



**APLIKASI PENDETEKSI MANUSIA PADA GEDUNG
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328
MENGUNAKAN SENSOR PIR
(*PASSIVE INFRA RED*)**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

UNNES
Oleh:
Muhammad Amri Yahya NIM.5301411068
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2016


PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Amri Yahya
NIM : 5301411068
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : APLIKASI PENDETEKSI MANUSIA PADA GEDUNG
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328
MENGUNAKAN SENSOR PIR (*PASSIVE INFRA
RED*)

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia
ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro FT. UNNES

Semarang, Agustus 2016
Pembimbing,

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG


Drs. Sugeng Purbawanto, M.T.
NIP.195703281984031001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Aplikasi Pendeteksi Manusia pada Gedung Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Menggunakan Sensor PIR (*Passive Infra Red*)”** telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 27 September 2016

Oleh:

Nama : Muhammad Amri Yahya
NIM : 5301411068
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro

Panitia:

Ketua Panitia



Dr. Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP.197805312005011002

Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP.196708181992031004

Penguji I



Dra. Dwi Parwanti, AhT, M.S.
NIP.195910201990022001

Penguji II



Drs. Sri Sukamta, M.Si
NIP. 196505081991031003

Penguji III/ Pembimbing



Drs. Sugeng Purbawanto, M.T.
NIP.195703281984031001



Mengetahui,
Rekan Fakultas Teknik

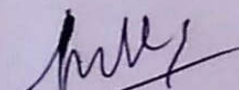
Drs. Nur Qadus, M.T.
NIP.196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukkan Tim Penguji.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Agustus 2016
yang membuat pernyataan,


Muhammad Amri Yahya
NIM. 5301411068

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Layanilah tuhanmu dengan sepenuh hati niscaya tuhanmu akan melayanimu (Syech Abdul Qodir Jaelani).
- Barang siapa yang telah mengenal dirinya berarti ia telah mengenal tuhannya (Al Hadits).
- Hari ini adalah suatu kenyataan, hari yang lalu adalah suatu pengalaman, dan hari yang akan datang adalah suatu harapan (Siti Ahnafiyah).
- Hadapilah tantangan karena menghadapi sebuah tantangan merupakan tangga sebuah keberhasilan (Ahmad Sasmita).
- Bukan rahasia bila aku adalah seorang pemimpi dan aku bukan satu-satunya di dunia ini (Elthon John).

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Bapak ibuku tercinta, engkaulah segalanya untukku.
2. Para guru pembimbingku, yang telah memberikan bimbingan dan do`a.
3. Keluarga dan para saudaraku, yang selalu mendukung studiku.
4. Rekan-rekananita senasib dan seperjuangan.
5. Almamaterku.

ABSTRAK

Yahya, Muhammad Amri.2016. **Aplikasi Pendeteksi Manusia pada Gedung Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Menggunakan Sensor PIR (*Passive Infra Red*)**. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Drs. Sugeng Purbawanto, M.T.

Kata Kunci : Aplikasi Keamanan, Gedung, *Mikrocontoller*, Sensor PIR, LCD,LED , Alarm

Bangunan menjadi suatu kebutuhan pokok bagi hidup manusia. Bangunan atau gedung mempunyai beberapa fungsi bagi kehidupan manusia, terutama sebagai tempat berlindung dari cuaca, keamanan, tempat tinggal, tempat belajar, privasi, tempat menyimpan barang, dan tempat bekerja. Salah satu fungsi gedung adalah sebagai tempat untuk menyimpan barang khususnya barang-barang berharga serta aset-aset yang bernilai tinggi. Semakin tinggi nilai aset yang tersimpan di suatu gedung maka semakin tinggi pula resiko terjadinya pencurian atau perampokan. Untuk itu perlu adanya sebuah penelitian yang bertujuan untuk membuat suatu sistem pendeteksi manusia yang dapat diaplikasikan di sebuah gedung.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Reseach and Development*. Sistem aplikasi pendeteksi manusia pada gedung terdiri dari Mikrokontroler, sensor PIR, LCD, LED dan alarm. Mikrokontroler merupakan pusat kendali dari seluruh rangkaian, Mikrokontroler akan mengambil data yang dikirimkan oleh sensor PIR kemudian ditampilkan oleh LCD, LED dan alarm. Data yang ditampilkan oleh LCD adalah data tempat sensor berada. Sensor PIR berfungsi mendeteksi gerakan dengan cara menangkap sinar radiasi dari benda termasuk manusia.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem aplikasi pendeteksi manusia pada gedung dapat berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan yaitu dapat mendeteksi setiap gerakan yang berada di dalam empat ruangan yang digunakan dan jarak yang dapat dijangkau oleh sensor PIR sejauh 5-6 m.

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur hanya milik Allah SWT, karena dengan rahmat-Nya dan taufik-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.

Pada skripsi ini penulis memilih judul : “Aplikasi Pendeteksi Manusia pada Gedung Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Menggunakan Sensor PIR (*Passive Infra Red*)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar sarjana pendidikan pada Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Drs. Sugeng Purbawanto, M.T., Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan dalam memberikan bahan dan menunjukkan sumber-sumber yang relevan sangat membantu penulisan skripsi ini.
2. Tim Penguji yang telah memberikan masukan terhadap kekurangan dalam penulisan skripsi ini.
3. Semua dosen Teknik Elektro FT. Unnes yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
4. Dr. Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro, dan Drs. Agus Suryanto, M.T., Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro yang telah memberi bimbingan dengan menerima kehadiran

penulis setiap saat disertai kesabaran, ketelitian, masukan-masukan yang berharga untuk menyelesaikan skripsi ini.

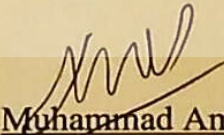
5. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik, yang telah memberikan izin untuk menggunakan semua fasilitas yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
6. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
7. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah memberi bantuan untuk skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan siapapun yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini dengan nikmat dan berkah yang melimpah. Amin.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, Desember 2016

Penulis


Muhammad Amri Yahya
NIM. 5301411068

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DARTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah.....	3
D. Pembatasan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian	4
G. Penegasan Istilah.....	5
H. Sistematika Penulisan Skripsi	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
A. Kajian Pustaka.....	8
B. Landasan Teori.....	9
1. Sensor PIR (<i>Passive Infra Red</i>)	9
2. Mikrokontroler	13
3. <i>Liquid Cristal Display (LCD)</i>	18
4. Catu Daya.....	21

5. LED (<i>Light Emitting Diode</i>)	23
6. <i>Buzzer</i>	24
C. Kerangka Fikir	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
A. Metode Penelitian <i>Research and Development</i>	27
B. Prosedur Penelitian.....	27
C. Tahap Desain Produk	30
D. Alat dan Bahan Penelitian.....	37
E. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	38
F. Teknik Pengumpulan Data.....	38
G. Teknik Analisis Data.....	39
1. Analisis kemampuan pembacaan sensor PIR.....	39
2. Analisis Kemampuan Sistem.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Hasil Penelitian	44
1. Analisis kemampuan pembacaan sensor PIR.....	44
2. Analisis kemampuan sistem	45
B. Pembahasan Hasil Penelitian	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Fungsi pin pada IC 7805	23
Tabel 3.1 Nama pin serta fungsi Mikrokontroler Atmega 328	34
Tabel 3.2 Pin pada IC 7805	35
Tabel 3.3 Alat dan bahan penelitian.....	38
Tabel 4.1 Data sensor PIR dan ruang cakupan Pembacaannya	44
Tabel 4.2 Hasil pengujian menggunakan satu ruangan.....	45
Tabel 4.3 Hasil pengujian menggunakan dua ruangan	46
Tabel 4.4 Hasil pengujian menggunakan tiga ruangan	46
Tabel 4.5 Hasil pengujian menggunakan empat ruangan	47



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bentuk fisik sensor PIR.....	10
Gambar 2.2 Blok diagram pergerakan sensor PIR.....	10
Gambar 2.3 Ruang cakup pendeteksi sensor PIR	12
Gambar 2.4 Metode penentuan sudut sensor PIR.....	12
Gambar 2.5 Arsitektir Mikrokontroler ATmega328.....	15
Gambar 2.6 Port Atmega328.....	16
Gambar 2.7 Bentuk fisik LCD	21
Gambar 2.8 Blok Diagram catu daya.....	22
Gambar 2.9 Bentuk dan simbol LED.....	24
Gambar 2.10 Bentuk fisik <i>buzzer</i>	25
Gambar 3.1 Tahap perancangan pendeteksi manusia	28
Gambar 3.2 Diagram blok rancangan produk	30
Gambar 3.3 Penempatan komponen	32
Gambar 3.4 Penempatan sensor PIR.....	33
Gambar 3.5 Nama pin serta fungsi Mikrokontroler Atmega328	34
Gambar 3.6 Rangkaian catu daya 5 Volt	35
Gambar 3.7 Rangkaian display	36
Gambar 3.8 <i>Flow Chart</i> aplikasi pendeteksi manusia	37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Menghitung ruang cakup sensor PIR	52
Lampiran 2 Listing program aplikasi pendeteksi manusia pada gedung	54
Lampiran 3 Layout Aplikasi pendeteksi manusia pada gedung	57
Lampiran 4 Gambar aplikasi pendeteksi manusia pada gedung	59



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bangunan menjadi suatu kebutuhan pokok bagi hidup manusia. Sebuah bangunan terdiri atas dinding dan atap yang didirikan secara permanen di suatu tempat. Bangunan juga biasa disebut dengan rumah dan gedung, yaitu segala sarana, prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya. Bangunan memiliki beragam bentuk, ukuran, dan fungsi, serta telah mengalami penyesuaian sepanjang sejarah yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti bahan bangunan, kondisi cuaca, harga, kondisi tanah, dan alasan estetika.

Bangunan atau gedung mempunyai beberapa fungsi bagi kehidupan manusia, terutama sebagai tempat berlindung dari cuaca, keamanan, tempat tinggal, tempat belajar, privasi, tempat menyimpan barang, dan tempat bekerja. Suatu bangunan tidak bisa lepas dari kehidupan manusia khususnya sebagai sarana pemberi rasa aman dan nyaman.

Salah satu fungsi gedung adalah sebagai tempat untuk menyimpan barang, khususnya barang-barang berharga serta aset-aset yang bernilai tinggi. Semakin tinggi nilai aset yang tersimpan di suatu gedung maka semakin tinggi pula resiko terjadinya pencurian atau perampokan. Untuk itu perlu adanya sebuah sistem keamanan yang dapat melindungi aset-aset berharga tersebut dari pencurian. Sistem keamanan yang sederhana pada gedung sekalipun akan lebih

baik daripada tidak sama sekali, karena tingkat kewaspadaan manusia yang tinggi sekalipun belum mampu menjaga keamanan sepenuhnya.

Terjadinya pencurian di sebuah gedung seringkali sulit terdeteksi sejak dini sehingga kebanyakan manusia mengetahui pencurian pada saat barang telah hilang atau salah satu dari bagian gedung dalam keadaan rusak oleh pencuri tersebut. Mengingat meningkatnya tindak kejahatan yang terjadi di masyarakat saat ini maka masyarakat dituntut untuk selalu waspada demi melindungi orang-orang yang dicintai. Begitu juga terhadap harta benda berharga dan aset-aset penting yang tersimpan dirumah maupun di kantor.

Perkembangan teknologi di zaman sekarang mengalami kemajuan yang cukup pesat. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya sistem otomatis yang membantu pekerjaan manusia menjadi cepat dan efisien. Banyak sistem otomatis yang menggunakan sensor sebagai inputnya, sebagai salah satu contoh sensor yang digunakan adalah PIR (*Passive Infra Red*). Sensor PIR merupakan sensor gerak yang digunakan untuk mendeteksi suatu gerakan. Sensor ini memiliki tingkat keakuratan yang tinggi untuk mendeteksi suatu gerakan.

Oleh karena itu maka dirancanglah suatu alat untuk mempermudah untuk mengetahui apakah ada gerakan yang mencurigakan dalam suatu ruangan dengan menggunakan PIR sebagai sensor gerak yang digunakan keluarannya akan dibaca dan diproses oleh sebuah mikrokontroler yang selanjutnya akan diubah menjadi format digital agar bisa ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dan sebuah alarm sebagai indikator apabila sensor mendeteksi suatu gerakan.

B. Identifikasi Masalah

Sebuah gedung merupakan tempat yang sangat penting bagi manusia. Selain sebagai tempat untuk berlindung, gedung juga memiliki banyak fungsi sebagai contoh lainnya yaitu sebagai tempat penyimpanan. Dalam perkembangannya sebuah gedung semakin banyak digunakan sebagai tempat untuk menyimpan barang serta aset-aset berharga. Namun semakin tinggi nilai barang serta aset yang tersimpan di sebuah gedung, semakin tinggi pula resiko terjadinya sebuah pencurian. Untuk mengatasi masalah tersebut sebuah gedung harus memiliki sebuah sistem keamanan yang sangat baik, karena tingkat kewaspadaan manusia yang tinggi sekalipun belum mampu menjaga keamanan sepenuhnya. Dari permasalahan tersebut, alat keamanan dalam sebuah gedung sangat dibutuhkan guna mengantisipasi terjadinya pencurian di dalam gedung.

C. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana cara membuat aplikasi pendeteksi manusia pada gedung berbasis mikrokontroler Atmega328 menggunakan sensor PIR (*Passive Infra Red*).
2. Bagaimana unjuk kerja serta mengaplikasikan aplikasi pendeteksi manusia pada gedung berbasis mikrokontroler Atmega328 menggunakan sensor PIR (*Passive Infra Red*).

D. Pembatasan Masalah

Dalam pembuatan skripsi ini dibatasi beberapa hal sebagai berikut :

1. Sensor yang digunakan adalah sensor PIRSRF-04.
2. Mikrokontroler ATmega328 sebagai pemroses data dan pengatur dari seluruh kegiatan sistem yang dibuat.
3. Informasi terjadinya reaksi pada sensor akan ditampilkan melalui LCD, LED serta bunyi alarm.
4. Ruang yang dipakai untuk menguji alat adalah 4 ruangan sesuai dengan jumlah sensor yang dipakai.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari skripsi yang di buat adalah :

1. Membuat alat keamanan gedung menggunakan sensor PIR SRF-04.
2. Menerapkan alat keamanan gedung menggunakan sensor SRF-04 pada gedung.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari skripsi ini adalah :

1. Membantu petugas keamanan dalam menjaga gedung tanpa perlu berada di dalam ruangan yang ada di dalam gedung secara terus menerus.
2. Alat ini dapat memberitahukan keadaan ruangan dalam keadaan aman atau tidak.

3. Dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari bukan hanya untuk gedung saja, tetapi juga bisa digunakan di rumah atau tempat yang membutuhkan keamanan lainnya.

G. Penegasan Istilah

Untuk menghindari kesalahan penafsiran dalam judul skripsi, maka perlu diberikan penegasan istilah yang meliputi :

1. Aplikasi

Menurut kamus besar bahasa Indonesia, aplikasi berarti penggunaan atau penerapan.

2. Deteksi

Menurut kamus besar bahasa Indonesia, deteksi adalah usaha menemukan dan menentukan keberadaan, anggapan atau kenyataan

3. Gedung

Gedung atau juga bangunan adalah segala sarana, prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya. Bangunan atau gedung mempunyai beberapa fungsi bagi kehidupan manusia, terutama sebagai tempat berlindung dari cuaca, keamanan, tempat tinggal, tempat belajar, privasi, tempat menyimpan barang, dan tempat bekerja. Suatu bangunan tidak bisa lepas dari kehidupan manusia khususnya sebagai sarana pemberi rasa aman dan nyaman.

4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem kompute fungsional dalam sebuah *chip*. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program atau keduanya), dan perlengkapan *input output*.

5. Atmega328

Atmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduc Intruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

6. Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser.

7. PIR (*Passive Infra Red*)

PIR (*Passive Infra Red*) merupakan sensor gerak yang digunakan untuk mendeteksi suatu gerakan.

Berdasarkan dari beberapa penegasan istilah, maka maksud dari judulskripsi adalah pembuatan sebuah sistem untuk menemukan keberadaan manusia pada sebuah gedung yang diproses oleh Atmega328 dan menggunakan PIR sebagai sensornya.

H. Sistematika Penulisan Skripsi

Guna mempermudah dalam penulisan skripsi ini, maka digunakan sistematika skripsi yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Bagian awal skripsi

Bagian awal skripsi berisi halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan, halaman motto dan persembahan, abstrak, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran.

2. Bagian isi skripsi

Bagian isi skripsi terdiri dari lima bab yaitu :

BAB I Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II Kajian pustaka dan Landasan Teori, berisi kajian pustaka dan teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III Metode Penelitian, berisi tentang desain penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, parameter penelitian, teknik pengumpulan data kalibrasi instrumen dan teknik analisa data.

BAB IV Hasil penelitian dan pembahasan, berisi tentang deskripsi data, analisis data dan pembahasan.

BAB V Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran.

3. Bagian akhir skripsi

Bagian akhir terdiri dari daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Penelitian tentang sensor PIR (*Passive Infra Red*) telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya diantaranya oleh Syukurullah (2007) dalam penelitiannya yang berjudul sistem kendali keran wudhu menggunakan sensor PIR berbasis mikrokontroler. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah berupa alat yang dapat mengalirkan air secara otomatis ketika sensor mendeteksi adanya tangan atau bagian tubuh lain yang hendak berwudhu. Sistem kendali keran wudhu menggunakan sensor PIR menunjukkan hasil yang lebih efektif dan efisien dalam mengatur mengalirnya air dibandingkan dengan cara yang dilakukan secara manual, mengingat terkadang ada seseorang yang tidak benar dalam menutup keran sehingga air terbuang dengan percuma.

Tugas akhir Okix Anggi Pratama (2011). Penyalan lampu dan kipas menggunakan sensor PIR sebagai pendeteksi keberadaan orang di dalam ruang kelas. Pada penelitian ini digunakan sensor PIR dan mikrokontroler Atmega16 sebagai pemroses data dan pengatur dari seluruh kegiatan sistem yang dibuat. Desain penelitian alat ini yaitu sensor PIR yang terhubung dengan mikrokontroler Atmega16 untuk kemudian data pengukuran yang dihasilkan diolah dan ditampilkan pada *seven-segment* dan juga pengontrol lampu dan kipas. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sistem ini mampu menyalakan lampu secara otomatis sesuai dengan keadaan intensitas cahaya serta pendeteksi

keberadaan manusia dan menyalakan kipas secara otomatis sesuai dengan suhu ruang kelas serta mendeteksi keberadaan manusia.

Dari beberapa penelitian sebelumnya, jelas bahwa penelitian tentang alat keamanan gedung berbasis sensor PIR perlu dilakukan. Hal ini dikarenakan penggunaan sensor PIR sangat membantu dalam mendeteksi adanya suatu gerakan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan tidak ada lagi tindak kejahatan berupa pencurian di dalam gedung dikarenakan kurangnya pengawasan.

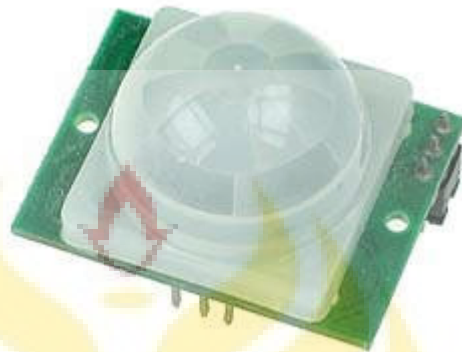
B. Landasan Teori

1. Sensor PIR (*Passive Infra Red*)

Sensor adalah alat untuk mendeteksi / mengukur suatu besaran fisis berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik (Syaiful Karim : 2013). Sensor PIR adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya pancaran sinar infra merah. Sensor PIR bersifat pasif, artinya sensor ini tidak memancarkan sinar infra merah tetapi hanya menerima radiasi sinar infra merah dari luar.

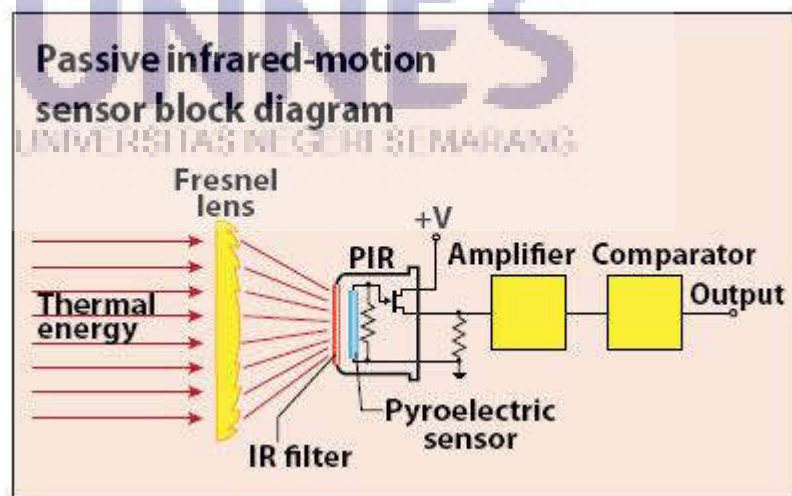
Sensor ini biasanya digunakan dalam perancangan detektor gerakan berbasis PIR. Setiap benda memancarkan energi radiasi, sehingga sebuah gerakan akan terdeteksi ketika sumber infra merah dengan suhu tertentu (misal: manusia) melewati sumber infra merah yang lain dengan suhu yang berbeda (misal: dinding), maka sensor akan membandingkan pancaran infra merah yang diterima setiap satuan waktu, sehingga jika ada pergerakan maka

akan terjadi perubahan pembacaan sensor. Bentuk fisik dari sensor PIR dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk fisik sensor PIR

Sensor PIR terdiri dari beberapa bagian yaitu Lensa *Fresnel*, Penyaring Infra Merah, Sensor *Pyroelektrik*, Penguat Amplifier, dan Komparator. Bagian-bagian dari sensor PIR dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Blok diagram pergerakan sensor PIR

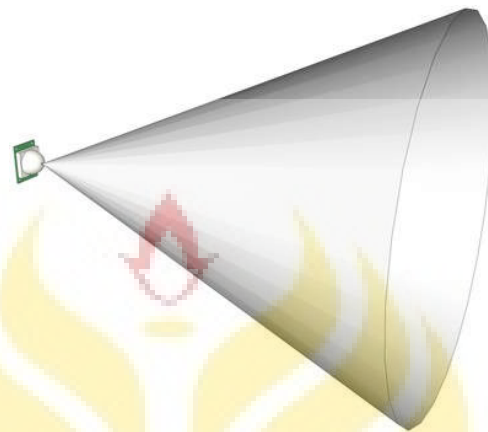
a. Cara kerja pembacaan sensor PIR

Pancaran infra merah masuk melalui lensa *Fresnel* dan mengenai sensor *pyroelektrik*, karena sinar infra merah mengandung energi panas maka sensor *pyroelektrik* akan menghasilkan arus listrik. Sensor *pyroelektrik* terbuat dari bahan *galium nitrida* (GaN), *cesium nitrat* (CsNo₃) dan *litium tantalate* (LiTaO₃). Arus listrik inilah yang akan menimbulkan tegangan dan dibaca secara analog oleh sensor. Kemudian sinyal ini akan dikuatkan oleh penguat dan dibandingkan oleh komparator dengan tegangan referensi tertentu (keluaran berupa sinyal 1-bit). Jadi sensor PIR hanya akan mengeluarkan logika 0 dan 1, 0 saat sensor tidak mendeteksi adanya pancaran infra merah dan 1 saat sensor mendeteksi infra merah. Sensor PIR didesain dan dirancang hanya mendeteksi pancaran infra merah dengan panjang gelombang 8 - 14 mikrometer. Diluar panjang gelombang tersebut sensor tidak akan mendeteksinya. Secara umum sensor PIR memang dirancang untuk mendeteksi manusia. Untuk manusia sendiri memiliki suhu badan yang dapat menghasilkan pancaran infra merah dengan panjang gelombang antara 9 - 10 mikrometer (nilai standar 9,4 mikrometer), panjang gelombang tersebut dapat terdeteksi oleh sensor PIR (Khoirum Muslihah: 2015).

b. Jarak pancar dan metode penentuan jarak sensor PIR

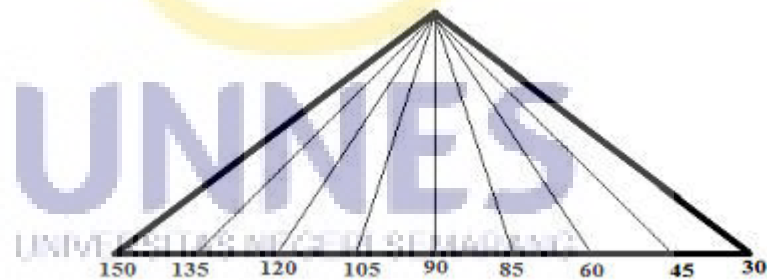
Pada umumnya sensor PIR memiliki jangkauan pembacaan efektif hingga 5 sampai 6 meter, dan sensor ini sangat efektif digunakan sebagai

human detector. Ruang cakup pendeteksi sensor PIR memiliki bentuk seperti kerucut. Proses penginderaan sensor PIR dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ruang cakup pendeteksi sensor PIR

(<http://khoirummuslihah.blogspot.co.id>)



Gambar 2.4 Metode penentuan sudut sensor PIR

Gambar 2.4 adalah metode penentuan sudut dan jarak untuk mengambil data sensor PIR. Berikut adalah rumus trigonometri untuk perhitungan jarak dan sudut terhadap sensor :

$$\text{ypotenuse} = \frac{\text{opposite}}{\cos \theta}$$

keterangan rumus sebagai berikut :

hypotenuse = jarak yang terjauh yang dicari

opposite = jarak tegak lurus dengan sensor

cos θ = sudut siku-siku dikurang sudut yang diinginkan

2. Mikrokontroler

Suatu sistem mikrokontroler dapat didefinisikan sebagai sistem komputer yang lengkap termasuk sebuah CPU (*Central Processing Unit*), memori, osilator clock, dan I.O dalam suatu rangkaian terpadu, jika sebagian elemen dihilangkan, maka chip ini akan disebut mikroprosesor. Kristal tidak termasuk dalam sistem mikrokontroler tetapi diperlukan dalam sirkuit osilator clock (<http://www.motorola.com>).

Dalam sistem mikrokontroler, piranti input yang paling umum adalah *keyboard*, *keypad* kecil dan saklar. Hampir semua input mikrokontroler hanya dapat memproses signal input digital dengan tegangan yang sama dengan tegangan logika dari sumber. Level nol disebut dengan VSS dan tegangan positif sumber (VDD) umumnya adalah 5 volt. Sistem mikrokontroler mempunyai output seperti lampu, motor, relay, atau beban-beban yang lain.

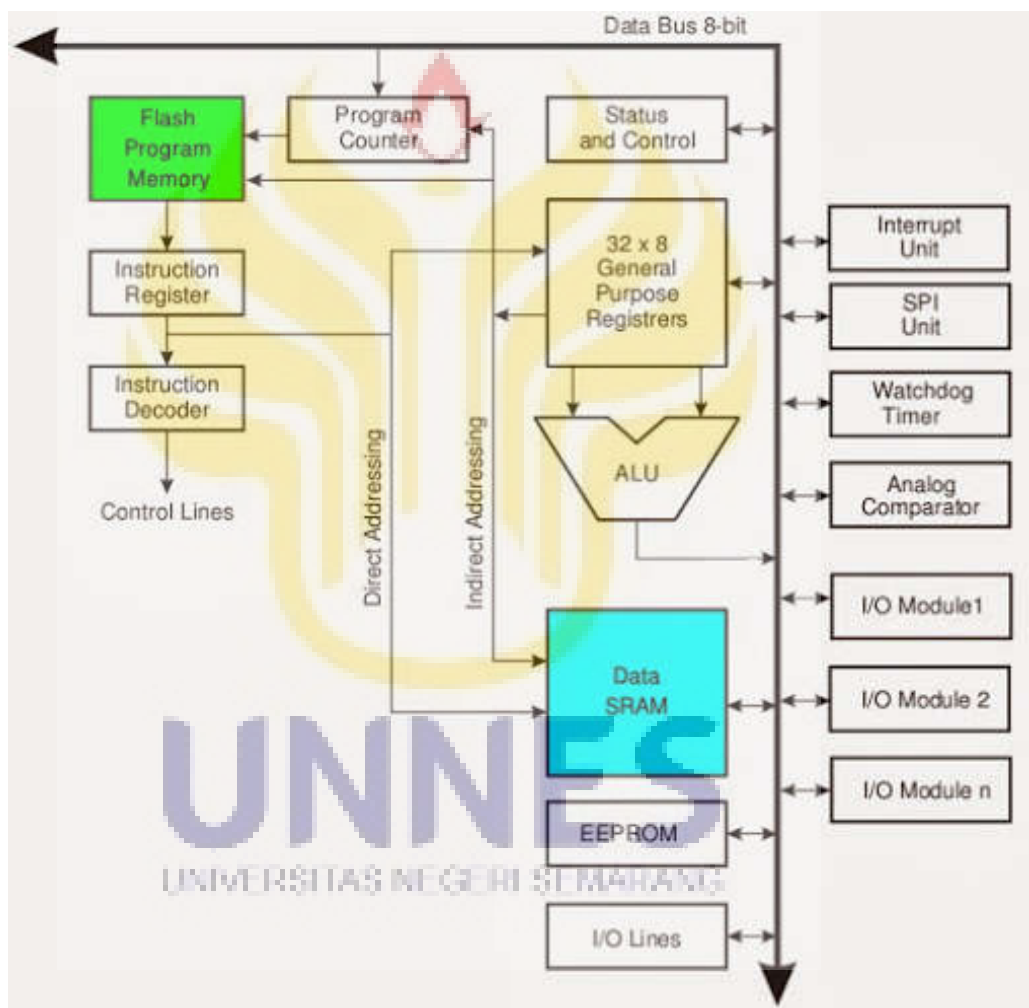
CPU atau mikroprosesor adalah otak dari sistem komputer. Pekerjaan utama dari CPU adalah mengerjakan program yang terdiri atas instruksi-instruksi yang diprogram oleh *programmer*, membaca informasi dari dan menulis ke memori, dan untuk menulis informasi ke output. Dalam

mikrokontroler pada umumnya adalah satu program yang bekerja dalam satu aplikasi. Sistem komputer menggunakan osilator clock untuk memicu CPU untuk mengerjakan satu instruksi ke instruksi berikutnya dalam alur yang berurutan. Ada beberapa macam tipe dari memori komputer untuk beberapa tujuan yang berbeda dalam sistem komputer. Tipe dasar yang sering ditemui dalam mikrokontroler adalah ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Acces Memory*). ROM digunakan sebagai media penyimpanan program dan data permanen yang tidak boleh berubah meskipun tidak ada tegangan yang diberikan pada mikrokontroler. RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan data sementara dan hasil *kalkulasi* selama proses operasi. Beberapa mikrokontroler mengikut sertakan tipe lain dari memori seperti EPROM (*Electrically Programable Read Only Memory*) dan EEPROM (*Electrically Erasable Programable Read Only Memory*).

a. Mikrokontroler Atmega328

ATmega328 merupakan mikrokontroller keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroller yang sama dengan ATmega 8 ini antara lain ATmega8535, ATmega16, ATmega32, ATmega328. Yang membedakan tipe mikrokontroler tersebut antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin *input/output*), *peripheral* (USART, *timer*, *counter*, dan lain-lain). Dari segi ukuran fisik, ATmega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler tipe lain. Namun untuk segi memori dan *periperial* lainnya ATmega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena

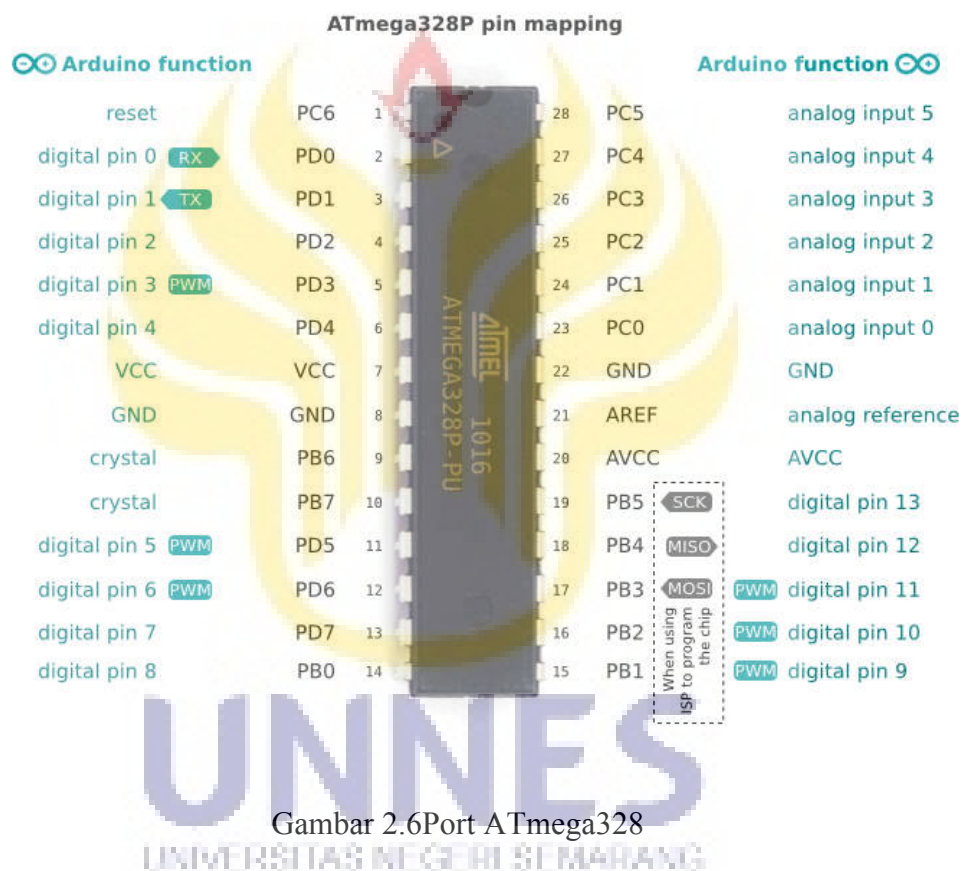
ukuran memori dan periperialnya relatif sama dengan ATmega8535, ATmega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler tersebut. Gambar arsitektur mikrokontroler Atmega328 dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arsitektur Mikrokontroler ATmega328

b. Port Atmega328

ATmega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai *input/output* digital atau difungsikan sebagai peripheral lainnya. Gambar Port ATmega328 dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Port ATmega328

1) Port B

Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output*. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif sebagai berikut.

- a) ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.

- b) OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
- c) MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
- d) TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock* external untuk *timer*.
- e) XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroller.

2) Port C

Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif *Port C* antara lain sebagai berikut.

- a) ADC6 *channel* (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital.
- b) I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti pada penggunaan LCD I2C.

3) Port D

Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai *input/output*. Sama seperti *Port B* dan *Port C*, *Port D* juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

- a) USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- b) *Interrupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi *hardware/software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
- c) XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *externalclock*.
- d) T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan *counter external* untuk *timer* 1 dan *timer* 0.
- e) AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan *input* untuk *analog comparator*.

3. *Liquid Cristal Display (LCD)*

a. Pengertian *Liquid Cristal Display (LCD)*

Liquid Cristal Display (LCD) adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan. LCD adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya

terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *backlight*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik (Abdul Kadir, 2013: 196).

Material LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan *indium oksida* dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler *internal* LCD adalah :

- 1) *Display Data Random Access Memory* (DDRAM) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- 2) *Character Generator Random Access Memory* (CGRAM) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.

- 3) *Character Generator Read Only Memory* (CGROM) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

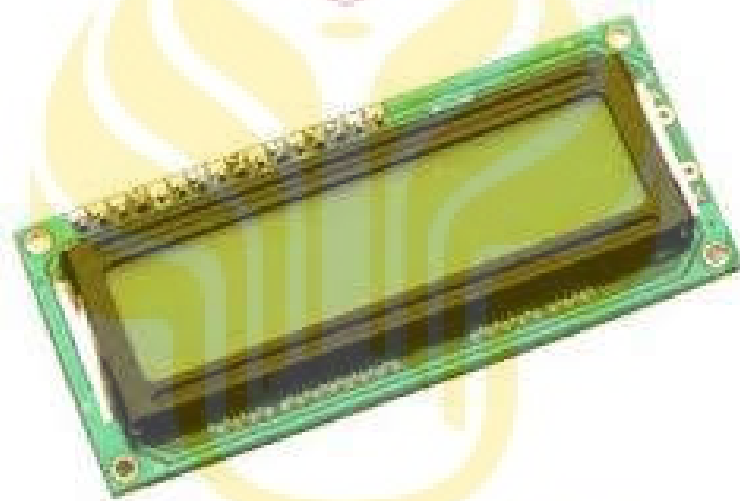
Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- 1) *Register* perintah yaitu *register* yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroller ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- 2) *Register* data yaitu *register* untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada *register* akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- 1) Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroller dengan lebar data 8 bit.
- 2) Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.

- 3) Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- 4) Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 K Ω , jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt. Bentuk fisik LCD dapat dilihat pada Gambar 2.7.

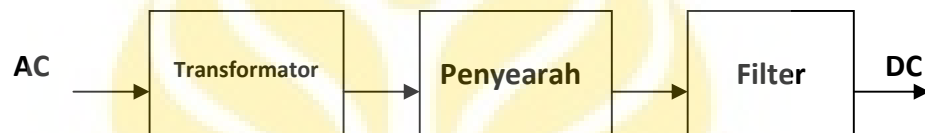


Gambar 2.7 Bentuk fisik LCD

4. Catu Daya

Catu daya merupakan suatu rangkaian yang paling penting dari sistem elektronika. Ada dua sumber catu daya yaitu sumber AC (*alternating current*) dan sumber DC (*direct current*). Sumber AC yaitu sumber tegangan bolak-balik, sedangkan sumber tegangan DC merupakan sumber tegangan searah.

Perangkat elektronik mestinya dicatu oleh suplay arus searah DC yang stabil agar berjalan dengan baik. Baterai atau accu adalah sumber catu daya DC yang paling banyak. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya yang lebih besar, sumber beterei tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC dari PLN. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. Rangkaian catu daya dapat dilihat dalam sebuah blok diagram pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Blok diagram catu daya

Pada rangkaian catu daya digunakan transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 220 V dari jala-jala PLN menjadi tegangan 12 V dan dua buah dioda sebagai penyearah gelombang penuh dan kapasitor 1000 uF/16 V untuk memfilter tegangan hasil penyearah dari dioda agar menjadi tegangan *Direct Current* (DC). IC 7805 berfungsi sebagai regulator 5 V dari tegangan masukan sebesar 12 V. IC 7805 memiliki tiga buah pin yaitu:

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Tabel 2.1 Fungsi pin pada IC 7805

No	Nama Pin	Fungsi
1.	Pin 1	Sebagai input atau masukan tegangan DC
2.	Pin 2	Sebagai input atau masukan negatif (<i>Ground</i>)
3.	Pin 3	Sebagai <i>output</i> atau keluaran tegangan yang dihasilkan. Dalam hal ini IC 7805 mengeluarkan tegangan sebesar 5 V.

5. LED (*Light Emitting Diode*)

Light Emitting Diode atau yang biasa disingkat menjadi LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya.

Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam

menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (Light Emitting Diode) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube. Gambar dan simbol dari LED dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Bentuk dan simbol LED

6. *Buzzer*

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnetik. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer*

biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).



Gambar 2.10 Bentuk fisik *buzzer*

C. Kerangka Fikir

Alat keamanan untuk sebuah gedung masih sangat jarang ditemukan. Biasanya di sebuah gedung hanya dipasang sebuah kamera pengawas saja. Namun kamera pengawas tidak bisa mengantisipasi tindak pencurian, karena kamera pengawas hanya dapat merekam saja dan tindak pencurian atau mungkin tindak kejahatan lainnya tidak dapat dihindari. Berdasarkan penjelasan tersebut, aplikasi keamanan gedung berbasis sensor PIR sangat diperlukan untuk mengantisipasi pencurian di sebuah gedung.

Alat ini menggunakan sensor PIR sebagai masukannya dan kemudian akan diproses di mikrokontroler Atmega 328. Setelah itu data akan ditampilkan di layar LCD. Prinsip kerja dari alat ini adalah ketika seseorang

memasuki jangkauan sensor PIR, maka data akan langsung diproses di mikrokontroler dan hasil akhir akan ditampilkan di layar LCD.

Aplikasi keamanan gedung berbasis sensor PIR ini sangat membantu dalam mengamankan dan melindungi aset-aset berharga yang disimpan dalam suatu gedung. Dengan adanya alat ini dapat mengurangi tindak kejahatan berupa pencurian yang terjadi di dalam gedung. Selain itu, alat ini juga dapat memperingan petugas keamanan dalam menjalankan tugasnya. Petugas keamanan tidak perlu untuk memeriksa ke seluruh ruangan yang ada dalam gedung, cukup dengan memantau situasi lewat LCD dan alarm yang menjadi sebuah indikator jika terjadi tindak kejahatan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian alat yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Sistem pendeteksi manusia menggunakan sensor PIR dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pengamanan sebuah gedung yang memiliki banyak ruangan.
2. Dari pengujian yang dilakukan diketahui bahwa sensor PIR dapat mendeteksi objek dengan jarak antara 5-6 meter dari titik tegak lurus sensor dan memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam mendeteksi objek.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut yaitu:

1. Alat keamanan menggunakan sensor PIR ini dapat dikembangkan lagi dengan dikombinasikan dengan perangkat keamanan lain seperti CCTV dan lainnya.
2. Agar lebih baik lagi keluaran dari alat keamanan ini juga dapat dihubungkan dengan telepon genggam.

DATAR PUSTAKA

- Arifin, Ilfan. 2015. *Automatic Water Level Control Berbasis Mikrocontroller dengan Sensor Ultrasonik*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Istiyanto, Jazi Eko. 2014. *Pengantar Elektronika dan Instrumentasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Karim, Syaiful. 2013. *Sensor dan Akuator*. Malang: PPPPTK BOE MALANG.
- Muslimah, Khoirum. (2015, 4 Juni). Pengertian dan Cara Kerja Sensor PIR. Tersedia di: <http://khoirummuslimah.blogspot.co.id/2015/06/pengertian-dan-cara-kerja-sensor-pir.html>.
- Pratama, Okix Anggi. 2011. *Penyalaaan Lampu dan Kipas Menggunakan Sensor PIR (Passive Infra Red) sebagai Pendeteksi Keberadaan Orang di Dalam Ruang Kelas*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.
- Rianto, Heru. 2010. *Pengaman Parkir Mobil menggunakan sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Andi Offset
- Syaryadhi, M., Adria, A., dan Syukurullah, *Sistem Kendali Keran Wudhu Menggunakan Sensor PIR Berbasis Mikrokontroler AT89C2051*, Rekayasa Elektrika, Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala, Volume 6 No.1, Tahun 2007.
- Vidiardi, Servasius. 2015. *Pengembangan Museum Virtual Interaktif Menggunakan Teknologi Desktop Virtual Reality pada Museum Ranggawasita*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.