

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN WIRELESS SENSOR NETWORK MENGGUNAKAN
XBEE PADA SYSTEM SMARTGRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
HYBRID MATAHARI DAN ANGIN

SKRIPSI

Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :
AFARESTA ARRAZAQ CUPRYAN HADY SAPUTRA
NIM. 1212214

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT
NIP.P. 1030800417

Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

M. IbrahimAshari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016

**PERANCANGAN WIRELESS SENSOR NETWORK MENGGUNAKAN
XBEE PADA *SYSTEM SMARTGRID* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
HYBRID MATAHARI DAN ANGIN**

Afaresta Arrazaq Cupryan Hady Saputra, NIM 1212214
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo. ST, MT dan
Ir. Eko Nurcahyo. MT

Konsentrasi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang
E-mail : farest_hg@yahoo.com

ABSTRAK

Smart Grid adalah suatu jaringan cerdas yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik. Pada teknologi *smart grid* memungkinkan untuk memonitoring dan controlling dengan komunikasi dua arah, yang digunakan untuk menghemat atau efisiensi penggunaan tenaga listrik. Sistem *smart grid* memerlukan *Smart meter* sebagai pengambilan data daya listrik untuk dikirim ke pusat kendali. Menggunakan modul Xbee sebagai transfer data antara smart meter dengan pc. Sistem pengontrol beban menggunakan modul driver relay. Pada alat ini juga tertanam mikrokontroler arduino mega2560 sebagai pusat pengolah data. Sensor tegangan dan sensor arus digunakan untuk mendapatkan data dari smart meter kemudian data tersebut di olah arduino mega2560 dan Xbee akan mengirim data tersebut dari slave ke master (Scada). Scada digunakan untuk memonitoring dan controlling. Dari hasil pengukuran dan pengujian hasil Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,029% dan Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,041% dan Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,1054% dan sensor arus 1% pada jarak 20 meter. Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,217% dan sensor arus 1% pada jarak 40 meter.

Kata kunci : *Smart Grid, Monitoring daya, Controlling, Xbee Pro S1*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga laporan penelitian dengan judul “PERANCANGAN WIRELESS SENSOR NETWORK MENGGUNAKAN XBEE PADA *SYSTEM SMARTGRID* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID* MATAHARI DAN ANGIN” dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penyusunan laporan penelitian ini sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Teknik Elektronika di Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Maka dari itu, penyusun mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi. MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. Anang Subardi. MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari. ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo. ST, MT selaku Dosen Pembimbing Satu Skripsi.
5. Ir. Eko Nurcahyo. MT selaku Dosen Pembimbing Dua Skripsi.
6. Orang tua yang selalu mendoakan, Hadhi Suprayitno dan Umiyati, serta Adikku Della dan semua keluarga yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
7. Yang selalu memberi doa dan semangatnya untuk penulis, Widamuri Anistia.
8. Sahabat – sahabat yang menemani menginap serta begadang di gedung Lab Elektro (firman, singgih, amy, frisai, radimas, bajaj, jo)
9. Sahabat – sahabat dan rekan – rekan Elektro 2012 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu baik dari segi teknis maupun dukungan moral dalam menyusun penelitian ini.

Usaha telah penulis lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritikan yang bersifat membangun untuk menambah kesempurnaan laporan penelitian ini.

Malang, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Mikrokontroler Arduino Mega 2560	6
2.2 Sensor Tegangan	8
2.3 Relay	9
2.4 Charger Controller	10
2.5 Modul Xbee Pro Series 1	11
2.6 Komunikasi Data.....	13
2.7 Sensor Arus ACS712	14
2.8 Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Surya	15
2.9 Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Angin	15
2.10 SCADA	16
2.10.1 Keuntungan-Keuntungan Sistem SCADA.....	16
2.11 XBee Shield V1.1	17
2.12 Kapasitor	18
2.12.1 Kapasitor Elektrolit (Elco).....	19
2.12.2 Kapasitor Biasa (Non-Polar).....	20
2.12.3 Kapasitor Variable dan Timmer.....	20
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	21
3.1 Pendahuluan	21
3.2 Blok Diagram Sistem Keseluruhan	21
3.3 Perancangan Arduino Mega.....	23
3.4 Perancangan Sensor Tegangan.....	24

3.4.1 Perancangan Sensor Tegangan AC	24
3.4.2 Perancangan Sensor Tegangan DC	25
3.5. Perancangan Sensor Arus ACS712	26
3.6. Perancangan Xbee Pro S1	27
3.7. Perancangan Driver Relay	27
3.8 Flowchart Sistem Komunikasi	30
3.9 Flowchart Sistem Beban	31
BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Pendahuluan	34
4.2. Pengujian Arduino Mega2560	34
4.2.1. Peralatan Yang Digunakan	34
4.2.2. Prosedur Pengujian Arduino Mega2560	33
4.2.3. Hasil Pengujian	33
4.3. Pengujian Driver Relay	34
4.3.1. Peralatan Yang Digunakan	34
4.3.2. Prosedur Pengujian Driver Relay	34
4.3.3. Hasil Pengujian	34
4.4. Pengujian Pengiriman Data Sensor Tegangan, Sensor Arus, dan Jarak Xbee (slave) ke Xbee (master)	35
4.4.1 Peralatan Yang Digunakan	35
4.4.2 Prosedur Pengujian Sensor Tegangan	36
4.4.3 Hasil Pengujian	36
4.4.4 Analisa Pengujian Jarak 1 meter	38
4.4.5 Analisa Pengujian Jarak 10 meter	41
4.4.6 Analisa Pengujian Jarak 20 meter	44
4.4.7 Analisa Pengujian Jarak 40 meter	48
4.4 Pengujian Sistem Keseluruhan	50
4.4.1 Peralatan yang Digunakan	50
4.4.2 Langkah – Langkah Pengujian	50
4.4.3 Hasil Pengujian	51
BAB V PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino Mega Pin	7
Gambar 2. 2 Arduino Mega	8
Gambar 2. 3 Rangkaian Pembagi Tegangan	9
Gambar 2. 4 Relay.....	10
Gambar 2. 5 Charger Controller EPSolar	10
Gambar 2. 6 Modul Xbee Pro Series 1	11
Gambar 2. 7 Ilustrasi Prinsip Kerja Modul Xbee.....	12
Gambar 2. 8 Alur Data Internal Pada Modul Xbee.....	13
Gambar 2. 9 Sensor arus ACS712	14
Gambar 2. 10 Simulator Photovoltaic menggunakan Hallogen.....	15
Gambar 2. 11 Wind Simulator Motor/Generator	16
Gambar 2. 12 XBee Shield V1.1.....	17
Gambar 2. 13 Pin XBee Shield V1.1	18
Gambar 2. 14 Kapasitor Elektrolit (Elco)	19
Gambar 2. 15 Kapasitor Biasa (Non-Polar)	20
Gambar 2. 16 Capacitor Variable dan Trimmer.....	20
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Keseluruhan	21
Gambar 3. 2 Konfigurasi Pin	23
Gambar 3. 3 Rangkaian Sensor Tegangan AC.....	25
Gambar 3. 4 Rangkaian Sensor Tegangan DC.....	25
Gambar 3. 5 Rangkaian Sensor Arus DC dan AC	26
Gambar 3. 6 Konfigurasi Xbee dengan Arduino	27
Gambar 3. 7 Driver Relay	28
Gambar 3. 8 Flowcart Sistem Komunikasi	30
Gambar 3. 9 Flowcart Sistem Beban.....	31
Gambar 4. 1 Pengukuran Pada Pin 13 Arduino	33
Gambar 4. 2 Tegangan Output Pengujian Relay.....	35
Gambar 4. 3 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 1 meter.....	37
Gambar 4. 4 Tampilan pada display charger control pada jarak 1 meter	38
Gambar 4. 5 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 10 meter.....	41
Gambar 4. 6 Tampilan pada display charger control pada jarak 10 meter	41
Gambar 4. 7 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 20 meter.....	44
Gambar 4. 8 Tampilan pada display charger control pada jarak 20 meter	44
Gambar 4. 9 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 40 meter.....	47

Gambar 4. 10 Tampilan pada display charger control pada jarak 40 meter	48
Gambar 4. 11 Tampilan Scada Wind Simulator	51
Gambar 4. 12 Tampilan Scada Wind Simulator	51
Gambar 4. 13 Pengujian PV Solar	52
Gambar 4. 14 Pengujian Wind Simulator	52
Gambar 4. 15 Pengujian Kontrol Beban Lampu Off	53
Gambar 4. 16 Pengujian Kontrol Beban Lampu On	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Atmega 2560	7
Tabel 2. 2 Konfigurasi Pin RF Module Xbee	12
Tabel 2. 3 Keterangan gambar sensor arus ACS712.....	14
Tabel 2. 4 Spesifikasi Xbee Shield V1.1	17
Tabel 2. 5 Spesifikasi kelistrikan Xbee Shield V1.1.....	18
Tabel 2. 6 Zona Pin Xbee Shield V1.1.....	18
Tabel 4. 1 Hasil Output Pengukuran Arduino	33
Tabel 4. 2 Data Pengamatan Driver Relay.....	34
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 1 meter	37
Tabel 4. 4 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 1 meter	40
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 10 meter	40
Tabel 4. 6 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 10 meter	43
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 20 meter	43
Tabel 4. 8 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 20 meter	46
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 40 meter lantai 2.....	47
Tabel 4. 10 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 40 meter	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan akan pemanfaatan sumber energi listrik terbarukan semakin meningkat dengan adanya krisis energi dan juga adanya isu pemanasan global. Berbagai macam sumber energi terbarukan telah dikembangkan para peneliti, seperti pembangkit listrik energi angin, air, surya, pasang air laut, biomasa, biofuel, panas bumi. Sumber energi angin dan surya merupakan sumber energi terbarukan yang cukup populer yang bersih dan tersedia secara bebas. Masalah utama dari kedua jenis energi tersebut adalah tidak tersedia terus menerus. Energi surya hanya tersedia pada siang hari ketika cuaca cerah (tidak mendung atau hujan). Sedangkan energi angin tersedia pada waktu yang seringkali tidak dapat diprediksi (*sporadic*), dan sangat tergantung cuaca atau musim.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, teknik hibrid banyak digunakan untuk menggabungkan beberapa jenis pembangkit listrik, seperti pembangkit energi angin, surya, dan diesel, pembangkit energi angin dan surya, pembangkit energi angin dan diesel. Dalam teknik hibrid ini, sistem komunikasi yang digunakan adalah suatu peralatan sistem *embedded* yang di dalamnya terdapat satu atau lebih sensor dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi, disebut juga sistem *wireless sensor network*.

Wireless sensor network atau disingkat dengan WSN adalah suatu peralatan sistem *embedded* yang di dalamnya terdapat satu atau lebih sensor dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi. Sensor di sini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik [1].

Kemampuan sensor pada WSN secara luas membuat penggunaannya untuk melakukan monitoring banyak digunakan. WSN dapat digunakan dengan sensor sederhana yang memonitor suatu fenomena, sedangkan untuk yang kompleks, maka setiap WSN akan mempunyai lebih dari satu sensor sehingga WSN ini akan dapat melakukan banyak monitoring suatu fenomena. Jika WSN ini dihubungkan ke gateway yang dapat mengakses Internet, maka WSN dapat diakses dan berkolaborasi dengan sistem lain [1].

Smart Grid adalah suatu jaringan cerdas yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik. Dimana komunikasi terjadi dua arah antara produsen listrik serta konsumennya telah diimplementasikan menggunakan teknologi analog bertahun-tahun lamanya dan merupakan teknologi yang menggabungkan bidang informasi, komunikasi dan tenaga listrik yang bertujuan untuk menghemat atau efisiensi penggunaan tenaga listrik. Pada teknologi *smart grid* memungkinkan untuk memonitoring dan *controlling* dengan komunikasi dua arah yang menggunakan jaringan *wireless* sebagai teknologi komunikasi dan juga berfungsi sebagai manajemen pemakaian daya listrik secara praktis dan efisien [2].

Pada suatu sistem *smart grid*, *smart meter* merupakan komponen yang paling penting sebagai monitoring dan *control* daya. Smart meter juga berperan sebagai monitoring pemakaian daya listrik. *Smart meter* menggunakan jaringan komunikasi *wireless* ke pusat kendali untuk *monitoring* dan *control*. Pada sistem *smart grid* terdapat pusat *control* yang berfungsi untuk monitoring dan mengontrol pemakaian daya listrik [2].

Dalam sistem hibrid ini yang digunakan untuk komunikasi antar node ke node adalah modul Xbee. Arduino digunakan untuk antar muka antara smart meter dengan personal computer yang berguna sebagai monitoring dan controlling daya listrik.

Modul XBee berfungsi untuk memberikan kemudahan dan mengurangi penggunaan kabel dalam komunikasi antar node juga untuk optimalisasi energi yang dihasilkan di sistem smartgrid ini.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membuat dan mengaplikasikan sistem komunikasi menggunakan modul XBee pada prototype *microgrid* tenaga hybrid ?
2. Bagaimana menggunakan komunikasi dua arah untuk system control dan monitoring, antara pc dengan arduino menggunakan wireless?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu sistem alat yang mampu memonitoring dan *controlling* daya listrik dengan menggunakan jaringan wifi untuk efisiensi pemakaian daya listrik.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang di bahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut ;

1. Sistem kerja komunikasi Xbee untuk sistem smartgrid yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan sistem pembangkit tenaga hibrida.
2. Pembahasan hanya pada sistem komunikasi Xbee.
3. Control hanya digunakan sebagai saklar on/off pada aplikasi.
4. Tidak membahas secara detail tentang jaringan komunikasi *wireless*.
5. Tidak membahas *topology* jaringan yang digunakan.

1.5 Metodologi

Adapun metode-metode yang diambil untuk pemecahan masalah meliputi :

1. Studi literatur

Mengambil referensi dari buku-buku maupun internet yang berhubungan dengan sistem yang akan dibuat. Seperti referensi tentang wireless sensor network, modul xbee, dan sistem komunikasi menggunakan xbee.

2. Menganalisa kebutuhan sistem

Dalam hal ini yang dilakukan adalah menganalisa apa saja yang dibutuhkan dalam sistem yang dibuat, user yang akan menggunakan, serta keluaran apa yang nantinya diharapkan oleh sistem ini.

3. Studi analisa alat

Setelah menganalisa kebutuhan sistem maka selanjutnya akan didesain sistem yang akan dibuat.

4. Percobaan sistem

Dalam Hal ini sistem yang sudah dibuat akan dicoba dan diuji untuk mengetahui apakah sistem benar-benar bekerja dan menghasilkan keluaran seperti yang diharapkan.

5. Hasil yang diharapkan

Hasil yang diinginkan dari sistem ini adalah suatu sistem alat yang mampu memonitoring dan *controlling* daya listrik dengan menggunakan jaringan wifi untuk efisiensi pemakaian daya listrik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I: PENDAHULUAN

Berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian, dan Sistematika Penulisan

BAB II : TEORI DASAR

Pada bab ini akan di bahas penjelasan teori tentang system mikrogrid, dan komunikasi menggunakan X Bee.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM KOMUNIKASI

Pada bab ini akan di bahas untuk perancangan sistem komunikasi menggunakan XBee.

BAB IV : PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di bahas mengenai hasil dan pengujian sistem komunikasi menggunakan XBee.

BAB V : PENUTUP

Merupakan bab terakhir yang memuat kesimpulan dan saran dari perancangan tugas akhir ini serta saran saran guna menyempurnakan dan mengembangkan system lebuh lanjut.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

BAB II

LANDASAN TEORI

Untuk memudahkan dalam memahami sistem ini, maka di perlukan teori-teori dasar yang menunjang dan dapat dijelaskan tentang karakteristik komponen-komponen yang digunakan maupun masalah yang dibahas sehingga dapat diperkirakan prinsip dan cara kerja secara umum dari sistem ini. Selain itu dengan dasar teori yang ada dapat menambahkan pemahaman yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat ini.

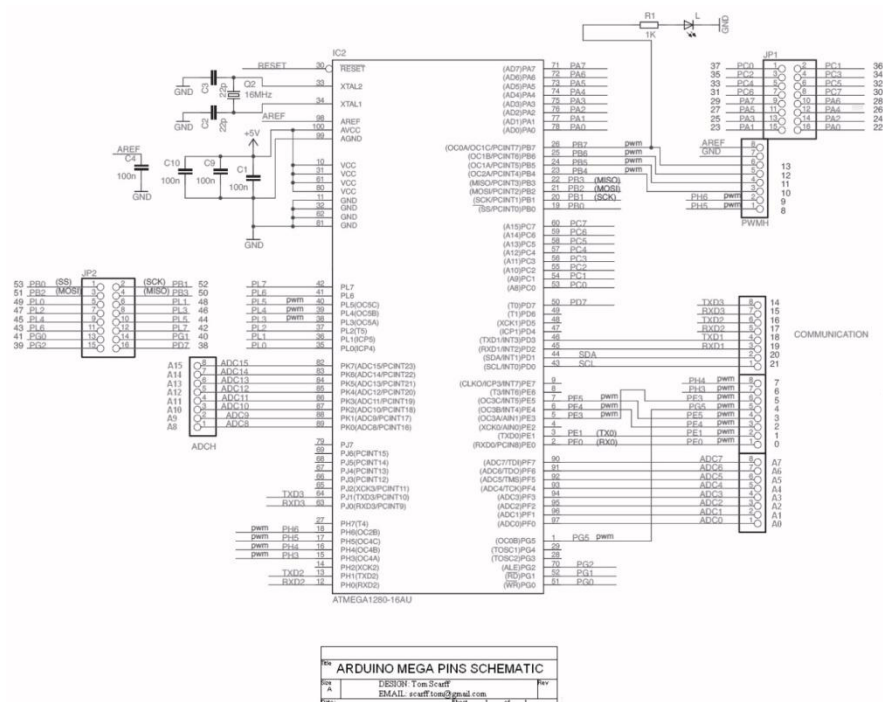
2.1 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah board *Arduino* yang merupakan perbaikan dari board Arduino Mega sebelumnya [3]. ArduinoMega awalnya memakai chip ATmega1280 dan kemudian diganti dengan chip ATmega2560, oleh karena itu namanya diganti menjadi Arduino Mega 2560. Arduino Mega2560 bagusnya dipakai bila kita perlu mengendalikan banyak alat/sensor/aktuator. Atau apa bila kita perlu menggunakan lebih dari 1 modul serial, seperti modul Xbee misalnya, secara bersamaan. Arduino Mega 2560 mempunyai 4 port serial, lebih banyak dari Arduino Uno yang hanya punya 1 port serial. Atau apabila kita memerlukan ukuran Flash Memory yang lebih besar karena program yang dibuat sudah cukup tidak cukup dengan 32KB flash memory yang ada di Arduino Uno. Flash Memory sebesar 256KB yang ada di Arduino Mega 2560 rasanya sudah cukup besar untuk kebanyakan program di *microcontroller* [3].

Ringkasan Arduino Mega 2560.

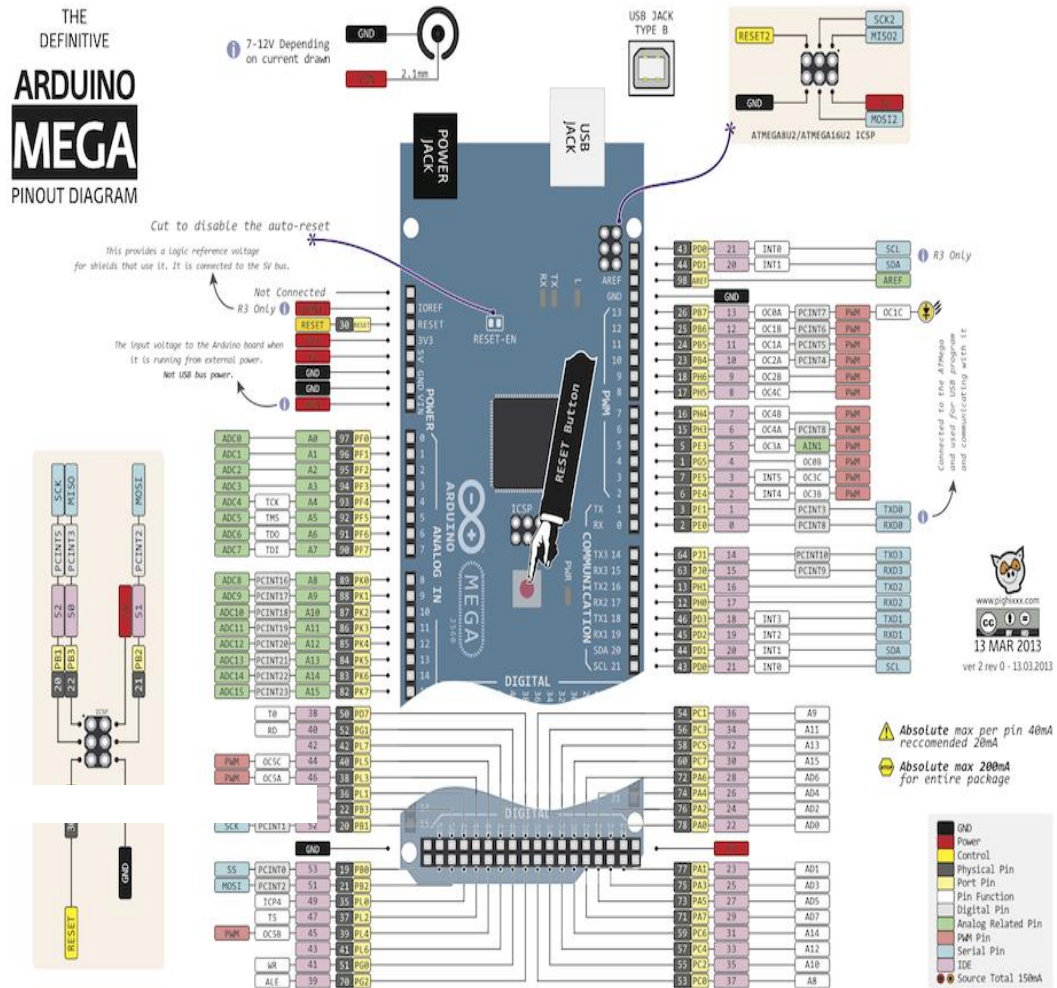
Tabel 2. 1 Ringkasan Atmega 2560

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz



Gambar 2. 1 Arduino Mega Pin

(Sumber: <http://www.google.com/arduino mega2560>)

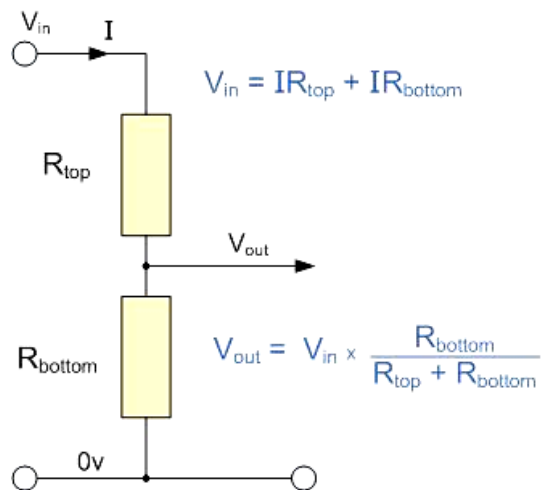


Gambar 2. 2 Arduino Mega

(Sumber:http://www.google.com/arduino_mega2560)

2.2 Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi sebagai pembagi tegangan agar output dari sensor tegangan ini sesuai dengan karakter adc mikrokontroler. Pembagi tegangan (*voltage divider*) menghubungkan resistor seri seperti pada gambar dibawah ini, tegangan yang berbeda muncul di setiap resistor menghasilkan sebuah rangkaian yang disebut Rangkaian Pembagi Tegangan. Hukum tegangan Kirchoff menyatakan bahwa " tegangan dalam rangkaian tertutup sama dengan jumlah semua tegangan (IR) di seluruh rangkaian". Rangkaian dasar Resistor Seri sebagai Pembagi Tegangan dapat dilihat pada Gambar rangkaian dibawah ini.

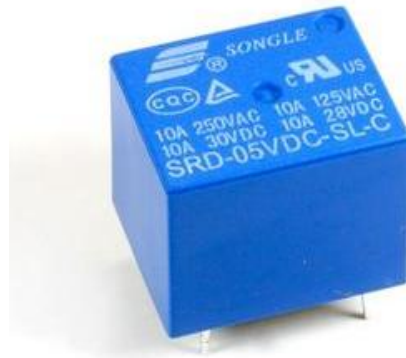


Gambar 2. 3 Rangkaian Pembagi Tegangan

Dalam rangkaian dua resistor yang dihubungkan secara seri melalui V_{in} , yang merupakan tegangan listrik yang terhubung ke resistor, R_{top} , di mana tegangan keluaran V_{out} adalah tegangan resistor R_{bottom} yang diberikan oleh formula. Jika lebih resistor dihubungkan secara seri pada rangkaian maka tegangan yang berbeda akan muncul di setiap resistor berkaitan dengan masing-masing hambatan R ($I \times R$ Hukum Ohm) menyediakan tegangan berbeda dari satu sumber pasokan atau catudaya. Namun, harus berhati-hati ketika menggunakan jaringan jenis ini sebagai impedansi karena dapat mempengaruhi tegangan keluaran.

2.3 Relay

Relay yaitu salah satu dari pengontrol atau proses kontrol, dimana cara kerja relay ini sebagai switching pada rangkaian, dan bekerja secara elektromekanis. Dimana di dalamnya terdapat kumparan dan inti yang bergerak, dan juga di lengkapi kontak NO (Normally Open) dan NC (Normally Close) . Bila relay di suplay arus listrik maka akan timbul gerakan pada inti besi dan akan menggerakkan kontak kontak dari relay tersebut.



Gambar 2. 4 Relay

2.4 Charger Controller

Charger Controller merupakan sebuah piranti elektronik yang di gunakan untuk mengatur arus DC yang diisi ke Accu atau baterai menuju beban. Charger Controller ini mengatur kelebihan pengisian akibat baterai sudah penuh dan kelebihan tegangan dari solar cell atau panel surya. Dalam Charger Controller ini menerapkan teknologi PWM, yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai atau Accu. Jadi apabila pengisian baterai tanpa menggunakan Charger Control ini dapat mempercepat usia baterai. Kelebihan lain dari Charger Control ini yaitu dapat mengambil maksimum daya dari solar cell, dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak di gunakan oleh beban.



Gambar 2. 5 Charger Controller EPSolar

2.5 Modul Xbee Pro Series 1

XBee merupakan modul RF yang didesain dengan standard protocol IEEE 802.15.4 dan sesuai dengan kebutuhan sederhana untuk jaringan wireless. Kelebihan utama yang menjadikan XBee sebagai komunikasi serial nirkabel karena XBee memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu hanya 3,3 V dan beroperasi pada rentang frekuensi 2,4 GHz [4].

Dalam melakukan komunikasi dengan perangkat lainnya Xbee mampu melakukan komunikasi dengan dua macam komunikasi yang berbeda, tergantung dari perangkat apa yang dihubungkan dengan modul Xbee. Komunikasi dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan wireless dan komunikasi secara serial.



Gambar 2. 6 Modul Xbee Pro Series 1

(Sumber : <https://www.adafruit.com/product/964>)

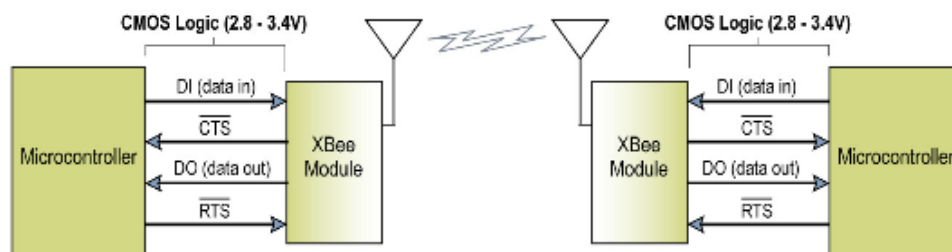
Komunikasi XBee dilakukan secara serial, dimana komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data secara satu per satu dengan menggunakan satu jalur kabel data. Sehingga komunikasi serial hanya menggunakan 2 kabel data yaitu kabel data untuk pengiriman yang disebut transmit (Tx) dan kabel data untuk penerimaan yang disebut receive (Rx) [5]. Kelebihan dari komunikasi serial adalah jarak pengiriman dan penerimaan dapat dilakukan dalam jarak yang cukup jauh dibandingkan dengan komunikasi parallel tetapi kekurangannya adalah kecepatan lebih lambat

daripada komunikasi parallel, untuk saat ini sedang dikembangkan teknologi serial baru yang dinamakan USB (Universal Serial Bus) yang memiliki kecepatan pengiriman dan penerimaan data lebih cepat di banding serial biasa [5].

Tabel 2. 2 Konfigurasi Pin RF Module Xbee

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO*	Output	Digital Output *
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI*	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input *
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DI04	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DI07	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DI05	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DI06	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DI03	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DI02	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DI01	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DI00	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

Prinsip kerja modul Xbee dapat dilihat pada gambar berikut :



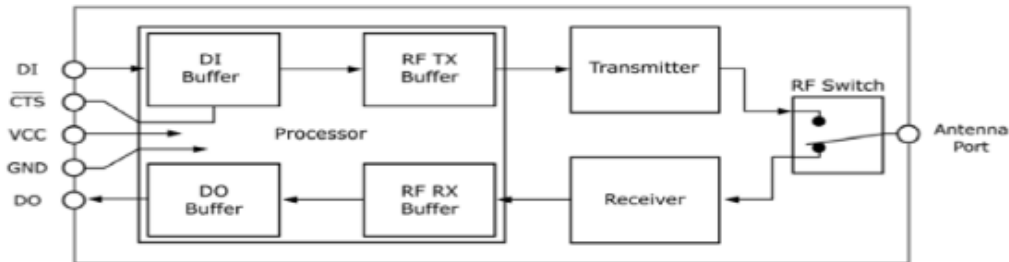
Gambar 2. 7 Ilustrasi Prinsip Kerja Modul Xbee

(Sumber : <http://logicprobe10.wordpress.com/2011/07/31/teknologi-zigbee/>)

Dari ilustrasi di atas dapat dilihat bahwa pin-pin Tx dan Rx dari mikrokontroler dapat dikoneksikan langsung ke pin DIN dan DOUT pada

zigbee. Data yang masuk ke zigbee melalui DIN akan disimpan terlebih dahulu di DI Buffer dan RF TX Buffer sebelum ditransmisikan via port antenna menuju zigbee lainnya. Begitu juga sebaliknya dengan data yang diterima melalui port antenna.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 8 Alur Data Internal Pada Modul Xbee

(Sumber : <http://logicprobe10.wordpress.com/2011/07/31/teknologi-zigbee/>)

2.6 Komunikasi Data

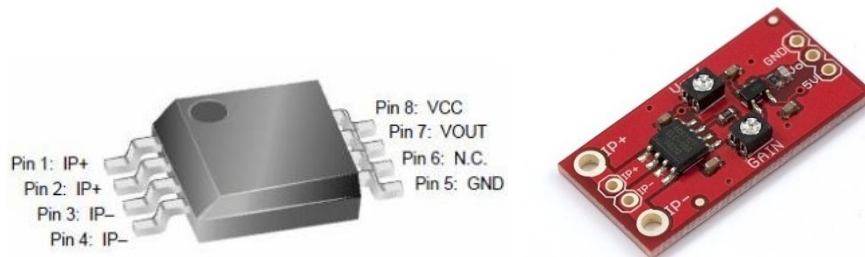
Komunikasi data adalah bagian dari telekomunikasi yang secara khusus berkenaan dengan transmisi atau pemindahan data dan informasi diantara komputer dan piranti-piranti yang lain dalam bentuk digital yang dikirimkan melalui media komunikasi data. Data berarti informasi yang disajikan oleh isyarat digital.

Komponen-komponen komunikasi data :

1. Pengirim, adalah piranti yang mengirimkan data.
2. Penerima, adalah piranti yang menerima data.
3. Data, adalah informasi yang akan dipindahkan.
4. Media pengirim, adalah media atau saluran yang digunakan untuk mengirimkan data.
5. Protokol, adalah aturan-aturan yang berfungsi untuk menyalurkan hubungan. Pola komunikasi pada elektronika dapat diklasifikasikan menurut arah komunikasi, tipe sinyal dan keaslian sinyal.

2.7 Sensor Arus ACS712

Sensor arus adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Sensor arus ini menggunakan metode Hall Effect Sensor. Hall Effect Sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet [6].



Gambar 2. 9 Sensor arus ACS712

(Sumber : <https://www.sparkfun.com/products/8883>)

Tabel 2. 3 Keterangan gambar sensor arus ACS712

No.	Nama	Keterangan
1 dan 2	IP+	Masukan arus
3 dan 4	IP-	Keluaran arus
5	GND	Ground
6	N.C.	Terminal ungtuk kapasitor eksternal untuk menentukan bandwidth
7	VOUT	Keluaran tegangan analog
8	VCC	Power Supply 5V

Hall Effect Sensor akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. Pendeteksian perubahan kekuatan medan magnet cukup mudah dan tidak memerlukan apapun selain sebuah inductor yang berfungsi sebagai sensornya. Kelemahan dari detektor dengan menggunakan induktor adalah kekuatan medan magnet yang statis (kekuatan medan magnetnya tidak berubah) tidak dapat dideteksi. Oleh sebab itu diperlukan cara yang lain untuk mendeteksinya yaitu dengan sensor yang dinamakan dengan ‘hall effect’ sensor. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan

silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Dengan metode ini arus yang dilewatkan akan terbaca pada fungsi besaran tegangan berbentuk gelombang sinusoidal.

2.8 Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Untuk simulator pembangkit listrik tenaga surya ini, prinsip kerjanya sama dengan halnya photo voltaic pada umumnya, hanya saja tidak menggunakan matahari sebagai sumbernya, pada simulator ini menggunakan lampu Hallogen sebagai pengganti matahari. Dan pada lampu hallogen ini dapat di atur kecerahannya dengan menggunakan dimmer. Jadi yang membedakan hanya sumber, antara simulator pembangkit listrik tenaga surya dengan simulatornya [7].

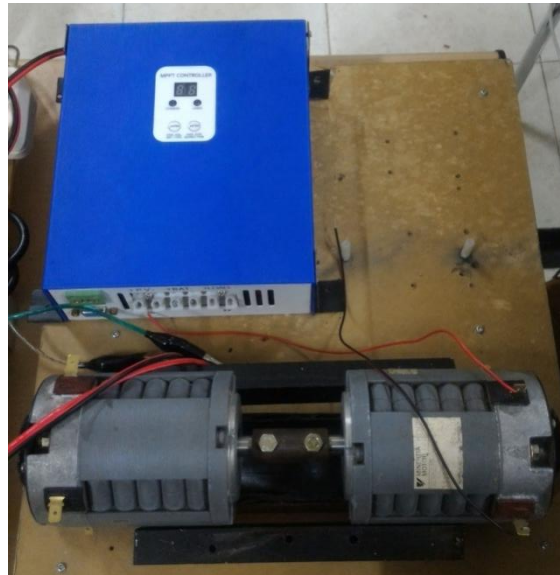


Gambar 2. 10 Simulator Photovoltaic menggunakan Hallogen

Simulator Hybrid ini menggunakan lampu Hallogen dengan kapasitas 1000 Watt, dan PV memiliki kapasitas 50 WP yang dirangkai Seri.

2.9 Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pada simulator pembangkit listrik tenaga angin ini pada dasarnya sama dengan pembangkit listrik tenaga angin pada umumnya, hanya saja berbeda pada objek yang menghasilkan putarannya, pada simulator ini putarannya menggunakan motor/generator (pertama) yg di couple dengan motor/generator lain (kedua), sehingga motor/generator (kedua) yg di putar menggunakan motor/generator (pertama) menghasilkan Tegangan dan Arus.



Gambar 2. 11 Wind Simulator Motor/Generator

2.10 SCADA

SCADA termasuk Sistem Control, dimana sistem SCADA ini sudah banyak digunakan pada gedung, industri, dimana sistem ini di gunakan untuk beberapa pemusatan yaitu monitoring dan controlling peralatan industri. Sistem SCADA ini mengacu pada sistem pengumpulan data dari berbagai sensor pada suatu industri atau di tempat lain dan kemudian mengirim data tersebut pada suatu komputer pusat, dan kemudian mengontrol data data tersebut [8].

Sistem SCADA ini mengacu pada kombinasi telemetri meliputi, pengumpulan informasi, pemindahan informasi, dan mengendalikan apapun yang diperlukan kemudian mempertunjukkan informasi tersebut pada operator/display.

2.10.1 Keuntungan-Keuntungan Sistem SCADA

Keuntungan-Keuntungan Sistem SCADA antara lain

1. Meningkatkan sistem operasi plant atau sistem optimisasi.
2. Meningkatkan produktifitas personal
3. Sistem keamanan meningkat
4. Perlindungan peralatan plant dan lingkungan dari suatu kegagalan sistem
5. Peningkatan dan penerimaan data lebih cepat

2.11 XBee Shield V1.1



Gambar 2. 12 XBee Shield V1.1

XBee Shield V1.1 adalah sebuah port serial modul XBee yang ditingkatkan, XBee Shield V1.1 kompatibel dengan Arduino dan IFLAT-32, langsung bisa pasang dengan / IFLAT-32 papan Arduino, dan menggunakan pin dasar untuk menghubungkan dengan Xbee modul port serial [9].

Fitur-fitur dari Xbee shield ini adalah:

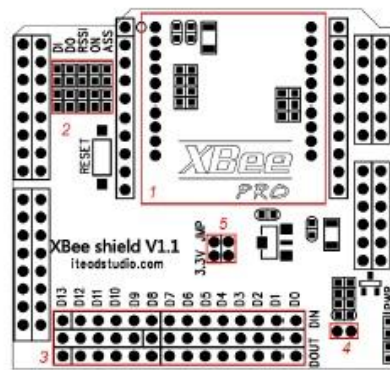
- interface perisai ganda kompatibel dengan Arduino
- 3 indikator (ON / SLEEP, RSSI, ASS) * LED untuk XBee
- Menyediakan maksimal 500mA under 3.3V
- 2.54 mm penuh keluar untuk XBee
- Pengkabelan komunikasi dengan FTDI-USB atau Arduino dengan Hardware Serial atau Software Serial

Tabel 2. 4 Spesifikasi Xbee Shield V1.1

PCB size	54.9mm X 58.8mm X 1.6mm
Indicators	PWR State, DI, DO, RSSI, ON, ASS
Power supply	5V DC
Communication Protocol	UART/XBee
RoSH	Yes

Tabel 2. 5 Spesifikasi kelistrikan Xbee Shield V1.1

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	4.5	5	5.5	VDC
Input Voltage VH:	4.5	5	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V
Current Consumption	-	20	40	mA



Gambar 2. 13 Pin Xbee Shield V1.1

Tabel 2. 6 Zona Pin Xbee Shield V1.1

Zone	Description
1	XBee Socket
2	Indication LED
3	Serial communication pin select
4	Wireless program Arduino jumper
5	3.3V operation voltage jumper (When operated in 3.3V, install the jumper)

2.12 Kapasitor

Kapasitor atau sering juga disebut kondensator merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai penyimpan energi dalam medan listrik. Kapasitor terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat atau isolator. Namun hingga sekarang kebanyakan orang menyebutnya kondensator, namun itu tidak jadi soal, karena sama cuma beda sebutannya. Kata Kondensator sendiri berasal dari bahasa Italia yaitu "Condensatore". Kapasitor dalam dunia elektronika dilambangkan dengan huruf C, jika jumlahnya lebih dari satu maka ditandai dengan angka dibelakang simbol misalnya C1,C2,C3,.. dan seterusnya.

Kapasitor sendiri terdiri dari beberapa jenis, diantaranya :

- Kapasitor Elektrolit (Memiliki Polaritas)
- Kapasitor Biasa (Non-Polaritas)
- Kapasitor Variable.

2.12.1 Kapasitor Elektrolit (Elco)

Kapasitor elektrolit identik dengan 2 (dua) kaki yang memiliki dua kutub yaitu positif (+) dan negatif (-) yang didalamnya terdapat cairan elektrolit, Kapasitor yang demikian biasanya berbentuk tabung seperti pada contoh gambar dibawah ini :



Gambar 2. 14 Kapasitor Elektrolit (Elco)

Cara membaca ukuran Kapasitor Elektrolit (Elco)

Untuk Kapasitor Elektrolit atau orang menyebutnya Elco nilai kapasitansinya tertera dalam tubuh/badan elco itu sendiri. Jadi sangat mudah bagi kita untuk mengetahui nilai/ukurannya, contoh misalnya 100 μ F 16V, 100 μ F 50V, 3300 μ F 100V dan seterusnya.

Untuk mengetahui kaki mana yang merupakan polaritas (+) dan (-) maka bisa dilihat pada badan kapasitor itu sendiri yang terlihat seperti garis memanjang seperti pada gambar diatas yang didalamnya terdapat petunjuk polaritas (-). Dan dibadan elco juga tertera daya tahan panas elco, contoh pada gambar diatas pada badan elco tertera 85°C.

2.12.2 Kapasitor Biasa (Non-Polar)

Kapasitor non polar adalah kapasitor yang tidak memiliki nilai polaritas, polaritas sendiri adalah kutub positif dan kutub negatif. Maka dari itu disebut Kapasitor non polar karena tidak memiliki kutub baik positif maupun negatif. Kapasitor jenis ini cara pemasangannya bebas dalam artian terbalik tidak apa-apa karena tidak terdapat kutub seperti kapasitor elektrolit yang memiliki dua kutub. Perhatikan gambar dibawah ini :



Gambar 2. 15 Kapasitor Biasa (Non-Polar)

2.12.3 Kapasitor Variable dan Timmer

Kapasitor jenis ini memiliki nilai kapasitas yang dapat berubah-ubah, kapasitor variable dan trimmer nilai kapasitasnya dapat berubah karena secara fisik memiliki poros tengah yang dapat diputar dengan menggunakan obeng. Berikut beberapa contoh gambar Kapasitor Variable dan Trimmer.

KAPASITOR VARIABEL (VARIABLE CAPACITOR)		
Nama Komponen	Gambar	Simbol
VARCO (Variable Condensator)		
Trimmer		

Gambar 2. 16 Capacitor Variable dan Trimmer

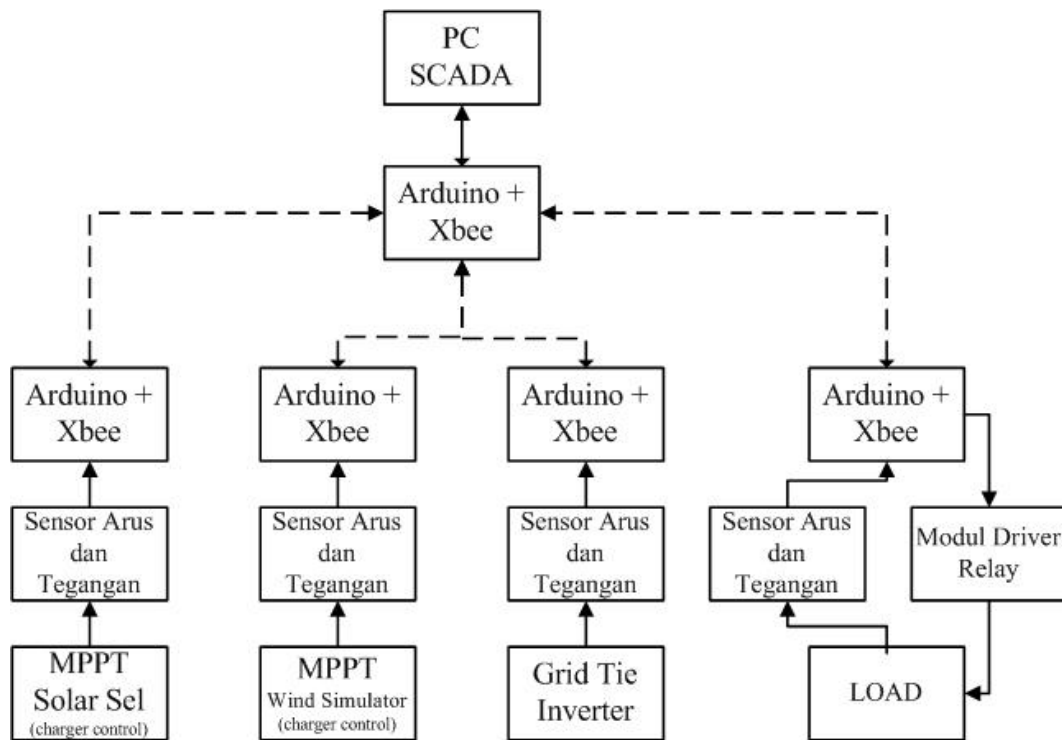
BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan membahas mengenai perancangan dan pembuatan alat pembahasan akan dilakukan pada setiap blok rangkaian, cara kerja masing-masing blok rangkaian, perhitungan dan fungsi masing-masing blok rangkaian tersebut. Secara garis besar terdapat tiga bagian perangkat yang ada yaitu perancang perangkat keras (*Hardware*). Perancangan perangkat lunak (*Software*) dan perancangan mekanik. Secara umum cara kerja alat ini adalah sebagai komunikasi untuk melihat daya aktif dan *control* beban menggunakan wifi. Personal computer digunakan sebagai monitoring daya dan control beban secara *wireless* dengan modul Xbee. Rangkaian ini terdiri dari arduino mega sebagai *control, monitoring* daya dan modul Xbee sebagai pengirim data dari masukan sensor tegangan dan sensor arus.

3.2 Blok Diagram Sistem Keseluruhan



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Keseluruhan

Penjelasan diagram blok sistem :

- Scada,
Sistem Scada ini mengacu pada kombinasi telemetri meliputi, pengumpulan informasi, pemindahan informasi, dan mengendalikan apapun yang diperlukan kemudian mempertunjukkan informasi tersebut pada operator/display.
- Arduino + Xbee,
Berfungsi digunakan untuk antar muka sensor, charger control, grid tie inverter, beban dan sistem jaringan menggunakan teknologi Xbee yang bekerja pada jaringan wireless.
- MPPT Charger Control (Solar Sel dan Wind Simulator),
Charger Controller merupakan sebuah piranti elektronik yang di gunakan untuk mengatur arus DC yg diisi ke Accu atau baterai menuju beban. Charger Controller ini mengatur kelebihan pengisian akibat baterai sudah penuh dan kelebihan tegangan dari solar cell atau panel surya.
- Grid Tie Inverter,
Cara kerja Grid Tie Inverter secara paralel dengan aliran listrik dari jaringan PLN untuk mensupply energy yang dibutuhkan di rumah / kantor / pabrik kita. System GRID TIE telah dirancang sinkron dengan system Listrik PLN sehingga tidak perlu khawatir akan terjadi konflik. System ini hanya dapat diaplikasikan untuk lokasi yang sudah dilayani oleh PLN. Dengan demikian kita memiliki 2 sumber energy untuk mensupply kebutuhan listrik di tempat kita yaitu dari PLN dan dari Solar Cell

Cara Kerja Sistem

Dari diagram blok pada gambar 3.1 dapat dijelaskan cara kerja sistem komunikasi ini sebagai berikut, dimana sensor arus dan sensor tegangan akan mengirimkan data yaitu keluaran arus dan tegangan dari mppt solar sel, mppt wind simulator, grid tie inverter, dan load untuk memonitoring daya, kemudian data yang di hasilkan dikirim ke Arduino. Komunikasi dua arah menggunakan arduino yang berkerja sebagai monitoring daya dan kontrol. Data yang di peroleh pada arduino akan diteruskan ke modul Xbee kemudian data akan dikirim ke

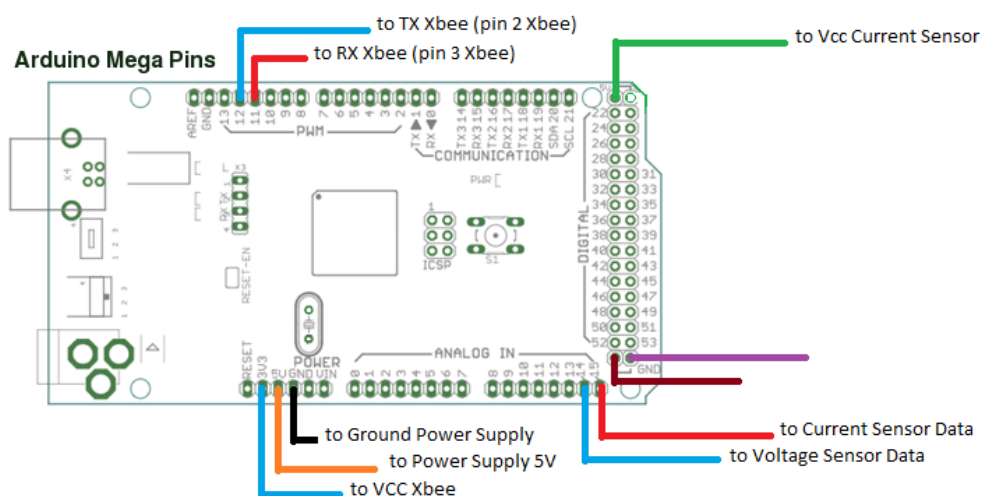
personal computer secara *wireless* sebagai jaringan komunikasi, personal computer berfungsi untuk *control* dan monitoring daya.

Pada sistem ini personal computer mempunyai dua fungsi yaitu sebagai *monitoring* dan *control*. Data dari sensor akan diolah oleh arduino, proses pengiriman data ke personal computer menggunakan modul Xbee melalui jaringan *wireless* sebagai *monitoring* daya. Personal computer memberikan perintah kontrol kepada arduino untuk kontrol beban.

3.3 Perancangan Arduino Mega

Pada perancangan dan pembuatan alat ini mikrokontroler arduino digunakan untuk menerima data dari sensor arus dan tegangan kemudian memproses data yang masuk tersebut untuk selanjutnya di kirim ke perangkat Xbee dan Personal komputer.

Mikrokontroller ini juga akan memproses sinyal masukan dari personal computer untuk *control* beban. Konfigurasi pin-pin yang digunakan pada perancangan dan pembuatan alat ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Konfigurasi Pin

Pada arduino mega menggunakan crystal 16Mhz bertujuan agar perhitungan baudrate tidak mengalami error yang disebabkan selisih perhitungan. Perhitungan baud rate pada atmega 16 dengan baut rate yang diinginkan adalah 38400bps. Perhitungan clock dapat dihitung sebagai berikut

Diketahui :

$$UBRR = (\text{focs} / 16.\text{Baud}) - 1$$

$$UBRR = (16000000 / 16.38400) - 1$$

$$UBRR = (16000000 / 614400) - 1$$

$$UBRR = 26 - 1$$

$$= 25$$

$$= 16\text{MHz}$$

Penggunaan Kristal 16,0000 MHz memungkinkan hasil perhitungan baudrate tidak sisa dan error dari selisih perhitungan tidak ada. Sehingga dengan menggunakan nilai Kristal 16,0000MHz maka dapat dihitung waktu yang diperlukan untuk satu siklus mesin yaitu

$f = 16,0000 \text{ MHz}$ Sehingga :

$$T = \frac{1}{f_{\text{kristal}}}$$

$$T = \frac{1}{16,0000 \text{ MHz}}$$

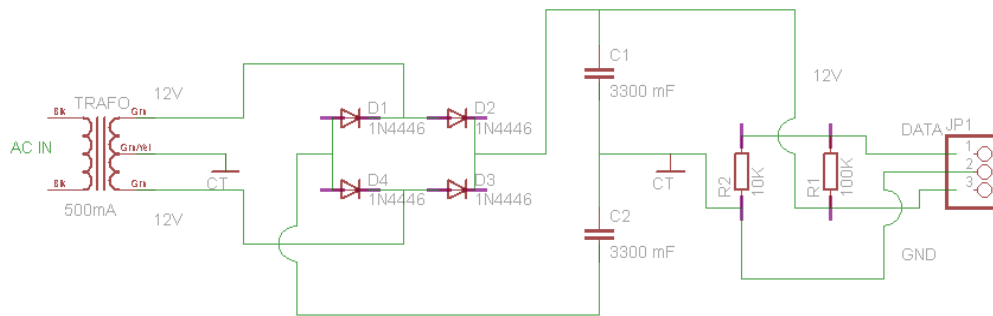
$$T = 6.25 \cdot 10^{-8}$$

3.4 Perancangan Sensor Tegangan

Sensor tegangan di gunakan untuk membaca tegangan pada sistem smartgrid, baik itu tagangan DC maupun pada tegangan AC. Data yang di dapat dari sensor melalui pin A14 pada arduino, di teruskan ke arduino untuk di olah dan di kirim oleh Xbee ke master melalui jaringan wireless.

3.4.1 Perancangan Sensor Tegangan AC

Pada perancangan dan pembuatan sensor tegangan AC ini menggunakan resistor, dioda, kapasitor dan trafo CT. Sebagai inputan dari tegangan AC 220V berikut gambar rangkaian sensor tegangan:



Gambar 3. 3 Rangkaian Sensor Tegangan AC

Pada inputan sensor tegangan AC, membutuhkan converter dari tegangan AC ke tegangan DC, tegangan 220 volt/ 110 volt AC di converter menjadi 18 volt DC. Menggunakan dua resistor yaitu R1 100K dan R2 10K. Maka dengan rangkaian pembagi tegangan ini sangat membantu sekali sebagai sensor tegangan. Nilai dari resistor tersebut dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R2}{R1+R2} \times V_{in}$$

Dimana :

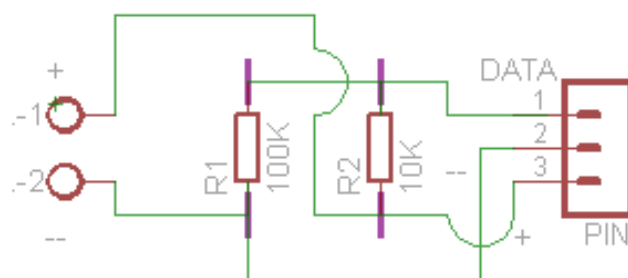
V_{out} = Tegangan output dari resistor (V)

V_{in} = Tegangan sumber (V)

$R1$ dan $R2$ = Resistor (Ω)

3.4.2 Perancangan Sensor Tegangan DC

Pada perancangan dan pembuatan sensor tegangan DC ini menggunakan dua buah resistor yaitu 100K dan 10K sebagai inputan dari tegangan AC 24V berikut gambar rangkaian sensor tegangan:



Gambar 3. 4 Rangkaian Sensor Tegangan DC

Pada sensor tegangan DC yang di ukur adalah tegangan DC dari mppt solar sel dan wind simulator (charger control). Maka dengan rangkaian pembagi tegangan ini sangat membantu sekali sebagai sensor tegangan. Nilai dari resistor tersebut dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R2}{R1+R2} x V_{in}$$

Dimana :

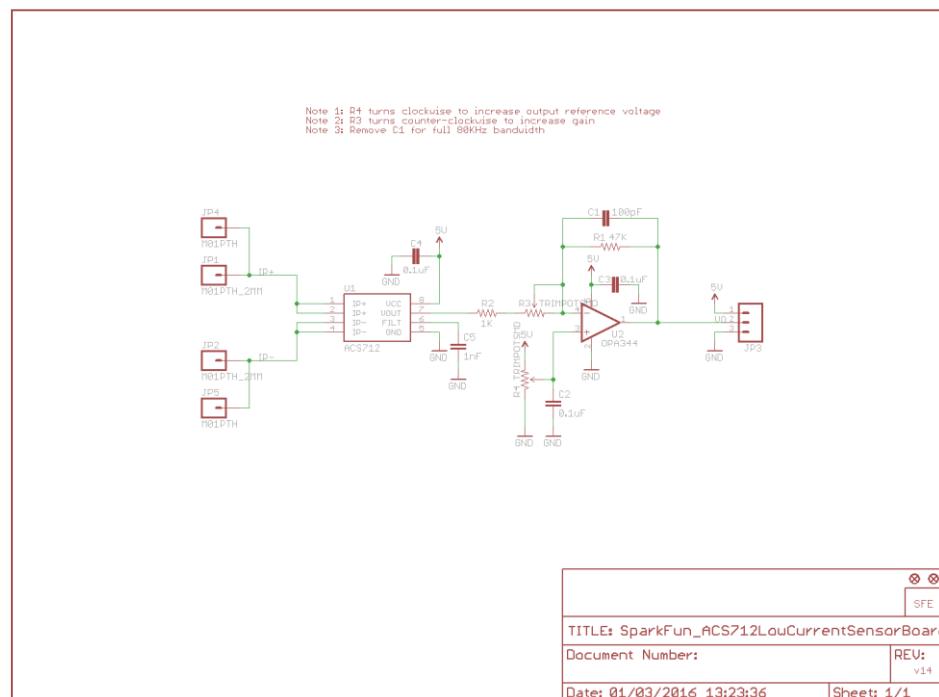
V_{out} = Tegangan output dari resistor (V)

V_{in} = Tegangan sumber (V)

$R1$ dan $R2$ = Resistor (Ω)

3.5. Perancangan Sensor Arus ACS712

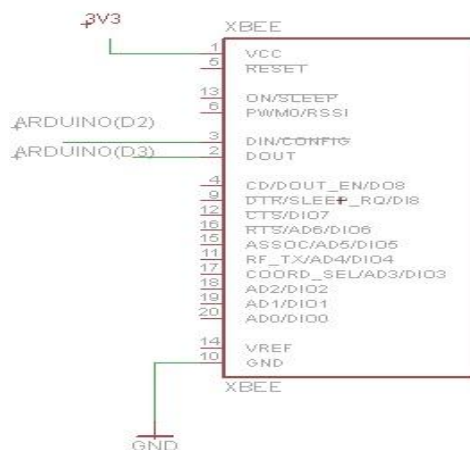
Pada perancangan sensor arus berikut ini, sensor telah berupa modul. Inputan melalui pin IP+ dan IP- serta output pada pin VO, 5V dan ground. Sumber DC dan AC masuk ke pin IP+ dan pin IP-, sedangkan pin VO dari sensor ke pin A14 arduino (pin A14 di gunakan pada arus AC dan DC), pin 5V dan GND dari sensor ke 5V dan GND arduino.



Gambar 3. 5 Rangkaian Sensor Arus DC dan AC

3.6. Perancangan Xbee Pro S1

Dalam perancangan ini menggunakan jaringan *wireless* dengan modul xbee tujuan untuk pengiriman data dari arduino ke pc melalui jarak yang jauh. Berikut gambar 3.6 konfigurasi xbee:

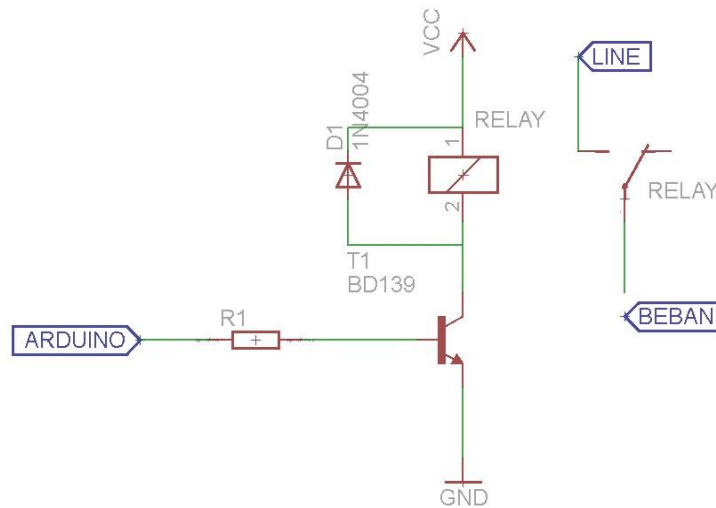


Gambar 3. 6 Konfigurasi Xbee dengan Arduino

Xbee ini merupakan jenis *wireless* dengan type 802.15.4 dengan kemampuan jarak pengiriman data hingga 3000 m untuk komunikasi Xbee menggunakan serial TTL dan juga untuk konsumsi daya cukup kecil yaitu 3.3v pada Xbee ini juga dibekali dengan antena kecil yang berguna sebagai pemancar agar jangkauan sinyal lebih jauh dan stabil. Pin Xbee yang digunakan sebagai transfer data yaitu pin 3 sebagai data input dan pin 2 sebagai data out.

3.7. Perancangan Driver Relay

Driver relay adalah rangkaian yang digunakan untuk mengendalikan pengoprasian relay. Driver relay ini berfungsi sebagai *control* yang dilakukan oleh mikrokontroller arduino mega dengan beban sebagai pembatasan. Pada rangkaian driver relay juga terdapat transistor dengan type SS9013 dimana berdasarkan datasheet pengutan atau hFE transistor ini minimal 64, nilai V_{be} 1,2 volt, dan nilai V_{ce} 0.6V. Berikut gambar rangkaian driver relay.



Gambar 3. 7 Driver Relay

Maka dalam perancangan driver relay ini R1 dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

$$I_{Cmax} = 500 \text{ mA}$$

$$V_{CEt} = 0,6 \text{ V}$$

$$V_{BE} = 1,2 \text{ V}$$

$$hFE = 64$$

$$R_{coil} = 70 \Omega$$

$$V_{relay} = 5 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 5 \text{ V}$$

Maka :

$$V_{relay} = I_C \cdot R_{coil} + V_{ce}$$

$$5 \text{ V} = I_C \cdot 70 \Omega + 0,6 \text{ V}$$

$$I_C = \frac{5 - 0,6}{70} = 0,063 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{hFE}$$

$$I_B = \frac{0,063}{64}$$

$$= 0,000984 \text{ mA}$$

Perhitungan nilai R_B :

$$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{Be}$$

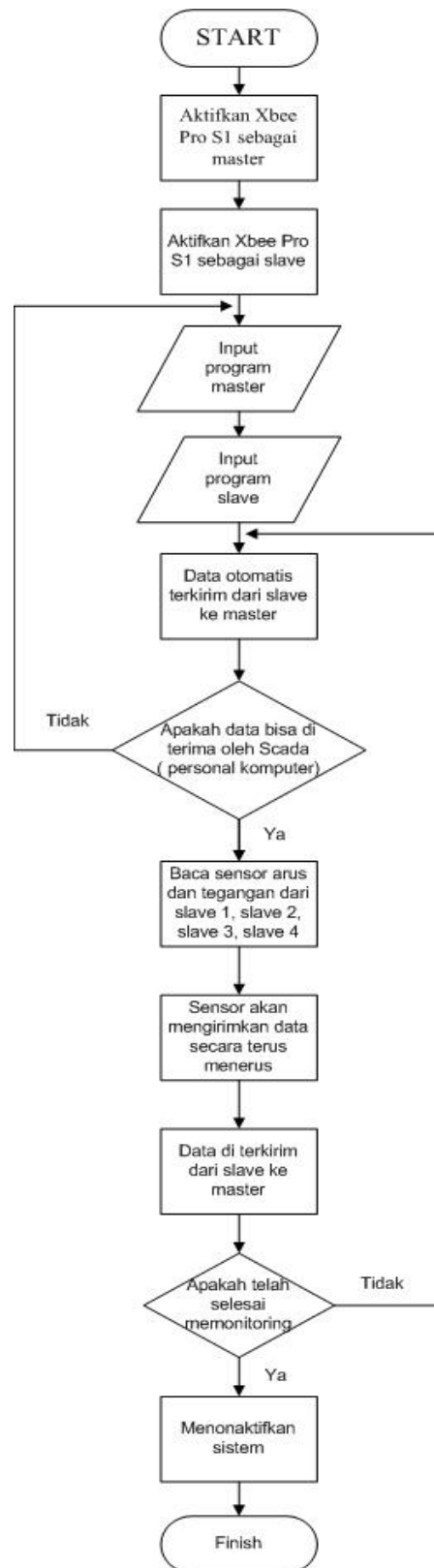
$$5V = 0.00098mA \cdot R_B + 1,2V$$

$$R_B = \frac{5-1,2}{0,00098}$$

$$= 3877.551 \Omega \approx 3k8\Omega$$

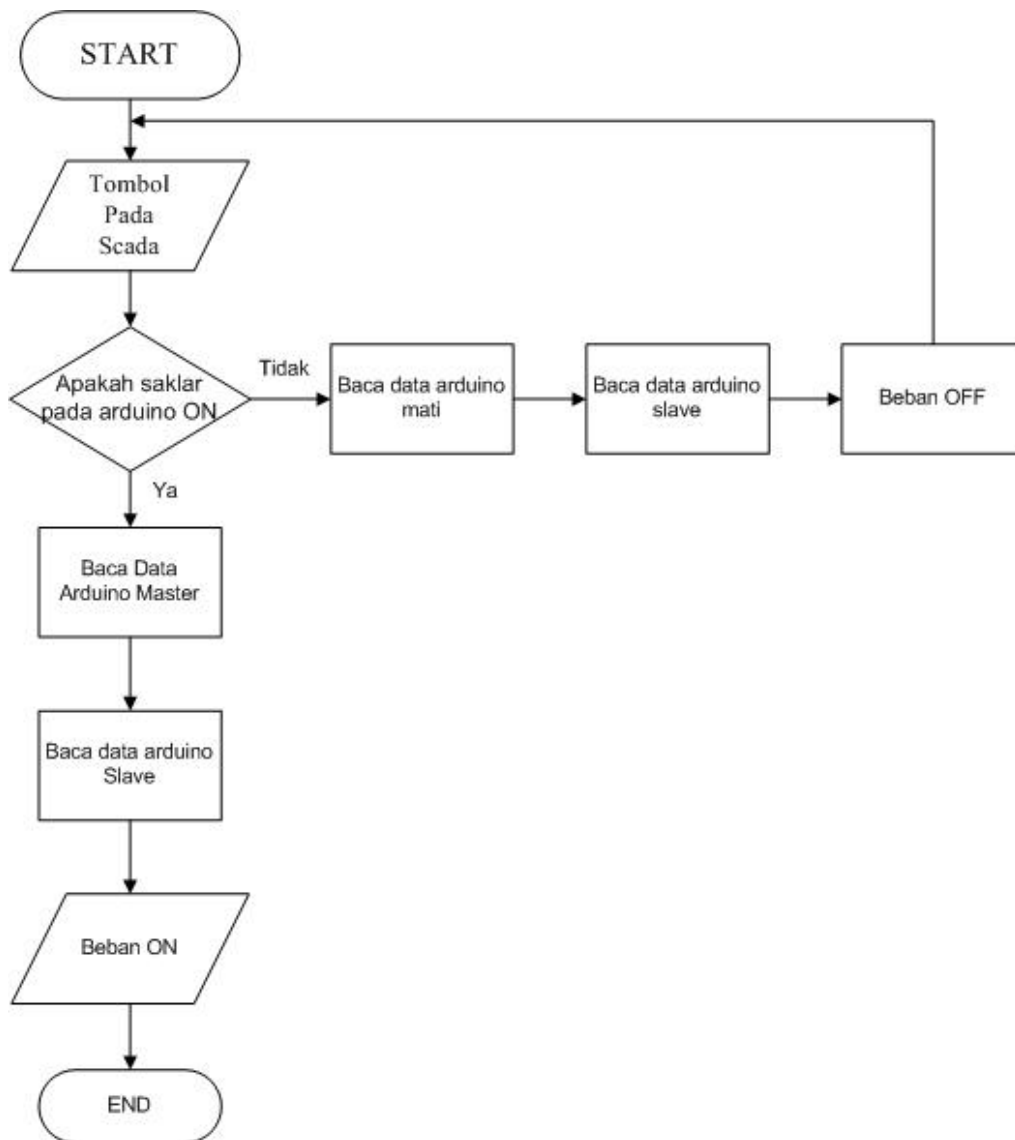
Harga untuk nilai pada basis Transistor atau R_1 yaitu $3k\Omega$ pada perhitungan tersebut menggunakan inputan dari mikrokontroller dengan tegangan TTL atau VCC 5V.

3.8 Flowchart Sistem Komunikasi



Gambar 3. 8 Flowcart Sistem Komunikasi

3.9 Flowchart Sistem Beban



Gambar 3. 9 Flowcart Sistem Beban

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini ditunjukkan untuk melakukan pengujian dan pembahasan dari sistem yang telah dirancang sebelumnya agar dapat diketahui bagaimana kinerja dari keseluruhan sistem maupun kinerja masing-masing bagian. Dari hasil pengujian tersebut akan dijadikan dasar untuk menentukan kesimpulan serta point-point kekurangan yang harus segera diperbaiki agar kinerja keseluruhan sistem dapat sesuai dengan perencanaan dan perancangan yang telah dibuat.

Pengujian yang dilakukan meliputi:

- Pengujian Arduino mega2560
- Pengujian driver relay
- Pengujian pengiriman data sensor tegangan, sensor arus, dan jarak pengiriman
- Pengujian keseluruhan sistem komunikasi

4.2. Pengujian Arduino Mega2560

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian Arduino Mega2560 berkerja dengan baik.

4.2.1. Peralatan Yang Digunakan

1. AVO meter
2. Power supply
3. Arduino mega2560
4. Personal computer
5. Software arduino

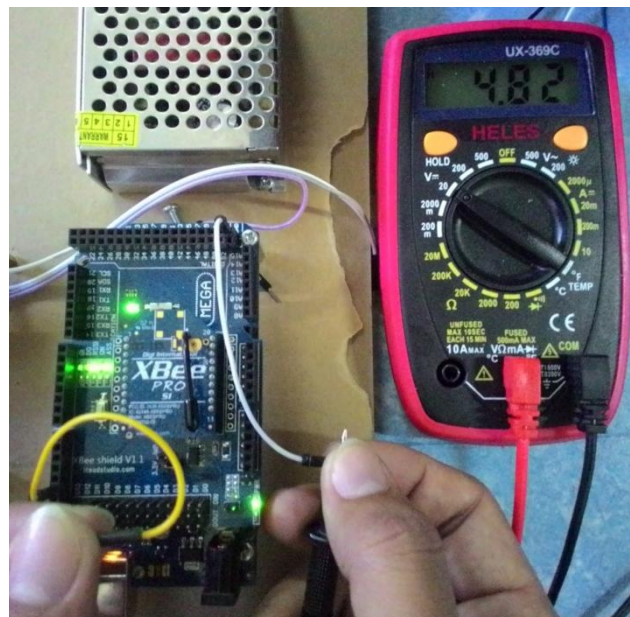
4.2.2. Prosedur Pengujian Arduino Mega2560

1. Pengujian pin 13 pada arduino mega.
2. Persiapkan arduino mega2560.
3. Upload program ke arduino.
4. Ukur tegangan pada pin 13 dengan AVO meter.

4.2.3. Hasil Pengujian

Tabel 4. 1 Hasil Output Pengukuran Arduino

Logika pin13	Tegangan Pin Digital Arduino (Volt)	Status pin 13
0	0	OFF
1	4,82	ON



Gambar 4. 1 Pengukuran Pada Pin 13 Arduino

4.3. Pengujian Driver Relay

Pengujian dari driver relay yaitu untuk mengetahui apakah driver relay dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perintah dari mikrokontroler dan untuk mengetahui kerja dari relay yang digunakan sebagai pengontrol ada tidaknya aliran listrik ke beban.

4.3.1. Peralatan Yang Digunakan

1. Arduino mega 2560
2. Personal Computer
3. Modul Driver Relay
4. Power supllly 5 volt
5. Multimeter Digital

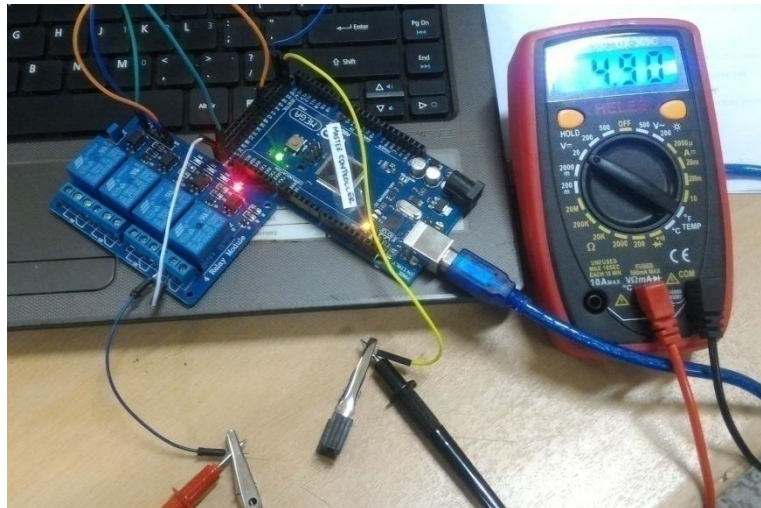
4.3.2. Prosedur Pengujian Driver Relay

1. Menghubungkan PIN driver relay dengan pin digital arduino
2. Menghubungkan PINvcc dan ground dengan power supply 5 volt
3. Memprogram Arduino dengan memberikan logic 0 dan logic 1 untuk menguji Modul Driver Relay
4. Mencatat hasil pengujian yang dilakukan dengan AVO meter.

4.3.3. Hasil Pengujian

Tabel 4. 2 Data Pengamatan Driver Relay

Logika Pin Arduino	Tegangan Pin Digital Arduino (Volt)	Status Relay
0	0	OFF
1	4,90	ON



Gambar 4. 2 Tegangan Output Pengujian Relay

4.4. Pengujian Pengiriman Data Sensor Tegangan, Sensor Arus, dan Jarak Xbee (slave) ke Xbee (master)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor tegangan dan sensor arus dapat mengirimkan data dari Xbee slave ke Xbee master dengan jarak tertentu, agar dapat mengetahui apakah data dapat terkirim atau dibaca oleh mikrokontroler Arduino Mega2560.

4.4.1 Peralatan Yang Digunakan

1. AVO meter/display charger control
2. Sensor Tegangan
3. Sensor Arus
4. Power supply
5. Arduino mega2560 + Xbee modul
6. Personal computer
7. Software arduino
8. Alat ukur jarak (meteran)

4.4.2 Prosedur Pengujian Sensor Tegangan

1. Pengujian sensor tegangan pada Arduino Mega2560.
2. Persiapkan rangkaian sensor tegangan.
3. Sambungkan pin sensor tegangan dengan Arduino.
4. Upload program ke arduino.
5. Pilih menu “Serial Monitor” pada IDE Arduino
6. Amati perubahan tegangan pada personal komputer.
7. Amati dan Catat hasil pengukuran dengan AVO dan pembacaan sensor.
8. Bandingkan hasil pengukuran dan pembacaan.

4.4.3 Hasil Pengujian

Penulis melakukan empat kali pengujian terhadap sensor tegangan, sensor arus, dan jarak pengiriman dari Xbee (master) ke Xbee (slave):

Pertama, penulis meletakkan laptop dan xbee master berjarak 1 meter dari xbee slave yang telah di rangkai untuk membaca data. Sensor tegangan di rangkai paralel ke PV solar sel, sedangkan sensor arus di rangkai seri ke PV solar sel.

Kedua, penulis meletakkan laptop dan xbee master berjarak 10 meter dari xbee slave yang telah di rangkai untuk membaca data. Sensor tegangan di rangkai paralel ke PV solar sel, sedangkan sensor arus di rangkai seri ke PV solar sel.

Ketiga, penulis meletakkan laptop dan xbee master berjarak 20 meter dari xbee slave yang telah di rangkai untuk membaca data. Sensor tegangan di rangkai paralel ke PV solar sel, sedangkan sensor arus di rangkai seri ke PV solar sel.

Keempat, penulis meletakkan laptop dan xbee master berjarak 40 meter dari xbee slave yang telah di rangkai untuk membaca data. Sensor tegangan di rangkai paralel ke PV solar sel, sedangkan sensor arus di rangkai seri ke PV solar sel. Di jarak 40 meter ini, penulis melakukan dua percobaan, yaitu:

1. 40 meter horizontal dari xbee slave, di lantai 2 gedung lab elektro.
2. 40 meter vertikal dari xbee slave, di lantai 1 gedung lab elektro.

Berikut hasil dari pengujian pertama sensor tegangan, sensor arus pada jarak 1 meter pengiriman data:

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 1 meter

No	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Sensor Arus (volt)	Display Charger Control (volt)
1	1 Meter	27,6	26,9	0	0,4
2		27,7	26,9	0	0,4
3		27,7	26,7	0	0,3
4		27,6	26,8	0	0,4
5		27,6	26,9	0	0,4

```

COM16 (Arduino Mega or Mega 2560)
Send

 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

 p276v-5622ii
 tegangan pv = 27.60
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

 p277v-5437ii
 tegangan pv = 27.70
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

 p277v-5268ii
 tegangan pv = 27.70
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

 p276v-5326ii
 tegangan pv = 27.60
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

 p276v-6848ii
 tegangan pv = 27.60
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

 p276v-6456ii

```

Gambar 4. 3 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 1 meter



Gambar 4. 4 Tampilan pada display charger control pada jarak 1 meter

4.4.4. Analisa Pengujian Jarak 1 meter

Dari data hasil pengujian sensor dan jarak yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan nilai error sensor dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%error = \left| \frac{\text{Hasil pengujian} - \text{Hasil pengukuran}}{\text{Hasil pengukuran}} \right| \times 100\%$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor tegangan di jarak 1 meter:

$$1. \%error = \left| \frac{27,6-26,9}{26,9} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.026\%$$

$$2. \%error = \left| \frac{27,7-26,9}{26,9} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.029\%$$

$$3. \%error = \left| \frac{27,7-26,7}{26,7} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.037\%$$

$$4. \%error = \left| \frac{27,6-26,8}{26,8} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.029\%$$

$$5. \%error = \left| \frac{27,6-26,9}{26,9} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.026\%$$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 1 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{Jumlah Percobaan}$$

$$\overline{\%error} = \frac{0.026 + 0.029 + 0.037 + 0.029 + 0.026}{5}$$

$$\overline{\%error} = 0.029\%$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor arus di jarak 1 meter:

$$1. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$2. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$3. \%error = \left| \frac{0-0,3}{0,3} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$4. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$5. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 1 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{Jumlah Percobaan}$$

$$\overline{\%error} = \frac{1 + 1 + 1 + 1 + 1}{5}$$

$$\overline{\%error} = 1 \%$$

Tabel 4. 4 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 1 meter

NO	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)	Sensor Arus (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)
1	1 meter	27,6	26,9	0,026	0	0,4	1
2		27,7	26,9	0,029	0	0,4	1
3		27,7	26,7	0,037	0	0,3	1
4		27,6	26,8	0,029	0	0,4	1
5		27,6	26,9	0,026	0	0,4	1
		Error rata - rata		0,029	Error rata - rata		1

Berikut hasil dari pengujian kedua sensor tegangan, sensor arus pada jarak 10 meter pengiriman data:

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 10 meter

NO	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Sensor Arus (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)
1	10 meter	27,2	27,1	0	0,4
2		27	27,1	0	0,4
3		26,8	27,3	0	0,4
4		26,7	27,1	0	0,4
5		27,3	27,2	0	0,4

```

COM16 (Arduino Mega or Mega 2560)
Send

tegangan pv = 27.20
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p270v-4937ii
tegangan pv = 27.00
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p268v-4938ii
tegangan pv = 26.80
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p267v-4934ii
tegangan pv = 26.70
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p273v-4944ii
tegangan pv = 27.30
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p271v-4961ii
tegangan pv = 27.10
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

```

Gambar 4. 5 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 10 meter



Gambar 4. 6 Tampilan pada display charger control pada jarak 10 meter

4.4.5. Analisa Pengujian Jarak 10 meter

Dari data hasil pengujian sensor dan jarak yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan nilai error sensor dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%error = \left| \frac{Hasil\ pengujian - Hasil\ pengukuran}{Hasil\ pengukuran} \right| \times 100\%$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor tegangan di jarak 10 meter:

$$1. \%error = \left| \frac{27,2-27,1}{27,1} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.003\%$$

$$2. \%error = \left| \frac{27-27,1}{27,1} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.003\%$$

$$3. \%error = \left| \frac{26,8-27,3}{27,3} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.018\%$$

$$4. \%error = \left| \frac{26,7-27,1}{27,1} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.014\%$$

$$5. \%error = \left| \frac{27,3-27,2}{27,2} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.003\%$$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 10 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{\text{Jumlah Percobaan}}$$

$$\overline{\%error} = \frac{0.003 + 0.003 + 0.018 + 0.014 + 0.003}{5}$$

$$\overline{\%error} = 0.041\%$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor arus di jarak 10 meter:

$$1. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$2. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$3. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,3} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$4. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$5. \%error = \left| \frac{0-0,4}{0,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 10 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{Jumlah Percobaan}$$

$$\overline{\%error} = \frac{1 + 1 + 1 + 1 + 1}{5}$$

$$\overline{\%error} = 1 \%$$

Tabel 4. 6 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 10 meter

NO	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)	Sensor Arus (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)
1	10 meter	27,2	27,1	0,003	0	0,4	1
2		27	27,1	0,003	0	0,4	1
3		26,8	27,3	0,018	0	0,4	1
4		26,7	27,1	0,014	0	0,4	1
5		27,3	27,2	0,003	0	0,4	1
		Error rata - rata		0,041	Error rata - rata		1

Berikut hasil dari pengujian kedua sensor tegangan, sensor arus pada jarak 20 meter pengiriman data:

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 20 meter

NO	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Sensor Arus (volt)	Tampilan Display Charger Control(volt)
1	20 meter	26,3	26,8	0	0,5
2		27,3	26,3	0	0,5
3		26,6	26,2	0	0,5
4		26,9	26, 1	0	0,5
5		27,1	26,5	0	0,5

```

COM16 (Arduino Mega or Mega 2560)
Send
tegangan pv = 26.30
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p273v-4318ii
tegangan pv = 27.30
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p266v-4316ii
tegangan pv = 26.60
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p269v-4327ii
tegangan pv = 26.90
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p271v-4323ii
tegangan pv = 27.10
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

p273v-4323ii
tegangan pv = 27.30
arus pv = 0.00
daya pv = 0.00

Autoscroll No line ending 9600 baud
6:55 06/08/2016

```

Gambar 4. 7 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 20 meter



Gambar 4. 8 Tampilan pada display charger control pada jarak 20 meter

4.4.6. Analisa Pengujian Jarak 20 meter

Dari data hasil pengujian sensor dan jarak yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan nilai error sensor dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%error = \left| \frac{\text{Hasil pengujian} - \text{Hasil pengukuran}}{\text{Hasil pengukuran}} \right| \times 100$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor tegangan di jarak 20 meter:

$$1. \%error = \left| \frac{26,3-26,8}{26,8} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.018\%$$

$$2. \%error = \left| \frac{27,3-26,3}{26,3} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.038\%$$

$$3. \%error = \left| \frac{26,6-26,2}{26,2} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.015\%$$

$$4. \%error = \left| \frac{26,9-26,1}{26,1} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.03\%$$

$$5. \%error = \left| \frac{27,1-26,5}{26,5} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0,022\%$$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 20 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{\text{Jumlah Percobaan}}$$

$$\overline{\%error} = \frac{0.018 + 0.038 + 0.015 + 0.03 + 0.022}{5}$$

$$\overline{\%error} = 0.1054\%$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor arus di jarak 20 meter:

$$1. \%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$2. \%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$3. \%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$4. \%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$5. \%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 20 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{Jumlah Percobaan}$$

$$\overline{\%error} = \frac{1 + 1 + 1 + 1 + 1}{5}$$

$$\overline{\%error} = 1 \%$$

Tabel 4. 8 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 20 meter

NO	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)	Sensor Arus (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)
1	20 meter	26,3	26,8	0,018	0	0,5	1
2		27,3	26,3	0,038	0	0,5	1
3		26,6	26,2	0,015	0	0,5	1
4		26,9	26, 1	0,03	0	0,5	1
5		27,1	26,5	0,022	0	0,5	1
		Error rata - rata		0,1054	Error rata - rata		1

Berikut hasil dari pengujian kedua sensor tegangan, sensor arus pada jarak 40 meter pengiriman data:

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 40 meter lantai 2

NO	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Sensor Arus (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)
1	40 meter lantai 2	26,3	26,8	0	0,5
2		27,3	26,3	0	0,5
3		26,6	26,2	0	0,5
4		26,9	26,1	0	0,5
5		27,1	26,5	0	0,5

- Pada pengujian di jarak 40 meter, pada saat penulis berjalan ke lantai 1, pengiriman data menjadi lambat. Setelah satu atau dua langkah lagi, pengiriman dari slave terhenti atau tidak terkirim lagi ke Xbee master.

```

COM16 (Arduino Mega or Mega 2560)
Send
tegangan pv = 27.10
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

p272v-4311ii
tegangan pv = 27.20
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

p271v-4299ii
tegangan pv = 27.10
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

p272v-4313ii
tegangan pv = 27.20
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

p264v-4327ii
tegangan pv = 26.40
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00

p271v-4321ii
tegangan pv = 27.10
 arus pv = 0.00
 daya pv = 0.00
Autoscroll No line ending 9600 baud
6:55 06/08/2015

```

Gambar 4. 9 Tampilan serial monitor sensor tegangan dan arus di jarak 40 meter



Gambar 4. 10 Tampilan pada display charger control pada jarak 40 meter

4.4.7. Analisa Pengujian Jarak 40 meter

Dari data hasil pengujian sensor dan jarak yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan nilai error sensor dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%error = \left| \frac{\text{Hasil pengujian} - \text{Hasil pengukuran}}{\text{Hasil pengukuran}} \right| \times 100\%$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor tegangan di jarak 40 meter:

$$1. \%error = \left| \frac{26,3-26,8}{26,8} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.018\%$$

$$2. \%error = \left| \frac{27,3-26,3}{26,3} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 1 \%$$

$$3. \%error = \left| \frac{26,6-26,2}{26,2} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.015\%$$

$$4. \%error = \left| \frac{26,9-26,1}{26,1} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0.03\%$$

$$5. \%error = \left| \frac{27,1-26,5}{26,5} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 0,022\%$$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 40 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{Jumlah Percobaan}$$

$$\overline{\%error} = \frac{0.018 + 1 + 0.015 + 0.03 + 0.022}{5}$$

$$\overline{\%error} = 0.217\%$$

Perhitungan nilai error pada pengujian sensor arus di jarak 40 meter:

1. $\%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$
 $\%error = 1 \%$
2. $\%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$
 $\%error = 1 \%$
3. $\%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$
 $\%error = 1 \%$
4. $\%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$
 $\%error = 1 \%$
5. $\%error = \left| \frac{0-0,5}{0,5} \right| \times 100\%$
 $\%error = 1 \%$

Error rata – rata pada pengujian sensor tegangan di jarak 40 meter:

$$\overline{\%error} = \frac{\sum \%error}{Jumlah Percobaan}$$

$$\overline{\%error} = \frac{1 + 1 + 1 + 1 + 1}{5}$$

$$\overline{\%error} = 1 \%$$

Tabel 4. 10 Nilai Pengujian Error Sensor Tegangan, Arus, dan Jarak 40 meter

NO	Jarak Xbee master ke Xbee slave	Sensor Tegangan (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)	Sensor Arus (volt)	Tampilan Display Charger Control (volt)	Error (%)
1	40 meter lantai 2	26,3	26,8	0,018	0	0,5	1
2		27,3	26,3	1	0	0,5	1
3		26,6	26,2	0,015	0	0,5	1
4		26,9	26, 1	0,03	0	0,5	1
5		27,1	26,5	0,022	0	0,5	1
		Error rata - rata		0,217	Error rata - rata		1

4.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

Setelah melakukan pengujian terhadap masing-masing blok rangkaian, selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggabungkan seluruh blok rangkaian menjadi satu, sehingga sistem dapat diuji dengan lengkap.

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem komunikasi sesuai perencanaan di awal pembuatan alat,

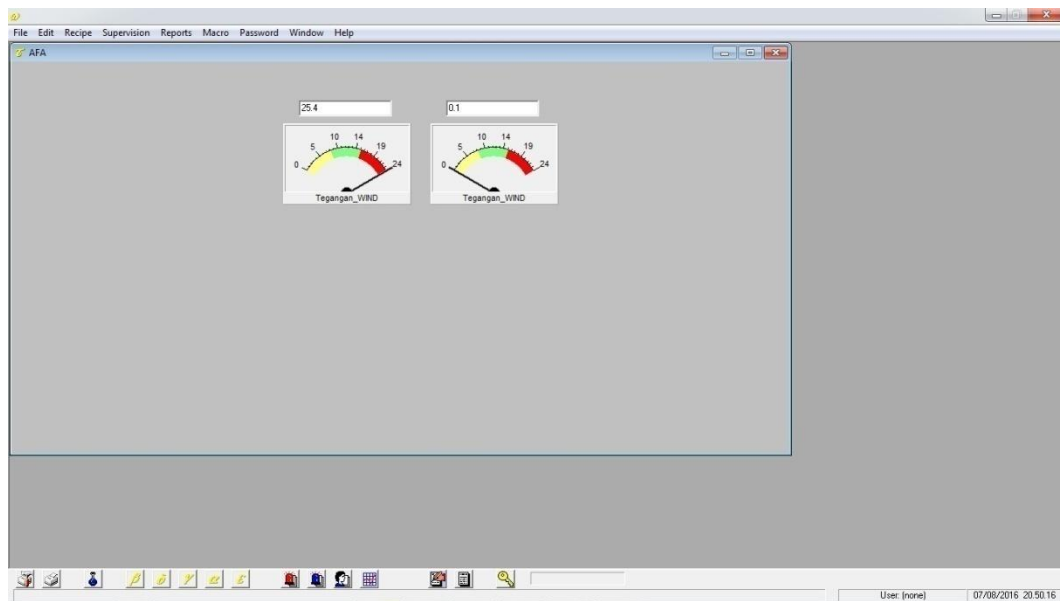
4.4.1. Peralatan yang Digunakan

1. Modul komunikasi Xbee Master dan Xbee Slave;
2. Kabel data USB;
3. *Personal Computer (Scada)*;

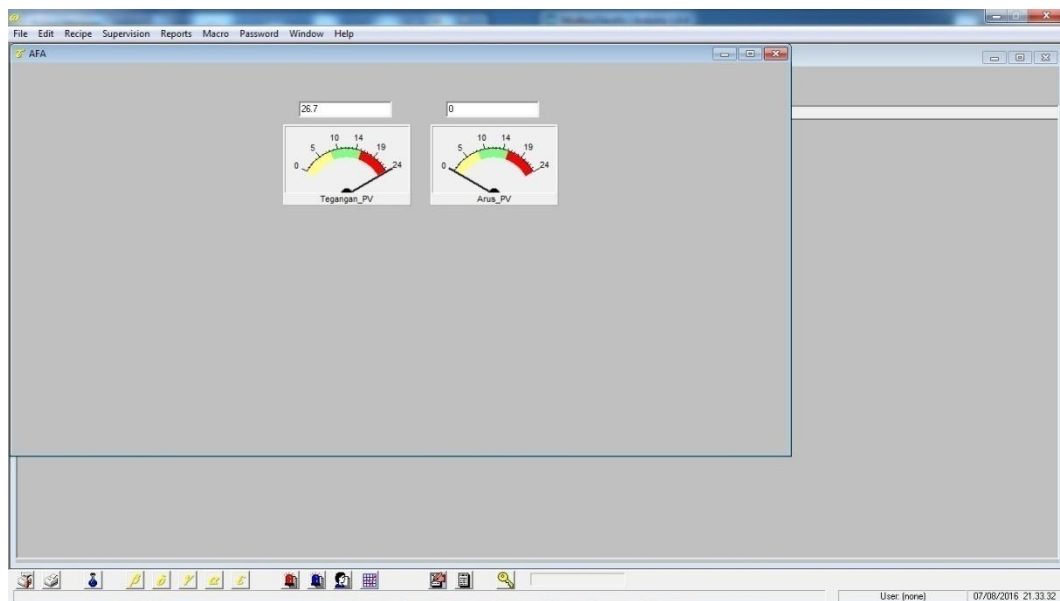
4.4.2. Langkah – Langkah Pengujian

1. Hubungkan Xbee master dengan *Personal Computer (Scada)* menggunakan kabel data USB;
2. Upload program untuk pengujian keseluruhan sistem;
3. Nyalakan semua sistem;

4.4.3. Hasil Pengujian



Gambar 4. 11 Tampilan Scada Wind Simulator



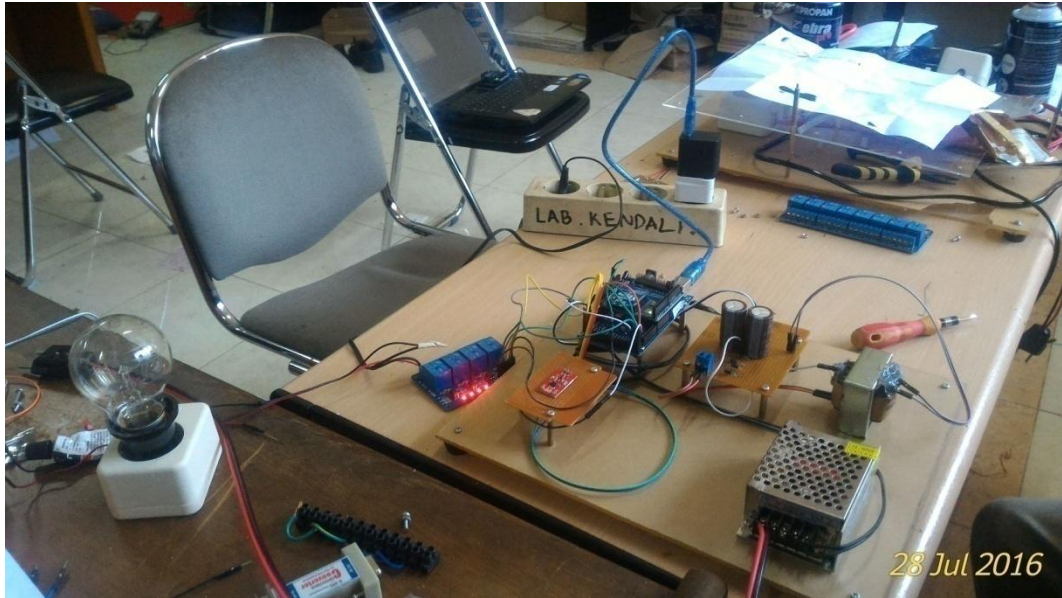
Gambar 4. 12 Tampilan Scada Wind Simulator



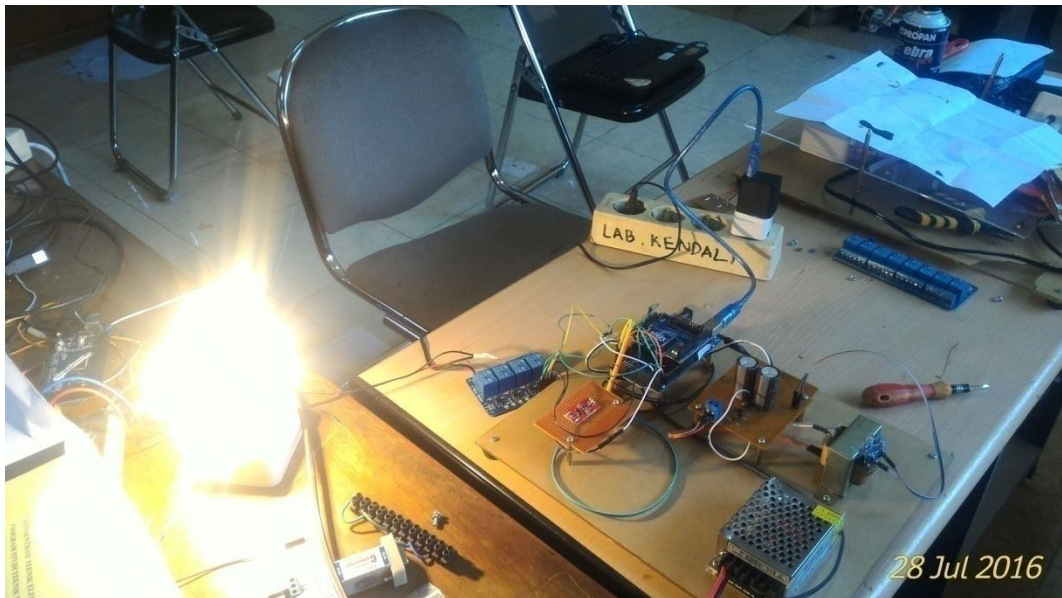
Gambar 4. 13 Pengujian PV Solar



Gambar 4. 14 Pengujian Wind Simulator



Gambar 4. 15 Pengujian Kontrol Beban Lampu Off



Gambar 4. 16 Pengujian Kontrol Beban Lampu On

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, pengujian, dan analisa sistem. Maka dapat disimpulkan beberapa hal yang dapat digunakan untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya, yaitu:

1. Pada komunikasi Xbee slave PV Solar Sel ke personal komputer (Scada) bisa menampilkan data informasi berupa tegangan dan arus.
2. Pada komunikasi Xbee slave Wind simulator ke personal komputer (Scada) bisa menampilkan data informasi berupa tegangan dan arus.
3. Pengiriman data sensor menggunakan Xbee yang mampu mengirim secara jarak jauh, 40 meter dengan banyak halangan komunikasi bisa berhenti.
4. Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,029% dan sensor arus 1% pada jarak 1 meter.
5. Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,041% dan sensor arus 1% pada jarak 10 meter.
6. Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,1054% dan sensor arus 1% pada jarak 20 meter.
7. Presentase error rata-rata pada pengujian sensor tegangan 0,217% dan sensor arus 1% pada jarak 40 meter.

5.2 Saran

Pembuatan skripsi ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kesalahan, maka dari itu agar sistem dapat menjadi lebih baik diperlukan sebuah pengembangan. Saran dari penulis antara lain sebagai berikut :

1. Pada pengembangan selanjutnya perlu dipertimbangkan untuk nilai beban yang besar.
2. Menggunakan transformator sebagai filter pada rangkaian sensor tegangan.
3. Pada pembangan Xbee untuk pengiriman data bisa secara multi point.

4. Pada pengembangan selanjutnya bisa ditambahkan untuk control dan monitoring agar sistem smartgrid lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network/di akses pada tanggal 15 april 2016
- [2] Happy Prasetyono, Smart Meter Menggunakan IC ADE7753 Dengan Koneksi Wireless Untuk Pengukur Daya Listrik Pada Sistem Smart Grid, ITN Malang 2014
- [3] www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560/di akses pada tanggal 15 april 2016
- [4] <https://www.sparkfun.com/datasheets/.../XBee-Datasheet.pdf/di> akses pada tanggal 15 april 2016
- [5] Ahmad Deny Andika, Poltak Sihombing, Tulus Ikhsan Nasution, Perancangan Sistem Pengukur Jarak Antara 2 Titik Wireless Xbee Pro Berdasarkan Nilai RSSI:2012 Sumatra Utara.
- [6] <https://www.sparkfun.com/datasheets/.../ACS712Datasheet.pdf/di> akses pada tanggal 15 april 2016
- [7] E. Ortjohann, O. Omari, R. Saiju, N. Hamsic, D. Morton. (2003). A simulation Model For Expandable Hybrid Power Systems. Proceedings of 2 nd European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference. Kassel, Germany.
- [8] Aryuanto Soetedjo, Abraham Lomi, Yusuf Ismail Nakhoda, 2015. *Smart Grid Testbed using SCADA Software and Xbee Wireless Communication*, ITN Malang 2015
- [9] www.robotshop.com/media/files/PDF/datasheet-shd005.pdf/di akses pada tanggal 15 april 2016

LAMPIRAN