

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pengontrolan suatu cahaya pada komponen-komponen tertentu hingga saat ini terdapat beberapa pihak yang telah mengimplementasikannya. Seperti sebuah kontrol cahaya pada penerangan jalan.

Pada penelitian milik Inayati Nur S, R. Eko W. Fahad, Aryo D, Nurwendo, Suyatno, Didiek Basuki R, dan Yoyok Cahyono pada tahun 2011. Yang berjudul “Analisis dan Perancangan Kontrol Pencahayaan dalam Ruang” [1]. Sistem yang dirancang mampu mengidentifikasi kuat penerangan dalam ruang serta mempelajari pengaruh posisi sensor terhadap pembacaan iluminasi ruang. Penelitian dilakukan di ruang simulasi dengan ukuran panjang 3,5 m, lebar 3,46 m dan tinggi 2,76 m. Dengan penerangan oleh sumber cahaya alami (sinar matahari) disimulasikan menggunakan jenis lampu halogen dan sensor cahaya (LDR) yang dipasang pada masing-masing dinding. Sistem kontrol yang dirancang disesuaikan dalam beberapa kondisi ruang (terang, agak terang, remang-remang, redup dan gelap) dengan memadukan sumber cahaya alami (lampu halogen) dan buatan (lampu TL). Dari hasil penelitian diketahui bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan kondisi penerangan ruang yang stabil.

Lalu pada penelitian milik Guntur Pradnya Pratama pada tahun 2011. Yang berjudul ”Perancangan Dimer Lampu secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Penerangan Dalam Ruang” [2]. Peneliti membuat

perancangan model penerangan dengan menggunakan dimmer otomatis berbasis mikrokontroler ATmega8, sebuah sensor PIR (Passive Infrared Receiver), dan sebuah sensor LDR (Light Dependent Resistor). Prinsip kerja sensor PIR mendeteksi adanya gerak dari seseorang yang menghasilkan perubahan suhu tubuh, sedangkan sensor LDR berfungsi untuk mengatur perubahan intensitas cahaya. Berdasarkan perancangan alat ini didapatkan hasil dalam suatu ruang dengan ukuran (2,5x2,5)m sebelum menggunakan dimmer besarnya intensitas penerangan 0 – 350 lux. Untuk memenuhi standar nasional penerangan sebuah ruang kamar yang berukuran (2,5x2,5)m sebesar 100 – 250 lux, sedangkan dalam penelitian ini telah mampu menghasilkan intensitas penerangan 135 - 180 lux.

Lalu pada penelitian terakhir milik Herdian Ardianto dan Heri Justiono pada tahun 2013, yang berjudul “Perancangan Sistem Pencahayaan Untuk Penghematan Energi Listrik di Ruang Kelas” [3]. Metode yang digunakan adalah menginputkan semua komponen-komponen yang terdapat pada ruang kelas ke software DIALux, sehingga sistem pencahayaannya dapat dirancang. Pencahayaan merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan keadaan lingkungan yang aman dan nyaman. Dalam sistem pencahayaan dibutuhkan cahaya alami dan cahaya buatan. Pada penelitian ini yang dibutuhkan adalah cahaya buatan. Cahaya buatan adalah cahaya yang berasal dari hasil karya manusia contohnya lampu. Lampu yang digunakan sebanyak 2 lampu, yakni Philips BPS460 W16L124 1 dan LED 24/830 MLO-PC, jika menggunakan lampu tersebut pada siang hari dibutuhkan 13 lampu dan pada malam hari dibutuhkan 14 lampu. Jika menggunakan lampu Philips SP524P 2 dan LED 15S/830 pada siang

hari dibutuhkan 9 lampu dan pada malam hari dibutuhkan 10 lampu sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi pada software DIALux sudah sesuai dengan tabel standar penerangan ruangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil distribusi cahaya adalah penempatan lampu, pemantulan, jumlah lampu yang digunakan, daya lampu, panjang penggantung lampu dan ukuran ruangan.

Pada beberapa penelitian sebelumnya telah dihasilkan alat yang dapat mengontrol intensitas cahaya lampu dalam suatu ruangan. Namun, pada hasil dari beberapa percobaan sebelumnya, komunikasi antara sensor dan mikrokontroler masih menggunakan kabel, sehingga tingkat fleksibilitasnya masih kurang. Maka pada penelitian kali ini penulis berusaha untuk merancang perangkat WSN (*Wireless Sensor Network*) untuk mengontrol pencahayaan lampu pada suatu ruangan.

2.2 Komponen Utama Sistem

Komponen utama sistem yang digunakan adalah Mikrokontroler, LDR (*Light Dependent Resistor*), Mikrokontroler ATmega 16, lampu LED, dan Xbee-Pro. Xbee-Pro sebagai modul *transmitter* dan *transceiver*. LDR (*Light Dependent Resistor*) sebagai sensor. ATmega 16 berfungsi sebagai sistem minimum. Dan lampu LED sebagai benda yang dikendalikan.

2.2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah salah satu hasil dari perkembangan komponen elektronika yang lahir dari teknologi semikonduktor. Mikrokontroler merupakan single chip computer yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi control. Mikrokontroler dipilih dengan dua

alasan utama, yang pertama adalah kebutuhan pasar (*market need*) dan yang kedua adalah perkembangan teknologi baru, yang dimaksud dengan kebutuhan pasar adalah kebutuhan yang luas dari produk-produk elektronik akan perangkat pintar sebagai pengontrol dan pemroses data. Sedangkan yang dimaksud dengan perkembangan teknologi baru adalah perkembangan teknologi semikonduktor yang memungkinkan pembuatan chip dengan kemampuan komputasi yang sangat cepat, bentuk yang semakin mungil, dan harga yang relatif murah.

Didalam pemikiran yang lain, bila semua komponen penyusun mikrokomputer dikumpulkan menjadi satu, dan dimasukkan ke dalam satu chip silicon, maka chip tersebut disebut dengan mikrokontroler. Sekarang banyak beredar jenis-jenis mikrokontroler yang diproduksi oleh berbagai macam perusahaan. Sebagai contoh: Intel dengan 8084 dan 8501, Motorola dengan 68HC11, Zilog dengan Z8, Microchips dengan PIC, Hitachi dengan H8 ATMEL, dengan MCS-51 yang mengadopsi 8051, dan yang terbaru adalah AVR dengan sistem RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Keluarga mikrokontroler mengindikasikan keberadaan beberapa jenis mikrokontroler dengan dasar arsitektur prosesor yang sama, tetapi mempunyai karakteristik yang berbeda dalam perihal penyusunnya. Misalnya adalah jumlah I/O port, kapasitas RAM dan memori flash, kemas, fasilitas SFR (*Special Function Register*), dll. Tetapi dalam dunia mikrokontroler, mikrokontroler adalah sebuah chip yang di dalamnya sudah terdapat CPU dan peripheral pendukungnya (RAM, ROM, I/O ports, *Timers*, *Serial port*, dll).

Ditinjau dari segi arsitekturnya, dalam sebuah IC mikrokontroler sudah terdapat ROM, RAM, EPROM, *serial interface* dan *parallel interface*, timer, interrupt controller, converter analog ke digital (ADC), dan lainnya (tergantung feature yang melengkapi mikrokontroler tersebut).

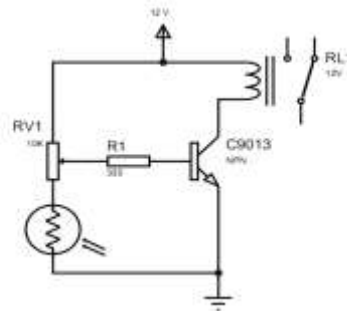
Sedangkan dari segi aplikasinya, mikrokontroler ditujukan untuk melakukan tugas-tugas yang berorientasi control pada rangkaian yang membutuhkan jumlah komponen minimum dan biaya rendah (*low cost*).

2.2.2 LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan sebuah resistor yang nilai resistansinya berubah seiring perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam kondisi gelap, resistansi LDR sekitar $10\text{M}\Omega$, tapi dalam kondisi terang resistansi LDR menurun hingga $1\text{k}\Omega$ atau bahkan lebih kecil lagi. Bentuk fisik LDR dapat dilihat pada gambar 2.1. dan rangkaian sensor cahaya menggunakan sensor LDR ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.1. Bentuk fisik sensor LDR



Gambar 2.2. Rangkaian sensor cahaya menggunakan LDR

2.2.3 Xbee-proS2B

Xbee merupakan modul RF (radio frekuensi) yang beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz. Sesuai *datasheet*, pada saat pengiriman data modul *Xbee* memerlukan catu daya 2.8 VDC sampai dengan 3.3 VDC. Modul *Xbee* akan membebani dengan arus sebesar 250 mA pada pengiriman data (Tx) dan arus 50 mA untuk penerimaan data (Rx) dengan jangkauan : 100 meter (indoor) dan 1500 meter (outdoor).

Pada modul *Xbee* terdapat 20 pin, namun yang digunakan hanya 6 pin, yaitu Vcc dan GND untuk tegangan suplai modul, RESET merupakan pin reset *Xbee*, DOUT merupakan pin Transmitter (Tx), DIN merupakan Receiver (Rx), dan yang terakhir adalah PWMO/RSSI yaitu sebagai indicator penerimaan data yang biasanya dihubungkan ke LED. Bentuk fisik dari *Xbee-Pro* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3. Bentuk fisik xbee-proS2B

Untuk konfigurasi pin Xbee dapat dilihat pada table 2.1. berikut ini.

Tabel 2.1. Konfigurasi pin *xbee*

| Pin # | Name | Direction | Description |
|--------------|--------------------|------------------|--|
| 1 | VCC | - | Power Supply |
| 2 | DOUT | Output | UART Data Out |
| 3 | Din/nConfig | Input | UART Data In |
| 4 | Cd/Dout_EN/DO8 | Output | Carrier Detect, TX_enable or Digital Output 8 |
| Pin # | Name | Direction | Description |
| 5 | nRESET | Input | Module Reset |
| 6 | PWM0/RSSI | Output | PWM Output 0 or RX Signal Strength Indicator |
| 7 | Reserved | - | Do Not Connect |
| 8 | Reserved | - | Do Not Connect |
| 9 | DTR/SLEEP_RQ/DI8 | Input | Pin Sleep Control line or Digital Input 8 |
| 10 | GND | - | Ground |
| 11 | DIO4/AD4/RF_TX | Both | Analog Input 4, Digital I/O 4 or Transmission Indicator |
| 12 | nCTS/DIO7 | Both | Digital I/O 7 or Clear-to-Send Flow Control |
| 13 | On/nSLEEP | Output | Module Status Indicator |
| 14 | VREF | Input | Voltage Reference For A/D Inputs |
| 15 | Associate/DIO5/AD5 | Both | Associate Indicator/Analog Input 5, Digital I/O 5 |
| 16 | nRTS/DIO6/AD6 | Both | Request-to-Send Flow Control/Analog Input 6, Digital I/O 6 |
| 17 | AD3/DIO3/COORD_SEL | Both | Analog Input 3, Digital I/O 3 or Coordinator Select |
| 18 | AD2/DIO2/ | Both | Analog Input 2 or Digital I/O 2 |
| 19 | AD1/DIO1/ | Both | Analog Input 1 or Digital I/O 1 |
| 20 | AD0/DIO0 | Both | Analog Input 0 or Digital I/O 0 |

Spesifikasi Xbee dapat dilihat pada tabel 2.2. berikut ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi *xbee*.

| Performa | |
|---|---|
| Jarak di dalam ruang | Jarak maksimal 300'' (100m) |
| Jarak di luar ruang | Jarak maskimal 1 mil (1500m) |
| Transmit Power Output (software selectable) | 60 mW (18 dBm) conducted 100 mW (20 dBm) EIRP |
| RF Data Rate | 250.000 bps |
| Serial Interface Data Rate (software selectable) | 1200 – 115200 bps (non-standard baud rates also supported) |

| | |
|---|--|
| Receiver Sensitivity | -100 dBm (1% packet error rate) |
| Kebutuhan Tenaga | |
| Supply Voltage | 2.8 -3.4 V |
| Idle / Receive Current (typical) | 55 mA (@3.3 V) |
| Power-down Current | < 10 μ A |
| General | |
| Operating Frequency | ISM 2.4 GHz |
| Frequency Band | 2.4 – 2.4835 GHz |
| Modulation | OQPSK |
| Dimensions | 0.960” x 1.297” (2.438cm x 3.294cm) |
| Operating Temperature | -40 to 85°C (industrial) |
| Antenna Options | Integrated Whip, Chip or U.FL Connector |
| Networking & Security | |
| Supported Network Topologies | Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer |
| Number of Channels | 12 Direct Sequence Channels |

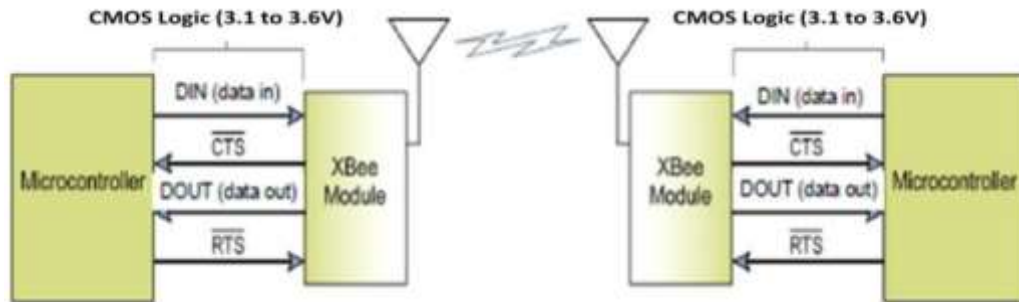
A. Komunikasi Serial

Komunikasi serial pada modul RF yang berkerja menggunakan DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ke *UART* atau *SPI*. Ada dua mode komunikasi serial pada Xbee, yaitu;

- *Transparent Mode (AT)*.
- *API Mode (API)*.

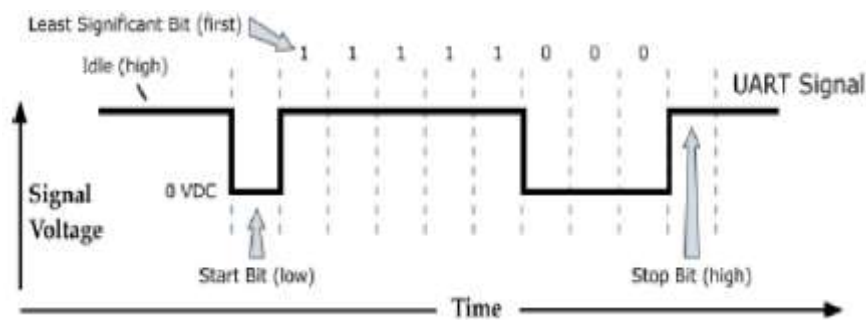
B. Komunikasi Data *UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)*

Perangkat yang memiliki *interface UART* dapat terhubung langsung ke pin modul RF yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 3.4 Sistem komunikasi data *UART*

Data masuk ke *UART* modul melalui DIN (pin 3) sebagai sinyal serial *asynchronous*. Sinyal harus dalam keadaan *idle high* ketika tidak ada data yang ditransmisikan. Setiap *byte* data terdiri dari *start bit* (*low*), 8 bit data (bit akhir pada satu *byte*) dan *bit stop* (*high*). Pola bit serial data yang melewati modul dapat diilustrasikan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Paket data *UART*

Komunikasi serial tergantung pada dua *UART* (mikrokontroler dan modul RF) yang di konfigurasi dengan pengaturan kompatibel (*baud rate, parity, start bit, stop bit* dan data bit).

2.2.4 Standar IEEE 802.15.4

Standar yang mengatur komunikasi nirkabel yang menggunakan protokol Xbee yaitu Standar IEEE 802.15.4. Standar IEEE 802.15.4 adalah standar yang mendefinisikan karakteristik *layer* fisik (PHY) dan *Medium Access Control* (MAC) untuk *low rate Wireless Personal Area Network* (WPAN).

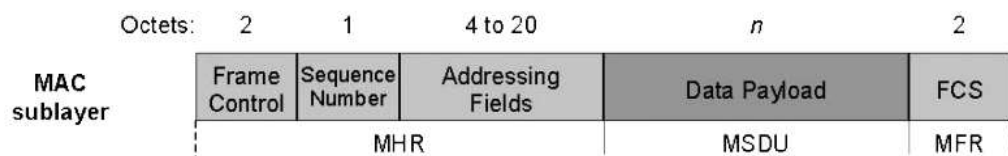
Karakteristik *layer* fisik (PHY) meliputi frekuensi operasi, alokasi kanal, daya pancar dari perangkat WPAN. *Layer* fisik menyediakan antarmuka antara *sublayer* MAC dengan kanal fisik radio melalui perangkat lunak dan perangkat keras RF. Frekuensi operasi pada perangkat WPAN berdasarkan standar IEEE 802.15.4 disajikan pada Tabel 2.4. Sedangkan alokasi kanal untuk masing-masing pita frekuensi adalah 16 kanal untuk frekuensi 2,4 GHz, 10 kanal untuk pita frekuensi 915 MHz, dan 1 kanal untuk pita frekuensi 868 MHz.

Tabel 2.3. Frekuensi operasi dan data *rate* (standar IEEE 802.15.4 – 2003)

| PHY (MHz) | Frekuensi (MHz) | Parameter <i>Spreading</i> | | Parameter Data | | |
|-----------|-----------------|----------------------------|----------|------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | | <i>Chip rate</i> (kchip/s) | Modulasi | <i>Bit rate</i> (kb/s) | <i>Symbol rate</i> (ksymbol/s) | <i>Symbol</i> |
| 868/915 | 868-868,6 | 300 | BPSK | 20 | 20 | Biner |
| | 902-928 | 600 | BPSK | 40 | 40 | Biner |
| 2450 | 2400-2483,5 | 2000 | O-QPSK | 250 | 62,5 | 16-ary orthogonal |

Sublayer MAC menyediakan dua buah layanan, yaitu layanan data dan manajemen antarmuka. Layanan data MAC memungkinkan pengiriman dan penerimaan data melalui layanan data PHY.

Frame data yang di transmisikan oleh Xbee-ProS2B memiliki 3 *layer* pokok dalam frame yaitu MAC *Header* (MHR), MAC *Service Data Unit* (MSDU), dan MAC *Footer* (MFR). Pembagian *layer* pada *frame* data disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Format *frame* data (standar IEEE 802.15.4 – 2003)

Data *payload* merupakan data yang akan dikirimkan dan dikenali sebagai MSDU. Data MSDU diawali oleh MHR dan diakhiri oleh MFR. MHR berisi *frame control*, *sequence number*, dan data alamat. Sedangkan MFR berisi 16 bit *Frame Check Sequence* (FCS).

2.2.5 Pengoperasian Xbee-proS2B

Pengoperasian Xbee-ProS2B bisa dilakukan dengan 2 mode, yaitu mode *Transparent* (AT) dan mode API (*Packet*). Mode *transparent* (AT) digunakan apabila konfigurasi yang digunakan adalah *point-to-point* sederhana. Xbee-ProS2B bertindak sebagai modem serial *wireless* antara komputer atau mikrokontroler dengan *remote device*. Mode *transparent* (AT) menggunakan komunikasi serial yang sederhana. Fitur dari mode *transparent* adalah sebagai berikut:

1. Sederhana.
2. Kompatibel dengan semua peralatan yang menggunakan komunikasi serial.

3. Terbatas hanya untuk komunikasi *point-to-point*.

Mode operasi API (*packet*) mempunyai kemampuan yang lebih baik namun lebih kompleks dari mode *transparent*. Dengan mode API, memungkinkan untuk membuat jaringan yang terdiri dari beberapa Xbee-ProS2B dengan Xbee-ProS2B lainnya yang dapat saling berkomunikasi secara individual. Fitur dari mode API adalah sebagai berikut:

1. *I/O line passing*, yaitu menerima data dari *remote* Xbee-ProS2B yang berdiri sendiri (*stand-alone remote* Xbee-ProS2B).
2. Memungkinkan untuk komunikasi *broadcast* dan komunikasi dengan lebih dari satu Xbee-ProS2B.
3. Menerima *acknowledgement* bahwa paket telah dikirim dengan baik.
4. Memungkinkan konfigurasi jarak jauh.

2.2.6 Mikrokontroler AVR ATmega16

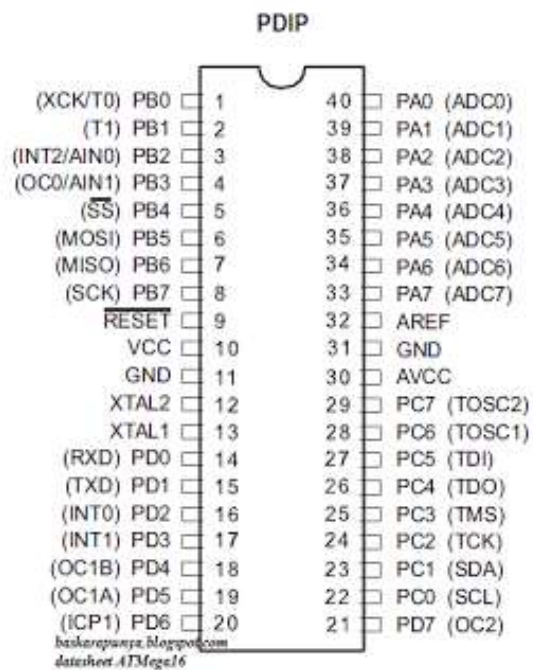
AVR ATmega16 merupakan mikrokontroler generasi AVR (Alf and Vegard's Risc Processor) yang memiliki arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computing) 8bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16bit (16 bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATiny, keluarga AT90sxx, keluarga ATMega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka dikatakan hampir sama.

ATmega16 lebih banyak digunakan karena mudah di dapatkan dan murah, juga memiliki fasilitas yang lengkap. Gambar 2.7. adalah bentuk fisik dari mikrokontroler ATmega16.



Gambar 2.7. Bentuk fisik ATmega16

ATmega16 mempunyai kaki-kaki (pin) sejumlah 40 pin, dan setiap pin mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Konfigurasi dari mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada gambar 2.8. berikut ini:



Gambar 2.8. Konfigurasi pin ATmega16

Dari gambar 2.8. tersebut dapat dilihat bahwa ATmega16 memiliki bagian seperti berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A (PA), Port B (PB), Port C (PC), dan Port D (PD).
2. ADC (*Analog – Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah *Timer Counter* dengan kemampuan perbandingan.
4. Unit interupsi internal dan eksternal.
5. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
6. Antarmuka komparator analog.

Dan dari gambar 2.8. dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega16 sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin Ground
3. Port A (PA) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
4. Port B (PB) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
6. Port D (PD) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi internal, dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan masukan *clock eksternal*.

9. AVCC merupakan pin masukkan tegangan untuk ADC.

10. AREF merupakan pin masukkan tegangan referensi ADC.

Alokasi pin ATmega16 dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Alokasi pin ATmega16.

| No. Pin | Nama | Fungsi Alternatif |
|---------|------------------------|--|
| 1 | <i>PB0 (XCK/TO)</i> | <i>Port B0 / Counter / Clock eksternal untuk USART (XCK)</i> |
| 2 | <i>PB1 (T1)</i> | <i>Port B1 Counter 1</i> |
| 3 | <i>PB2 (INT2/AIN0)</i> | <i>Port B2 / Input (+) Analog Komparator dan interupsi eksternal</i> |
| 4 | <i>PB3(OC0/AIN1)</i> | <i>Port B3 / Input (+) Analog Komparator dan output PWM 0</i> |
| 5 | <i>PB4 (SS)</i> | <i>Port B.4 / SPI Slave select input (SS)</i> |
| 6 | <i>PB5 (MOSI)</i> | <i>Port B.5 / SPI bus Master out slave in</i> |
| 7 | <i>PB6 (MISO)</i> | <i>Port B.6 / SPI bus Master in slave out</i> |
| 8 | <i>PB7 (SCK)</i> | <i>Port B.7 /sinyal clock serial SPI</i> |
| 9 | <i>RESET</i> | <i>Meraset mikrokontroler</i> |
| 10 | <i>VCC</i> | <i>Catu daya (+)</i> |
| 11 | <i>GND</i> | <i>Sinyal ground terhadap catu daya</i> |
| 12 - 13 | <i>XTAL2 – XTAL1</i> | <i>Sinyal input clock eksternal)</i> |
| 14 | <i>PD0 (RXD)</i> | <i>Port D.0 / Penerima data serial</i> |
| 15 | <i>PD1 (TXD)</i> | <i>Port D.1 / Pengirim data serial</i> |
| 16 | <i>PD2 (INT0)</i> | <i>Port D.2 / Interupsi eksternal 0</i> |
| 17 | <i>PD3 (INT1)</i> | <i>Port D.3 / Interupsi eksternal 1</i> |
| 18 | <i>PD4 (OC1B)</i> | <i>Port D.4 / Pembanding timer - counter</i> |
| 19 | <i>PD5 (OC1A)</i> | <i>Port D.5 / Output PWM 1A</i> |
| 20 | <i>PD6 (ICPI)</i> | <i>Port D.6 / Timer – counter 1 input</i> |
| 21 | <i>PD7 (OC2)</i> | <i>Port D.7 / Output PWM 2</i> |

2.2.7 Lux Meter

Lux Meter adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya atau tingkat pencahayaan. Besarnya intensitas cahaya perlu untuk diketahui, dikarenakan pada dasarnya manusia membutuhkan penerangan cahaya yang cukup. Dalam hal ini Lux Meter yang digunakan adalah Lux Meter LX 1330B.



Gambar 2.9. Lux meter LX-1330B

2.3 Rencana Penelitian

Rencana Penelitian atau perancangan dari “*Kontrol Pencahayaan Pada Ruang Kuliah Untuk Mendukung Program Hemat Energi Berbasis Wireless Sensor Network*” ini yaitu merancang perangkat keras (hardware) dan kemudian menentukan nilai yang akan digunakan. Lalu dibuat rangkaian system minimum ATmega16 , yang dimana terbagi dua bagian. Sitem minimum pertama digunakan sebagai pengirim, yang dimana berisikan rangkaian sistem minimum ATmega16, sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), Xbee-ProS2B dan Power supply.

Dan pada pada rangkaian sistem minimum yang kedua digunakan sebagai penerima data, yang dimana pada system minimum ini berisikan rangkain sistem minimum ATmega16, LCD, Lampu LED, Xbee-ProS2B, dan Power supply.