

Realisasi Sistem *Switch* Lampu Penerangan Ruangan Otomatis Untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Listrik

Bakhtiar

tiar.poli@gmail.com
Politeknik Negeri Lhokseumawe / Teknik Elektro

Suherman

suherman.usu@gmail.com
Universitas Sumatera Utara / Teknik Elektro

Abstrak

Penghematan energi listrik sangat bergantung pada perilaku dan kesadaran manusia. Sekitar 80% keberhasilan kegiatan konservasi energi ditentukan oleh faktor manusia, sedangkan 20% lagi bergantung teknologi dan peralatan. Salah satu solusi alternatif dalam permasalahan ini adalah menerapkan sistem otomasi sehingga secara otomatis menghidupkan dan mematikan lampu ruangan dengan mendeteksi keberadaan manusia di dalam ruangan. Dalam penulisan ini melakukan realisasi rancangan agar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai fitting ekstensi otomatis dalam upaya penghematan daya listrik. Penelitian ini juga membandingkan disipasi daya yang timbul saat lampu tidak menyala dengan lampu sensor gerak yang ada di pasaran. Realisasi rancangan terdiri dari dua sistem yaitu, menggunakan sensor PIR terintegrasi pewaktu NE555 dan sensor PIR terintegrasi mikrokontroler Atmega 8 SMD. Hasil yang dicapai adalah, disipasi daya lampu sensor gerak *type LED* di pasaran adalah 6,2 Watt, lampu penerangan ruangan otomatis terintegrasi pewaktu IC555 lebih efisien 79,26% dibandingkan lampu sensor gerak di pasaran, lampu penerangan ruangan otomatis terintegrasi mikrokontroler atmega 8 lebih efisien 60,39% dibandingkan lampu sensor gerak di pasaran.

Kata Kunci: Efisiensi, Lampu Otomatis, Sensor gerak, Light Fitting, Timer, Mikrokontroler.

Abstract

Energy efficiency relies on human awareness and behaviors. About 80% of the successful of energy efficiency determined by the human factor while the rest 20% depends on technology and devices. As human always forget things the efficiency steps cannot rely on them. As a solution, automation is required to switch the light automatically by detecting human movement Passive Infrared (PIR) sensor is able to perform the task. This thesis realizes the extended light fitting which contains PIR controlled circuit to reduce energy consumption. The proposed device is then compared to the existing products. There are two designed devices; first one is controlled by the timer and the second one is controlled by the microcontroller. The results show that the standby power consumption reduced significantly. The existing product shows 6,2 watt standby power, while the timer based device reduces 79,26% and the microcontroller based device achieves 60,39% efficiency.

Keywords: Efficiency, Automatic Lighting, Movement sensor, Light Fitting, Timer, Microcontroller.

I. PENDAHULUAN

Pada tanggal 1 April 2015, Pemerintah memberlakukan penyesuaian Tarif Dasar Listrik (TDL) bagi pelanggan rumah tangga dengan batas daya 1.300 volt ampere (VA) dan 2.200 VA. Kedua golongan pelanggan ini, nantinya, tidak lagi menikmati tarif subsidi, dengan tarif yang selama ini berlaku, sebesar Rp1.352 per Kwh. Pemerintah akan memberlakukan TDL baru bagi kedua golongan tersebut sama dengan pelanggan 3.500 VA ke atas, yakni Rp1.426,58 per Kwh. Artinya, ada kenaikan sebesar Rp 74,58 per Kwh [1].

Pasokan listrik di Indonesia sendiri kini dalam status siaga, karena cadangan yang tersisa tidak banyak tersedia [2]. Hingga saat ini sumber energi di sektor kelistrikan masih didominasi oleh batu bara, gas dan minyak bumi sebagai bahan bakar pembangkit listrik, baik yang dimiliki PLN maupun swasta atau IPP (*Independent Power Producer*). Total energi listrik yang dibangkitkan oleh energi alternatif tersebut pada tahun 2011 adalah 21,8 TWh atau sekitar 12% dari total listrik yang dipasok sebesar 183,2 TWh [3].

Kebiasaan boros dalam menggunakan energi listrik sudah saatnya dihentikan. Pemborosan terbesar di perkantoran atau bangunan publik adalah penggunaan *Air Conditioner* (AC) dan lampu yang tetap dihidupkan meski tak diperlukan lagi. Padahal, porsi konsumsi listrik AC dan lampu relatif besar, yakni di atas 45% dan 30% [2]. Kebutuhan energi listrik terus meningkat, Salah satu solusi alternatif dalam permasalahan ini adalah dengan menerapkan sistem otomasi, sehingga secara otomatis menghidupkan atau mematikan lampu ruangan dengan mendeteksi keberadaan manusia di dalam ruangan.

Dengan kemajuan teknologi saat ini, campur tangan manusia dalam operasional berusaha dikurangi. Saklar otomatis sangat membantu dan memudahkan operasional, efektif dan efisien untuk menghindari lampu yang menyala sia-sia tanpa ada aktifitas.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan perancangan alat otomatisasi penyalan dan mati lampu secara otomatis menggunakan sensor PIR, dan berfungsi sebagai fitting ekstensi tanpa harus terintegrasi dengan lampu. Selain itu, penulis melakukan realisasi rancangan. Sehingga diharapkan, alat yang dirancang dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh masyarakat dan dapat digunakan sebagai fitting ekstensi.

II. METODE PENELITIAN

A. Lampu Dengan Sensor Gerak Di pasaran

Manfaat lampu ini tidak perlu lagi kita mengaktifkan saklar, contohnya pada saat membawa pakaian kotor ke dalam ruang cuci, berjalan ke garasi, masuk ke kamar mandi, masuk ke ruang bawah tanah, kita tidak pernah terjebak lagi mencari saklar lampu.

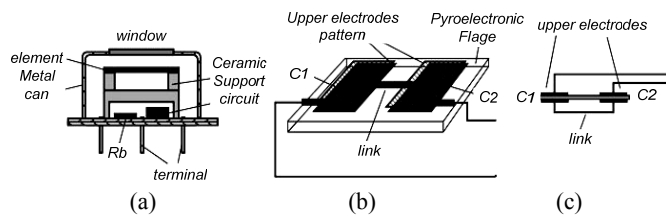
Sensor *Pasif Infrared* (PIR) mendeteksi gerakan 360° dengan jarak hingga lima meter. Saklar otomatis ini dapat menghemat energi kita dan energi listrik [6]. Lampu sensor gerak di pasaran seperti pada Gbr 1.



Gbr 1. Lampu Dengan Sensor Gerak Di Pasaran[6]

B. Sensor Pyroelectric (PIR Sensor)

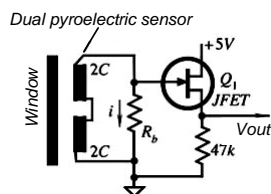
Pyroelectric sensor merupakan inti dari sensor PIR. Sensor ini disebut juga sebagai sensor ac karena responsif terhadap perubahan sinyal radiasi termal dan tidak responsif pada besarnya sinyal. *Pyroelectric* terdiri dari tiga komponen penting yaitu: piring keramik *pyroelectric* dan dua elektroda yang ditempatkan di sisi piring. Konstruksi sensor *pyroelectric* seperti pada Gbr 2. Gbr 2c merupakan rangkaian ekuivalen dengan dua elemen *pyroelectric* [7].



Gbr 2. Sensor *Pyroelectric* (a); Elektroda Logam Pada Sisi Pelat *Pyroelectric* (b); Ekuivalen Dari Dua Elemen (c) [7]

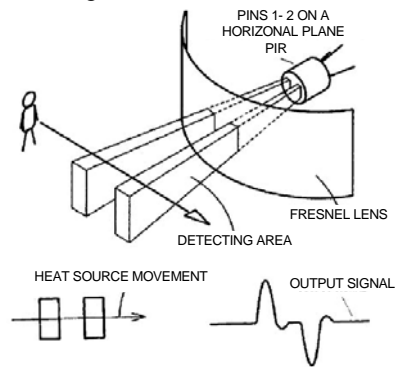
Pengikut tegangan pada Gbr 3 mengubah impedansi keluaran yang tinggi dari sensor ke resistansi keluaran dari pengikut tegangan. Pengikut tegangan dengan JFET tunggal paling efektif dan sederhana. Pada frekuensi rendah, kedua sirkuit, JFET dan *I/V converter*, mengubah ip arus *pyroelektrik* menjadi tegangan keluaran [7]. Menurut hukum Ohm:

$$V_{out} = I \cdot R_b \dots\dots\dots (1)$$



Gbr 3. Konverter Impedansi Sensor *Pyroelectric* Dengan Pengikut Tegangan JFET [7]

PIR tidak memancarkan infra merah sendiri, sehingga disebut pasif. Sensor PIR memerlukan sinar infra atau sinar laser sebagai indikator adanya cahaya yang dideteksi. Energi infra merah dihasilkan oleh tubuh manusia dan hewan, rata rata berkisar antara 9-10 mikrometer energi infra merah [7]. Kerja sensor PIR seperti Gbr 4.



Gbr 4. Deteksi Jarak Area Sensor *Pyroelectric* (PIR) [7]

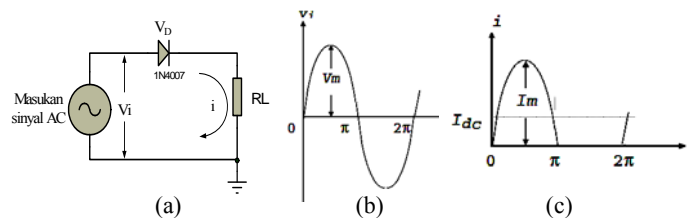
C. AC ke DC Dengan Dioda Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah berarti mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Sebagian besar peralatan elektronik membutuhkan sumber daya yang berupa arus searah. Gbr 5 menunjukkan rangkaian penyearah setengah gelombang, dimana:

$$v_i = V_m \sin \omega t \dots\dots\dots (2)$$

Tegangan rms (V_{rms}) adalah:

$$V_{eff} = V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0,707 V_m \dots\dots\dots (3)$$



Gbr 5. Penyearah Setengah Gelombang (a) Rangkaian; (b) Tegangan Masukan; (c) Tegangan Keluaran [9]

Untuk penyearah setengah gelombang, pada saat sinyal input berupa siklus positif, maka dioda mendapat bias maju sehingga arus (i) mengalir ke beban (RL). Seperti pada Gbr 5 bentuk gelombang tegangan masukan (b) tegangan keluaran (c). Arus melalui beban RL (i) dinyatakan dengan:

$$i = I_m \sin \omega t \text{ , jika } 0 \leq \omega t \leq \pi \text{ (siklus positif) } \dots\dots\dots (4)$$

$$i = 0 \text{ , jika } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \text{ (siklus negatif) } \dots\dots\dots (5)$$

Apabila harga resistansi *forward* R_f jauh lebih kecil, maka:

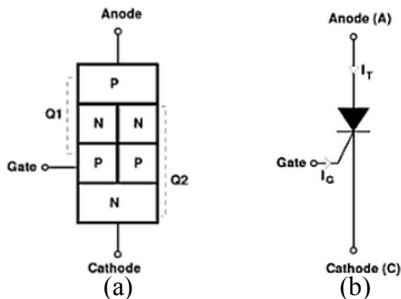
$$V_m = I_m \cdot R_L \dots\dots\dots (6)$$

Sehingga:

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = 0,318 V_m \text{ (Volt)(7)}$$

D. Saklar Statis Dengan SCR (Silicon Controlled Rectifier)

SCR terdiri dari; A=Anode, G=Gate, C=Cathoda, jelas bahwa fungsi SCR berbeda dengan transistor. Pada prinsipnya untuk membuat SCR menjadi ON adalah dengan memicu tegangan pada gerbang (gate) thyristor PNPN seperti Gbr 6.



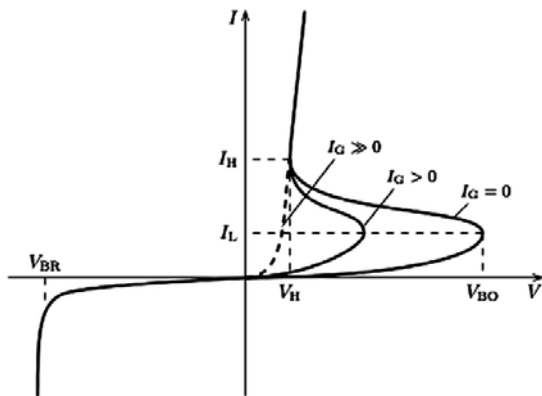
Gbr 6. Silicon Controlled Rectifier (a) Struktur SCR; (b) Simbol Dari SCR [10]

Sebagai contoh datasheet SCR tipe 2N4441 memberikan tegangan dan arus pemacu yaitu; $V_{GT}=0,75$ Volt, $R_{input} = 415$ ohm dan $I_{GT}=10$ mA, maka dapat dihitung tegangan V_{in} yang diperlukan agar SCR ini ON adalah sebesar :

$$V_{in} = V_{BR} + V_{GT} \text{(8)}$$

$$V_{in} = I_{GT} \times R_{input} + V_{GT} = 4.9 \text{ volt(9)}$$

Hal ini berarti sumber yang menggerakkan gerbang 2N4441 harus mencatu 10 mA pada tegangan 0,75 V untuk mengunci SCR. Melalui gate tersebut SCR di trigger menjadi ON, yaitu dengan memberi arus. Dengan arus gate yang semakin besar dapat menurunkan tegangan breakover (V_{BO}) sebuah SCR. Tegangan breakover V_{BO} , jika tegangan forward SCR mencapai titik ini, maka SCR akan ON. Lebih penting lagi adalah arus I_{GT} dapat menyebabkan tegangan V_{BO} turun menjadi lebih kecil. Karakteristik SCR seperti pada Gbr 7.

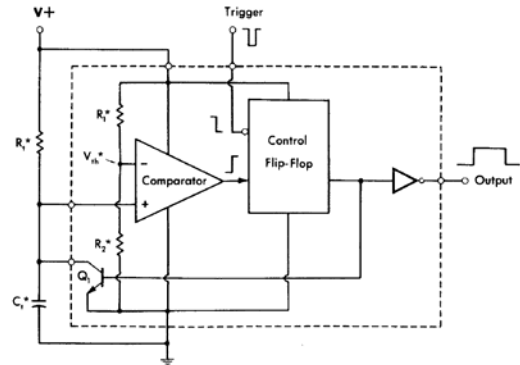


Gbr 7. Karakteristik SCR [10]

E. Rangkaian Monostable Mode Dengan NE555

Pewaktu IC 555 didesain sedemikian rupa sehingga hanya memerlukan sedikit komponen luar untuk bekerja.

Diantaranya yang paling utama adalah resistor dan kapasitor luar. Pewaktu IC 555 bekerja dengan memanfaatkan prinsip pengisian (charging) dan pengosongan (discharging) dari kapasitor melalui resistor luar [11].



Gbr 8. Komparator Internal Pewaktu 555 Monostable [11]

Pewaktu Monostable mode seperti Gbr 8 dengan resistor luar R_t dan kapasitor luar C_t , rangkaian ini tidak lain adalah sebuah rangkaian pewaktu (timer) monostable [11]. Persamaan untuk t (waktu) adalah:

$$T = R_t C_t \log_e \left(\frac{V+}{(V+) - 2/3V+} \right) \text{(10)}$$

Dari persamaan (10) diperoleh:

$$T = R_t C_t \log_e \left(\frac{1}{1 - 2/3} \right) \text{(11)}$$

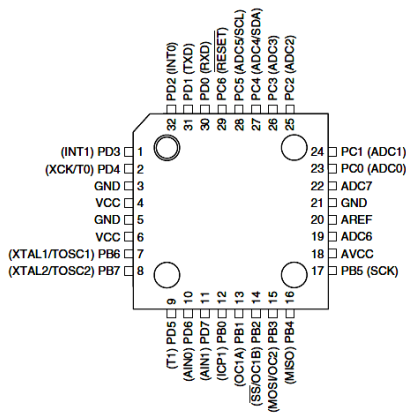
Atau:

$$T = R_t C_t \log_e 3 = 1.0986 R_t C_t \text{(12)}$$

F. Mikrokontroler Atmega 8 SMD

AVR (Alf Vegard Risc) merupakan seri mikrokontroller CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer). AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan ekstensi, serial USART, Programmable Watchdog Timer, dan mode power saving.

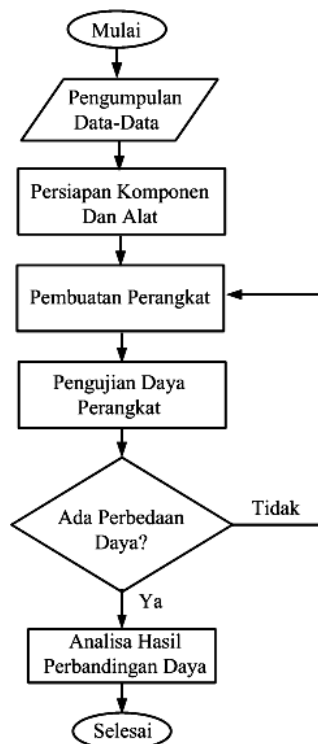
ATMEGA 8 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC. Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus clock, ATMEGA 8 mempunyai throughput mendekati 1 MPS per Mhz membuat disain dari sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses. Susunan pin IC ATMEGA 8 seperti pada Gbr 9.



Gbr 9. Susunan Pin Mikrokontroler ATmega 8 SMD [13]

G. Diagram Alir (Flow Chart) Realisasi Perangkat

Diagram alir (Flow Chart) rancang bangun sistem otomatis lampu ruangan seperti pada Gbr 10.



Gbr 10. Flow Chart Sistem Otomatis Lampu Ruangan

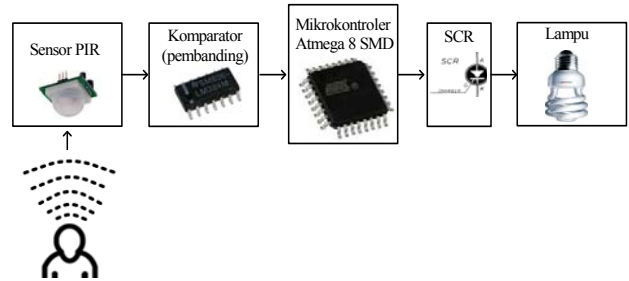
Dalam rancang bangun sistem otomatis lampu ruangan, ada beberapa tahap yang penulis lakukan antara lain:

- Pengumpulan data
- Simulasi rangkaian elektronik dengan *software proteus*
- Rancangan *Software* dan *hardware* dan
- Analisa hasil disipasi daya pada saat lampu tidak menyala

H. Realisasi Lampu Otomatis Menggunakan Sensor PIR Terintegrasi Dengan Mikrokontroler Atmega 8

Blok diagram seperti pada Gbr 11. Dalam sistem ini penulis membagi beberapa tahap perancangan antara lain:

- Rancangan *power supply*
- Rancangan *komparator* (pembanding) sinyal masukan
- Rancangan unit kontroler menggunakan atmega 8

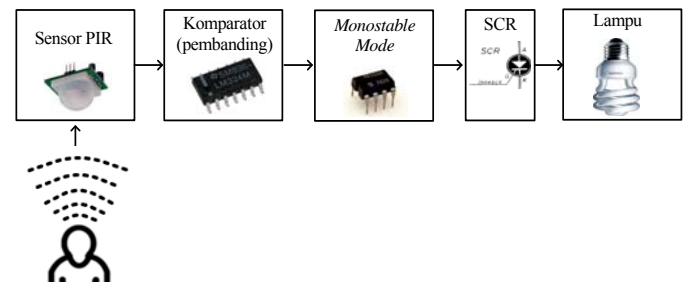


Gbr 11. Blok Diagram Lampu Otomatis Dengan Atmega 8

I. Realisasi Rancangan Lampu Otomatis Menggunakan Sensor PIR Terintegrasi Dengan Pewaktu IC555

Blok diagram seperti pada Gbr 12. Dalam sistem ini penulis membagi beberapa tahap perancangan antara lain:

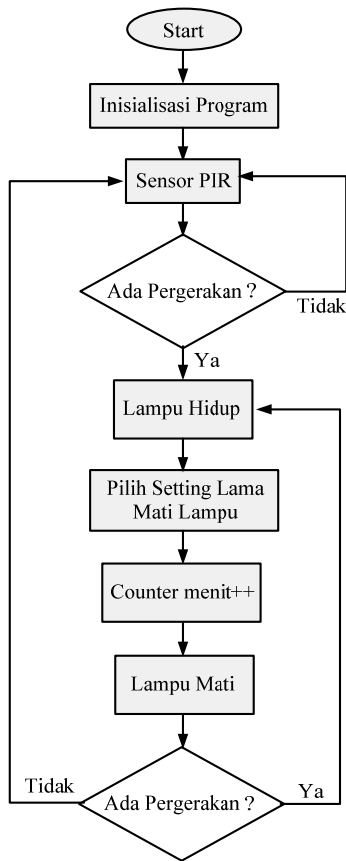
- Rancangan *power supply*
- Rancangan komparator (pembanding) untuk sensor PIR
- Rancangan pewaktu *monostable mode* dengan IC 555



Gbr 12. Blok Diagram Lampu Otomatis Dengan Pewaktu IC 555

J. Flowchart Program Untuk Mikrokontroler Atmega 8 Pada Sistem Pewaktuan Hidup dan Mati Lampu

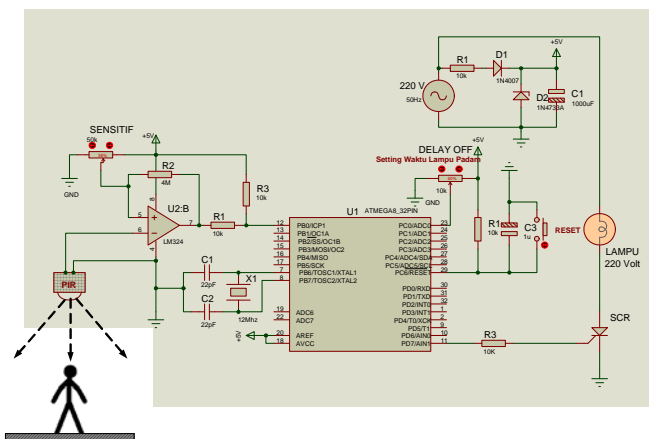
Dalam perancangan perangkat lunak, pertama-tama dibuat *flowchart* alur program. Kemudian dari *flowchart*, disusun program dalam bahasa C. Setelah dicompile dan didapatkan hexa file, program ditanamkan kemikrokontroler. Kerja sistem keseluruhan untuk pewaktuan hidup dan mati lampu ditunjukkan dengan *flowchart* seperti pada Gbr 13.



Gbr 13. Flowchart Sistem Kerja Lampu Ruang Otomatis

K. Rangkaian Sistem Kontrol Pewaktuan Hidup Dan Mati Lampu Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8

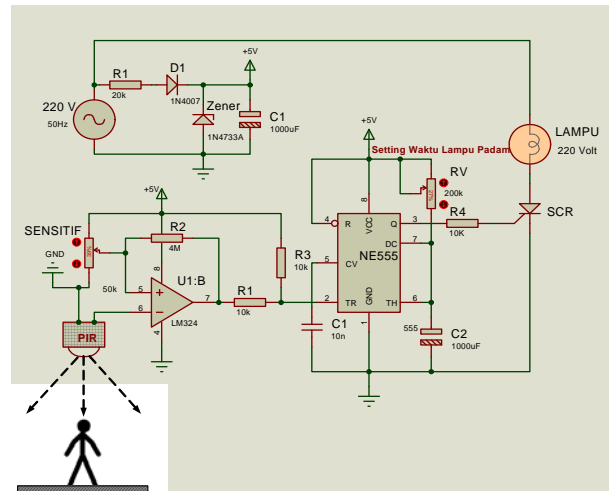
Rangkaian sistem kontrol pewaktuan hidup dan mati lampu menggunakan mikrokontroler atmega 8 seperti pada Gbr 14.



Gbr 14. Minimum Sistem Mikrokontroler Atmega8

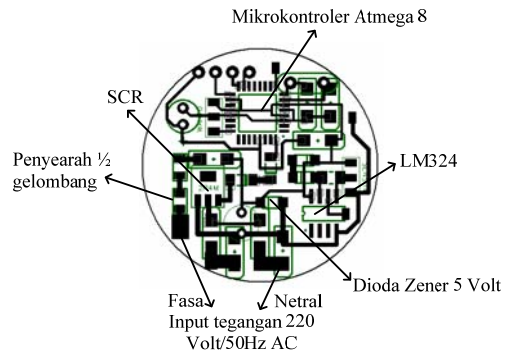
L. Rangkaian Pewaktu Dengan Sistem Monostable Mode

Rangkaian pewaktuan dengan monostable mode sistem seperti pada Gbr 15.

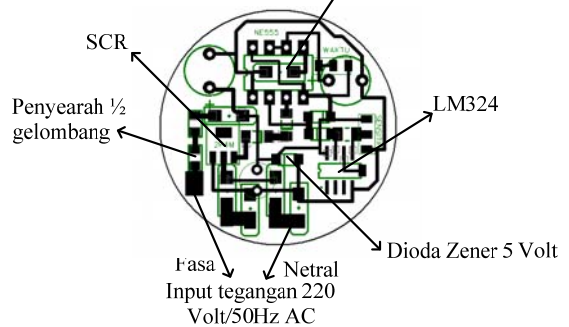


Gbr 15. Rangkaian Pewaktu Sistem Monostable Mode

M. Layout PCB Menggunakan Software Diptrace



Gbr 16. Layout PCB Sistem Pewaktu Dengan Mikrokontroler Pewaktu Dengan NE555



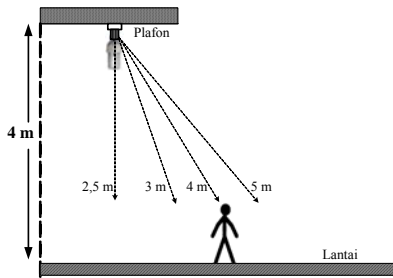
Gbr 17. Layout PCB Untuk Sistem Pewaktu Dengan IC NE555

III. HASIL PENGUJIAN

A. Pengujian Motion Detector Menggunakan Sensor PIR

Pengujian sensor PIR seperti pada Gbr 18.





Gbr 18. Pengujian Reaksi Sensor Terhadap Jarak

Dari hasil pengujian diperoleh data-data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Terhadap Jarak

Jarak (Meter)	Reaksi Sensor
2,5	Terdeteksi
3	Terdeteksi
4	Terdeteksi
5	Tidak Terdeteksi

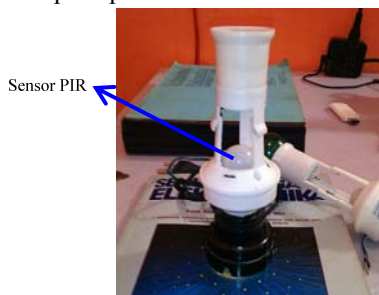
B. Pengujian Untuk Sistem Terintegrasi Dengan Pewaktu (Timer) IC NE555

Pada saat pengukuran tegangan jala-jala listrik adalah 215 Volt dan arus AC yang terukur adalah 5,98 mA = 0,00598 Ampere, dimana tegangan drop (tegangan jatuh) pada resistor 20k = 119,6 V_{AC}. Tabel hasil pengujian untuk sistem terintegrasi dengan timer IC555 seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Untuk Sistem Pewaktu Dengan IC 555

Tegangan Jala-Jala Listrik AC (Volt)	Arus Yang Terukur (Ampere)	Disipasi Daya Pada Resistor 20k (Watt)	Tegangan Keluaran Dioda Zener (Volt)	Disipasi Daya Pada Dioda Zener (Watt)	Disipasi Daya Lampu (Watt)
215	0,00598	0,72	4,56	0,027	1,2857

Berdasarkan data pengukuran arus pada sistem yang terintegrasi dengan pewaktu IC 555, besar disipasi daya yang timbul pada saat lampu tidak menyala = 1,2857 Watt. Hasil rancangan seperti pada Gbr 19.



Gbr 19. Hasil Rancangan Fitting Ekstensi Lampu Ruangan Otomatis Terintegrasi Dengan Pewaktu IC NE555

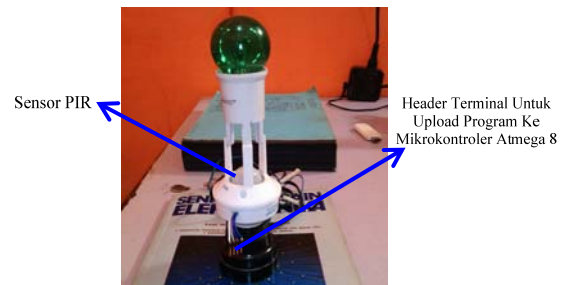
C. Pengujian Sistem Yang Terintegrasi Dengan Atmega 8

Pada saat pengukuran tegangan jala-jala listrik adalah 215 Volt dan arus AC yang terukur adalah 11,42 mA = 0,01142. Jadi tegangan drop (tegangan jatuh) pada resistor 10k = 114,2 V_{AC}. Hasil pengujian untuk sistem yang terintegrasi dengan mikrokontroler atmega 8 seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Untuk Sistem Terintegrasi Atmega 8

Tegangan Jala-Jala Listrik AC (Volt)	Arus Yang Terukur (Ampere)	Disipasi Daya Pada Resistor 10k (Watt)	Tegangan Keluaran Dioda Zener (Volt)	Disipasi Daya Pada Dioda Zener (Watt)	Disipasi Daya Lampu (Watt)
215	0,01142	1,3	4,56	0,052	2,4553

Disipasi daya yang timbul pada saat lampu tidak menyala untuk sistem yang terintegrasi dengan atmega8 = 2,4553 Watt. Hasil rancangan lampu ruangan otomatis terintegrasi dengan atmega 8 seperti pada Gbr 20.



Gbr 20. Hasil Rancangan Fitting Ekstensi Lampu Ruangan Otomatis Terintegrasi Dengan Atmega 8

D. Hasil Pengujian Lampu Motion Detector Yang Ada Di Pasaran

Arus pada lampu *motion detector lamp type* LED pada saat lampu tidak menyala = 28,9 mA. Berdasarkan data hasil pengukuran arus, maka disipasi daya yang timbul pada saat lampu tidak menyala adalah P_{Lampu} = 6,2 Watt.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian Realisasi Sistem *Switch* Lampu Penerangan Ruangan Otomatis adalah:

1. Efisiensi disipasi daya lampu otomatis pada saat lampu tidak menyala dapat ditingkatkan dengan cara memodifikasi model lain pada rangkaian catu daya.
2. Lampu penerangan ruangan otomatis yang terintegrasi dengan pewaktu IC555 lebih efisien 79,26% dibandingkan dengan lampu sensor gerak yang ada di pasaran.
3. Lampu penerangan ruangan otomatis yang terintegrasi dengan mikrokontroler atmega 8 lebih efisien 60,39% dibandingkan dengan lampu sensor gerak di pasaran.
4. Lampu penerangan ruangan otomatis terintegrasi pewaktu IC 555 dan sistem terintegrasi mikrokontroler atmega 8, dan membandingkan disipasi daya keduanya, diperoleh hasil bahwa lampu penerangan ruangan otomatis yang

terintegrasi dengan pewaktu IC 555 lebih efisien 47,63% dibandingkan dengan lampu sensor gerak terintegrasi dengan mikrokontroler atmega 8.

REFERENSI

- [1] Abdul Kholis, Gerakan Hemat Listrik Secara Total, <http://writingcontesttotal.bisnis.Com/artikel/read/20150319/404/413644/gerakan-hemat-listrik-secara-total>, akses 12 April 2015.
- [2] Perpustakaan.bappenas, *Indonesia Terboros dalam Memakai Listrik di ASEAN*, diakses 5 April 2015.
- [3] Ego Syahrial. 2012. *Kajian Indonesia Energy Outlook*, pusat data dan informasi energi dan sumber daya mineral (ESDM) kementerian energi dan sumber daya mineral.
- [4] C.H. Tsai, Y.W. Bai, C.A Chu, C.Y Chung, and M.Bo Lin. 2011. *PIR Sensor Based Lighting Device With Ultra Low Standby Power Consumption*. IEEE Department of Electronic Engineering, Department of Electrical Engineering, National Taiwan.
- [5] C.H. Tsai, Y.W. Bai, C.A Chu, C.Y Chung, and M.Bo Lin, R.J.Rong Jhang and Y.W.Lin. 2013. *IEEE Design and Implementation of a PIR Luminaire with Zero Standby Power Using a Photovoltaic Array in Enough Daylight*.
- [6] Marvel, Lampu Dengan Sensor Gerak: <http://olx.co.id/iklan/lampu-led-7-watt-sensor-gerak-ID82tkA.html#41703665f6/> diakses 3 Mei 2015.
- [7] Jacob Fraden. 2010. *Handbook of Modern Sensors, Physics Designs and Applications*, Fourth Edition, Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- [8] D.Mohankumar, Sensor *Pyroelectric* (PIR); <https://dmohankumar.wordpress.com/2012/05/03/familiarize-electronic-components-part-xvii-motion-sensor/#more-7475>, diakses 5 April 2015.
- [9] Wasito.S.2004. *Vadamekum Elektronika*. PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- [10] Dr. Dario J. Toncich PhD, M Eng, B.E.E. (Hons), 1994. *Computer Architecture and Interfacing to Mechatronic Systems*. Chrystobel Engineering Wrixon Avenue Brighton Australia.
- [11] Walter G. Jung. 1987. *IC Timer Cookbook*, International Standard Book Number: 0-672-21416-4, Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis, Indian.
- [12] Data *sheet* xx555 Precision Timers, Texas Instruments NA555, NE555, SA555, SE555 Timers, SLFS022I, September 1973, Revised September 2014.
- [13] Manual book 8-bit Atmel with 8KBytes In System Programmable Flash Atmega 8.
- [14] Anggit Perdana. 2012. *Sistem Microprocessor Dan Pengenalan Software Proteus*, Lab. Embedded Systems Jurusan Sistem Komputer Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [15] Novarm dip trace .2012. *Diptrace Tutorial Schematic and PCB Design*.
- [16] Sugianto. 2007. *Desain Rangkaian Elektronika dan Layout PCB dengan Protel 99 SE*, No. ISBN 9789792703573, Elex Media Komputindo, Jakarta Pusat.
- [17] Sensor PIR, HC-SR501 *Pyroelectric Infrared Pir Motion Sensor Detector Module*, data sheet, Germany Imported.



