bias juga *read/write*, di mana data tertentu dapat ditulis ke dalam tag oleh pengguna sistem. Tag RFID terdiri atas setidaknya dua bagian: sebuah IC untuk menyimpan dan memproses informasi, modulasi dan demodulasi sinyal frekuensi radio (RF), mengumpulkan power DC dari sinyal reader insiden, dan fungsi khusus lainnya; dan antena untuk menerima dan mengirimkan sinyal. Informasi tag disimpan dalam memori *non-volatile*. Tag RFID meliputi baik logika tetap atau diprogram untuk memproses transmisi dan sensor data^[8].

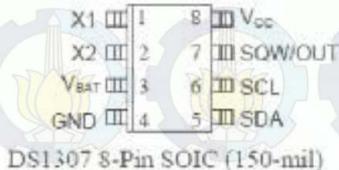
2.2.5 Real Time Clock (RTC) DS1307

Real Time Clock (RTC) adalah suatu chip (IC) yang berfungsi untuk menyimpan waktu dan tanggal. Terdapat dua jenis IC RTC, antara lain RTC DS12C887, yakni RTC dengan jalur data seri yang memiliki register yg dapat menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan dan

tahun, 128 lokasi RAM yang terdiri dari 15 byte untuk data waktu serta kontrol, dan 113 byte sebagai RAM umum. Bus dari RTC DS 12C887 termultipleks sehingga dapat mengurangi jumlah pin; dan RTC DS1307, yakni RTC dengan jalur data paralel untuk menyimpan data detik, menit, jam, hari dalam satu minggu, tanggal, bulan, dan tahun secara valid hingga 2100, 56-byte, battery-backed, RAM nonvolatile (NV) RAM untuk penyimpanan. Antarmuka dari RTC DS1307 adalah serial Two-wire (I2C), komunikasi dilakukan dengan dua jalur. DS1307 memiliki sinyal luaran gelombang-kotak terprogram (*Programmable squarewave*), dilengkapi dengan deteksi otomatis *power-fail* dan rangkaian switch, konsumsi daya dari RTC ini kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator. Selain itu, DS1307 tersedia fitur industri ketahanan suhu -40°C hingga +85°C. Untuk RTC DS1307 tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.

Pin DS1307 dapat dilihat pada gambar 2.12, antara lain :

- VCC (power supply primer)
- X1, X2 (koneksi kristal 32.768kHz)
- VBAT (input baterai +3V)
- GND (ground)
- SDA (serial data)
- SCL (serial clock)
- SQW/OUT (square wave/driver output)^[9]



Gambar 2.12

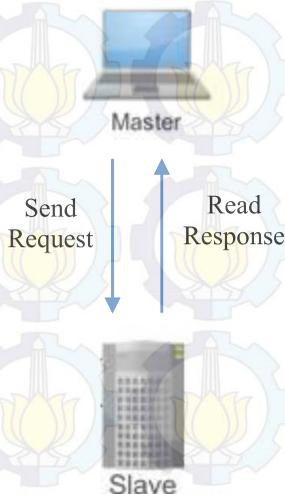
Diagram pin DS1307 [9]

2.2.6 Protokol Modbus

Modbus adalah protokol yang umum digunakan oleh berbagai perangkat untuk komunikasi sederhana, handal, dan efisien di berbagai jaringan modern. Protokol industri modbus dikembangkan pada tahun 1979 untuk membuat komunikasi yang memungkinkan antara perangkat otomatisasi. Awalnya diimplementasikan sebagai protokol level aplikasi yang dimaksudkan untuk mentransfer data melalui serial, kemudian protokol telah diperluas untuk mencakup implementasi selain serial yaitu TCP / IP, dan *User Datagram Protocol* (UDP).

Modbus biasanya digunakan untuk jaringan komunikasi antar divais dalam *Supervisory Control dan Data Acquisition* (SCADA). Sebagai contoh, server besar dapat digunakan sebagai master untuk *Programmable Logic Controller* (PLC) atau *Programmable Automation Controller* (PAC), sedangkan PLC / PAC menjadi master bagi sensor, katup, motorik, atau divais *embedded* lainnya.

Untuk memenuhi kebutuhan untuk jaringan komunikasi antar divais dalam SCADA, Modbus dirancang sebagai protokol request-response dengan data dan model fungsi yang fleksibel. Hubungan request-respon pada Modbus dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Hubungan request-respon pada divais Modbus [10]

Protokol Modbus mengikuti arsitektur master dan slave dimana master mengirimkan permintaan (request) untuk slave dan menunggu balasan (respon). Arsitektur ini memberikan master kontrol penuh atas arus informasi, yang memiliki manfaat pada jaringan serial older multidrop. Bahkan pada jaringan TCP / IP modern, memberikan master kontrol tinggi atas slave, yang memberikan keuntungan dalam beberapa desain.

Dalam Modbus, request adalah data dengan beberapa layer . Lapisan pertama adalah *Application Data Unit* (ADU), yaitu yang sering dianggap sebagai "jenis" dari Modbus yang digunakan. Ada tiga ADU: ASCII, *Remote Terminal Unit* (RTU), dan TCP / IP. TCP adalah format modern yang memungkinkan untuk penanganan efisien untuk request Modbus dan respon dalam perangkat lunak, serta jaringan yang lebih efisien melalui penggunaan koneksi berdedikasi dan pengidentifikasi untuk setiap request. RTU dan ASCII adalah format ADU serial yang lebih tua dengan perbedaan utama antara kedua adalah bahwa RTU menggunakan representasi biner compact sementara ASCII mengirimkan semua request sebagai aliran karakter ASCII.

Modbus mengelola akses data secara sederhana dan fleksibel. Modbus mendukung dua tipe data: nilai Boolean dan *unsigned*, 16-bit integer. Dalam sistem SCADA, umumnya divais *embedded* memiliki nilai-nilai tertentu yang didefinisikan sebagai input, seperti pengaturan proporsional atau Proporsional Integral Derivatif (PID), sementara nilai-nilai lain adalah output, seperti suhu atau posisi katup. Untuk memenuhi kebutuhan ini, nilai data Modbus dibagi menjadi empat *range*, coil, input diskrit, holding register dan input register. Slave dapat menentukan sebanyak 65.536 elemen dalam setiap *range*.

Modbus mengekspos nilai-nilai ini dengan cara yang benar-benar konseptual, yang berarti mungkin sebenarnya tidak ada dalam memori. Sebagai contoh, divais slave dapat didefinisikan sehingga holding register dan input register benar-benar berbagi memori yang sama jika memungkinkan bagi slave. Dalam kebanyakan kasus, slave menyimpan setiap jenis data yang mendukung dalam memori terpisah, dan membatasi jumlah elemen data yang dapat diakses oleh master. Fleksibilitas ini adalah pilihan karena dengan cara demikian data yang terekspos dapat didefinisikan dengan kode fungsi Modbus. Kode fungsi Modbus menentukan bagaimana data diakses dan dimodifikasi oleh master.

2.2.7 RS232 dan RS485

Line driver dan penerima biasanya digunakan untuk pertukaran data antara dua atau lebih titik (*node*) pada jaringan. Komunikasi data yang handal bisa terhambat dengan adanya *noise* induksi, perbedaan level ground, ketidaksesuaian impedansi, kegagalan bias untuk kondisi jalur idle yang efektif, dan bahaya lain yang terkait dengan pemasangan jaringan.

Koneksi antara dua atau lebih elemen (driver dan penerima) harus dianggap sebagai saluran transmisi jika *rise* dan/atau *fall time* kurang dari setengah waktu untuk sinyal untuk travel dari pemancar ke penerima. Standar yang telah dikembangkan untuk memastikan kompatibilitas antar unit yang disediakan oleh produsen yang berbeda, dan untuk memungkinkan keberhasilan wajar dalam mentransfer data jarak tertentu dan/atau tarif data. *Electronics Industry Association* (EIA) telah menghasilkan standar untuk RS485, RS422, RS232, dan RS423 yang berhubungan dengan komunikasi data. Berbagai sugesti sering dibuat untuk menangani masalah-masalah praktis yang mungkin dihadapi dalam jaringan tipikal. Standar EIA dimana sebelumnya ditandai dengan awalan "RS" untuk menunjukkan standar yang direkomendasikan; Namun, standar sekarang umumnya diindikasikan sebagai standar "EIA" untuk mengidentifikasi standar organisasi. Sementara standar membawa keseragaman untuk komunikasi data, banyak daerah tidak secara khusus *di-cover* dan tetap sebagai "daerah abu-abu" bagi pengguna untuk menemukan (biasanya selama instalasi) sendiri komunikasi data yang digunakan.

Komunikasi data elektronik antara unsur-unsur umumnya akan dikategorikan ke dalam dua kategori besar: *single-ended* dan diferensial. RS232 (*single-ended*) diperkenalkan pada tahun 1962, dan meskipun rumor untuk segera berakhir, hingga saat ini tetap banyak digunakan dalam industri. Spesifikasi RS232 memungkinkan untuk transmisi data dari satu pemancar ke satu penerima pada kecepatan data yang relatif lambat (sampai 20K bit/detik) dan jarak pendek (sampai 50 kaki pada data rate maksimum).

Channel independen dibentuk untuk komunikasi dua arah (*full-duplex*). Sinyal RS232 yang direpresentasikan oleh level tegangan terhadap common sistem (daya / logika ground). State "idle" memiliki level sinyal negatif terhadap common, dan state "aktif" memiliki level sinyal positif terhadap common. RS232 memiliki banyak jalur

handshaking (terutama digunakan dengan modem), dan juga menentukan protokol komunikasi.

Secara umum jika tidak terhubung ke modem, jalur *handshaking* dapat menimbulkan banyak masalah jika tidak diputus dalam perangkat lunak atau diperhitungkan dalam perangkat keras (*loop-back* atau *pulled-up*). *Request to Send* (RTS) memang memiliki beberapa utilitas dalam aplikasi tertentu. RS423 adalah spesifikasi lain single ended dengan yang operasi yang lebih disempurnakan dibandingkan RS232. Namun, RS423 ini belum banyak digunakan dalam industri.

Tabel 2.1 Spesifikasi RS232 dan RS485

Spesifikasi	RS232	RS485
Mode operasi	single-ended	diferensial
Jumlah drivers and receivers dalam 1 Line	1 driver 1 receiver	32 driver 32 receiver
Panjang kabel maximum	50 FT.	4000 FT.
Datarate maksimum	20kb/s	10Mb/s- 100Kb/s
Tegangan output driver maksimum	+/-25V	-7V to +12V
Level sinyal output driver (loaded min.)	+/-5V to +/-15V	+/-1.5V
Level sinyal output driver (loaded max.)	+/-25V	+/-6V
Load impedansi driver (Ohms)	3k to 7k	54
Max. Driver Current in High Z State	N/A	+/-100uA
Max. Driver Current in High Z State	+/-6mA @ +/- 2v	+/-100uA
Slew Rate (Max.)	30V/uS	N/A
Range tegangan input receiver	+/-15V	-7V to +12V
Sensitifitas input receiver	+/-3V	+/-200mV
Resistensi input receiver (Ohms)	3k to 7k	>=12k

Ketika berkomunikasi pada kecepatan data yang tinggi, atau jarak jauh dalam lingkungan dunia nyata, metode *single-ended* seringkali tidak memadai. Transmisi data diferensial (*balanced differential signal*) menawarkan kinerja yang unggul dalam sebagian besar aplikasi. Sinyal diferensial dapat membantu membatalkan efek dari pergeseran ground dan sinyal *noise* induksi yang dapat muncul tegangan *common* seperti biasa ada pada jaringan.

RS485 telah memenuhi persyaratan untuk jaringan komunikasi yang benar-benar *multi-point*, dan standar yang menentukan hingga 32 *driver* dan 32 *receiver* dalam satu bus (2-wire dan satu wire untuk ground). Dengan diperkenalkannya repeater "otomatis" dan *driver* atau *receiver* impedansi tinggi ini "pembatasan" dapat diperpanjang ke ratusan (atau bahkan ribuan) node di dalam sebuah jaringan. RS485 memperluas kisaran mode common untuk driver maupun penerima dalam mode "*tri-state*" dan dengan *power off*. Driver RS485 juga mampu menahan masalah "tabrakan data" (*bus contention*) dan kondisi kesalahan bus.

Setiap jumlah karakter dapat dikirim, dan pemancar akan secara otomatis kembali memicu dengan masing-masing karakter baru (atau dalam banyak kasus skema waktu "*bit-oriented*") digunakan dalam hubungannya dengan jaringan bias untuk operasi yang sepenuhnya otomatis, termasuk *Baudrate* dan/atau spesifikasi komunikasi, misalnya baudrate 9600 dengan satu start bit, 8 bit data, tanpa parity, dan satu stop bit, atau dapat ditulis 9600, N, 8,1).

Setelah unit slave dialamatkan, slave tersebut mampu merespon dengan segera karena waktu *turn-off* pemancar yang cepat dari divais otomatis. Delay yang lama dalam jaringan tidak diperlukan untuk menghindari "tabrakan data." Karena delay tidak diperlukan, jaringan dapat dibangun dengan memanfaatkan bandwidth komunikasi data sampai dengan 100%^[11].

2.2.8 *Touch screen* MT8070iH

Seri MT8000 adalah generasi baru *Human Machine Interface* (HMI) Weintek. Dengan konsep desain yang sesuai dengan kebutuhan konsumen serta dapat digunakan dengan lebih mudah dibandingkan seri-seri sebelumnya, MT8000 ini dapat digunakan tidak hanya sebagai HMI, tetapi juga dapat berperan sebagai pusat untuk pertukaran data (*data exchange center*).

Melalui koneksi *ethernet* yang umum digunakan, data dapat di-*share* di antara divais MT8000s tanpa batasan dan setiap perangkat lunak SCADA / HMI pada PC dapat mengakses data dari seri MT8000s ini. HMI Weintek MT8070iH dilengkapi dengan USB 1.1 host, USB 2.0 high speed device, dan slot kartu SD. *Touch screen* untuk HMI ini dapat beroperasi pada suhu 0°C hingga 50°C, dapat disimpan pada suhu -20°C hingga 60°C, kelembaban relatif 10% hingga 90% @ 40°C, tanpa kondensasi, serta shock (mampu beroperasi) 10 hingga 25Hz (X, Y, Z 2G 30 menit).

Untuk spesifikasinya antara lain sebagai berikut :

- Konstruksi : housing plastik molding
- Display Type : LCD TFT
- Display Size (Diagonal) : 7"
- Max color : 65,536
- Resolusi : 800x480
- CPU dan core logic : 32Bit RISC 400MHz processor
- DRAM : 64 MB DDR2 pada board
- Storage : 128 MB flash memory pada board,
- I/O: serial port : Com1: RS-232/RS-485 2w/4w
Com2: RS-232
Com3: RS-232/RS-485 2w
1 Ethernet port (10/100Base-T)
- Sound output : 1 USB 1.1 host
1 USB 2.0 high speed device
- RTC : Line out
- Power input : Built-in
: 24±20%VDC,
250mA@24VDC
- Dimensi (W x H x D) : 7.89"x5.76"x1.68"
- Berat : 0,85 kg
- Software : EB8000 V2.0.0 atau setelahnya^[12]

Gambar 2.14 menunjukkan *touch screen* MT8070iH yang digunakan untuk BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi dalam tugas akhir ini.



Gambar 2.14 MT8070iH [12]

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan konfigurasi *Buinding Automation System* (BAS) berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi. Keterangan lebih lanjut terkait perancangan sistem yang meliputi disain perangkat keras dan perangkat lunak akan dibahas pada sub bab berikut.

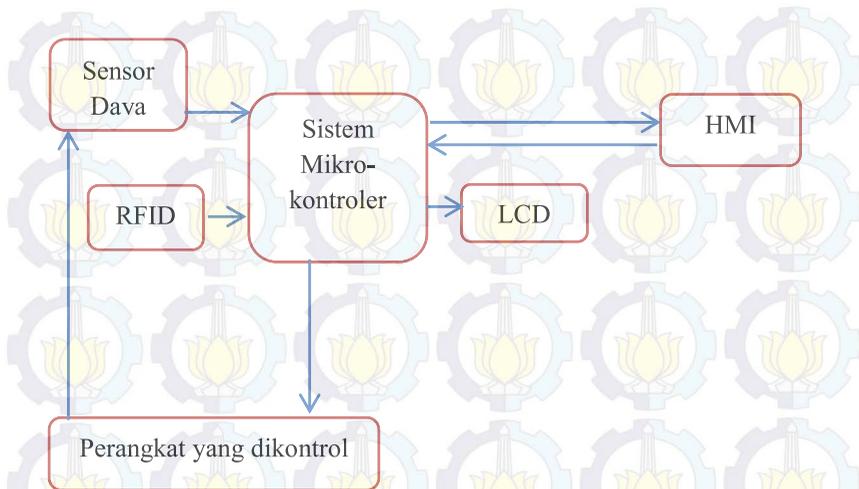
3.1 Diagram Blok Sistem

Power meter untuk mengukur watt yang digunakan pada AC dan lampu menghasilkan data berupa pulsa tegangan dengan variabel frekuensi. Sinyal ini diterjemahkan oleh mikrokontroler dengan fungsi *interrupt counter*. Sementara itu, RFID menunggu hingga ada tag yang sesuai dalam program sistem.

Ketika RFID aktif, mikrokontroler akan menurunkan level suhu AC dan menyalakan lampu. Di ruangan lokal, terdapat LCD Display untuk menunjukkan nilai daya yang digunakan oleh AC dan lampu di kelas tersebut serta bahwa tag RFID dikenali. Sementara itu, di *control room*, HMI juga menunjukkan data dari absensi RFID, data nilai daya yang terukur di kelas, serta kondisi lampu pada kelas tersebut. HMI berupa *touch screen* digunakan sebagai monitoring dan kontrol energi listrik pada perangkat elektronik yaitu lampu maupun AC di kelas secara terpusat.

Setelah kelas selesai, kembali dilakukan *log* RFID yang akan menaikkan level suhu AC serta mematikan lampu. Sistem dilengkapi dengan otomasi ketika tidak ada log setelah beberapa waktu tertentu (kondisi tidak ada kelas atau tidak ingat untuk *log out*) Data daya, absensi RFID, dan kondisi lampu dikirimkan ke HMI di *control room*. Selain itu, penggunaan HMI ini dapat diaktifkan maupun dinonaktifkan oleh operator dengan mudah sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemakaian energi listrik.

Cara kerja dari sistem secara umum dapat dilihat pada blok diagram gambar 3.1.



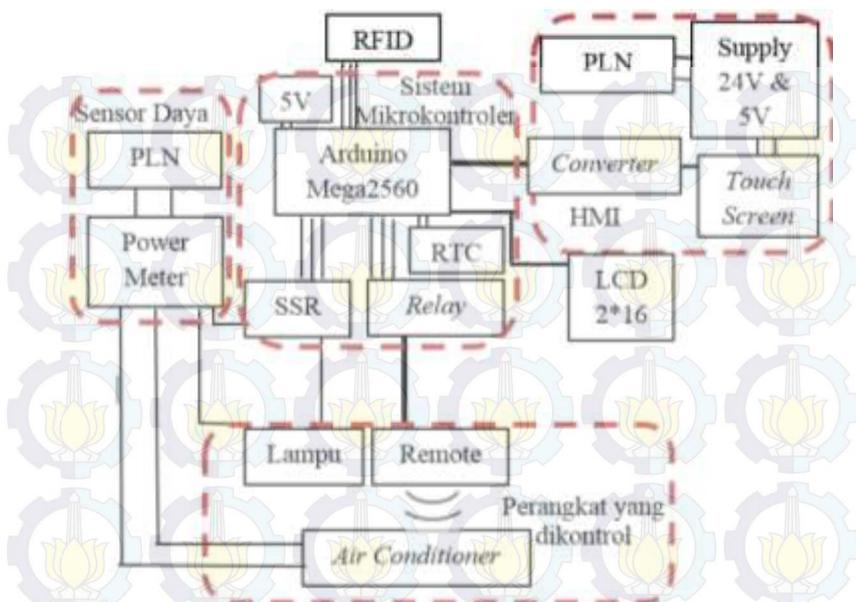
Gambar 3.1 Diagram blok BAS

3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Dari blok diagram BAS pada gambar 3.1, dapat diuraikan menjadi diagram blok hardware yang lebih spesifik. Blok power supply dengan output tegangan +24VDC dan ground diperlukan untuk *touch screen*, sedangkan koneksi serial 232 atau 485 menggunakan converter merupakan bagian dari blok HMI.

Sistem mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega2560 RTC untuk waktu penjadwalan, SSR untuk kontrol lampu, dan relay untuk pengaturan remote AC. Relay ini digunakan untuk menggantikan push button pada remote AC sehingga dapat dikontrol dengan sinyal digital dari mikrokontroler. Sementara itu, AC dan lampu dihubungkan paralel kemudian diseri dengan power meter kemudian dihubungkan ke jala-jala PLN.

Diagram blok *hardware* yang lebih spesifik dari disain BAS untuk monitoring dan kontrol energy yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 3.2.



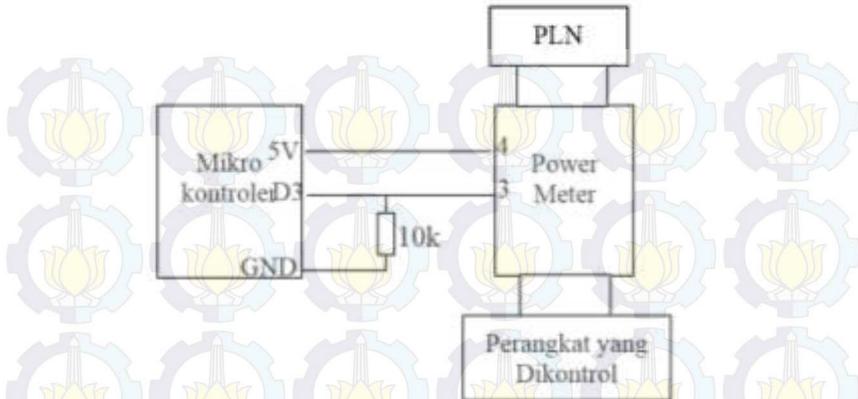
Gambar 3.2 Diagram blok *hardware* sistem

3.2.1 Rangkaian Sensor Daya

Dengan berpedoman pada datasheet, *electronic energy meter* XTM75SA digunakan untuk mengukur satu fasa dengan dua wire yaitu fasa L dan N (netral).

Power meter digital ini memiliki output pulsa untuk mikrokontroler, sedangkan input dari jaringan PLN dan output tegangan input satu fasa ke AC dan lampu sebagai perangkat yang akan dikontrol oleh BAS untuk selanjutnya diukur dan dilakukan monitoring dan kontrol energi daya yang terpakai.

Hubungan antara power meter, jaringan PLN, perangkat yang dikontrol, dan mikrokontroler dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.2 Sensor daya dengan sistem

Input dari jaringan PLN kemudian output untuk beban yaitu perangkat yang dikontrol dan diukur dayanya. Pengukuran daya dapat dilihat dari frekuensi indikator LED atau dari pulsa dengan menambahkan supply DC. Untuk pembacaan pulsa, sesuai dengan datasheet, anoda (kaki 4) dari power meter dihubungkan dengan supply 5V dari mikrokontroler sedangkan katoda (kaki 3) adalah untuk melihat sinyal pulsa.

Power meter yang digunakan memiliki spesifikasi 3200imp/kwh. Dalam power meter ini terdapat SSR yang akan close tiap sekian waktu tergantung watt beban yang diukur dengan spesifikasi 3200 imp, yaitu pulsa sebanyak 3200 untuk tiap kilowatt. Resistor 10k ohm ditambahkan supaya digital input ke mikrokontroler adalah ground ketika SSR dalam kondisi open.

Arduino membaca power berdasarkan sinyal berupa pulsa yang dikirimkan dari power meter dan juga dapat diketahui dari indikator lampu led berwarna merah di power meter tersebut. Pembacaan nilai daya menggunakan interrupt timer dengan mikrokontroler dan dapat diketahui dari frekuensi nyala LED hijau pada power meter. Sementara itu, pada Arduino Mega2560 digunakan pin interrupt0 yaitu pin 3. Data nilai daya ini kemudian ditampilkan ke LCD Display 2*16 di kontrol lokal yaitu kelas, dan juga dikirimkan ke *touch screen* di *control room*.

3.2.2 Rangkaian RFID

Sesuai dengan datasheet dari RFID, maka kaki 5 dihubungkan ke 5V dan kaki 4 ke ground dari mikrokontroler. Kaki 1 RFID sebagai transmitter dihubungkan ke pin digital 2 untuk Arduino Uno. Karena yang mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega2560 maka sebagai receiver pada Arduino, maka pin yang dapat digunakan adalah pin digital 10.

Dari datasheet, RFID RDM6300 ini bekerja dengan kecepatan 9600kbps sehingga dalam kode program Arduino didefinisikan sendiri dengan `rfidReader.begin(9600)`; sementara secara keseluruhan sistem yang digunakan dalam BAS untuk monitoring dan kontrol energi ini, program Arduino beserta protokol Modbus yang digunakan adalah Serial 115200.

Reader RFID yang dipasang di depan kelas untuk absensi dapat diilustrasikan pada gambar 3.4.



Gambar 3.3 Reader RFID untuk absensi

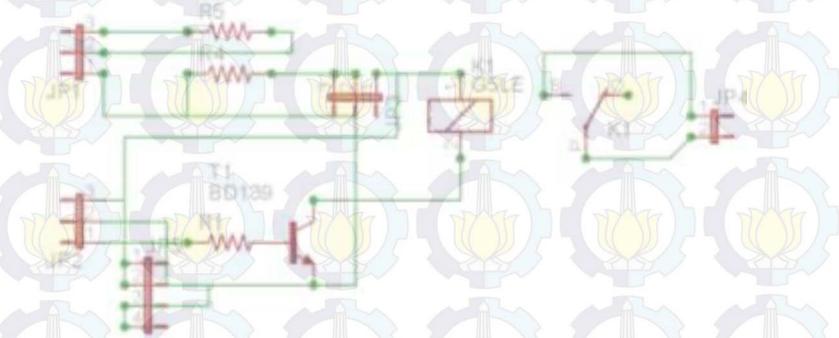
3.2.3 Rangkaian Sistem Mikrokontroler

Tiga buah relay digunakan untuk remote AC sebagai pengganti push button pada tombol remote. Relay berfungsi sebagai penyambung atau pemutus rangkaian dalam remote dengan logika dari mikrokontroler.

Sinyal dari mikrokontroler mengaktifkan transistor NPN BD139 beserta resistor 330 Ohm sehingga dapat digunakan sebagai switch atau saklar pengganti push button on/off pada remote AC menggunakan relay HRS4H-SDC5V, sedangkan untuk kontrol level suhu menggunakan modul relay Opto-Isolated 2 Channel SRD-05VDC-SD-C. Remote AC yang telah terintegrasi dengan sistem mikrokontroler kemudian dipasang di ruangan lokal sehingga dapat mengatur nyala dan level suhu dari AC.

Untuk SSR digunakan resistor 330 Ohm yang disertai dengan pin digital dari Arduino, sedangkan untuk sensor daya digunakan resistor 1k. Skematik untuk pembuatan PCB untuk sistem mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 3.5.

RTC untuk menyimpan data jadwal perkuliahan, digunakan DS1307 dengan VCC dan ground dihubungkan ke 5v dan ground pada sistem mikrokontroler, serta SDA dan SCL dari RTC ke pin 20 dan 21 pada Arduino Mega2560. RTC ini menggunakan baterai 3 V supaya waktu RTC tetap berjalan walaupun Arduino tidak mendapatkan supply atau di-reset.



Gambar 3.4 Skematik rangkaian untuk sistem mikrokontroler

3.2.4 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan untuk Display di kelas (lokal) adalah LCD Display 2*16 dengan potensiometer 10k untuk mengatur kecerahan layar.

LCD Display digunakan untuk display di lokal dengan baris pertama menunjukkan nilai daya yang terukur oleh power meter, sedangkan baris kedua menampilkan tulisan “Watt” diikuti tulisan “Tag dikenali” jika ada *log in* atau “Kelas selesai” jika *log out* dengan absensi RFID. LCD Display ini juga digunakan untuk menampilkan waktu RTC dan jadwal perkuliahan selama satu minggu dengan saklar sebagai enable.

3.2.5 Perangkat yang Dikontrol

Perangkat elektronik yang dikontrol dalam sistem antara lain AC dan lampu yang dihubungkan secara paralel sebelum diseri dengan rangkaian sensor daya seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Perangkat yang dikontrol (AC dan lampu)

AC yang digunakan adalah Sharp ½ pk dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Sharp Plasmacluster Ion AH_AD9LY2
- Sharp split type
- 970 Watt
- 4,5 A

Sementara itu, lampu yang digunakan dalam perancangan sistem dalam tugas akhir ini adalah lampu pijar Philips standard bulb dengan daya 75 Watt.

3.2.6 Rangkaian HMI

Sebagaimana dijelaskan pada BAB II, RS485 digunakan agar arduino dapat berkomunikasi dengan *device* lain melalui jaringan (*network*) dengan jarak yang cukup jauh. Dari sistem mikrokontroler, Rx0 dan Tx0 dihubungkan ke rangkaian converter menggunakan IC MAX485 untuk komunikasi hingga ke HMI *touch screen* di *control room*. Karena BAS ini digunakan untuk monitoring dan kontrol, maka diperlukan komunikasi dua arah.

RS485 dapat digunakan untuk komunikasi *half duplex* dengan 2-wire (2W), atau *full duplex* dengan 4-wire (4W) dan satu ground. Untuk RS485(4W) dapat dilakukan dengan modifikasi *hardware*, yaitu menggunakan dua IC MAX485 pada masing-masing master dan slave. Dengan demikian, terdapat dua line A dan dua line B untuk Tx dan Rx. Kemudian pada bagian HMI *touch screen*, disesuaikan dengan COM yang ada menggunakan converter dengan IC MAX23, sedangkan untuk komunikasi dengan PC menggunakan simulasi online, maka diperlukan converter USB to TTL.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Dalam perancangan *software*, melibatkan bahasa pemrograman menggunakan IDE arduino untuk sistem mikrokontroler di pengaturan lokal, dan perancangan *interface* dengan EasyBuilder8000 untuk *touch screen* di *control room*.

3.3.1 Perancangan Program Utama Mikrokontroler

Dalam pemrograman arduino, menggunakan *library* yang memungkinkan Arduino untuk dapat melakukan komunikasi serial dengan protokol Modicon Modbus RTU, yaitu SimpleModbusSlave.

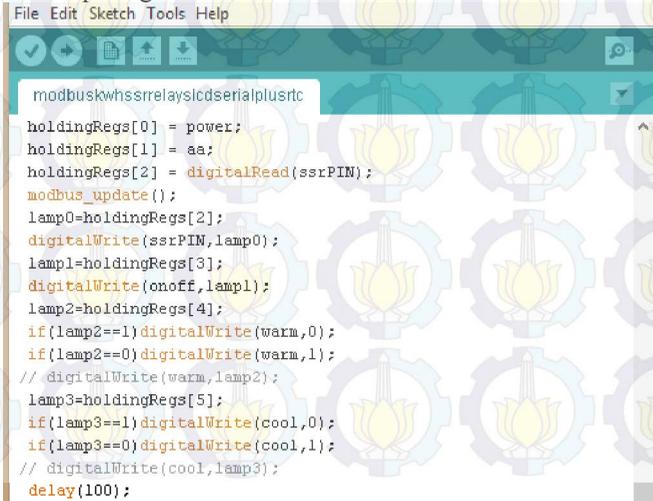
Implementasi dengan *library* ini tidak sepenuhnya sesuai dengan spesifikasi Modbus.

SimpleModbusSlave mengimplementasikan nilai pengembalian *unsigned int* untuk memanggil `modbus_update()`. Dalam *library* ini, terdapat fungsi untuk membaca konten biner dari *holding register* (referensi 4X) dan preset nilai-nilai secara berurutan dengan *holding register* (referensi 4X). Semua fungsi menggunakan *array register* yang sama. Format *byte* Modbus yang digunakan adalah SERIAL_8N2:

- 1 *start bit*,
- 8 bit data,
- *no parity*, dan
- 2 *stop bit*.

HOLDING_REGS_SIZE yang digunakan adalah 10, merupakan jumlah alamat register yang digunakan dalam sistem. Alamat register yang digunakan antara lain untuk data daya dari power meter, data absensi RFID, dan *toggle switch* untuk SSR, on/off AC serta menaikkan dan menurunkan level suhu.

Penulisan dalam program Arduino, yaitu `modbus_configure(&Serial, 115200, SERIAL_8N2, 1, 2, 10, holdingRegs)`; dan kode alamat-alamat `holdingRegs` yang digunakan untuk data yang dikirimkan dari lokal ke *control room* dan sebaliknya, dapat dilihat pada gambar 3.7.



```
File Edit Sketch Tools Help
modbuskwhsrrelaylcdserialplustrc
holdingRegs[0] = power;
holdingRegs[1] = aa;
holdingRegs[2] = digitalRead(ssrPIN);
modbus_update();
lamp0=holdingRegs[2];
digitalWrite(ssrPIN,lamp0);
lamp1=holdingRegs[3];
digitalWrite(onoff,lamp1);
lamp2=holdingRegs[4];
if(lamp2==1)digitalWrite(warm,0);
if(lamp2==0)digitalWrite(warm,1);
// digitalWrite(warm,lamp2);
lamp3=holdingRegs[5];
if(lamp3==1)digitalWrite(cool,0);
if(lamp3==0)digitalWrite(cool,1);
// digitalWrite(cool,lamp3);
delay(100);
```

Gambar 3.7 Fungsi Modbus untuk Arduino

Dari sistem mikrokontroler ke HMI, untuk membaca data power meter dan absensi RFID serta kondisi lampu menggunakan `holdingRegs[0]`, `holdingRegs[1]`, dan `holdingRegs[2]`, sedangkan dari HMI ke sistem mikrokontroler untuk data *toggle switch* (alamat `holdingRegs[2]`, `holdingRegs[3]`, `holdingRegs[4]`, `holdingRegs[5]`), terlebih dahulu dalam program di Arduino dituliskan `modbus_update()`; kemudian baru dituliskan fungsi `digitalWrite` untuk masing-masing pin digital untuk SSR dan relay.

Untuk jadwal perkuliahan yang digunakan, AC akan dinyalakan setiap pagi pada pukul 07:59:59. Asumsi jadwal pemakaian kelas tersebut untuk hari Senin sampai Kamis adalah pada:

- pukul 08.00,
- pukul 11.00,
- pukul 14.00 untuk S1 Reguler, dan
- pukul 19.00 untuk Lintas Jalur.

Untuk hari Jum'at, kelas digunakan pada:

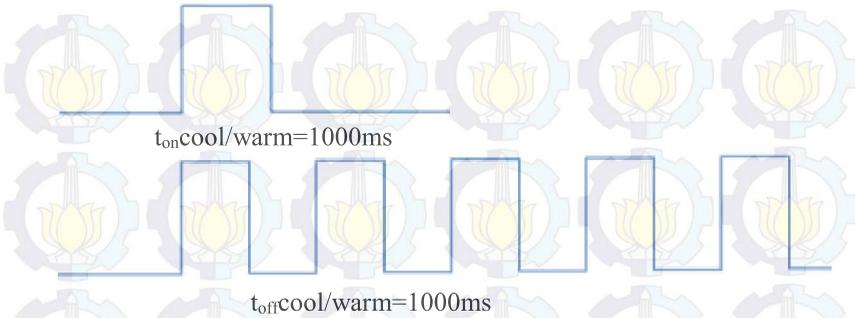
- pukul 8.00,
- pukul 13.00,
- pukul 15.00 untuk S1 Reguler, dan
- pukul 19.00 untuk Lintas Jalur.

Pada jam-jam ini, AC dinyalakan oleh sistem secara otomatis dengan suhu terakhir sebelum AC dimatikan, yaitu 30°C. Suhu akan diturunkan hingga 25°C jika ada *log in* menggunakan RFID.

Jika *time on* sinyal untuk on/off terlalu lama, remote AC universal tersebut akan menjadi mode reset sehingga harus di-setting ulang kembali secara manual. Jika *time on* terlalu pendek, maka remote tidak dapat menghidupkan AC. Dari percobaan didapatkan bahwa nilai *time on* dan *delay* sebesar 1200 ms dapat digunakan untuk menghidupkan dan mematikan AC, sedangkan *delay* 1000 ms dapat digunakan untuk pengaturan level suhu AC dari 30°C ke 25°C dan sebaliknya.

Relay dikontrol dengan sinyal `digitalWrite` untuk pengaturan on/off dan suhu untuk remote AC dapat dilihat pada gambar 3.8, sedangkan kode program atau sketch untuk mikrokontroler Arduino pada gambar 3.9.

$t_{on}onoff=1200ms$

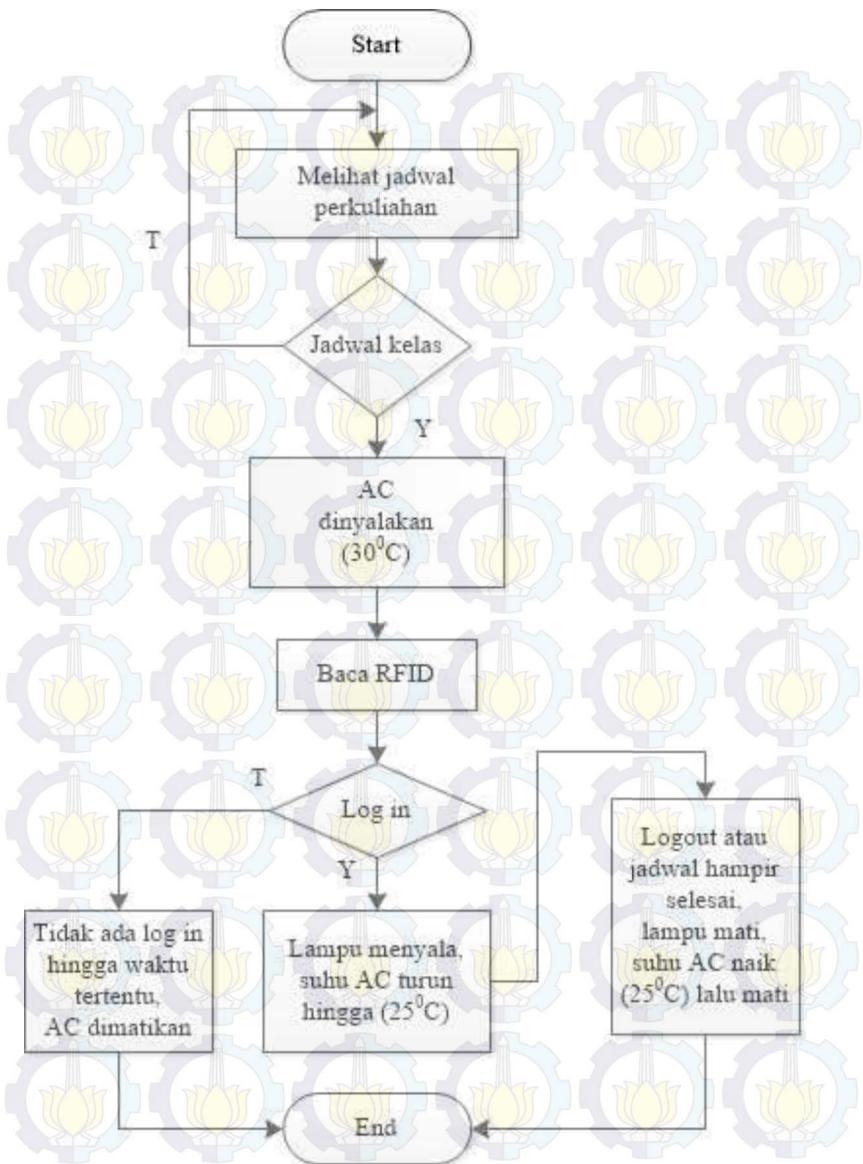


Gambar 3.8 Sinyal untuk relay yang mengatur remote AC

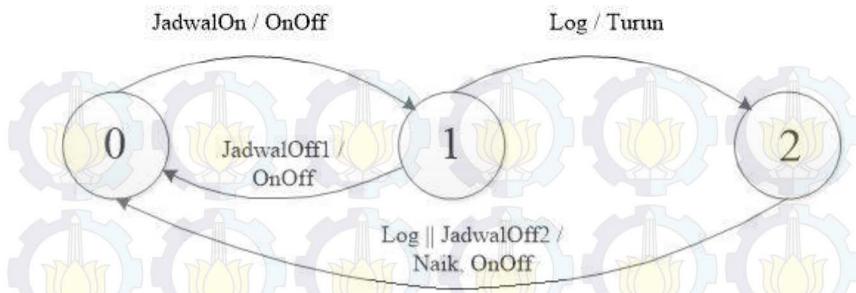
```
modbuswhssrelayslcdserialplusrtrevisi
delay(1200);
digitalWrite(cool, HIGH);
delay(1200);
digitalWrite(cool, LOW);
delay(1200);
digitalWrite(cool, HIGH);
delay(1200);
aa=1;
break;
case 1:
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Watt-KlsSelesai");
//Serial.println("Lampu mati");
digitalWrite(ssrPIN, LOW);
digitalWrite(warm, LOW);
delay(1200);
digitalWrite(warm, HIGH);
delay(1200);
digitalWrite(warm, LOW);
delay(1200);
```

Gambar 3.9 Kode untuk remote AC

Diagram alir (*flow chart*) secara keseluruhan dari BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energy dan *finite state* sesuai dengan algoritma kelas yang aktif dalam tugas akhir ini, dapat dilihat pada gambar 3.10 dan 3.11.



Gambar 3.10 *Flow chart* dalam sistem Arduino



Gambar 3.11 *Finite state* dalam sistem Arduino

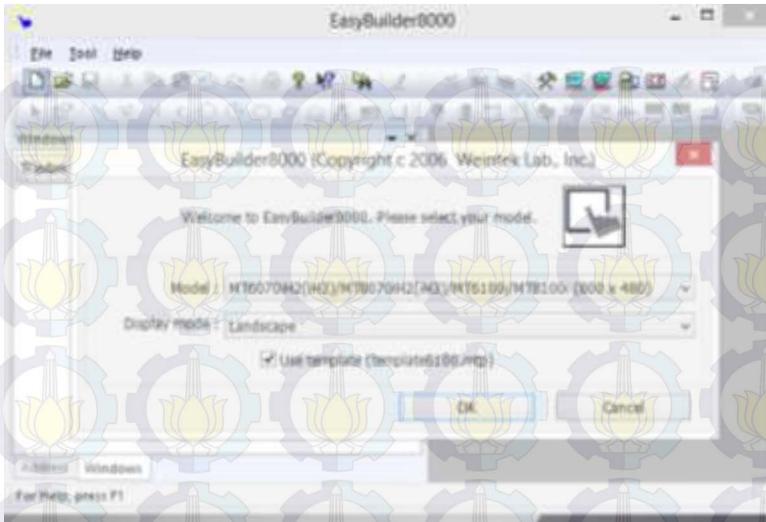
Sistem dimulai pada state 0, yaitu menunggu hingga jadwal perkuliahan dimulai. Pada jam-jam tertentu sesuai jadwal yang telah diinputkan dalam database, kondisi berubah ke state 1 dan AC dihidupkan dengan suhu 30°C. Jika tidak ada *log in* hingga waktu tertentu, maka AC akan dimatikan dan menunggu jadwal selanjutnya (kembali ke state 0).

Jika dosen melakukan *log in* RFID dan cocok dengan database, maka sistem mikrokontroler akan merespon dengan memberi sinyal *drive* untuk menjalankan output sistem sehingga kelas dapat digunakan untuk kegiatan perkuliahan. Sistem menyalakan lampu, menurunkan suhu AC hingga 25°C, dan kondisi state 2. Jika RFID *log out* atau jika jadwal kelas hampir selesai (kasus apabila tidak ingat untuk *log out*), maka sistem akan menaikkan suhu AC hingga 30°C, kemudian mematikan AC dan lampu, serta kembali menunggu jadwal berikutnya (state 0).

3.3.2 Perancangan *Interface* dengan EasyBuilder8000

Perancangan *interface* untuk *touch screen* dengan EasyBuilder8000 dengan pengaturan Local PLC Modbus RTU dan komunikasi RS232 dan RS485.

Tampilan awal EasyBuilder8000 dapat dilihat pada gambar 3.12, yaitu memilih jenis *touch screen* yang digunakan dan mode display yang diinginkan.



Gambar 3.12 Tampilan awal EasyBuilder8000

Untuk BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi ini, diperlukan beberapa objek yang diperlukan, antara lain:

1. Numeric Object untuk menampilkan status absensi RFID di kelas apakah kelas aktif atau tidak. Dengan menggunakan library SimpleModbusSlave, alamat register yang digunakan pada program Arduino adalah holdingRegs[1] sementara alamat yang dipilih pada interface touchscreen adalah 4x 2. Status ada dan tidak menggunakan bilangan biner 0 dan 1 yang langsung dimasukkan ke alamat holding register tersebut.
2. Numeric Object untuk menampilkan daya yang digunakan oleh perangkat AC dan lampu di kelas. Alamat register yang digunakan pada program Arduino adalah holdingRegs[0] sementara alamat yang dipilih pada interface touchscreen adalah 4x 1.
3. Toogle Switch Object dengan switch style toogle untuk mengatur nyala lampu dan momentary untuk mengatur on/off dan level suhu pada remote AC. Karena library Modbus yang digunakan untuk Arduino hanya dapat menggunakan alamat holding register yaitu 4x_Bit dengan data berupa word sehingga untuk toogle switch yang memerlukan operasi bit, maka digunakan alamat 4x

00000(n+1).0 dengan alamat yang ditulis pada Arduino yaitu `holdingRegs[n]` dengan n adalah 2 untuk SSR, 3 untuk on/off, 4 untuk menaikkan suhu AC (warm), dan 5 untuk menurunkan suhu AC (cool).

4. Label untuk menampilkan tulisan keterangan yaitu “Dosen ada/tidak” dan “KWh meter” di atas Numeric object pada poin 1 dan 2.

Sebelum di-*download* ke *touch screen*, EasyBuilder8000 juga menyediakan pilihan simulasi offline dan online pada PC untuk mencoba terlebih dahulu. Tampilan HMI yang telah dibuat untuk monitoring dan kontrol BAS menggunakan simulasi online dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Tampilan antar muka HMI dengan simulasi online

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan pengambilan data dan pengujian sistem. Pengambilan data ini berupa nilai daya yang terukur dengan power meter, juga menguji RFID, LCD, RTC, SSR dan rangkaian relay untuk remote AC, serta ketepatan jadwal dan komunikasi HMI. Setelah dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.

4.1 Pengujian Pengukuran Daya

Pengujian pengukuran daya dengan *electronic energy meter* ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan pengukuran daya dalam sistem dengan beberapa kondisi lampu dan AC.

Pengujian dilakukan dengan merangkai secara paralel wattmeter analog dengan sistem yang telah dibuat. Pada wattmeter analog, daya yang terukur adalah skala yang ditunjuk dibagi skala total, dikalikan dengan tegangan dan arus maksimal. Nilai tegangan maksimal yang dipilih adalah 300 Volt karena menggunakan sumber PLN, sedangkan arus maksimal dari wattmeter analog adalah 5 A. Kemudian, dilakukan perbandingan nilai yang ditunjukkan pada LCD display dalam sistem dengan daya yang diukur oleh wattmeter analog seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian pengukuran daya

Tabel 4.1 Hasil pengujian pengukuran daya

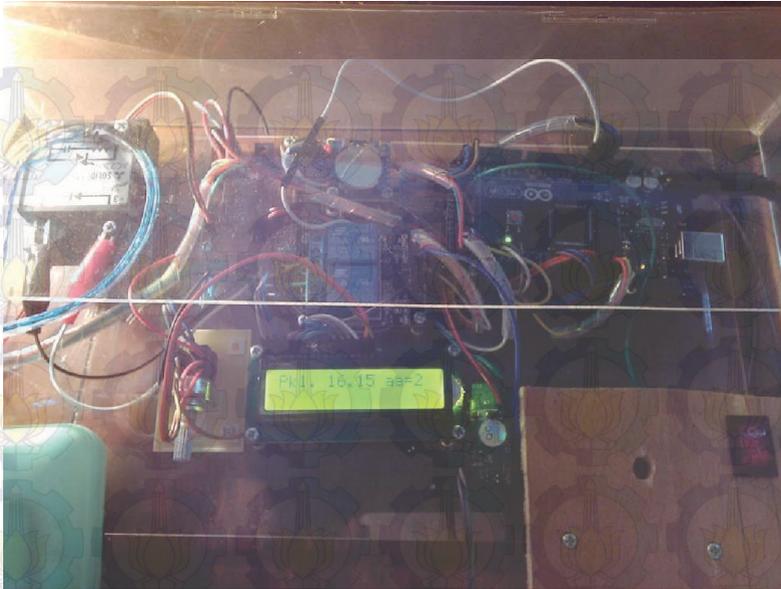
No	Daya yang terbaca pada sistem	Daya yang terbaca pada wattmeter analog	Selisih (%)
1	20.9710 Watt	$(1/75 * 1500 = 20)$ Watt	4,630204
2	74.7014 Watt	$(3.6/75 * 1500 = 72)$ Watt	3,616264
3	93.48 Watt	$(4.5/75 * 1500 = 90)$ Watt	3,722721
4	755.25 Watt	$(37/75 * 1500 = 740)$ Watt	2,019199
Error rata-rata (%)			3,497097

Kondisi pertama adalah AC dinyalakan pertama kali dengan suhu 30°C, kondisi kedua adalah daya yang digunakan oleh lampu, kondisi ketiga adalah gabungan dua kondisi sebelumnya, sedangkan data terakhir adalah daya yang digunakan oleh AC setelah diturunkan menjadi 25°C (kondisi lampu mati). Dari keempat data tersebut, selisih rata-rata antara nilai yang terbaca oleh sistem dengan nilai pada wattmeter analog dalam persen adalah 3,49%. Keakuratan dari pembacaan wattmeter analog dipengaruhi oleh faktor *human error* dalam melihat jarum penunjuk skala. Selain itu, didapatkan bahwa power meter membaca daya yang tidak konstan pada kondisi yang sama.

4.2 Pengujian RFID, LCD Display, SSR, dan Relay

Pada bagian ini, dilakukan pengujian RFID dengan tujuan untuk mengetahui keandalan sistem dalam merespon absensi dengan RFID dan menjalankan output sistem yaitu melakukan pengaturan lampu dan remote AC menggunakan SSR dan relay.

Pengujian dilakukan dengan tiga kartu RFID yang telah terdaftar dalam sistem serta satu kartu RFID yang tidak terdaftar, kemudian dapat diamati kondisi lampu dan AC yang diatur dengan SSR dan relay. Jika kode RFID terdaftar didekatkan pada reader, maka LCD Display akan menampilkan tulisan “tag dikenali”, SSR akan menyalakan lampu, dan relay akan menurunkan level suhu AC dari suhu awal (30°C) hingga 25°C. Selain itu, juga dilakukan pengujian absensi RFID dengan beberapa nilai jarak dari reader, serta melihat waktu RTC dan jadwal perkuliahan pada LCD. Gambar 4.2 menunjukkan sistem mikrokontroler yang digunakan di kelas serta LCD Display yang menampilkan waktu RTC dan sistem pada kondisi state 2.



Gambar 4.2 Sistem mikrokontroler dan display LCD di lokal

Tabel 4.2 Hasil pengujian kartu RFID, SSR, dan Relay

No	Kode RFID	Terdafar / Tidak	Lampu (SSR)	AC (Relay)
1	4B00A97FBF22	Terdafar	Sukses	Sukses
2	6E00090FACC4	Terdafar	Sukses	Sukses
3	6E00090FD6BE	Terdafar	Sukses	Sukses
4	6E00090FA7CF	Tidak	No respond (tidak bisa log in)	No respond (tidak bisa log in)

Tabel 4.3 Hasil pengujian jarak kartu RFID

No	Kode RFID	Jarak	Keterangan
1	4B00A97FBF22	0 cm	Sukses
2	4B00A97FBF22	2 cm	Sukses
3	4B00A97FBF22	4 cm	Sukses
4	4B00A97FBF22	6 cm	Sukses
5	4B00A97FBF22	6.5 cm	Tidak sukses

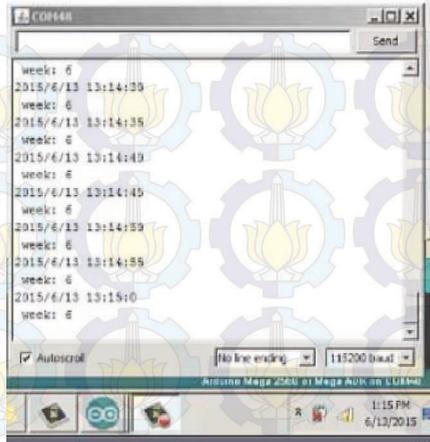
Dari data hasil pengujian di atas, dapat dilihat bahwa kemampuan sistem meliputi RFID serta SSR dan relay untuk lampu dan AC adalah 100%.

Sistem dimulai pada state 0 dan menunggu jadwal perkuliahan. Jika tidak sesuai dengan jadwal, maka pada baris kedua LCD ditampilkan bahwa tag dikenali, namun tidak dapat dilakukan *log in*. Untuk pengujian RFID, digunakan beberapa kartu dengan kode RFID yang telah terdaftar dalam sistem dan dapat digunakan untuk melakukan *log in* maupun *log out* dengan baik, sedangkan untuk kode RFID yang tidak terdaftar, sistem tidak akan memberikan respon. Sementara itu, kartu RFID yang telah terdaftar dapat dikenali hingga jarak 6 cm dari reader.

4.3 Pengujian RTC

Pada bagian ini, dilakukan pengujian RTC untuk melihat keakuratan waktu yang dijalankan oleh RTC dalam sistem sehingga nantinya BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi ini dapat digunakan untuk menyimpan waktu-waktu sesuai jadwal perkuliahan untuk suatu kelas.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu dari RTC yang ditampilkan di *hyper terminal* pada PC dengan waktu pada jam di PC dan stopwatch (untuk melihat detik) seperti pada gambar 4.3. Pengujian RTC dilakukan dalam waktu lima jam dan kemudian diamati apakah waktu pada RTC yang terintegrasi dengan mikrokontroler bergeser dari waktu sebenarnya.



Gambar 4.3 Pengujian RTC

Tabel 4.4 Hasil pengujian RTC

No	Waktu RTC	Waktu Sebenarnya	Error (%)
1	8:00:00	8:00:00	0
2	9:04:00	9:04:00	0
3	10:03:01	10:03:00	0,01355
4	11:01:02	11:01:00	0,018416
5	12:00:01	12:00:00	0,006944
6	13:15:01	13:15:00	0,005291
Error rata-rata			0,007366

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa kemampuan RTC yang terintegrasi dengan sistem mikrokontroler memiliki akurasi sebesar 99,99%. Dalam analisa, juga bisa terjadi kesalahan pengamatan dikarenakan *human error*. Namun, RTC ini dapat digunakan oleh sistem untuk menyimpan jadwal perkuliahan setiap hari dalam satu minggu.

4.4 Pengujian Ketepatan Jadwal

Selanjutnya, dilakukan pengujian ketepatan jadwal untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan output secara otomatis pada jam-jam sesuai jadwal yang telah dibuat.

Pengujian dilakukan dengan mengamati output sistem selama dua hari dengan jadwal yang berbeda. Pada jam-jam tertentu, dilihat apakah AC telah dikondisikan, yaitu dalam keadaan menyala pada suhu 30°C. Kemudian AC dapat dimatikan dengan melakukan *log out* RFID, dengan HMI di *control room*, atau jika tidak ada perkuliahan, maka AC dimatikan secara otomatis pada jam tertentu sebelum jadwal selanjutnya.

Tabel 4.5 Pengujian kondisi AC sesuai jadwal

No	Jadwal	Kondisi AC	Keterangan
1	Kamis pukul 07.59	Menyala otomatis	Sukses
2	Kamis pukul 08.59	Mati otomatis (tanpa <i>log in</i>)	Sukses
3	Kamis pukul 10.59	Menyala otomatis	Sukses
4	Kamis pukul 11.50	Mati otomatis (setelah <i>log in</i> tanpa <i>log out</i>)	Sukses
5	Kamis pukul 14.00	Menyala otomatis	Sukses
6	Kamis pukul 14.02	Mati dengan <i>log out</i>	Sukses
7	Kamis pukul 19.00	Menyala otomatis	Sukses
8	Jum'at pukul 08.00	Menyala otomatis	Sukses
9	Jum'at pukul 13.00	Menyala otomatis	Sukses
10	Jum'at pukul 15.00	Menyala otomatis	Sukses



Gambar 4.4 Remote menyalakan AC secara otomatis

Pada gambar 4.4, dapat dilihat kondisi remote yang baru saja menyalakan AC secara otomatis beberapa saat sebelum jadwal perkuliahan. Dari data pada tabel 4.5, dapat disimpulkan bahwa RTC diintegrasikan dengan sistem mikrokontroler dapat digunakan untuk pengaturan otomatis, yaitu mengkondisikan AC pada jam-jam tertentu sesuai jadwal yang telah diinputkan dengan tingkat keberhasilan 100%. Setelah AC dimatikan dengan *log out* RFID di kelas, dari HMI di *control room*, atau mati otomatis jika tidak ada *log in*, lalu sistem mikrokontroler akan menunggu hingga jadwal berikutnya dan menyalakan AC kembali.

4.5 Pengujian HMI

Pengujian HMI ini dilakukan dengan tujuan mengetahui keberhasilan sistem mikrokontroler untuk berkomunikasi dengan HMI *Touch screen* menggunakan Modbus RTU yang telah diprogram dalam sistem mikrokontroler.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan Rx0 dan Tx0 pada Arduino Mega2560 ke TTL to RS232 Converter untuk komunikasi dengan RS23, sedangkan untuk komunikasi *full duplex* menggunakan RS485 dengan TTL to RS485 (4W) Converter. Komunikasi ini diuji secara bertahap dengan melihat respon pada simulasi online maupun *touch screen*, yaitu hubungan Antara HMI dengan lokal seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.



Gambar 4.5 HMI touch screen



Gambar 4.6 Sistem mikrokontroler lokal ke HMI dengan serial

Tabel 4.6 Pengujian HMI

No	Display HMI	Keterangan
1	Nilai daya	Dapat ditampilkan
2	Absensi RFID	Dapat ditampilkan
3	Kondisi lampu	Sesuai kondisi lampu
4	Toogle switch lampu	Dapat mengatur lampu
5	Toogle switch on/off AC	Dapat mengatur AC
6	Toogle switch warm AC	Dapat mengatur AC
7	Toogle switch cool AC	Dapat mengatur AC

Dari data pada tabel 4.6, dapat dilihat bahwa komunikasi antara HMI dengan sistem mikrokontroler dapat dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%. HMI dapat menampilkan nilai daya penggunaan AC dan lampu yang terukur dari sensor daya dan mikrokontroler di kelas, data status absensi RFID, kondisi lampu, dan pengaturan lampu serta AC dengan toogle switch pada display HMI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. Pambudi, "ITS Menuju ECO-Campus," 13 Agustus 2014. [Online]. <URL: <http://ecocampus.its.ac.id/>>. [Diakses 4 Februari 2014].
- [2] Bai Li, Liu Mingjie, Li Xiaofeng, Zuo Di, "Research on the detecting system of distributed nodes based on RS-485 bus," dalam International Conference on Educational and Network Technology (ICENT 2010), Beijing, 2010.
- [3] D. J. R. Pimentel, "Energy And Building Automation: A White Paper On Its Potential For The City Of Flint And Genesee County," AltEnergy Inc., 2009.
- [4] "35MM Din Rail Single Phase smart energy meter XTM75SA," [Online]. <URL: http://cnxt.en.alibaba.com/product/1797710576-214844628/35MM_Din_Rail_Single_Phase_smart_energy_meter_XTM75SA.html>. [Diakses 4 Februari 2015].
- [5] Glyn Hudson; Trystan Lea, "Reading pulses from meters with pulse outputs," November 2010. [Online]. Available: <http://openenergymonitor.org/emon/buildingblocks/introduction-to-pulse-counting>. [Diakses 4 Februari 2015].
- [6] T. R. Kuphaldt, "Solid-state Relays," Design Science License, [Online]. <URL: <http://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-5/solid-state-relays/>>. [Diakses 4 Februari 2015].
- [7] F. Djuandi, "Pengenalan Arduino," Juli 2011. [Online]. <URL: <http://tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[8] “Radio Frequency Identification,” Wikipedia, [Online]. <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification>. [Diakses 4 Februari 2015].

[9] R. M. Yusuf, “Real Time Clock,” 10 November 2009. [Online]. <URL: <http://www.scribd.com/doc/22362718/Real-Time-Clock#scribd,2009>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[10] “Introduction to Modbus,” 1 Agustus 2014. [Online]. <URL: <http://www.ni.com/white-paper/7675/en/>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[11] R. Smith, “Quick Reference For RS485, RS422, RS232 and RS423,” [Online]. <URL: <http://www.rs485.com/rs485spec.html>>. [Diakses 4 Februari 2015].

[12] “MT8070iH,” WEINTEK LABS., INC.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dari keseluruhan sistem, BAS berbasis mikrokontroler untuk monitoring dan kontrol energi dapat digunakan untuk otomasi berdasarkan kondisi kelas aktif. Sistem menunggu jadwal perkuliahan, kemudian mengkondisikan kelas dengan suhu AC 30°C. Jika ada *log in*, maka lampu menyala dan suhu AC diturunkan hingga 25°C. Sistem juga dapat kembali ke state awal ketika ada *log out* maupun tidak ada *log in* atau *log out* hingga waktu tertentu. Dari hasil pengujian sensor daya, didapatkan selisih rata-rata 3,49% terhadap wattmeter analog, sehingga dapat digunakan untuk mengukur daya yang terpakai oleh perangkat elektronik, antara lain lampu dan AC di ruang kelas. Dari pengujian dengan empat kartu RFID yang digunakan oleh dosen untuk kondisi kelas aktif, didapatkan kemampuan mendeteksi tag terdaftar sebesar 100% dengan jarak maksimal 6 cm. Perbandingan antara waktu RTC dalam sistem terhadap waktu sebenarnya mempunyai akurasi data 99,99%. Kemampuan sistem dalam menjalankan output kontrol menggunakan SSR dan relay adalah 100% serta komunikasi antara HMI dengan sistem mikrokontroler menggunakan RS485 dan RS232 sukses dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari tugas akhir ini adalah mengembangkan bagian master dari sistem untuk mengatur beberapa ruang kelas sebagai slave dan melakukan kalkulasi KWh untuk tiap kelas sehingga dapat dilihat nilai efisiensi daya jika dibandingkan kondisi tanpa sistem otomasi.

LAMPIRAN

Kode Arduino :

```
#include <SimpleModbusSlave.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <avr/pgmspace.h>
#define onoff 5
#define warm 8
#define cool 9
#include <Wire.h>
```

```
uint8_t seconds = 22; //Initialization time
uint8_t minutes = 12;
uint8_t hours = 13;
uint8_t week = 6;
uint8_t days = 16;
uint8_t months = 5;
uint16_t Year = 15;
```

```
int menit;
int hari;
```

```
int teks;
int k;
```

```
int bcd2bin(int temp) //BCD to decimal
```

```
{
    int a,b,c;
    a=temp;
    b=0;
    if(a>=16)
    {
        while(a>=16)
        {
            a=a-16;
            b=b+10;
            c=a+b;
            temp=c;
        }
    }
}
```

```

    }
    return temp;
}

int bin_to_bcd(int temp)//decimal to BCD
{
    int a,b,c;
    a=temp;
    b=0;
    if(a>=10)
    {
        while(a>=10)
        {
            a=a-10;
            b=b+16;
            c=a+b;
            temp=c;
        }
    }
    return temp;
}

long pulseCount = 0;
unsigned long pulseTime,lastTime;
double power, elapsedkWh;
int ppwh = 3.2; //3200 pulses/kwh = 3.2 pulse per wh
int aa=0;
int lamp0;
int lamp1;
int lamp2;
int lamp3;

prog_char tag_0[] PROGMEM = "4B00A97FBF22";
prog_char tag_1[] PROGMEM = "6E00090FACC4";
prog_char tag_2[] PROGMEM = "6E00090FD6BE";
//add your tags here
PGMGMEM const char *tag_table[] =
{

```

```

tag_2,
tag_1,
tag_0);
SoftwareSerial rfidReader(11,12); // Digital pins 10 and 11 connect to
pins 1 and 2 of the RMD6300
String tagString;
char tagNumber[14];
boolean receivedTag;
int ssrPIN=6;
enum
{
    HOLDING_REGS_SIZE
};

unsigned int holdingRegs[10];
int i;
LiquidCrystal lcd(28, 27, 26, 25, 24, 23);

void setup()
{
    lcd.begin(16, 2);
    // lcd.print("KIs dikondisikan");
    modbus_configure(&Serial, 115200, SERIAL_8N2, 1, 2, 10,
    holdingRegs);
    modbus_update_comms(115200, SERIAL_8N2, 1);
    Serial.begin(115200);
    Wire.begin();
    //begin(void) {return 1;}
    // KWH interrupt attached to IRQ 1 = pin3
    attachInterrupt(1, onPulse, FALLING);
    pinMode(40, INPUT_PULLUP);
    pinMode(ssrPIN,OUTPUT);
    pinMode(onoff,OUTPUT);
    pinMode(warm,OUTPUT);
    pinMode(cool,OUTPUT);
    digitalWrite(cool, HIGH);
    digitalWrite(warm, HIGH);
    rfidReader.begin(9600); // the RDM6300 runs at 9600bps

```

```
}
```

```
void onPulse()  
{  
  lastTime = pulseTime;  
  pulseTime = micros();  
  pulseCount++;  
  power = (3600000000.0 / (pulseTime - lastTime))/ppwh;  
  elapsedkWh = (1.0*pulseCount/(ppwh*1000));  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print(power,4);  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("Watt");  
}
```

```
void tampilLCD(){  
  // jadwal sebenarnya  
  if(hari<=4){  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("Pkl. 8.00");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Kuliah");  
    lcd.print(k);  
    delay(1000);  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("Pkl. 11.00");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Kuliah");  
    lcd.print(k+1);  
    delay(1000);  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("Pkl. 14.00");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Kuliah");
```

```
lcd.print(k+2);
delay(1000);
lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.clear();
lcd.print("Pkl. 19.00");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Kuliah");
lcd.print(k+3);
delay(1000);
lcd.clear();

}
if(hari==5){
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Pkl. 8.00");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Kuliah");
lcd.print(k);
delay(1000);
lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Pkl. 13.00");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Kuliah");
lcd.print(k+1);
delay(1000);
lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Pkl. 15.00");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Kuliah");
lcd.print(k+2);
delay(1000);
lcd.clear();
```

```

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.clear();
        lcd.print("Pkl. 19.00");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kuliah");
        lcd.print(k+3);
        delay(1000);
        lcd.clear();
    }
}

void OnOff() {
    digitalWrite(onoff,HIGH);
    delay(1200);
    digitalWrite(onoff,LOW);
    delay(1200);
}

void loop()
{
    Wire.beginTransmission(0x68);//Send the address of DS1307
    Wire.write(0);//Sending address
    Wire.endTransmission();//The end of the IIC communication
    Wire.requestFrom(0x68, 7);//IIC communication is started, you can
    continue to access another address (address auto increase) and the
    number of visits
    seconds = bcd2bin(Wire.read());//read time
    minutes = bcd2bin(Wire.read());
    hours = bcd2bin(Wire.read());
    week = Wire.read();
    days = bcd2bin(Wire.read());
    months = bcd2bin(Wire.read());
    Year = bcd2bin(Wire.read()) + 2000;
    boolean hasilRFID= cekRFID();
    menit = minutes%3;
    switch(aa) {
        case 0:
            if (cekJadwalOn()){
                aa=1;

```

```

    OnOff();
}
break;

case 1 :
if (cekJadwalOff1()) {
    aa=0;
    OnOff();
}

else if (hasilRFID) {
    aa=2;
    turun();
}
break;

case 2:
if (cekJadwalOff2()) {
    aa=0;
    naik();
    OnOff();
}
else if (hasilRFID) {
    aa=0;
    naik();
    OnOff();
}
break;
}

//menampilkan jam
teks = digitalRead(40);
if (teks == HIGH) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.clear();
    lcd.print("Pkl. ");
    lcd.print(hours);
    lcd.print(".");
    lcd.print(minutes);
}

```

```

        lcd.print(" aa=");
        lcd.print(aa);
    lcd.print(" ");
    lcd.print(menit);}

//jadwal satu minggu
if (teks == LOW){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Senin");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=0;
    hari=1;
        tampilLCD();
        lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Selasa");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=4;
    hari=2;
        tampilLCD();
        lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Rabu");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=8;
    hari=3;
        tampilLCD();
        lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Kamis");
    delay(1000);
    if (digitalRead(40) == LOW){
    k=12;
    hari=4;
        tampilLCD();

```

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Jumat");
delay(1000);
if (digitalRead(40) == LOW){
k=16;
hari=5;
tampilLCD();
} } } } }

// modbus_update();
holdingRegs[0] = power;
holdingRegs[1] = aa;
holdingRegs[2] = digitalRead(ssrPIN);
modbus_update();
lamp0=holdingRegs[2];
digitalWrite(ssrPIN,lamp0);
lamp1=holdingRegs[3];
digitalWrite(onoff,lamp1);
lamp2=holdingRegs[4];
if(lamp2==1)digitalWrite(warm,0);
if(lamp2==0)digitalWrite(warm,1);
// digitalWrite(warm,lamp2);
lamp3=holdingRegs[5];
if(lamp3==1)digitalWrite(cool,0);
if(lamp3==0)digitalWrite(cool,1);
delay(100);
}

/*untuk simulasi
boolean cekJadwalOn()
{
    if(seconds==5) {
        if (menit==0){
            return true;
        }
    }
}
else
{

```

```

        return false;
    }
}
boolean cekJadwalOff1()
{
    if(seconds==5) {
        if (menit==1){
            return true;
        }
    }
    else
    {
        return false;
    }
}
boolean cekJadwalOff2()
{
    if(seconds==5) {
        if (menit==2){
            return true;
        }
    }
    else
    {
        return false;
    }
}
*/
boolean cekJadwalOn()
{
    if((week<=4) && (minutes==59) && (seconds==5)) {
        if ((hours==7) || (hours==10) || (hours==13) || (hours==18)){
            return true;
        }
    }
    else
        if((week==5) && (minutes==59) && (seconds==5)) {

```

```
if((hours==7) || (hours==12) || (hours==14) || (hours==18)){  
    return true;
```

```
}
```

```
}  
else
```

```
{
```

```
    return false;  
}
```

```
boolean cekJadwalOff1()
```

```
{
```

```
    if((week<=4) && (minutes==59) && (seconds==5)) {
```

```
        if ((hours==8) || (hours==11) || (hours==14) || (hours==19)){
```

```
            return true;
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    else
```

```
        if((week==5) && (minutes==59) && (seconds==5)) {
```

```
            if((hours==8) || (hours==13) || (hours==15) || (hours==19)){
```

```
                return true;
```

```
            }
```

```
        }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        return false;
```

```
    }
```

```
boolean cekJadwalOff2()
```

```
{
```

```
    if((week<=4) && (minutes==55) && (seconds==5)) {
```

```
        if ((hours==10) || (hours==13) || (hours==16) || (hours==20)){
```

```
            return true;
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    else
```

```
        if((week==5) && (minutes==55) && (seconds==5)) {
```

```
            if((hours==10) || (hours==14) || (hours==16) || (hours==20)){
```

```
                return true;
```

```

    }
  }
  else
  {
    return false;
  }
}

boolean cekRFID()
{
  receivedTag=false;
  while (rfidReader.available())
  {
    int BytesRead = rfidReader.readBytesUntil(3, tagNumber, 15);//EOT
    (3) is the last character in tag
    receivedTag=true;
  }
  if (receivedTag){
    tagString=tagNumber;
    if (checkTag(tagString)){
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("Watt-TagDikenali");
      delay(1500); // a delay of 1500ms and a flush() seems to stop tag
      repeats
      rfidReader.flush();
      memset(tagNumber,0,sizeof(tagNumber)); //erase tagNumber
      return true;
    }
    else {
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.clear();
      lcd.print("TagTidakDikenali");
      delay(1500); // a delay of 1500ms and a flush() seems to stop tag
      repeats
      rfidReader.flush();
      memset(tagNumber,0,sizeof(tagNumber)); //erase tagNumber
    }
  }
  return false;
}

```

```
}
```

```
boolean checkTag(String tag){  
    char testTag[14];  
    for (int i = 0; i < sizeof(tag_table)/2; i++)  
    {  
        strcpy_P(testTag, (char*)pgm_read_word(&(tag_table[i])));  
        if(tag.substring(1,13)==testTag){//substring function removes SOT  
        and EOT  
            return true;  
            break;  
        }  
    }  
    return false;  
}
```

```
void turun()  
{  
    digitalWrite(ssrPIN,HIGH);  
    for (int j = 0 ; j<5 ; j++){  
        digitalWrite(cool, LOW);  
        delay(1000);  
        digitalWrite (cool, HIGH);  
        delay(1000);  
    }  
}
```

```
void naik()  
{  
    digitalWrite(ssrPIN,LOW);  
    for (int j = 0 ; j<5 ; j++){  
        digitalWrite(warm, LOW);  
        delay(1000);  
        digitalWrite (warm, HIGH);  
        delay(1000);  
    }  
}
```