

**MINIATUR PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED
SEBAGAI OTOMATISASI PENERANGAN JALAN UMUM
MENGGUNAKAN KONTROLER LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

MILADI SYAIFUL NUGROHO

NIM. 0510630069-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2011

LEMBAR PERSETUJUAN

MINIATUR PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED
SEBAGAI OTOMATISASI PENERANGAN JALAN UMUM
MENGGUNAKAN KONTROLER LOGIKA FUZZY

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

MILADI SYAIFUL NUGROHO

NIM. 0510630069-63

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing :

M. Aziz Muslim, ST., MT., PhD.
NIP. 19741203 200012 1 001

Tri Nurwati, ST., MT.
NIP. 19790615 200812 2 003

LEMBAR PENGESAHAN

MINIATUR PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED
SEBAGAI OTOMATISASI PENERANGAN JALAN UMUM
MENGGUNAKAN KONTROLER LOGIKA FUZZY

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

MILADI SYAIFUL NUGROHO

NIM. 0510630069-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal **02 Februari 2011**

Dosen Penguji :

Ir. Erni Yudaningtyas, MT.
NIP. 19650913 199002 2 001

Ir. Purwanto, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001

Ir. Bambang Siswoyo, MT.
NIP. 19621211 198802 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono, ST., MSc.
NIP. 19710615 199802 1 003

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT atas semua yang telah diberikan oleh-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

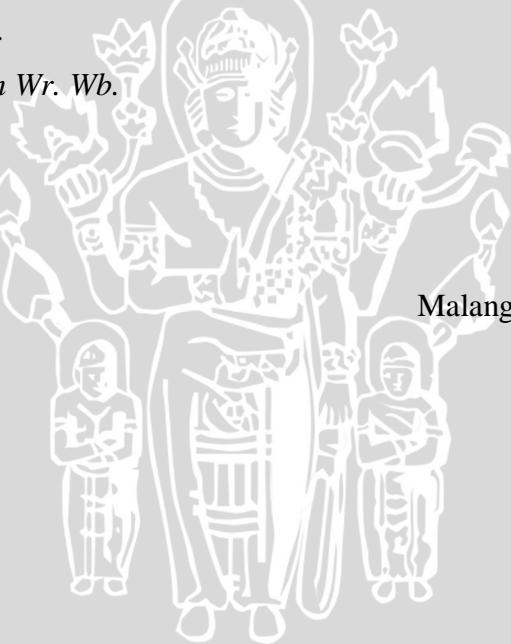
1. Orangtuaku tercinta dan tersayang Bapak Chuzaini dan Ibu Siti Khotijah, terima kasih atas doa, kasih sayang, perhatian, motivasi serta dukungan baik materi maupun non-materi yang tak dapat ternilai yang telah beliau berikan padaku.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan juga sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan saran, motivasi, serta pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir.Purwanto, MT. selaku KKDK Sistem Kontrol Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Tri Nurwati, ST. MT selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
6. Bapak, Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Kakak-kakakku, mbak Anna, mbak Henny, mbak Wati', mas Burhan, mas Handoyo, dan mas Danang yang senantiasa mendoakan untuk diriku, serta ponakan-ponakanku yang cakep-cakep Bella, Hanna, Shifa, Zalfa, Muna dan Fian.



8. Semua adik-adikku tersayang (^_^), yang senantiasa bergantian mendoakan dan memberikan semangat.
9. Rekan-rekan Asisten *Control System Laboratory* dan *Electrical Robot Team KRI, KRCI* dan *KRSI* angkatan 2005, 2006, dan 2007.
10. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, rekan-rekan konsentrasi Teknik Sistem Kontrol, keluarga besar *Streamline*.
11. Rekan-rekan *Kame House* dan *Sixtysix Community, Friendship Forerver* serta sahabat-sahabatku terimakasih untuk semuanya.
12. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.



Malang, 02 Februari 2011

Penulis

ABSTRAK

MILADI SYAIFUL NUGROHO, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Desember 2007. Miniatur Pengaturan Intensitas Cahaya Lampu LED Sebagai Otomatisasi Penerangan Jalan Umum Menggunakan Kontroler Logika Fuzzy.

Dosen Pembimbing : M. Aziz Muslim, ST., MT., PhD. dan Tri Nurwati, ST., MT.

Lampu adalah suatu teknologi yang diciptakan bertujuan untuk memudahkan aktivitas manusia. Lampu mengubah energi listrik menjadi energi panas dan cahaya. Seperti hanya teknologi yang lain lampu juga mengalami perkembangan. Perkembangan lampu bertujuan untuk meningkatkan efisiensi lampu berdasarkan fungsinya sebagai penerangan. Beberapa jenis lampu diantaranya lampu pijar, lampu halogen, lampu neon, lampu sodium, lampu mercuri dan teknologi terakhir yang digunakan adalah *light emitting diode* (LED). LED adalah teknologi lampu terbaru, sebelumnya LED digunakan hanya sebagai lampu indikator bukan sebagai penerangan. LED adalah sejenis dioda semikonduktor yang dapat memancarkan cahaya. Sehingga dalam perkembangannya LED diketahui lebih memiliki ketahanan dan umur jauh lebih lama daripada jenis lampu lainnya.

Dalam dunia transportasi salah satu fungsi lampu adalah untuk penerangan jalan umum (PJU). PJU digunakan untuk memberikan keselamatan, kelancaran dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Umumnya otomatisasi untuk pengaturan PJU hanya menggunakan prinsip on-off, yaitu mati saat lingkungan terang (siang hari) dan nyala saat lingkungan gelap (malam hari). Tetapi hal ini ternyata masih mengakibatkan masalah. Pada kondisi mendung dan hujan, saat itu keadaan cahaya lingkungan redup. Dengan kondisi lampu *off*, intensitas cahaya kurang akan mengurangi jarak pandang, akan tetapi dengan kondisi lampu *on*, intensitas cahaya mungkin bisa berlebih, hal ini akan membuat lampu menyilaukan mengakibatkan polusi cahaya (Aria Utama, Judhistira dan Lina Aviyanti, 2008). Kedua hal tersebut akan mengurangi kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu perlu adanya pengaturan intensitas cahaya PJU yang bekerja diantara dua kondisi tersebut. Kontroler yang digunakan untuk pengaturan tersebut adalah kontrol logika fuzzy. Algoritma fuzzy merupakan algoritma yang mudah dan handal untuk diaplikasikan sebagai pengendali pada berbagai macam sistem



dengan hanya menggunakan variabel-variabel masukan dan keluaran sistem tanpa harus mengetahui fungsi alih sistem tersebut.

Hasil pengujian miniatur lampu penerangan jalan umum otomatis pada tiap lengan yang menggunakan 48 buah LED dapat menghasilkan iluminasi maksimal cahaya 475 lux pada jarak ± 1 m dengan daya yang digunakan sebesar 7.2 watt. Miniatur lampu penerangan jalan umum dapat bekerja efektif pada nilai set point 3.00.

Kata kunci : Lampu *light emitting diode* (LED), Penerangan Jalan Umum (PJU), kontrol logika fuzzy



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iv
ABTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pencahayaan	5
2.1.1 Istilah dan Rumus Pencahayaan.....	6
2.1.2 Lampu <i>Light Emitting Diode</i> (LED).....	8
2.1.3 Fotoresistor / <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR).....	10
2.2 Penerangan Jalan Umum (PJU)	11
2.2.1 Fungsi Penerangan Jalan	11
2.2.2 Dasar Perencanaan Penerangan Jalan.....	12
2.2.3 Ketentuan dan Penempatan Pencahayaan	12
2.2.3.1 Pencahayaan Ruas Jalan	12
2.2.3.2 Penempatan Lampu Penerangan	13
2.2.3.3 Penataan Letak Lampu Penerangan.....	15
2.2.3.4 Pemasangan Lampu Dengan Tiang.....	16
2.3 Logika Fuzzy.....	17
2.3.1 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy	18
2.3.2 Fungsi Keanggotaan.....	19
2.3.3 Kontrol Logika Fuzzy.....	22
2.3.3.1 Fuzzyifikasi	22
2.3.3.2 Aturan Fuzzy (<i>Fuzzy Rule</i>).....	23

	Halaman
2.3.3.3 Metode Inferensi.....	24
2.3.3.4 Defuzzyifikasi	25
2.4 Mikrokontroler AVR ATMega32.....	26
2.4.1 Konfigurasi Pin ATMega32.....	28
2.4.2 <i>Analog to Digital Converter ATMega32</i>	30
2.4.3 <i>PWM (Pulse Width Modulation)</i>	33
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Studi Litelatur	35
3.2 Spesifikasi Alat	35
3.3 Perealisasian Alat	36
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras.....	36
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak	36
3.4 Pengujian Alat	36
3.4.1 Pengujian Perangkat Keras	36
3.4.1 Pengujian Perangkat Lunak.....	36
3.4.1 Pengujian Acara Secara Keseluruhan.....	36
3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	37
BAB IV : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	38
4.1 Cara Kerja Alat	38
4.2 Perancangan Perangkat Keras	40
4.2.1 Mekanik PJU	40
4.2.2 Set Point	41
4.2.3 Sensor Cahaya LDR	41
4.2.4 Aktuator Lampu LED.....	43
4.2.5 Mikrokontroler ATMega32.....	46
4.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	47
4.3.1 Otomatisasi Waktu Khusus.....	47
4.3.1.1 <i>Real Time Clock</i>	47
4.3.1.2 Otomatisasi Waktu Khusus	48
4.3.2 Masukan Kontrol Logika Fuzzy.....	48
4.3.2.1 Nilai Pembacaan Sensor	48
4.3.2.2 <i>Summing Point</i>	49
4.3.2.3 Perubahan Nilai Error	49

	Halaman
4.3.3 Kontrol Logika Fuzzy	49
4.3.3.1 Fuzzyifikasi	49
4.3.3.2 Aturan Fuzzy.....	51
4.3.3.3 Inferensi	52
4.3.3.4 Defuzzyifikasi	53
BAB V : PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	55
5.1 Pengujian Perangkat Keras.....	55
5.1.1 Pengujian Set Point Potensiometer.....	55
5.1.2 Pengujian Sensor Cahaya LDR	57
5.1.3 Pengujian Aktuator Lampu LED.....	59
5.1.2 Pengujian Mikrokontroler ATMega32	60
5.2 Pengujian Perangkat Lunak	61
5.2.1 Pengujian <i>Real Time Clock</i>	61
5.2.2 Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus	62
5.2.3 Pengujian Nilai Pembacaan Sensor.....	63
5.2.3 Pengujian <i>Summing Point</i>	64
5.2.3 Pengujian Perubahan Nilai Error	65
5.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan	66
BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN	70
6.1 Kesimpulan	70
6.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Cahaya Nampak.....	6
Gambar 2.2	(a) Lampu LED	10
	(b) Simbol LED	10
Gambar 2.3	(a) Fotoresistor / LDR	11
	(b) Simbol LDR.....	11
Gambar 2.4	Penempatan Lampu Penerangan.....	14
Gambar 2.5	Tiang Lampu Lengan Tunggal.....	16
Gambar 2.6	Tiang Lampu Lengan Ganda	16
Gambar 2.7	Tiang Lampu Tegak Tanpa Lengan.....	17
Gambar 2.8	Kontroler Fuzzy.....	18
Gambar 2.9	Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy.....	18
Gambar 2.10	Fungsi Keanggotaan Bentuk Linier.....	20
	(a) Naik	20
	(b) Turun	20
Gambar 2.11	Fungsi Keanggotan Bentuk Triangular	20
Gambar 2.12	Fungsi Keanggotan Bentuk Trapesium.....	21
Gambar 2.13	Fungsi Keanggotaan Bentuk S	21
Gambar 2.14	Fungsi Keanggotan Bentuk π	22
Gambar 2.15	Inferensi Fuzzy Metode MAX-MIN.....	24
Gambar 2.16	Inferensi Fuzzy Metode MAX-DOT	25
Gambar 2.17	Diagram Blok ATMega32.....	27
Gambar 2.18	Konfigurasi Pin ATMega32.....	28
Gambar 2.19	Mikrokontroler AVR ATMega32.....	28
Gambar 2.20	Konfigurasi Bit ADMUX	30
Gambar 2.21	Konfigurasi Bit ADCSRA.....	32
Gambar 2.22	Konfigurasi Bit SFIOR	33
Gambar 2.23	Sinyal PWM Secara Umum	34
Gambar 4.1	Blok Diagram Sistem.....	38
Gambar 4.2	Rancangan Miniatur PJU	40
Gambar 4.3	Rancangan Set Point	41

	Halaman
Gambar 4.4 Rancangan Sensor Cahaya LDR	41
Gambar 4.5 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Cahaya LDR	42
Gambar 4.6 Perubahan tegangan V_{SI} terhadap R_{ldr}	43
Gambar 4.7 Rancangan Aktuator Lampu LED	43
Gambar 4.8 Rangkaian Driver Aktuator Lampu LED	44
Gambar 4.9 Rancangan Mikrokontroler ATMega32	46
Gambar 4.10 Otomatisasi Waktu Khusus	47
Gambar 4.11 Fungsi Keanggotan Masukan	50
(a) E	50
(b) ΔE	50
Gambar 4.12 Fungsi Keanggotan Keluaran CO	51
Gambar 4.13 Pengaruh <i>Duty Cycle</i> terhadap Kecerahan Lampu	51
Gambar 4.14 Aturan Fuzzy untuk E dan ΔE	52
Gambar 4.15 Inferensi Metode MAX-MIN pada saat $E = -1.25$ dan $\Delta E = 0.25$	53
Gambar 5.1 Pengujian Set Point Potensiometer	56
Gambar 5.2 Pengujian Sensor Cahaya LDR	58
(a) Kanan	58
(b) Kiri	58
Gambar 5.3 Pengujian Aktuator Lampu LED	60
(a) Kanan	60
(b) Kiri	60
Gambar 5.4 Pengujian Alat Secara Keseluruhan	67
Gambar 5.5 Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus	68
(a) 80 %	69
(b) 90 %	69



DAFTAR TABEL

	Halaman	
Tabel 2.1	Penerapan Kelompok Perubahan Warna.....	8
Tabel 2.2	Pencahayaan Ruas Jalan.....	13
Tabel 2.3	Penempatan Lampu Penerangan.....	14
Tabel 2.4	Penataan Letak lampu Penerangan	15
Tabel 2.5	Pemilihan Tegangan Referensi ADC.....	31
Tabel 2.6	Pemilihan Channel ADC.....	31
Tabel 2.7	Pengaturan Faktor Pembagi Clock Masukan ADC	32
Tabel 2.8	Pemilihan Picu ADC Otomatis	33
Tabel 4.1	Perubahan tegangan V_{sl} terhadap R_{ldr}	43
Tabel 5.1	Pengujian Set Point Potensiometer.....	56
Tabel 5.2	Pengujian Sensor Cahaya LDR	57
	(a) Kanan	57
	(b) Kiri	57
Tabel 5.3	Pengujian Aktuator Lampu LED	59
	(a) Kanan	59
	(b) Kiri	59
Tabel 5.4	Pengujian Mikrokontroler ATMega32.....	61
Tabel 5.5	Pengujian <i>Real Time Clock</i>	62
Tabel 5.6	Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus.....	63
Tabel 5.7	Pengujian Nilai Pembacaan Sensor	64
Tabel 5.8	Pengujian <i>Summing Point</i>	65
Tabel 5.9	Pengujian Perubahan Nilai Error	66
Tabel 5.10	Pengujian Alat Secara Keseluruhan	67
Tabel 5.11	Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus	68
	(a) 80 %	68
	(b) 90 %	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu penerangan sangat diperlukan oleh manusia untuk mengenali objek secara visual. Sumber penerangan alami di sistem tata surya adalah matahari, akan tetapi sinar matahari tidak selalu menyinari seluruh permukaan bumi. Sinar matahari hanya menyinari sebagian permukaan bumi secara bergantian, sehingga sebagian permukaan bumi yang lain akan mengalami kegelapan (malam). Pada malam hari manusia akan lebih sulit mengenali objek secara visual, karena kurangnya penerangan. Walaupun ada patulan sinar matahari oleh bulan, tapi hal itu belum cukup, sehingga manusia memerlukan sumber penerangan lain. Pada awalnya manusia menggunakan api sebagai sumber penerangan sampai akhirnya ditemukan sumber penerangan buatan yang disebut lampu.

Lampu adalah suatu teknologi yang diciptakan bertujuan untuk memudahkan aktivitas manusia. Lampu mengubah energi listrik menjadi energi panas dan cahaya. Seperti hanya teknologi yang lain lampu juga mengalami perkembangan. Perkembangan lampu bertujuan untuk meningkatkan efisiensi lampu berdasarkan fungsinya sebagai penerangan. Dalam hal ini perkembangan teknologi lampu bertujuan mengurangi energi panas yang dihasilkan dan meningkatkan energi cahaya, karena energi panas yang dihasilkan akan mengurangi ketahanan dan umur lampu. Beberapa jenis lampu diantaranya lampu pijar, lampu halogen, lampu neon, lampu sodium, lampu mercuri dan teknologi terakhir yang digunakan adalah *light emitting diode* (LED).

LED adalah teknologi lampu terbaru, sebelumnya LED digunakan hanya sebagai lampu indikator bukan sebagai penerangan. LED adalah sejenis dioda semikonduktor yang dapat memancarkan cahaya dan hampir tidak mengeluarkan energi panas. Sehingga dalam perkembangannya LED diketahui lebih memiliki ketahanan dan umur jauh lebih lama daripada jenis lampu lainnya. Selain itu, dalam penggunaan energi listrik, LED juga lebih hemat. Akan tetapi lampu LED sebagai penerangan jarang didapati di pasaran dan harganya juga masih mahal daripada jenis lampu lainnya.

Dalam dunia transportasi salah satu fungsi lampu adalah untuk penerangan jalan umum (PJU). PJU digunakan untuk memberikan keselamatan, kelancaran dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Umumnya otomatisasi untuk pengaturan PJU hanya menggunakan prinsip on-off, yaitu mati saat lingkungan terang (siang hari) dan nyala

saat lingkungan gelap (malam hari). Tetapi hal ini ternyata masih mengakibatkan masalah. Sebagai contohnya ada kondisi pencahayaan lingkungan tersebut diantara gelap (malam hari) dan terang (siang hari). Pada saat mendung dan hujan misalnya, pada saat itu keadaan cahaya lingkungan redup. Dengan prinsip *on-off* sangat dimungkinkan terjadi kondisi apakah hal ini perlu menyalakan lampu PJU atau tidak. Dengan kondisi lampu *off*, intensitas cahaya kurang akan mengurangi jarak pandang, akan tetapi dengan kondisi lampu *on*, intensitas cahaya mungkin bisa berlebih, hal ini akan membuat lampu menyilaukan mengakibatkan polusi cahaya (Aria Utama, Judhistira dan Lina Aviyanti, 2008). Kedua hal tersebut akan mengurangi kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu perlu adanya pengaturan intensitas cahaya PJU yang bekerja diantara dua kondisi tersebut. Pengaturan tersebut biasa disebut dengan peredupan.

Peredupan dapat menggunakan pengaturan tegangan masukan, pengaturan arus, atau pengaturan sudut fase. Dengan pengaturan penerangan dimungkinkan penghematan energi listrik. Dalam hal ini pengaturan lampu LED PJU menggunakan pengaturan arus. Karena sistem ini sistem digital berbasis Mikrokontroler, maka pengaturan *pulse width modulation* (PWM) digunakan untuk mempermudah pengaturan intensitas cahaya LED. Kontroler yang digunakan adalah kontroler logika fuzzy. Algoritma fuzzy merupakan algoritma yang mudah dan handal untuk diaplikasikan sebagai pengendali pada berbagai macam sistem dengan hanya menggunakan variabel-variabel masukan dan keluaran sistem tanpa harus mengetahui fungsi alih sistem tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari masalah yang telah disebutkan di atas maka dalam skripsi ini, rumusan masalah ditekankan pada :

- a) Bagaimana merancang dan membuat miniatur lampu LED sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU)?
- b) Bagaimana merancang dan membuat kontroler fuzzy untuk pengaturan intensitas cahaya lampu LED?
- c) Bagaimana merancang dan membuat otomatisasi waktu khusus untuk penerangan jalan umum?

1.3 Batasan Masalah

Dalam perancangan untuk skripsi ini permasalahan dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

- a) Perancangan berupa miniatur penerangan jalan umum (PJU) dengan tiang lengan ganda, lampu penerangan yang digunakan adalah *light emitting diode* (LED), dan sensor cahaya yang digunakan adalah *light dependent resistor* (LDR).
- b) Kontroler yang digunakan adalah kontroler algoritma fuzzy berbasis Mikrokontroler Atmega32, dan pengaturan tegangan masukan lampu LED menggunakan pengaturan *pulse width modulation* (PWM).
- c) Otomatisasi waktu khusus untuk mengatur besarnya nilai set point pada jam-jam tertentu.

1.4 Tujuan

Tujuan pembuatan skripsi ini adalah menerapkan algoritma fuzzy sebagai kontroler untuk pengaturan intensitas cahaya lampu LED sebagai otomatisasi PJU, yang diharapkan dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Membahas tentang uraian latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat, yang meliputi: dasar teori Pencahayaan (didalamnya mencakup Lampu LED dan Sensor LDR), Penerangan Jalan Umum (PJU), Kontroler Logika Fuzzy, Sistem Mikrokontroler ATMega32 (didalamnya mencakup ADC dan PWM).

Bab III Metodologi Penelitian

Membahas metode-metode yang dipakai dalam melakukan perancangan, pengujian, dan analisis data.



Bab IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas perancangan dan perealisasian sistem yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja, dan realisasi sistem secara keseluruhan.

Bab V Pengujian dan Analisis

Membahas aspek pengujian meliputi penjelasan tentang cara pengujian dan hasil pengujian. Aspek analisis meliputi penilaian atau komentar terhadap hasil-hasil pengujian. Pengujian dan analisis ini terhadap alat yang telah direalisasikan berdasarkan masing-masing blok dan sistem secara keseluruhan.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem yang telah dibuat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari alat ini, maka perlu adanya penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah :

- Pencahayaan (didalamnya mencakup Lampu LED dan Sensor LDR)
- Penerangan Jalan Umum (PJU)
- Kontoler Logika Fuzzy
- Sistem Mikrokontroler ATMega32 (didalamnya mencakup ADC dan PWM)

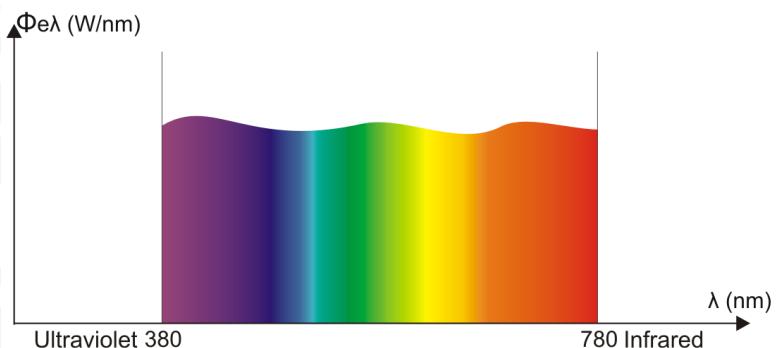
2.1 Pencahayaan

Cahaya merupakan salah satu bagian berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang dapat merambat di medium hampa udara. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya. Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut (UNEP, 2006 : 2) :

- a) Pijar padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu 1000K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- b) Muatan Listrik : Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi yang spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
- c) *Electroluminescence* : Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- d) *Photoluminescence* : Radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan, dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat maka radiasi tersebut disebut *fluorescence* atau *phosphorescence*.

Tidak semua gelombang cahaya dapat dilihat, mata manusia hanya dapat melihat cahaya yang memiliki panjang gelombang (λ) antara 380 – 780 nanometer, atau biasa disebut cahaya nampak.





Gambar 2.1 Cahaya Nampak

Sumber : UNEP, 2006 : 2

2.1.1 Istilah dan Rumus Pencahayaan

Ada beberapa istilah dan rumus dalam pencahayaan, diantaranya adalah (UNEP, 2006) :

- 1) Fluks Cahaya (Φ) adalah jumlah total cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya setiap detik.

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (2.1)$$

dengan

Φ : fluks cahaya dalam lumen (lm)

Q : energi cahaya dalam lumen detik (lm.dt)

t : waktu dalam detik (dt)

- 2) Intensitas Cahaya (I) adalah fluks cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2.2)$$

dengan

I : intensitas cahaya dalam candela (cd) = lm/sr

Φ : fluks cahaya dalam lumen (lm)

ω : sudut ruang dalam steridian (sr)

- 3) Kuat Cahaya (E) atau iluminasi adalah intensitas cahaya yang mengenai suatu permukaan bidang ukur yang diterangi secara seragam.

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.3)$$

dengan

E : iluminasi dalam lux (lx) = lm/m²

Φ : fluks cahaya dalam lumen (lm)

A : luas bidang (m²)

karena arus cahaya $\Phi = \omega \cdot I$ dan $A = \omega \cdot R^2$

maka

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (2.4)$$

- 4) Luminasi (L) adalah pernyataan kuantitatif jumlah cahaya yang dipatulkan oleh permukaan pada suatu arah.

$$L = \frac{\phi}{\omega \cdot R} \quad (2.5)$$

maka

$$L = \frac{I}{R} \quad (2.6)$$

dengan

$$L : \text{luminasi dalam nit (nt)} = \text{cd/m}^2$$

$$I : \text{intensitas cahaya dalam candela (cd)} = \text{lm/sr}$$

$$r : \text{titik jarak / luas (m}^2\text{)}$$

Selain dari istilah di atas ada istilah lain yang ada pada pencahayaan buatan (lampa).

- 1) Efikasi / *efficacy* (η) adalah perbandingan fluks cahaya dengan daya.

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (2.7)$$

dengan

$$\eta : \text{efikasi cahaya dalam (lm/w)} = \text{lumen/watt}$$

$$P : \text{daya listrik dalam watt (w)}$$

$$\Phi : \text{fluks cahaya dalam lumen (lm)}$$

- 2) Suhu warna dinyatakan dalam skala Kelvin ($K = \text{Celsius} + 273$), adalah penampakan warna dari lampu itu sendiri dan cahaya yang dihasilkannya. Untuk lampu pijar, suhu warna merupakan nilai yang sesungguhnya, untuk lampu Neon dan lampu dengan pelepasan intensitas tinggi (HID), nilainya berupa perkiraan dan disebut korelasi suhu warna. Suhu warna lampu membuat sumber cahaya akan nampak hangat, netral atau sejuk. Umumnya, makin rendah suhu, makin hangat sumber, dan sebaliknya.
- 3) Perubahan warna Kemampuan sumber cahaya merubah warna permukaan secara akurat dapat diukur dengan baik oleh indeks perubahan warna. Indeks ini didasarkan pada ketepatan serangkaian uji warna dipancarkan kembali oleh lampu yang menjadi perhatian relatif terhadap lampu uji, persesuaian yang sempurna akan diberi angka 100. Indeks CIE memiliki keterbatasan, namun cara ini merupakan cara yang sudah diterima secara luas untuk sifat-sifat perubahan warna dari sumber cahaya.

Tabel 2.1 Penerapan Kelompok Perubahan Warna

Kelompok Perubahan Warna	Indeks (Ra) Umum Perubahan Warna	Penerapan Khusus
1 A	$Ra > 90$	Perubahan warna yang akurat diperlukan misal pemeriksaan

		warna cetakan
1 B	$80 < Ra < 90$	Pertimbangan warna yang akurat penting atau perubahan warna yang baik diperlukan untuk alasan penampilan misal cahaya peraga
2	$60 < Ra < 80$	Perubahan warna yang cukup/ moderate diperlukan
3	$40 < Ra < 60$	Perubahan warna memiliki sedikit arti namun adanya penyimpangan warna tidak dapat diterima
4	$20 < Ra < 40$	Perubahan warna tidak ada penting sama sekali dan penyimpangan warna dapat diterima

Sumber : UNEP, 2006 : 5

2.1.2 Lampu Light Emitting Diode (LED)

Light emitting diode (LED) merupakan jenis dioda semikonduktor yang dapat mengeluarkan energi cahaya ketika diberikan tegangan. Ketika sebuah dioda sedang mengalirkan elektron, terjadi pelepasan energi yang umumnya berbentuk emisi panas dan cahaya. Material semikonduktor pada dioda sendiri menyerap cukup banyak energi cahaya, sehingga tidak seluruhnya dilepaskan. LED merupakan dioda yang dirancang untuk melepaskan sejumlah banyak foton, sehingga dapat mengeluarkan cahaya.

Bila suatu diode diberi prategangan maju, elektron-elektron bebas akan bergabung kembali dengan lubang-lubang di sekitar persambungan. Ketika meluruh dari tingkat energi lebih tinggi ke tingkat energi lebih rendah elektron-elektron bebas tersebut akan mengeluarkan energinya dalam bentuk radiasi. Dalam diode penyearah, hampir seluruh energi ini dilepaskan dalam bentuk panas. Dalam LED, sebagian dari selisih energi ini dilepaskan sebagai radiasi cahaya.

Umumnya LED dibungkus oleh bohlam plastik yang dirancang sehingga cahaya yang dikeluarkan terfokus pada suatu arah tertentu. Setiap material hanya dapat mengemisikan foton dalam rentang frekuensi sangat sempit. LED yang menghasilkan warna berbeda terbuat dari material semikonduktor yang berbeda pula, serta membutuhkan tingkat energi berbeda untuk menghasilkan cahaya. Misalnya AlGaAs - merah dan inframerah, AlGaP – hijau, GaP - merah, kuning dan hijau.

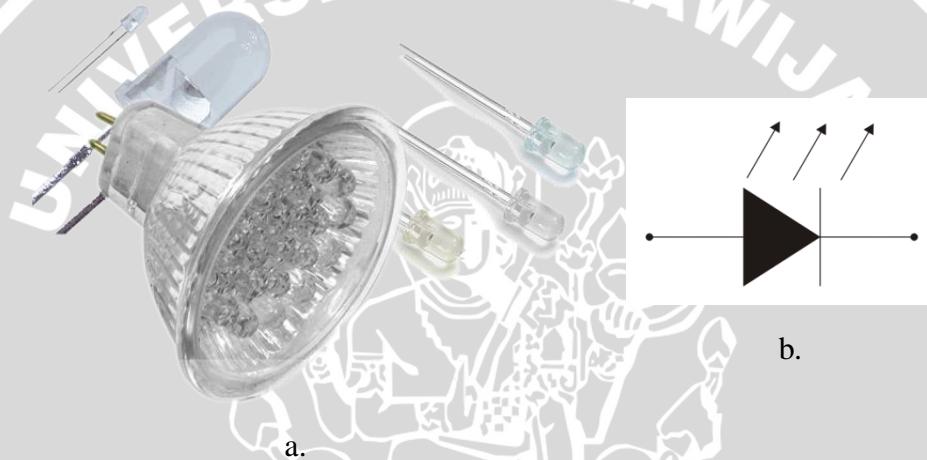
Lampu pijar lebih murah tapi juga kurang efisien dibanding LED. Lampu TL lebih efisien daripada lampu pijar, tapi butuh tempat besar, mudah pecah dan membutuhkan *starter* atau rangkaian *ballast* yang terkadang terdengar suara dengungnya. LED mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu pijar konvensional. LED tidak memiliki filamen yang terbakar, sehingga usia pakai LED jauh lebih panjang daripada lampu pijar, LED tidak memerlukan gas untuk menghasilkan cahaya. Selain itu bentuk dari LED yang sederhana, kecil dan kompak memudahkan penempatannya. Dalam hal efisiensi, LED juga memiliki keunggulan. Pada lampu pijar konvensional, proses produksi cahaya menghasilkan panas yang tinggi karena filamen lampu harus dipanaskan. LED hanya sedikit menghasilkan panas, sehingga porsi terbesar dari energi listrik yang ada digunakan untuk menghasilkan cahaya dan membuatnya jauh lebih efisien.

Dalam terminologi teknik pencahayaan, LED dapat dikatakan memiliki tingkat efisiensi atau efikasi yang tinggi, karena perbandingan banyaknya energi cahaya yang dikeluarkan LED dengan besarnya daya listrik yang dikonsumsinya cukup tinggi jika dibandingkan dengan lampu pijar



konvensional. LED dengan cahaya monokromatiknya memiliki keunggulan kekuatan yang besar lebih dari cahaya putih ketika warna yang spesifik diperlukan. tidak seperti cahaya putih tradisional, LED tidak membutuhkan lapisan atau diffuser yang banyak mengabsorpsi cahaya yang dikeluarkan. cahaya LED mempunyai sifat warna tertentu, dan tersedia pada range warna yang lebar. salah satunya yang baru-baru ini warnanya diperkenalkan adalah emerald green (bluish green, panjang gelombangnya kira-kira 500nm) yang cocok dengan persyaratan sebagai sinyal lalu lintas dan cahaya navigasi. Cahaya LED kuning adalah pilihan bagus karena mata manusia sensitif pada cahaya kuning (kira-kira yang dipancarkan 500lm/watt). Spesifikasinya :

- Efisiensi : lebih dari 70 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna : tergantung warna penerangan cahayanya (putih 1A)
- Suhu Warna : apa saja
- Umur Lampu : 40.000 – 100.000 jam



Gambar 2.2 (a) Lampu LED (b) Simbol LED

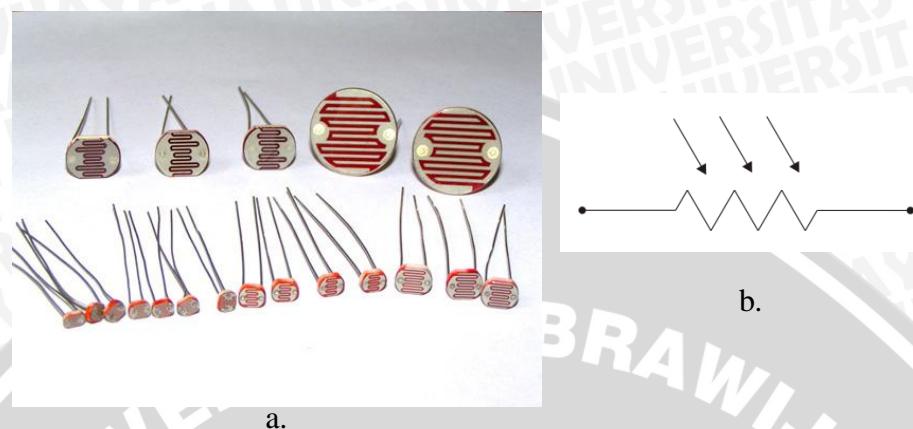
Sumber : www.google.com

2.1.3 Fotoresistor / Light Dependent Resistor (LDR)

Light dependent resistor (LDR) adalah bagian dari kelompok resistor yang mempunyai kepekaan pada perubahan intensitas cahaya. Jika intensitas cahaya yang mengenai LDR berubah maka nilai resistansi dari LDR juga akan berubah. LDR dibuat dari semikonduktor (CdS, Ga dan Si) beresistansi tinggi yang tidak dilindungi dari cahaya. Jika cahaya yang mengenainya memiliki frekuensi yang cukup tinggi, foton yang diserap oleh semikonduktor akan menyebabkan elektron memiliki energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Elektron bebas yang dihasilkan (dan pasangan lubangnya) akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya.

Perubahan nilai resistansi dari LDR bisa sebanding dengan perubahan intensitas dari cahaya tetapi juga bisa sebaliknya. Hal ini tergantung oleh jenis LDR yang digunakan, untuk LDR yang mempunyai perbandingan terbalik dengan perubahan

nilai resistansi, maka kenaikan dari intensitas cahaya di sekitar LDR akan mengakibatkan nilai dari resistansi berkurang. Perubahan nilai resistansi disebabkan oleh kenaikan jumlah elektron dalam LDR, sehingga LDR tersebut akan lebih konduktif. Perubahan nilai resistansi dari LDR dapat digunakan sebagai sensor pada sebuah sistem.



Gambar 2.3 (a) Fotoresistor / LDR (b) simbol LDR

Sumber : www.google.com

2.2 Penerangan Jalan Umum (PJU)

Penerangan jalan umum (PJU) adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan dapat diletakkan atau dipasang di kiri/kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan dan jalan di bawah tanah. Suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya, elemen optik, elemen elektrik dan struktur penopang serta pondasi tiang lampu.

2.2.1 Fungsi Penerangan Jalan

Penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi antara lain (BSN, 2008 : 4) :

- Menghasilkan kekontrasan antara obyek dan permukaan jalan.
- Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan.
- Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari.
- Mendukung keamanan lingkungan.
- Memberikan keindahan lingkungan jalan.

2.2.2 Dasar Perencanaan Penerangan Jalan

Perencanaan penerangan jalan terkait dengan hal-hal berikut ini (BSN, 2008 : 4)

:

- a) Volume lalu-lintas, baik kendaraan maupun lingkungan yang bersinggungan seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda, dll.
- b) Tipikal potongan melintang jalan, situasi (*lay-out*) jalan dan persimpangan jalan.
- c) Geometri jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal, dll.
- d) Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan.
- e) Pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya/lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik.
- f) Tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan, dan lain-lain, agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis.
- g) Rencana jangka panjang pengembangan jalan dan pengembangan daerah sekitarnya.
- h) Data kecelakaan dan kerawanan di lokasi.

Beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan penerangan jalan antara lain sebagai berikut (BSN, 2008 : 4) :

- a) Lebar ruang milik jalan yang bervariasi dalam satu ruas jalan.
- b) Tempat-tempat yang memiliki kondisi lengkung horisontal (tikungan) tajam.
- c) Tempat yang luas seperti persimpangan, interchange, tempat parkir, dll.
- d) Jalan-jalan berpohon.
- e) Jalan-jalan dengan lebar median yang sempit, terutama untuk pemasangan lampu di bagian median.
- f) Jembatan sempit/panjang, jalan layang dan jalan bawah tanah (terowongan).
- g) Tempat-tempat lain yang memiliki lingkungan jalan banyak berinterferensi dengan jalannya.

2.2.3 Ketentuan dan Penempatan Pencahayaan

2.2.3.1 Pencahayaan Ruas Jalan

Kualitas pencahayaan pada suatu jalan diukur berdasarkan metoda iluminansi atau luminansi. Meskipun demikian lebih mudah menggunakan metoda iluminansi, karena dapat diukur langsung di permukaan jalan dengan menggunakan alat pengukur kuat cahaya. Kualitas pencahayaan normal menurut jenis/klasifikasi fungsi jalan ditentukan seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pencahayaan Ruas Jalan

Jenis / Klasifikasi Jalan	Kuat Pencahayaan (Iluminansi)		Luminansi		Batasan Silau		
	E rata-rata (lux)	Kemerataan (Uniformity)	L rata-rata (cd/m^2)	Kemerataan (Uniformity)		G	TJ (%)
		g_I		V_D	V_I		
Trotoar	1 – 4	0.10	0.10	0.40	0.50	4	20
Jalan lokal:							
- Primer	2 – 5	0.10	0.50	0.40	0.50	4	20
- Sekunder	2 – 5	0.10	0.50	0.40	0.50	4	20
Jalan kolektor							
- Primer	3 – 7	0.14	1.00	0.40	0.50	4 – 5	20
- Sekunder	3 – 7	0.14	1.00	0.40	0.50	4 – 5	20
Jalan arteri							
- Primer	11 – 20	0.14 – 0.20	1.50	0.40	0.50 – 0.70	5 – 6	20
- Sekunder	11 – 20	0.14 – 0.20	1.50	0.40	0.50 – 0.70	5 – 6	20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15 – 20	0.14 – 0.20	1.50	0.40	0.50 – 0.70	5 – 6	20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20 – 25	0.20	2.00	0.40	0.70	6	10

Sumber : BSN, 2008 : 8

Keterangan :

- g_I : E min/ E maks
- V_D : L min/ L maks
- V_I : L min/ L rata-rata
- G : Silau (glare)
- TJ : Batas ambang kesilauan

2.2.3.2 Penempatan Lampu Penerangan

- 1) Penempatan lampu penerangan jalan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan:
 - a) Kemerataan pencahayaan yang sesuai dengan ketentuan pencahayaan ruas jalan.
 - b) Keselamatan dan keamanan bagi pengguna jalan.
 - c) Pencahayaan yang lebih tinggi di area tikungan atau persimpangan, dibanding pada bagian jalan yang lurus.
 - d) Arah dan petunjuk (guide) yang jelas bagi pengguna jalan dan pejalan kaki.
- 2) Sistem penempatan lampu penerangan jalan yang disarankan seperti pada Tabel 2.3.

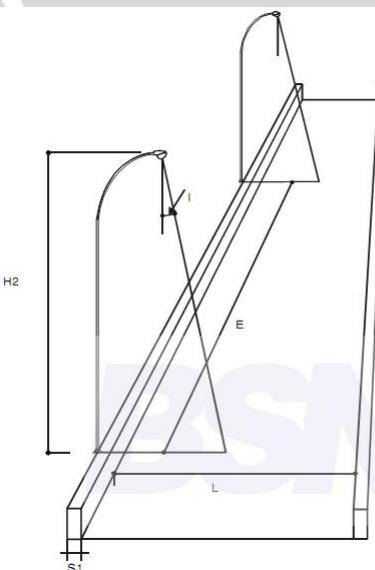
Tabel 2.3 Penempatan Lampu Penerangan

Jenis Jalan / Jembatan	Sistem Penempatan Lampu
------------------------	-------------------------

Yang Digunakan	
- Jalan lokal	sistem menerus dan parsial
- Jalan kolektor	sistem menerus dan parsial
- Jalan arteri	sistem menerus dan parsial
- Persimpangan	sistem menerus
- Jembatan	sistem menerus
- Terowongan	sistem menerus bergradasi pada ujung terowongan

Sumber : BSN, 2008 : 11

- 3) Pada sistem penempatan parsial, lampu penerangan jalan harus memberikan adaptasi yang baik bagi penglihatan pengendara, sehingga efek kesilauan dan ketidaknyamanan penglihatan dapat dikurangi.
- 4) Perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Penempatan Lampu Penerangan

Sumber : BSN, 2008 : 12

dengan :

- H : Tinggi tiang lampu
- L : Lebar badan jalan (termasuk median jika ada)
- E : Jarak interval antar tiang lampu
- $S_1 + S_2$: Proyeksi kerucut cahaya lampu
- S_1 : Jarak tiang lampu ke tepi kereb
- S_2 : Jarak dari tepi kereb ke titik peninjangan terjauh
- I : Sudut inklinasi pencahayaan

- 5) Batasan penempatan lampu penerangan jalan tergantung dari tipe lampu, tinggi lampu, lebar jalan dan tingkat kemerataan pencahayaan dari lampu yang akan digunakan.

2.2.3.3 Penataan Letak Lampu Penerangan

Penataan/pengaturan letak lampu penerangan jalan diatur seperti pada Tabel 2.4. Di daerah-daerah atau kondisi yang memiliki median sangat lebar (> 10 meter) atau pada jalan dimana jumlah lajur sangat banyak (> 4 lajur setiap arah) perlu dipertimbangkan dengan pemilihan penempatan lampu penerangan jalan kombinasi dari cara-cara tersebut di atas dan pada kondisi seperti ini, pemilihan penempatan lampu penerangan jalan direncanakan sendiri-sendiri untuk setiap arah lalu-lintas.

Tabel 2.4 Penataan Letak Lampu Penerangan

Tempat	Penataan / Pengaturan Letak
Jalan satu arah	<ul style="list-style-type: none">- di kiri atau kanan jalan- di kiri dan kanan jalan berselang-seling- di kiri dan kanan jalan berhadapan- di bagian tengah / separator jalan
Jalan dua arah	<ul style="list-style-type: none">- di bagian tengah / median jalan- kombinasi antara di kiri dan kanan berhadapan dengan di bagian tengah / median jalan- katenasi (di bagian tengah jalan dg sistem digantung)
Persimpangan	<ul style="list-style-type: none">- dapat dilakukan dengan menggunakan lampu menara dengan beberapa lampu, umumnya ditempatkan di pulau-pulau, di median jalan, di luar daerah persimpangan

Sumber : BSN, 2008 : 14

2.2.3.4 Pemasangan Lampu dengan Tiang

- 1) Tiang lampu dengan lengan tunggal

Tiang lampu ini pada umumnya diletakkan pada sisi kiri atau kanan jalan. Tipikal bentuk dan struktur tiang lampu dengan lengan tunggal seperti diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tiang Lampu Lengan Tunggal

Sumber : BSN, 2008 : 20

- 2) Tiang lampu dengan lengan ganda

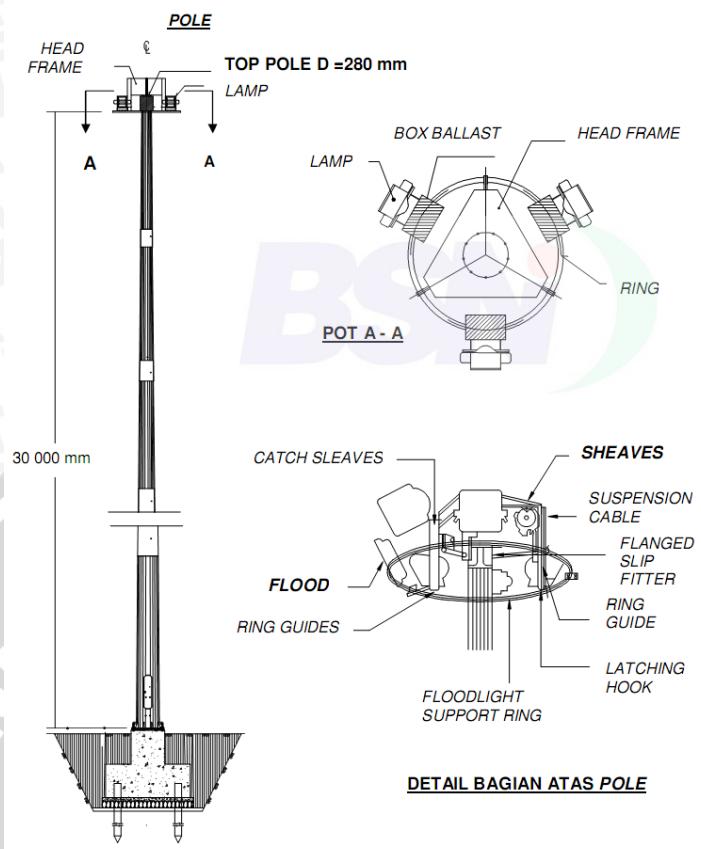
Tiang lampu ini khusus diletakkan di bagian tengah/median jalan, dengan catatan jika kondisi jalan yang akan diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang. Tipikal bentuk dan struktur tiang lampu dengan lengan ganda seperti diilustrasikan pada Gambar 2.6.

**Gambar 2.6 Tiang Lampu Lengan Ganda**

Sumber : BSN, 2008 : 21

- 3) Tiang lampu tegak tanpa lengan

Tiang lampu ini terutama diperlukan untuk menopang lampu menara, yang pada umumnya ditempatkan di persimpangan-persimpangan jalan ataupun tempat-tempat yang luas seperti *interchange*, tempat parkir, dll. Jenis tiang lampu ini sangat tinggi, sehingga sistem penggantian/perbaikan lampu dilakukan di bawah dengan menurunkan dan menaikkan kembali lampu tersebut menggunakan *suspension cable*.



Gambar 2.7 Tiang Lampu Tegak Tanpa Lengan

Sumber : BSN, 2008 : 22

2.3 Logika Fuzzy

Fuzzy secara harfiah berarti samar, sedangkan kebalikannya dalam hal ini adalah *Crisp* yang secara harfiah berarti tegas. Dalam kehidupan sehari-hari nilai samar lebih akrab daripada nilai tegas. Temperatur / suhu tertentu biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, atau sangat dingin daripada dinyatakan dalam nilai terukur tertentu.

Tahun 1965 L. A. Zadeh memodifikasi teori himpunan yang disebut himpunan kabur (Fuzzy Set).

Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval [0,1]. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain nilai kebenaran suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak diantaranya.

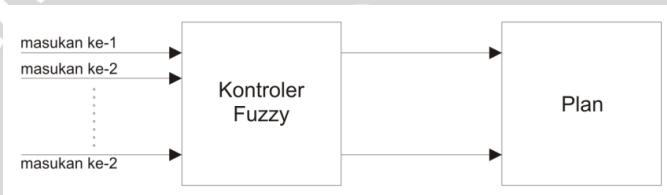
Sejak 1985 pengendalian berbasis logika fuzzy mengalami perkembangan pesat.

Ada beberapa alasan digunakannya logika fuzzy, diantaranya (Kusumadewi, 2004 : 2) :

- a) Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
- b) Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
- c) Logika fuzzy dapat digunakan pada fungsi nonlinear sangat kompleks yang sulit dimodelkan matematis.
- d) Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung.

2.3.1 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

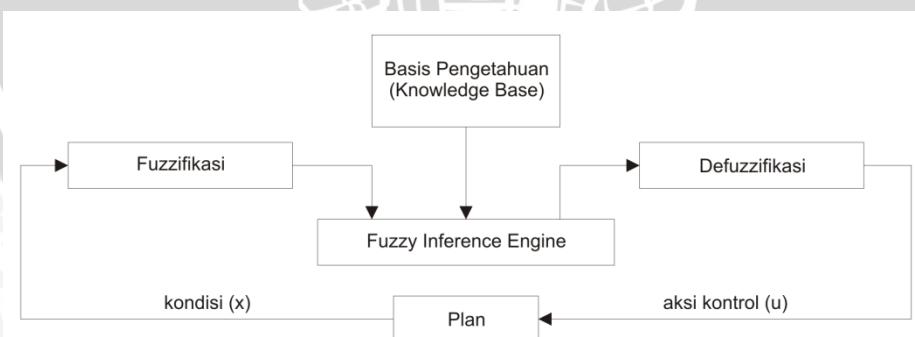
Dalam sistem pengendalian dengan logika fuzzy dilibatkan suatu blok pengendali yang menerima satu atau lebih masukan dan mengumpulkan satu atau lebih keluaran ke plant atau blok lain sebagaimana terlihat dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kontroler Fuzzy

Sumber : Jun Yan, 1994

Komponen utama penyusun *Fuzzy Logic Controller* adalah unit fuzzifikasi, fuzzy inference, basis pengetahuan dan unit defuzzifikasi. Struktur dasar *Fuzzy Logic Controller* dapat dilihat dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

Sumber : Jun Yan, 1994

Basis pengetahuan terdiri dari dua jenis (Jun Yan, 1994) :

- Basis data

Mendefinisikan parameter fuzzy sebagai bagian dari himpunan fuzzy dengan menentukan batas-batas fungsi keanggotaan pada semesta pembicaraan untuk tiap-tiap variabel.

- Basis aturan

Memetakan nilai masukan fuzzy menjadi nilai keluaran fuzzy.

2.3.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan menotasikan nilai kebenaran anggota-anggota himpunan fuzzy. Interval nilai yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan, yaitu nol dan satu. Tiap fungsi keanggotaan memetakan elemen himpunan *crisp* ke semesta himpunan fuzzy.

Suatu himpunan fuzzy A dalam semesta pembicaraan U dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, μ_A yang harganya berada dalam interval [0,1]. Secara matematika hal ini dinyatakan dengan :

$$\mu_A: U \rightarrow [0,1] \quad (2.8)$$

Ada beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, diantaranya (Sri Kusumadewi, 2004) :

- 1) Fungsi keanggotaan bentuk Linear

Difinisi fungsi linear sebagai berikut :

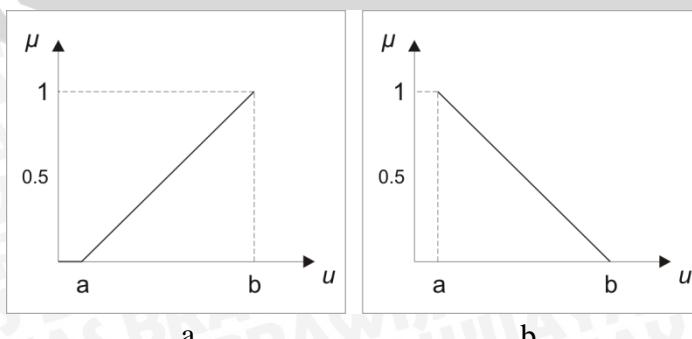
- a) Linear naik

$$L(u, a, b) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{(u-a)}{(b-a)} & a \leq u \leq b \\ 1 & u > b \end{cases} \quad (2.9)$$

- b) Linear turun

$$L(u, a, b) = \begin{cases} 1 & u < a \\ \frac{(b-u)}{(b-a)} & a \leq u \leq b \\ 0 & u > b \end{cases} \quad (2.10)$$

Fungsi keanggotaan bentuk linear ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Fungsi Keanggotaan Bentuk Linear (a) Naik (b) Turun

Sumber : Kusumadewi, 2004 : 9

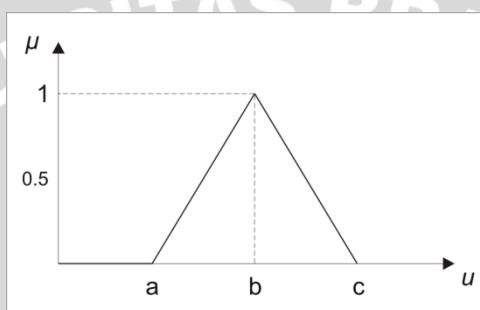
Fungsi keanggotaan bentuk linear adalah bentuk paling sederhana dari fungsi keanggotaan fuzzy.

- 2) Fungsi keanggotaan bentuk Triangular

Definisi fungsi triangular sebagai berikut :

$$T(u, a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (2.11)$$

Fungsi keanggotaan bentuk tringular ditunjukkan pada Gambar 2.11.

**Gambar 2.11** Fungsi Keanggotaan Bentuk Triangular

Sumber : Kusumadewi, 2004 : 11

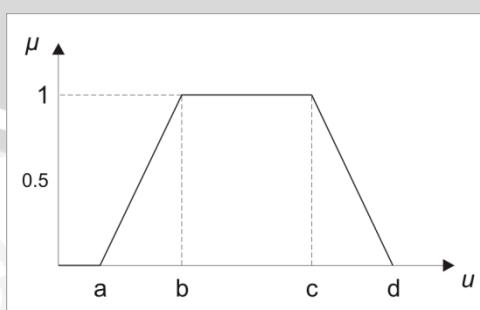
Fungsi keanggotaan bentuk triangular ini digunakan bila diinginkan himpunan fuzzy mempunyai nilai kebenaran tidak nol.

- 3) Fungsi keanggotaan bentuk Trapesium

Definisi fungsi trapesium sebagai berikut :

$$T(u, a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & u < a \text{ atau } u > d \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ 1 & b \leq u \leq c \\ \frac{d-u}{d-c} & c \leq u \leq d \end{cases} \quad (2.12)$$

Fungsi keanggotaan bentuk trapesium ditunjukkan pada Gambar 2.12.

**Gambar 2.12** Fungsi Keanggotaan Bentuk Trapesium

Sumber : Kusumadewi, 2004 : 13



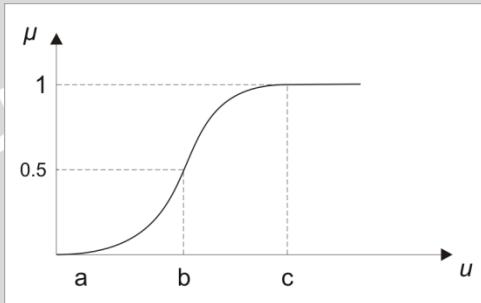
Fungsi keanggotaan bentuk trapesium ini digunakan bila diinginkan himpunan fuzzy mempunyai nilai kebenaran tidak nol.

4) Definisi fungsi-S adalah sebagai berikut :

$$S(u, a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ 2\left(\frac{u-a}{c-a}\right)^2 & a \leq u \leq b \\ 1-2\left(\frac{u-a}{c-a}\right)^2 & b \leq u \leq c \\ 1 & u > c \end{cases} \quad (2.13)$$

$$b = \frac{(a+c)}{2}$$

Bentuk fungsi keanggotaan bentuk S ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Fungsi Keanggotaan Bentuk S

Sumber : Kusumadewi, 2004 : 17

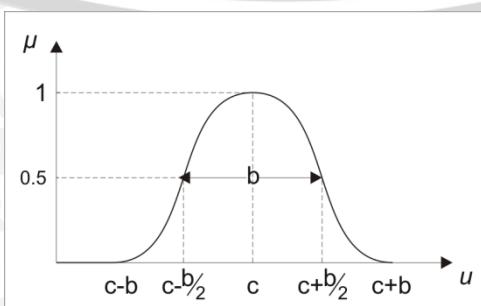
Fungsi keanggotaan bentuk S ini digunakan bila diinginkan himpunan fuzzy mempunyai nilai kebenaran mendekati nol dan satu lebih banyak.

5) Fungsi keanggotaan bentuk π

Definisi fungsi- π adalah sebagai berikut :

$$\pi(u, a, b, c) = \begin{cases} S\left(u; c-b, c-\frac{b}{2}, c\right) & u \leq c \\ 1 - S\left(u; c-b, c-\frac{b}{2}, c\right) & u \geq c \end{cases} \quad (2.14)$$

Bentuk fungsi keanggotaan bentuk π ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Fungsi Keanggotaan Bentuk π

Sumber : Kusumadewi, 2004 : 19

Fungsi keanggotaan bentuk π digunakan jika diinginkan elemen himpunan fuzzy memiliki nilai kebenaran mendekati nol lebih banyak.

2.3.3 Kontrol Logika Fuzzy

Kontrol logika fuzzy adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan fuzzy yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel input ke variabel output dengan pernyataan *If - Then*.

Kontroler ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan fuzzy, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran fuzzy. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik melalui proses defuzzifikasi.

2.3.3.1 Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali logika fuzzy harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel fuzzy. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun, maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi fuzzy yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara fuzzy pula. Proses ini disebut fuzzifikasi. (Jun Yan, 1994 : 49).

Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut :

$$x \quad : \text{fuzzifier } (x_0)$$

dengan:

x_0 : nilai *crisp* variabel masukan

x : himpunan fuzzy variabel yang terdefinisi

fuzzifier: operator fuzzifikasi yang memetakan himpunan *crisp* ke himpunan fuzzy

Pedoman memilih fungsi keanggotaan untuk proses fuzzifikasi, menurut Jun Yan, menggunakan :

- 1) Himpunan fuzzy dengan distribusi simetris.

- 2) Gunakan himpunan fuzzy dengan jumlah ganjil, berkaitan erat dengan jumlah kaidah (*rules*).
- 3) Mengatur himpunan fuzzy agar saling menumpuk.
- 4) Menggunakan fungsi keanggotaan bentuk triangular atau trapesium.

2.3.3.2 Aturan Fuzzy (*Fuzzy Rule*)

Fuzzy rule adalah bagian yang menggambarkan dinamika suatu sistem terhadap masukan yang dikarakteristik oleh sekumpulan variabel-variabel linguistik dan berbasis pengetahuan seorang operator ahli. Pernyataan tersebut umumnya dinyatakan oleh suatu pernyataan bersyarat.

Dalam pengendali berbasis fuzzy aturan pengendalian fuzzy berbentuk aturan “IF – THEN”. Untuk sebuah sistem MISO (*Multi Input Single Output*) basis aturan pengendalian fuzzy berbentuk seperti berikut ini.

Rule 1 IF X_1 is A_{11} AND ... AND x_m is A_{1m} THEN Y is B_1

Rule 2 IF X_1 is A_{21} AND ... AND x_m is A_{2m} THEN Y is B_2

.....

.....

Rule n IF X_n is A_{n1} AND ... AND x_m is A_{nm} THEN Y is B_n

Dengan X_j merupakan variabel masukan sistem , A_{ij} merupakan fuzzy set untuk X_j , Y merupakan variabel keluaran sistem, B_i merupakan fuzzy set untuk Y , AND adalah operator fuzzy.

2.3.3.3 Metode Inferensi

Metode inferensi merupakan proses untuk mendapatkan keluaran dari suatu kondisi masukan dengan mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan. Keputusan yang didapatkan pada proses ini masih dalam bentuk fuzzy yaitu derajat keanggotaan keluaran.

Ada beberapa cara untuk mengidentifikasi aturan mana yang akan dipakai dengan menggunakan nilai keanggotaan masukan. Menurut Jun Yan, diantara bermacam metode inferensi fuzzy ada dua metode yang paling sering digunakan pada kontrol logika fuzzy yaitu :

- 1) Metode Inferensi MAX – MIN

Pada metode Max – Min aturan operasi minimum Mamdani digunakan untuk implikasi fuzzy. Persamaan aturan minimum adalah

$$\mu_{c'} = \bigcup_1^n \alpha_i \wedge \mu_{ci} \quad (2.15)$$

dengan $\alpha_i = \mu_{Ai}(x_0) \wedge \mu_{Bi}(y_0)$

Sebagai contoh, terdapat dua basis kaidah atur fuzzy, yaitu :

R₁ : Jika x adalah A₁ dan y adalah B₁ maka z adalah C₁

R₂ : Jika x adalah A₂ dan y adalah B₂ maka z adalah C₂

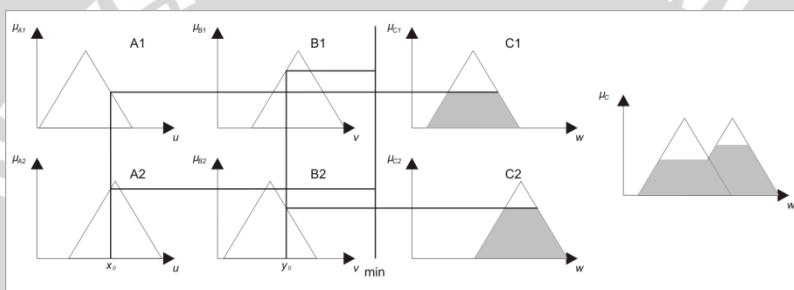
Pada metode penalaran MAX-MIN fungsi keanggotaan konsekuensi dinyatakan dengan

$$\mu_{c1'}(W) = \mu_{c'1} \vee \mu_{c'2} = [\alpha_1 \wedge \mu_{c1}(w)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{c2}(w)] \quad (2.16)$$

$$\text{dengan } \alpha_1 = \mu_{A1}(x_0) \wedge \mu_{B1}(y_0) \quad (2.17)$$

$$\alpha_2 = \mu_{A2}(x_0) \wedge \mu_{B2}(y_0) \quad (2.18)$$

Lebih jelas metode ini dideskripsikan dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Inferensi Fuzzy Metode MAX-MIN

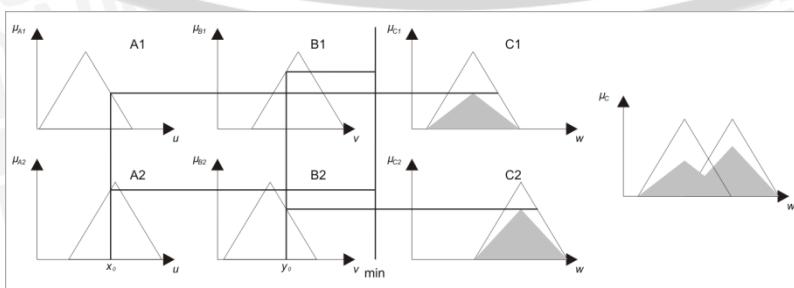
Sumber : Jun Yan, 1994 : 55

2) Metode Inferensi MAX – DOT

Pada metode inferensi Max – Dot, aturan operasi Larsen digunakan untuk fungsi implikasi fuzzy. Metode MAX-DOT fungsi keanggotaan konsekuensi C dinyatakan dengan :

$$\mu_c(\omega) = (\alpha_1 \cdot \mu_{c1}(\bar{\omega})) \vee (\alpha_2 \cdot \mu_{c2}(\bar{\omega})) \quad (2.19)$$

Metode penalaran MAX-DOT diperlihatkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Inferensi Fuzzy Metode MAX-DOT

Sumber : Jun Yan, 1994 : 55

2.3.3.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mendapatkan nilai numerik dari data fuzzy yang dihasilkan dari proses inferensi. (Jun Yan, 1994 : 55).

Proses defuzzifikasi dinyatakan sebagai berikut :

$$y_0 = \text{defuzzifier}(y) \quad (2.20)$$

dengan:

y : aksi kontrol fuzzy

y_0 : aksi kontrol crisp

defuzzifier : operator defuzzifikasi

Dua metode defuzzifikasi yang umum digunakan adalah :

1) Metode (*Center Of Area*)

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.21)$$

dengan

U : output

w_i : Bobot nilai benar w_i

u_i : Nilai linguistik pada fungsi keanggotaan output

n : Banyak derajat keanggotaan

2) Metode (*Mean of Maximum*).

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n} \quad (2.22)$$

dengan:

n : Jumlah proposisi / domain

z : Output

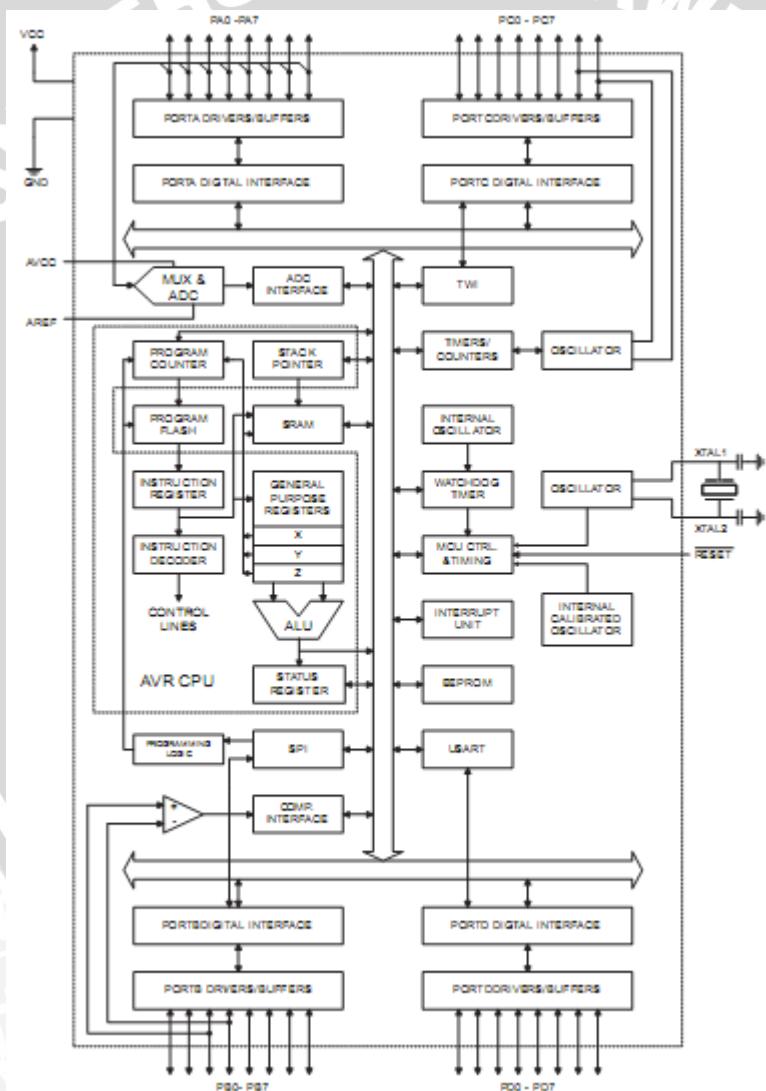
z_i : Domain yang memiliki derajat keanggotaan terbesar / maximum.

2.4 Mikrokontroler AVR ATMega32

ATMega32 adalah salah satu mikrokontroler AVR buatan ATTEL keluarga ATMega yang memiliki 32K byte memori program Flash, 1024 byte EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*), 2K byte SRAM (*Static*

Random Access Memory), 32 jalur I/O, dan 32 register serba guna. Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur periferal yaitu dua buah *Timer/Counter* 8 bit, satu buah *Timer/Counter* 16 bit, 4 channel PWM, 8 channel ADC 10 bit, antarmuka serial 2 kabel berorientasi byte, serial USART, antarmuka serial SPI *Master/Slave*, *watchdog timer*, dan *analog comparator*.

Mikrokontroler ATMega32 merupakan mikrokomputer 8 bit yang terintegrasi dalam satu keping IC (*single chip microcomputer*) dan menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. Kombinasi antara arsitektur RISC, memori *flash* internal dan 32 buah register menyebabkan ukuran kode program, kinerja, dan konsumsi daya yang optimal. Sebagian besar instruksi AVR dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Kelebihan lainnya, arsitektur AVR dirancang untuk bekerja secara efisien menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi C. Diagram blok mikrokontroler ATMega32 ditunjukkan dalam Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Diagram Blok ATMega32

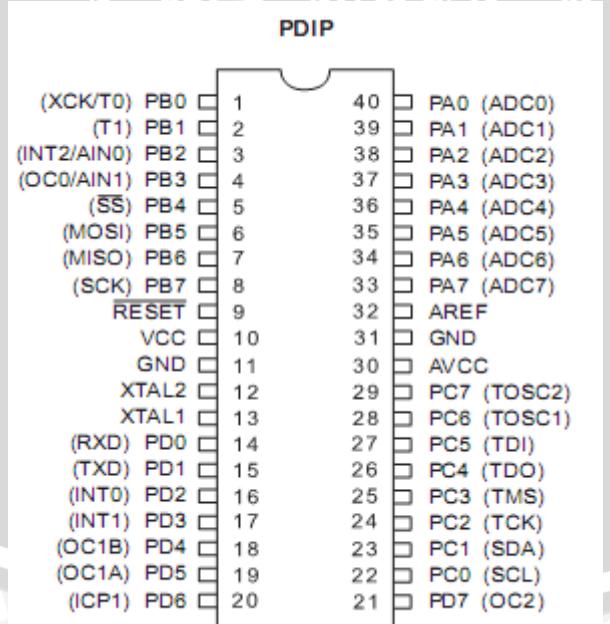
Sumber : Datasheet ATMega32

Berdasarkan diagram blok tersebut dapat diketahui bahwa ATMega32 memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

- a) Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D
- b) ADC 10 bit sebanyak 8 saluran
- c) Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan
- d) CPU yang terdiri dari 32 buah register serba guna
- e) Watchdog Timer dengan osilator internal
- f) SRAM sebesar 2K byte
- g) Memori Flash sebesar 32K byte dengan kemampuan *Read While Write*
- h) Unit interupsi internal dan eksternal
- i) Port antarmuka SPI
- j) EEPROM sebesar 1024 byte yang dapat diprogram saat beroperasi
- k) Antarmuka komparator analog
- l) Port USART untuk komunikasi serial

2.4.1 Konfigurasi PIN ATMega32

Masing-masing kaki mikrokontroler ATMega32 memiliki fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki atau pin mikrokontroler ini, perancangan aplikasi menggunakan ATMega32 akan semakin mudah. Mikrokontroler ini memiliki 40 kaki, susunan masing-masing kaki dapat dilihat dalam Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Konfigurasi Pin ATMega32

Sumber : Datasheet ATMega32



Gambar 2.19 Mikrokontroler AVR ATMega32

Sumber : www.google.com

Fungsi kaki-kaki ATMega32 adalah sebagai berikut :

- a) VCC, merupakan saluran untuk tegangan masukan catu daya digital sebesar 5 V DC
- b) Ground, merupakan saluran Ground
- c) Port A (PA7...PA0), Port A merupakan input analog untuk ADC, akan tetapi jika ADC tidak digunakan maka Port A hanya merupakan 8 bit saluran I/O dua arah
- d) Port B (PB7...PB0), Port B adalah 8 bit saluran I/O dua arah dengan resistor pull up internal. Selain itu, masing-masing bit Port A memiliki fungsi tertentu. Port B0 juga berfungsi sebagai T0 (*timer/counter0 external counter input*) dan XCK (*USART external clock input/output*). Port B1 memiliki fungsi lain sebagai T1 (*timer/counter1 external counter input*). Port B2 berfungsi sebagai AIN0 (*Analog comparator positive input*) dan sebagai INT2 (*External interrupt 2 input*). Port B3 juga berfungsi sebagai AIN1 (*Analog comparator negative input*) dan OC0 (*Timer/counter0 output compare match output*). Port B4 berfungsi sebagai SS (*SPI slave select input*). Port B5 juga merupakan pin MOSI (*SPI bus Master Output/Slave Input*). Port B6 merupakan pin MISO (*SPI bus Master Input/Slave Output*). Dan Port B7 berfungsi sebagai SCK (*SPI bus serial clock*)
- e) Port C (PC7...PC0), Port C adalah 8 bit saluran I/O dua arah dengan resistor pull up internal. Masing-masing bit Port C juga memiliki fungsi tertentu. Port C0 memiliki fungsi sebagai SCL (*Two-Wire serial bus clock line*). Port C1 berfungsi sebagai SDA (*Two-Wire serial bus data input/output line*). Port C2 berfungsi sebagai TCK. Port C3 berfungsi sebagai TMS. Fungsi lain Port C4 adalah sebagai TDO. Port C5 juga berfungsi sebagai TDI. Port C6 juga berfungsi sebagai TOSC1 (*Timer oscillator pin1*). Dan Port C7 berfungsi sebagai TOSC2 (*Timer oscillator pin2*)
- f) Port D (PD7...PD0), Port D adalah 8 bit saluran I/O dua arah dengan resistor pull up internal. Masing-masing bit Port D juga memiliki fungsi tertentu. Port D0 memiliki fungsi lain sebagai RXD (*USART input pin*). Port D1 juga berfungsi sebagai TXD (*USART output pin*). Port D2

berfungsi sebagai INT0 (*External interrupt 0 input*). Port D3 sebagai INT1 (*External interrupt 1 input*). Port D4 berfungsi sebagai OC1B (*Timer/counter1 output compare B match output*). Port D5 berfungsi sebagai OC1A (*Timer/counter1 output compare A match output*). Port D6 berfungsi sebagai ICP1 (*Timer/counter1 input capture pin*). Dan Port D7 juga berfungsi sebagai OC2 (*Timer/counter2 output compare match output*)

- g) RESET, merupakan pin input RESET. Pemberian logika low pada pin ini lebih lama daripada panjang pulsa minimum akan membangkitkan reset pada mikrokontroler. Lebar pulsa minimum untuk pin reset ini adalah 1,5 μ s
- h) XTAL1, merupakan input untuk *inverting Oscillator amplifier* dan input untuk rangkaian yang mengoperasikan *internal clock*
- i) XTAL2, merupakan output dari *inverting Oscillator amplifier*
- j) AVCC, merupakan sumber catu tegangan untuk Port A dan ADC. AVCC harus dihubungkan secara eksternal pada VCC walaupun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan, harus dihubungkan pada VCC melalui *low pass filter*
- k) AREF, merupakan pin referensi analog untuk ADC.

2.4.2 Analog to Digital Converter ATMega32

Mikrokontroler ATMega32 memiliki fitur Analog to Digital Converter (ADC) yang dihubungkan dengan 8 buah channel multiplexer analog yang semuanya terdapat pada pin-pin dari portA. Resolusi yang dapat digunakan adalah 10 bit atau 8 bit. Tegangan referensi ADC yang merupakan nilai maksimum dapat diambil dari 3 buah sumber antara lain dari pin AREF, pin AVcc, dan tegangan referensi internal 2,56 V.

Register-register yang digunakan dalam ADC antara lain :

- 1) ADC Multiplexer Selection Register (ADMUX)

Register ini digunakan untuk mengatur tegangan referensi dan untuk memilih channel ADC yang digunakan. Konfigurasi bit-bit register ini ditunjukkan dalam Gambar 2.20.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	ADMUX
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.20 Konfigurasi Bit ADMUX

- a) Bit 7 dan 6 (REFS1 dan REFS0): digunakan sebagai bit-bit pemilihan tegangan referensi. Pengaturan bit-bit ini ditunjukkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Pemilihan Tegangan Referensi ADC

REFS1	REFS0	Sumber Tegangan Referensi
0	0	pin AREF dengan Vref internal dimatikan
0	1	pin AVCC dengan kapasitor eksternal pada pin AREF
1	0	tidak digunakan
1	1	tegangan referensi internal 2,56V

Sumber : Datasheet ATMega32

- b) Bit 5 (ADLAR): digunakan untuk mengatur hasil konversi ADC yang tersimpan dalam register data ADC (ADCL dan ADCH). Penulisan 1 pada bit ini akan mengakibatkan 8bit MSB data hasil konversi ADC disimpan dalam register ADCH dan 2bit LSBnya disimpan dalam register ADCL pada bit 7 dan bit 6. Sedangkan penulisan 0 pada bit ini mengakibatkan 2bit MSB data hasil konversi disimpan dalam register ADCH pada bit 1 dan bit 0 dan 8bit LSBnya disimpan dalam register ADCL
- c) Bit 4...0 (MUX4...0): digunakan untuk mengatur pemilihan channel yang digunakan dalam ADC. Pengaturan bit-bit ini ditunjukkan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Pemilihan Channel ADC

MUX4...0	Channel ADC
00000	ADC0
00001	ADC1
00010	ADC2
00011	ADC3
00100	ADC4
00101	ADC5
00110	ADC6
00111	ADC7

Sumber : Datasheet ATMega32

- 2) ADC Control and Status Register A (ADCSRA)

Register ini digunakan untuk mengaktifkan ADC, mengisyaratkan untuk memulai konversi, mengaktifkan program interupsi ADC, dan untuk mengatur clock masukan dari ADC. Konfigurasi bit-bit register ini ditunjukkan dalam Gambar 2.21.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	ADCSRA
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.21 Konfigurasi Bit ADCSRA

- a) Bit 7 (ADEN): jika diisi dengan nilai 1 maka ADC telah diaktifkan dan jika diisi 0 maka ADC dimatikan

- b) Bit 6 (ADSC): digunakan untuk mengisyaratkan konversi ADC dimulai dengan menuliskan 1 pada bit ini
- c) Bit 5 (ADATE): penulisan 1 pada bit ini mengaktifkan picu otomatis ADC yang sumber pemicuannya dipilih oleh SFIOR
- d) Bit 4 (ADIF): bit ini akan bernilai 1 jika konversi telah usai dan isi register data ADC telah diperbarui
- e) Bit 3 (ADIE): bit ini digunakan untuk mengaktifkan program interupsi ADC, jika bit ini bernilai 1 dan konversi ADC telah usai maka program interupsi ADC akan dipanggil
- f) Bit 2..0 (ADPS2..0): digunakan untuk mengatur clock masukan ADC dengan mengatur faktor pembagi. Pengaturan bit-bit ini dapat dilihat dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Pengaturan Faktor Pembagi Clock Masukan ADC

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Faktor Pembagi
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

Sumber : Datasheet ATMega32

3) ADC Data Register

Register ini digunakan untuk menyimpan data hasil konversi ADC. Terdiri dari dua register, yaitu ADCH dan ADCL. ADCH digunakan untuk menyimpan data MSB, sedangkan ADCL untuk menyimpan data LSBnya. Penggunaan register ini diatur oleh bit ADLAR dalam register ADMUX.

4) Special FunctionIO Register (SFIOR)

Register ini digunakan untuk memilih sumber pemicuan otomatis pada ADC jika bit ADATE dalam register ADCSRA diisi dengan 1. Pemilihan sumber pemicuan ini menggunakan kombinasi bit 7, 6, dan 5, sedangkan bit lainnya tidak digunakan. Konfigurasi bit-bit register ini ditunjukkan dalam Gambar 2.22 dan pemilihan sumber pemicuan dapat dilihat dalam Tabel 2.8.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	SFIOR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.22 Konfigurasi Bit SFIOR**Tabel 2.8** Pemilihan Picu ADC Otomatis

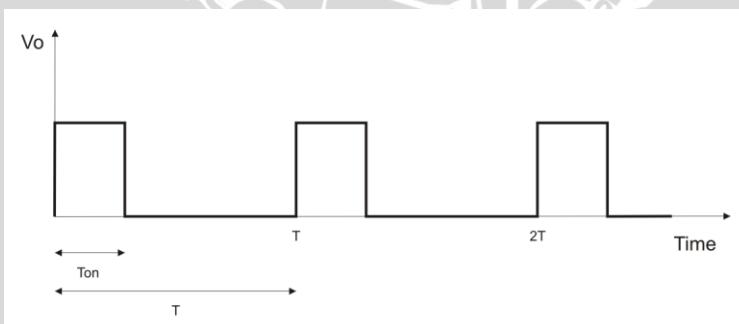
ADTS2	ADTS1	ADTS0	Sumber Picu
0	0	0	Free Running Mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter1 Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter1 Capture Event

Sumber : Datasheet ATMega32

2.4.3 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk pengaturan tegangan dan arus dalam mikrokontroler, hal ini dikarenakan mikrokontroler menggunakan sistem digital sehingga akan lebih mudah dan lebih sedikit dalam penggunaan PIN. PWM biasanya digunakan untuk pengaturan kecepatan motor DC.

Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan *duty cycle* bervariasi dari 0% – 100%. Dengan mengatur *duty cycle* akan diperoleh keluaran yang diinginkan. Pada AVR Atmega32 *duty cycle* ditentukan dari *Output Compare Register 0* (OCR0). Sinyal PWM (*Pulse width Modulation*) secara umum dapat dilihat dalam Gambar 2.23.



Gambar 2.23 Sinyal PWM Secara Umum

Sumber : Microchip, 1995

$$D = \frac{T_{on}}{T} \times 100 \quad (2.23)$$

$$\bar{V} = D \times V_{cc} \quad (2.24)$$

dengan

D : besarnya nilai duty cycle dalam persen (%)

T_{on} : lebar waktu saat PWM logika 1

T : lebar waktu periode PWM

\bar{V} : tegangan rata-rata keluaran PWM



V_{cc} : tegangan referensi masukan PWM.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV

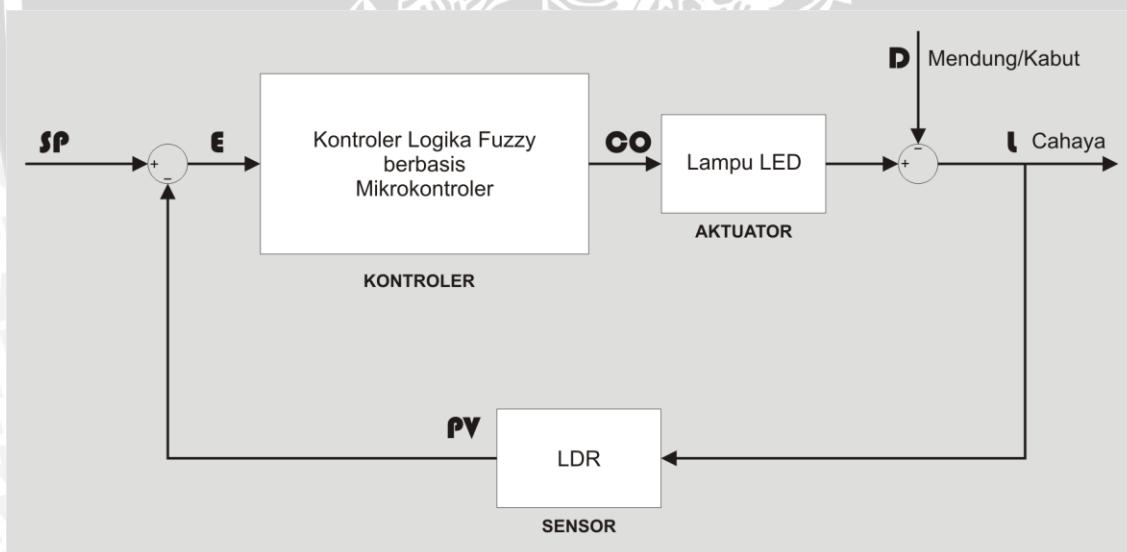
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap yakni blok demi blok sehingga akan memudahkan dalam penganalisaan disetiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri dari:

- Cara kerja alat
- Perancangan perangkat keras (perancangan mekanik PJU, set point, aktuator lampu LED, sensor cahaya LDR, Mikrokontroler Atmega32).
- Perancangan perangkat lunak (perancangan otomatisasi wajtu khusus, masukan kontrol logika fuzzy, kontroler logika fuzzy dan algoritma perangkat lunak).

4.1 Cara Kerja Alat

Blok diagram penagaturan intensitas cahaya penerangan jalan umum ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

Cara kerja dari blok diagram di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

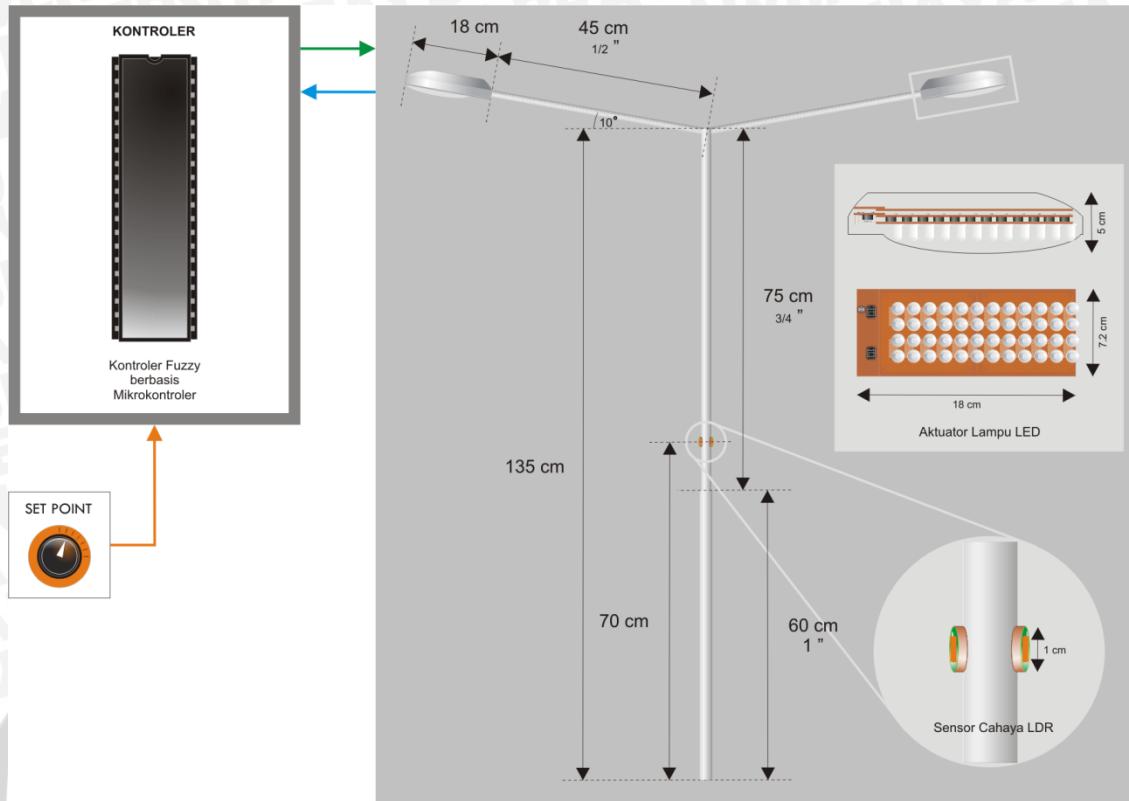
- 1) Penerangan jalan umum dengan tiang lengan ganda. Setiap lengan terdapat aktuator lampu LED yang terbuat dari susunan LED 10 mm super bright dengan jumlah 48 buah/lengan. Pada kanan-kiri tiang lampu ditempatkan sensor cahaya LDR.
- 2) Set point (**SP**) digunakan sebagai acuan tegangan yang akan dibandingkan dengan nilai pembacaan sensor LDR (**PV**). Set point dapat diatur sesuai dengan nilai yang diinginkan.

- 3) Sensor cahaya LDR digunakan untuk membaca intensitas cahaya lingkungan, baik saat lampu LED menyala atau saat padam. Sensor mengubah intensitas cahaya (L) menjadi tegangan (PV).
- 4) Aktuator lampu LED mengubah keluaran kontroler (CO) menjadi energi cahaya, yang diharapkan menghasilkan intensitas cahaya sesuai dengan nilai set point (SP).
- 5) Mikrokontroler berfungsi sebagai *summing point*, untuk mendapatkan nilai error (E), selisih perbandingan antara nilai set point (SP) dengan nilai pembacaan sensor (PV). Selain itu mikrokontroler juga digunakan sebagai kontrol logika fuzzy yang masukannya dari nilai E dan perubahan nilai E (ΔE).
- 6) Nilai E dan ΔE yang disimpan dalam mikrokontroler dimasukkan sesuai dengan range yang ada pada masing-masing fungsi keanggotaan, kemudian dilakukan proses fuzzifikasi sehingga dihasilkan derajat keanggotaan masing-masing nilai masukan.
- 7) Proses selanjutnya adalah *fuzzy rule*, Nilai masukan yang telah mempunyai derajat keanggotaan dimasukkan dalam aturan fuzzy yang direncanakan. Pada proses ini metode inferensi kontroler logika fuzzy yang digunakan adalah metode MAX-MIN.
- 8) Setelah itu dilakukan proses defuzzifikasi, yaitu dengan menggunakan metode COA (*Center of Area*). Nilai yang dihasilkan dari proses defuzzifikasi berupa besarnya persentase *duty cycle* yang merupakan masukan bagi PWM.
- 9) PWM digunakan untuk pengendalian intensitas cahaya lampu LED dengan mengatur arus masukan.
- 10) Gangguan / *disturbance* (D) adalah hal yang tidak dapat diprediksi yang menyebabkan perubahan intensitas cahaya lingkungan, dapat berupa mendung atau kabut.
- 11) Selain pengaturan di atas, terdapat juga otomatisasi pada saat waktu khusus, yaitu pada saat jam 22:00 – 24:00 dan 02:00 – 04:00, intensitas cahaya pada saat jam tersebut diturunkan menjadi 90 % dari nilai set point (SP), dan pada jam 24:00 – 02:00 diturunkan menjadi nilai 80 %. Karena pada jam tersebut pengguna jalan lebih renggang, sehingga dimungkinkan penghematan energi listrik. Sedangkan pada jam yang lain SP tetap 100 %.

4.2 Perancangan Perangkat Keras

4.2.1 Mekanik PJU



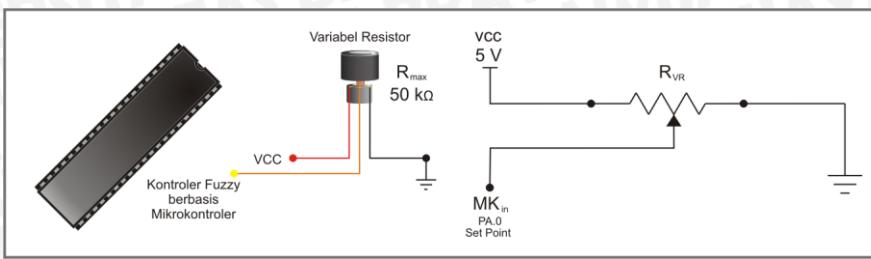


Gambar 4.2 Rancangan Miniatur PJU

Mekanik PJU berupa tiang dan lengan lampu. Tiang terbuat dari pipa paralon diameter 1 inc panjang 60 cm dan diameter $\frac{3}{4}$ inc panjang 80 cm (5 cm untuk sambungan antar tiang), sedangkan lengan dari pipa paralon diameter $\frac{1}{2}$ inc panjang 48 cm (3 cm untuk sambungan ke lampu). Pada ketinggian tiang 70 cm terdapat lubang untuk penempatan sensor LDR. Pemasangan lengan lampu diatur dengan kemiringan 10° dari bidang vertikal, sehingga penerangan yang dihasilkan akan lebih menyebar hingga ke lebar sisi jalan. Miniatur ini memiliki skala 1 : 10 dari penerangan jalan umum yang sebenarnya.

Penempatan sensor LDR pada keadaan vertikal dan pada ketinggian yang cukup, dikarenakan penempatan pada keadaan horisontal di atas permukaan tanah akan lebih mudah untuk tertutup debu dan kotoran lain, selain itu *disturbance* pada sensor menjadi lebih kompleks, diantaranya gangguan tangan jahil manusia, dan sorot lampu mobil yang melintas pada malam hari, sehingga akan mengakibatkan nilai pembacaan sensor menjadi tidak tepat.

4.2.2 Set Point



Gambar 4.3 Rancangan Set Point

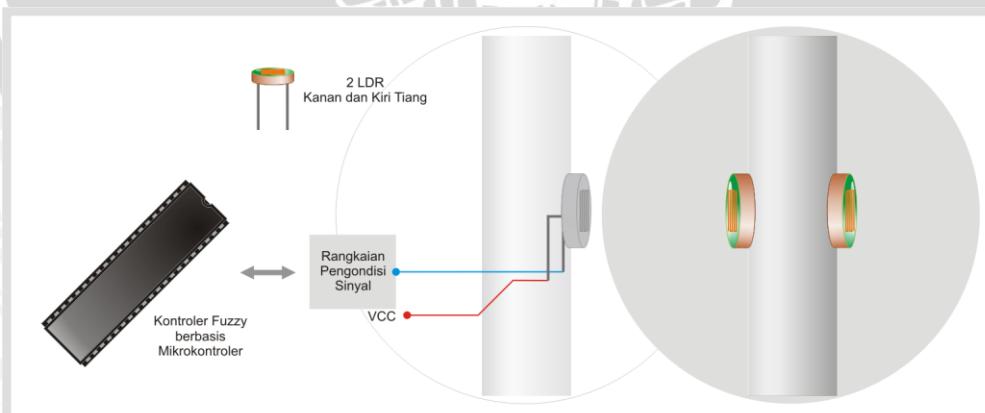
Set point yang digunakan sebagai acuan tegangan adalah *variabel resistor* (VR) yang memiliki putaran 270° dengan R_{max} sebesar $\pm 50\text{ k}\Omega$. VR memiliki 3 buah pin, yang digunakan sebagai pin vcc, pin gnd dan pin set point. Pin set point dihubungkan dengan pin A.0 mikrokontroler. Pin vcc dihubungkan dengan tegangan catu (V_{cc}) sebesar 5 V (nilai maksimal V_{SP} juga 5 V), karena mikrokontroler hanya mampu membaca tegangan maksimal hanya 5 V. Tegangan pada pin set point akan berubah sesuai dengan perubahan resistansi pada pin set point (R_{SP}).

$$V_{SP} = \frac{R_{SP}}{R_{max}} \times V_{cc} \quad (4.1)$$

dengan :

- V_{SP} : tegangan pin set point (V)
- R_{SP} : resistansi pin set point (Ω)
- R_{max} : resistansi maksimal VR (Ω), nilainya = $50\text{ k}\Omega$
- V_{cc} : tegangan catu pin vcc (V), nilainya = 5 V

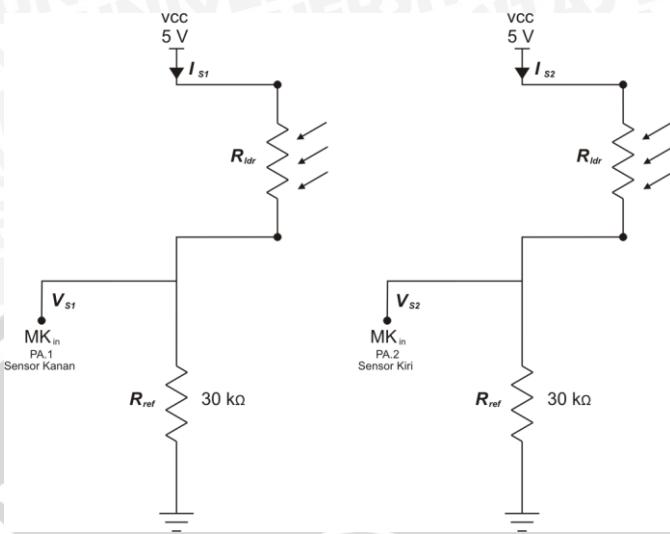
4.2.3 Sensor Cahaya LDR



Gambar 4.4 Rancangan Sensor Cahaya LDR

Sensor yang digunakan untuk membaca intensitas cahaya adalah *light dependent resistor* (LDR) berukuran diameter $\pm 10\text{ mm}$ dengan R_{max} sebesar $\pm 100\text{ k}\Omega$. Nilai resistansi LDR berkurang seiring bertambahnya intensitas cahaya (berbanding terbalik). Sensor yang digunakan berjumlah 2 buah, ditempatkan pada kanan kiri tiang. LDR

memiliki 2 buah pin, yang digunakan sebagai pin vcc dan pin gnd. Karena hanya terdapat 2 buah pin maka dibutuhkan rangkaian pengkondisi sinyal agar dapat digunakan sebagai masukan ke mikrokontroler.



Gambar 4.5 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Cahaya LDR

Pin vcc dihubungkan dengan tegangan catu sebesar 5 V ($V_{vcc} = 5$ V). Pin gnd sebelum dihubungkan ke ground dihubungkan terlebih dahulu dengan resistor sebagai referensi (R_{ref}) yang nilainya sebesar $30\text{ k}\Omega$. Diantara pin gnd dan R_{ref} dihubungkan dengan mikrokontroler, sensor LDR kanan pada pin A.1 dan kiri pada A.2. Sehingga tegangan yang dibaca oleh mikrokontroler (V_{S1} atau V_{S2}) akan berubah sesuai dengan perubahan resistansi pada LDR (R_{ldr}).

$$V_{S1} = \frac{R_{ref}}{R_{ref} + R_{ldr}} \times V_{vcc} \quad (4.2)$$

dengan :

V_{S1} : tegangan pembacaan sensor kanan (V)

R_{ref} : resistansi referensi (Ω), nilainya $30\text{ k}\Omega$

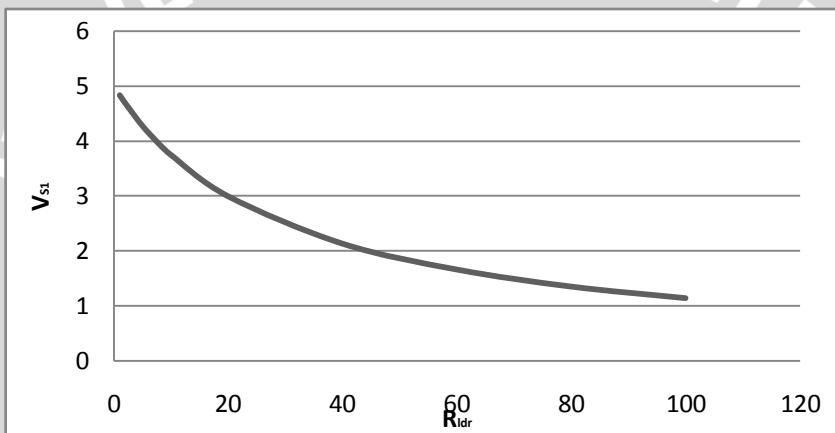
R_{ldr} : resistansi LDR (Ω)

V_{vcc} : tegangan catu pin vcc (V), nilainya 5 V

Tabel 4.1 Perubahan tegangan V_{S1} terhadap R_{ldr}

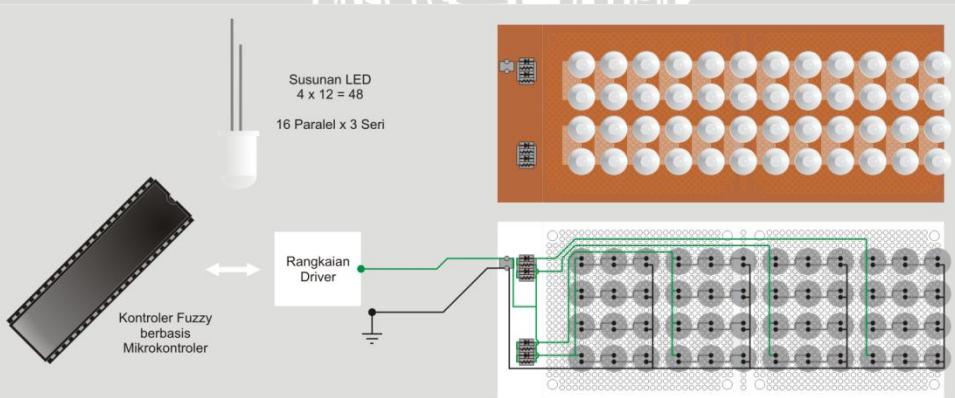
R_{ldr} ($\text{k}\Omega$)	V_{S1} (Volt)
1	4.84
2	4.69

3	4.55
4	4.41
5	4.28
6	4.16
7	4.05
8	3.94
9	3.84
10	3.75
20	3.00
40	2.14
60	1.67
80	1.36
100	1.15



Gambar 4.6 Perubahan tegangan V_{S1} terhadap R_{ldr}

4.2.4 Aktuator Lampu LED

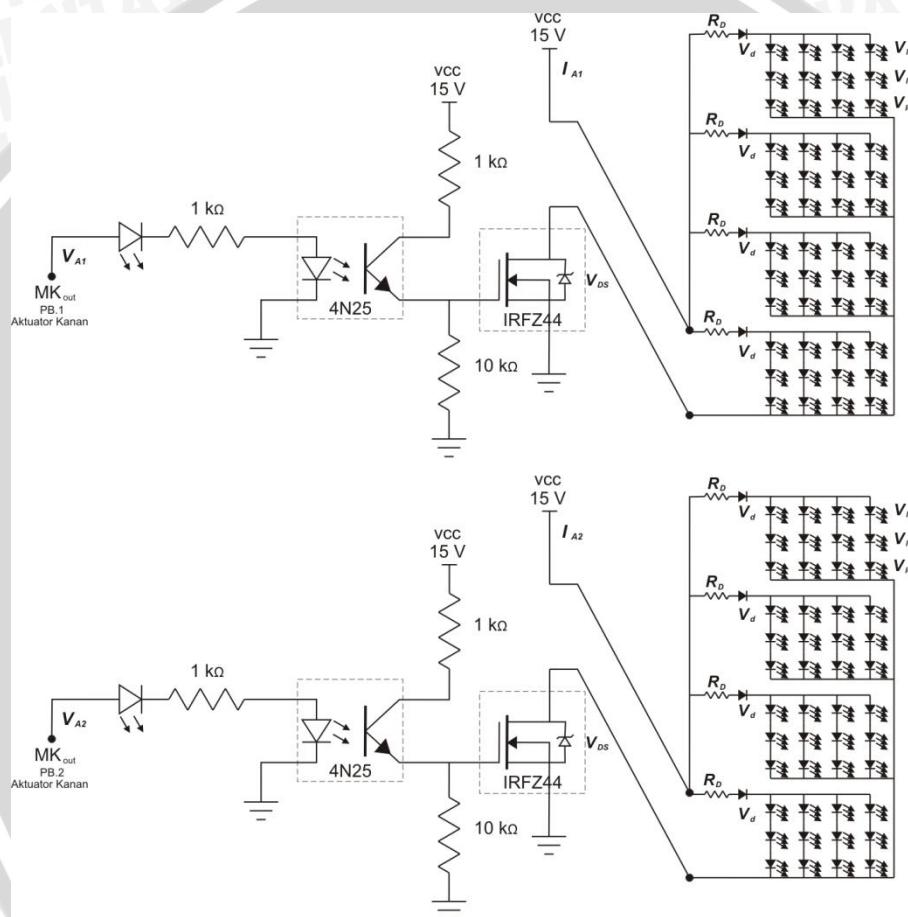


Aktuator yang digunakan untuk pengaturan intensitas cahaya adalah lampu *light emitting diode* (LED) berukuran ± 10 mm tipe *super bright*. LED yang digunakan untuk membentuk lampu sebanyak 96 buah (masing-masing 48 buah pada tiap lengan). Led memiliki 2 buah pin yaitu pin vcc dan pin gnd. Karena tegangan keluaran

Gambar 4.7 Rancangan Aktuator Lampu LED

mikrokontroler (V_{A1} pada lengan kanan atau V_{A2} pada lengan kiri) maksimal hanya 5 V, sedangkan tegangan aktuator yang digunakan hingga 15 V, maka dibutukan rangkaian driver. Driver menggunakan IC Opto 4N25 dengan 6 pin, dan FET IRFZ44 dengan 3 pin, pin D, pin G dan pin S.

IC Opto 4N25 digunakan untuk menguatkan tegangan dari keluaran mikrokontroler yang maksimal hanya 5 V menjadi 15 V. Oleh karena arus keluaran IC Opto 4N25 hanya kecil sehingga dibutuhkan juga FET IRFZ44 yang akan digunakan untuk menguatkan arus atuator lampu LED.



Gambar 4.8 Rangkaian Driver Aktuator Lampu LED

Penyusunan lampu LED tiap lengan terdiri dari 16 susun secara pararel yang masing-masing terdapat 3 buah LED yang disusun secara seri. Penyusunan tersebut dikarenakan pada catu tegangan pada aktuator (V_{vcc}) dibatasi hanya 15 V, sedangkan tiap LED membutukan tegangan efektif (V_{led}) sebesar 3.6 V, jadi penyusunan secara seri maksimal hanya 3 buah LED. Sedangkan tiap LED hanya membutuhkan arus maksimal (I_{led}) sebesar 30 mA, jadi penyusunan secara pararel dapat lebih banyak.

Pada setiap 4 susunan pararel LED pada pin vcc diseri dengan dioda penyearah dan resistor R_S . Dan seluruh susunan pararel dihubungkan pada pin S FET. Sedangkan

pin D FET dihubungkan dengan tegangan catu (V_{vcc}) dan pin G FET dihubungkan dengan keluaran mikrokontroler (V_{A1} atau V_{A2}).

$$V_{vcc} = V_{DS} + V_{pararel} \quad (4.3)$$

karena nilai tegangan pada susunan pararel sama, maka

$$V_{pararel} = V_{RD} + V_d + 3V_{led} \quad (4.4)$$

sehingga :

$$V_{vcc} = V_{DS} + V_{RD} + V_d + 3V_{led} \quad (4.5)$$

$$15 \text{ V} = +1.4 \text{ V} + V_{RD} + 0.7 \text{ V} + 3(3.6 \text{ V})$$

$$V_{RD} = 15 \text{ V} - (1.4 \text{ V} + 0.7 \text{ V} + 10.8 \text{ V})$$

$$V_{RD} = 15 \text{ V} - (12.9 \text{ V})$$

$$V_{RD} = 2.1 \text{ V} \quad (4.6)$$

jika arus maksimal tiap susunan seri LED $I_{seri} = I_{led} = 30 \text{ mA}$, maka arus total tiap lengan aktuator :

$$I_{A1} = 16 \times I_{seri} \quad (4.7)$$

$$I_{A1} = 16 \times 30 \text{ mA}$$

$$I_{A1} = 480 \text{ mA} \quad (4.8)$$

jika $V_{RD} = I_{A1} \times R_{Dtotal}$, maka

$$R_{Dtotal} = \frac{V_{RD} + V_{RS}}{I_{A1}} \quad (4.9)$$

$$R_{Dtotal} = \frac{2.1 \text{ V}}{480 \text{ mA}}$$

$$R_{Dtotal} = 4.375 \Omega \quad (4.10)$$

maka R_D

$$\frac{1}{R_{Dtotal}} = \frac{1}{R_D} + \frac{1}{R_D} + \frac{1}{R_D} + \frac{1}{R_D} \quad (4.11)$$

$$\frac{1}{R_{Dtotal}} = \frac{4}{R_D}$$

$$R_D = 4R_{Stotal}$$

$$R_D = 4(4.375)$$

$$R_D = 17.5 \Omega \quad (4.12)$$

keterangan :

V_{vcc} : tegangan catu (V)

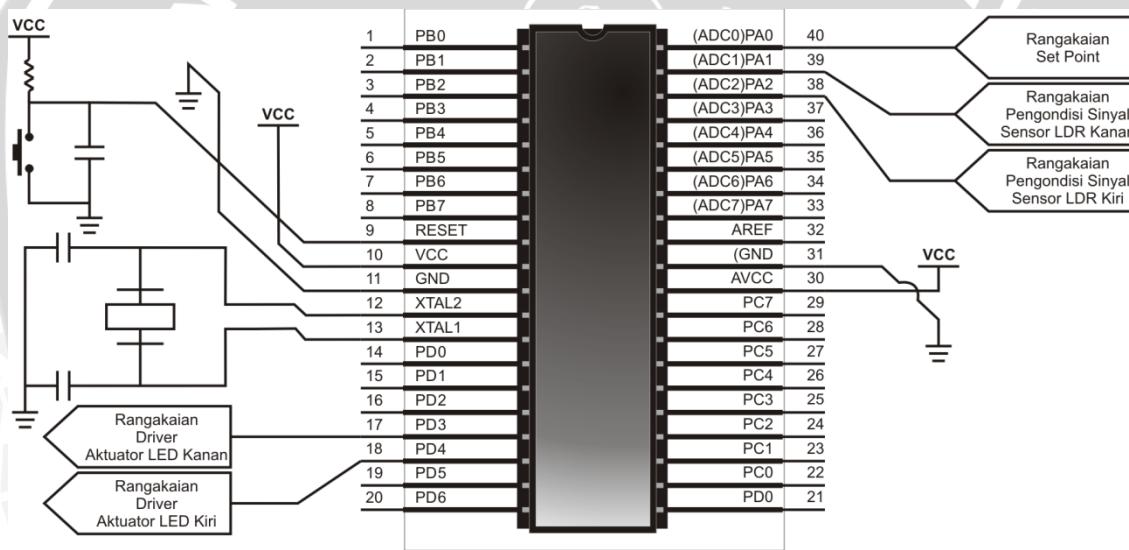
V_{RD} : tegangan pada resistor R_D (V)

V_{DS} : tegangan antara pin D dan pin S FET (V)

- $V_{parallel}$: tegangan pada 16 susunan LED pararel (V)
 V_d : tegangan pada dioda penyuarah (V)
 V_{led} : tegangan efektif pada LED (V)
 I_{led} : arus maksimal pada LED (A)
 I_{seri} : arus pada 3 buah susunan LED seri (A)
 I_{AI} : arus total lengan kanan aktuator (A)
 R_D : resistansi pada resistor R_D (Ω)
 R_{Dtotal} : resintansi total pada 4 buah susunan R_D pararel (Ω)

4.2.5 Mikrokontroler Atmega32

Mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengolah data, yaitu sebagai *real time clock*, *summing point* dan kontrol logika fuzzy adalah Mikrokontroler Atmega32. Minimum sistem dari mikrokontroler Atmega32 ditunjukan dalam gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rancangan Mikrokontroler Atmega32

Mikrokontroler Atmega32 mempunyai 4 port, 32 pin yang dapat diprogram menjadi masukan atau keluaran, pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah :

- Pin A.0 : digunakan untuk set point
 Pin A.1 : digunakan untuk sensor cahaya LDR kanan (S1)
 Pin A.2 : digunakan untuk sensor cahaya LDR kiri (S2)
 Pin D.4 : digunakan untuk aktuator lampu LED kanan (A1)
 Pin D.5 : digunakan untuk aktuator lampu LED kiri (A2)
 XTAL1 dan XTAL2 : digunakan sebagai input dari rangkaian osilator kristal

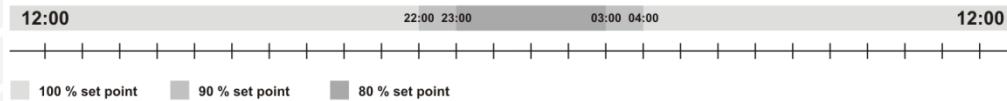
4.3 Perancangan Perangkat Lunak

4.3.1 Otomatisasi Waktu Khusus

Perancangan ini digunakan untuk mengatur otomatisasi pada waktu khusus yaitu pada :

- Pukul 22:00 – 23:00 dan pukul 03:00 – 04:00, set point diatur hanya bernilai 90 %
- Pukul 23:00 – 03:00, set point diatur hanya bernilai 80 %

seperti ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Otomatisasi Waktu Khusus

4.3.1.1 Real Time Clock

Real time clock digunakan untuk membuat jam yang sesuai dengan waktu yang nyata. Perancangan ini menggunakan *clock* dan *counter* mikrokontroler.

- Clock* untuk detik

Clock akan menghitung tiap detik mulai 0 hingga mendapatkan hitungan 60 akan menambah 1 digit untuk *counter* menit dan akan me-reset, mengulangi hitungan dari awal lagi.

- Counter* untuk menit

Counter menit akan bertambah 1 digit sesuai dengan masukan hitungan 60 tiap *clock*, perhitungan dimulai dari nilai 0 hingga *counter* mendapatkan hitungan 60 akan menambahkan 1 digit untuk *counter* jam dan akan me-reset, mengulangi hitungan dari awal lagi.

- Counter* untuk jam

Counter jam akan bertambah 1 digit sesuai dengan masukan hitungan 60 tiap *counter* menit, perhitungan dimulai dari nilai 0 hingga *counter* mendapatkan hitungan 24 akan me-reset, mengulangi hitungan dari awal lagi.

4.3.1.2 Otomatisasi Waktu Khusus

Perancangan ini digunakan untuk mengatur presentase set point (*SP*) pada waktu khusus.

```

if       $22 \leq CJ < 23$ 
       then      if       $23 \leq CJ$       or       $CJ \leq 3$ 
                  then       $SP = SP \times \frac{80}{100}$ 
                  else       $SP = SP \times \frac{90}{100}$ 
  
```

dengan

SP : set point



CJ : counter jam

4.3.2 Masukan Kontrol Logika Fuzzy

Perancangan ini digunakan untuk mendapatkan masukan kontrol logika fuzzy, berupa nilai error (E) dan perubahan nilai error (ΔE).

4.3.2.1 Nilai Pembacaan Sensor

Sebelum menentukan perhitungan nilai error terlebih dahulu menentukan nilai pembacaan sensor (PV) yang digunakan. Sensor yang digunakan berjumlah 2 buah yang ditempatkan di tiang lampu. Dapat dimungkinkan nilai hasil pembacaan sensor berbeda, itu disebabkan karena cahaya lingkungan terhalang salah satu sisi tiang, sehingga nilai pembacaan salah satu sensor jadi lebih rendah (lebih redup), sehingga hasil pembacaan sensor jadi tidak sempurna (lebih rendah dari keadaan lingkungan yang sebenarnya). Oleh karena itu nilai pembacaan sensor yang digunakan adalah nilai yang terbesar, yang lebih mendekati dari keadaan lingkungan yang sebenarnya.

$$\begin{aligned} \text{if } PV_1 \geq PV_2 & \quad \text{then } PV = PV_1 \\ & \quad \text{else } PV = PV_2 \end{aligned}$$

dengan

- PV_1 : pembacaan sensor kanan
- PV_2 : pembacaan sensor kiri
- PV : pembacaan sensor yang digunakan

4.3.2.2 Summing Point

Summing point digunakan untuk mendapatkan nilai error (E) yang merupakan selisih perbandingan antara nilai set point (SP) dengan nilai pembacaan sensor (PV).

$$E = SP - PV \tag{4.14}$$

dengan

- E : error
- SP : set point
- PV : pembacaan sensor

4.3.2.3 Perubahan Nilai Error

Perubahan nilai error (ΔE) merupakan perubahan nilai error, selisih perbandingan antara nilai error sebelumnya (E_{n-1}) dengan nilai error sekarang (E_n).

$$\Delta E = E_{n-1} - E_n \quad (4.15)$$

dengan

ΔE : perubahan nilai error

E_{n-1} : error pada n – 1, error sebelumnya

E_n : error pada n, error sekarang

4.3.3 Kontroler Logika Fuzzy

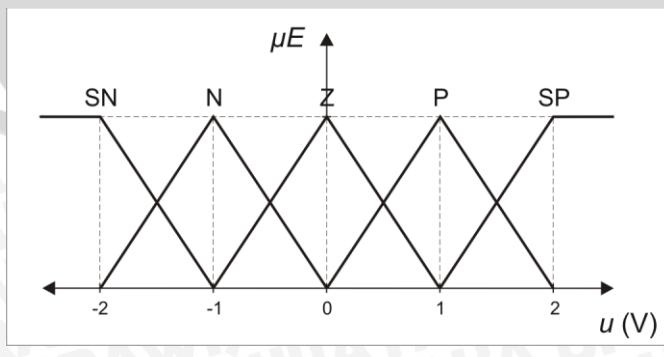
4.3.3.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah nilai input crisp menjadi input fuzzy melalui fungsi keanggotaan. Untuk menentukan derajat keanggotaan suatu input crisp, tarik garis vertikal yang melalui input crisp tersebut (sumbu x). Kemudian tentukan nilai koordinat sumbu y yang terpotong oleh garis vertikal tersebut. Nilai koordinat sumbu y tersebut menyatakan derajat keanggotaan input crisp pada suatu label.

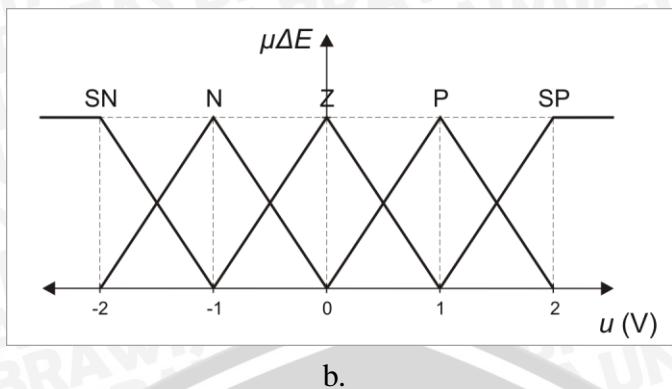
Variabel masukan untuk kontroler logika fuzzy pada perancangan ini ada dua yaitu error (E) (selisih perbandingan antara nilai set point (SP) dengan nilai pembacaan sensor (PV)) dan perubahan nilai error (ΔE) (selisih perbandingan antara nilai error sekarang (E_n) dengan nilai error sebelumnya (E_{n-1})), yang masing-masing dibagi menjadi 5 fungsi keanggotaan yaitu :

- a) Sangat negatif (SN) : tegangan ≤ -1 V
- b) Negatif (N) : $-2 \leq$ tegangan ≤ 0 V
- c) Zero (Z) : $-1 \leq$ tegangan ≤ 1 V
- d) Positif (P) : $0 \leq$ tegangan ≤ 2 V
- e) Sangat Positif (SP) : $1 \leq$ tegangan

seperti ditunjukkan pada gambar 4.11.



a.

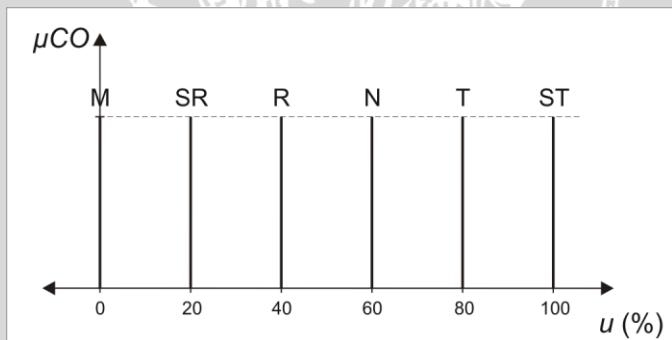


Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan Masukan (a) E (b) ΔE

Variabel keluaran untuk kontroler logika fuzzy (CO) pada perancangan ini berupa sinyal PWM untuk driver aktuator lampu LED, dengan mengatur lebarnya *duty cycle* yang dibagi menjadi 6 fungsi keanggotaan yaitu :

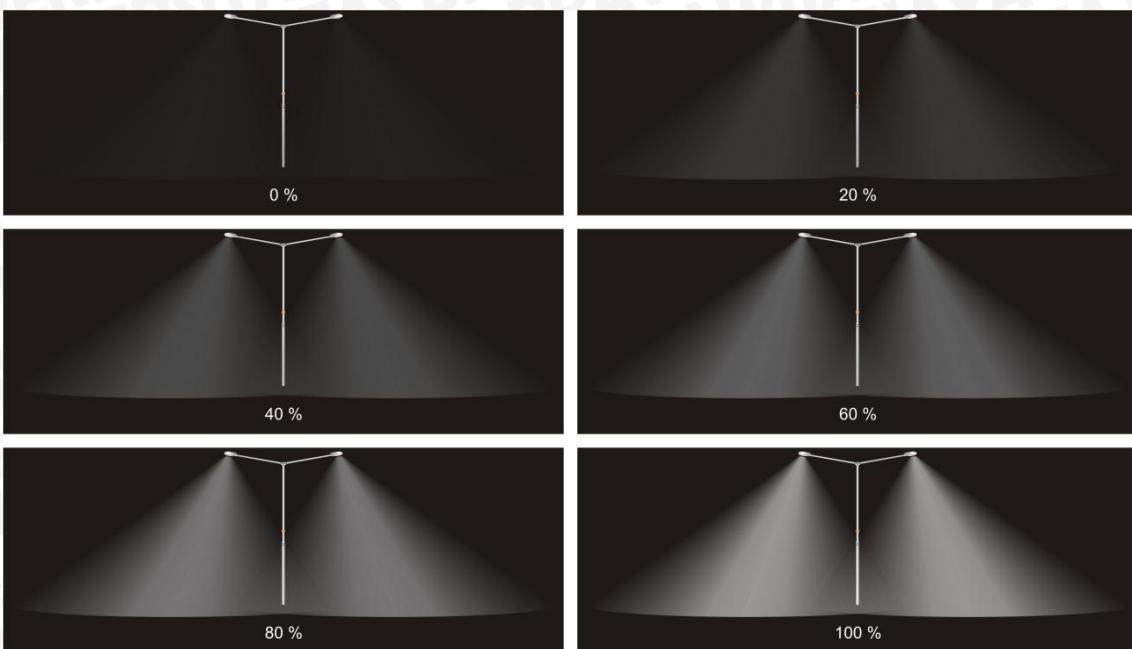
- a) Mati (M) : *duty cycle* 0 %
- b) Sangat redup (SR) : *duty cycle* 20 %
- c) Redup (R) : *duty cycle* 40 %
- d) Normal (N) : *duty cycle* 60 %
- e) Terang (T) : *duty cycle* 80 %
- f) Sangat terang (ST) : *duty cycle* 100 %

seperti ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan Keluaran CO





Gambar 4.13 Pengaruh *Duty Cycle* terhadap Kecerahan Lampu

4.3.3.2 Aturan Fuzzy

Aturan kontroler logika fuzzy didasari pada pengalaman dan dalam bentuk Jika – Maka. Setelah crisp input diubah menjadi input fuzzy, selanjutnya diolah sesuai dengan aturan fuzzynya. Pada perancangan ini menggunakan 5 fungsi keanggotaan pada 2 masukan (E dan ΔE), sehingga aturan fuzzynya akan berjumlah $5 \times 5 = 25$ buah. Aturan fuzzy lebih lengkapnya ditunjukkan pada gambar 4.13.

ΔE	SN	N	Z	P	SP
E	SR	SR	SR	M	M
SN	R	R	R	SR	M
N	ST	T	N	R	SR
Z	ST	ST	T	T	T
P	ST	ST	ST	ST	ST
SP	ST	ST	ST	ST	ST

Gambar 4.14 Aturan Fuzzy untuk E dan ΔE

Aturan tersebut disederhanakan sebagai berikut :

if E is SN and $(\Delta E$ is SN) or $(\Delta E$ is N) or $(\Delta E$ is Z)

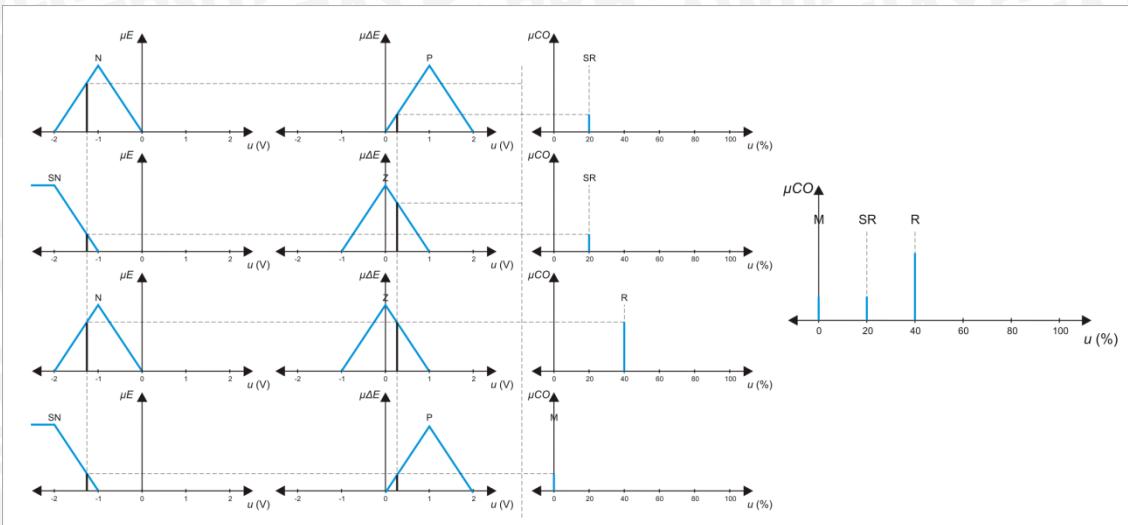
then CO is SR

(rule 01)

if	E is SN	and	$(\Delta E$ is P) or (ΔE is SP)	
		then	CO is M	(rule 02)
if	E is N	and	$(\Delta E$ is SN) or (ΔE is N) or (ΔE is Z)	
		then	CO is R	(rule 03)
if	E is N	and	ΔE is P	
		then	CO is SR	(rule 04)
if	E is N	and	ΔE is SP	
		then	CO is M	(rule 05)
if	E is Z	and	ΔE is SN	
		then	CO is ST	(rule 06)
if	E is Z	and	ΔE is N	
		then	CO is T	(rule 07)
if	E is Z	and	ΔE is Z	
		then	CO is N	(rule 08)
if	E is Z	and	ΔE is P	
		then	CO is R	(rule 09)
if	E is Z	and	ΔE is SP	
		then	CO is SR	(rule 10)
if	E is P	and	$(\Delta E$ is SN) or (ΔE is N)	
		then	CO is ST	(rule 11)
if	E is P	and	$(\Delta E$ is Z) or (ΔE is P) or (ΔE is SP)	
		then	CO is T	(rule 12)
if	E is SP			
		then	CO is ST	(rule 13)

4.3.3.3 Inferensi

Metode inferensi fuzzy yang dipergunakan adalah metode MAX-MIN dengan menggunakan aturan fuzzy yang telah ditetapkan, sebagai contohnya adalah ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.15 Inferensi Metode MAX-MIN pada saat $E = -1.25$ dan $\Delta E = 0.25$

4.3.3.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah keluaran fuzzy menjadi keluaran crisp. Hasil defuzzifikasi inilah yang digunakan untuk mengatur besarnya *duty cycle* yang akan mengatur terang redupnya aktuator lampu LED. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah COA (*Center of Area*).

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \\
 &= \frac{0.25 \times M + 0.25 \times SR + 0.75 \times R}{0.25 + 0.25 + 0.75} \\
 &= \frac{0.25 \times 0 + 0.25 \times 20 + 0.75 \times 40}{0.25 + 0.25 + 0.75} \\
 &= \frac{0.25 \times 0 + 0.25 \times 20 + 0.75 \times 40}{0.25 + 0.25 + 0.75} \\
 &= \frac{35}{1.25} \\
 &= 28 \%
 \end{aligned}$$

Jadi ketika nilai $E = -1.25$ dan $\Delta E = 0.25$ maka besarnya *duty cycle* yang dihasilkan adalah = 28 %.

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras yang telah dirancang dapat bekerja atau berfungsi dengan baik sebagaimana yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras meliputi beberapa blok rangkaian perangkat keras yang telah dirancang. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras, diantaranya:

5.1.1 Pengujian Set Point Potensiometer

a. Tujuan

Mengetahui performansi set point potensiometer agar dapat dideteksi perubahan tegangan keluaran terhadap perubahan sudut set point potensiometer.

b. Peralatan

- Set point potensiometer
- Busur derajat
- Voltmeter digital
- Catu daya 5 Volt

c. Pengujian

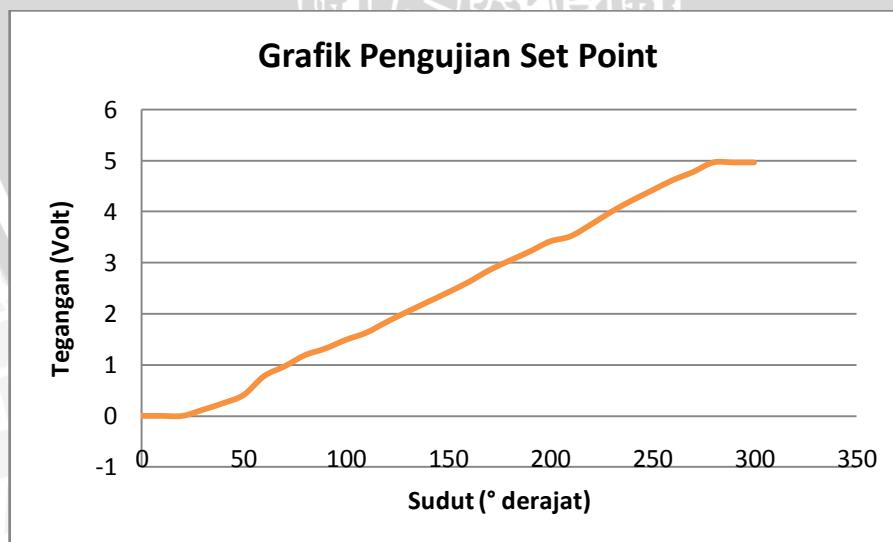
Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian masukan set point potensiometer dengan catu daya 5 volt, rangkaian keluaran dengan voltmeter digital dan menggunakan busur derajat untuk acuan perubahan sudut potensiometer. Mula-mula potensiometer diputar berlawanan arah jarum jam hingga berhenti (sebagai acuan sudut 0°), kemudian potensiometer diputar searah jarum jam hingga berhenti (sudut 300°). Untuk setiap perubahan sudut 10° , dicatat besarnya tegangan yang terbaca pada voltmeter. Hasil pengujinya ditunjukkan pada Tabel 5.1.



Tabel 5.1 Pengujian Set Point Potensiometer

Sudut (derajat °)	Tegangan (Volt)	Sudut (derajat °)	Tegangan (Volt)
0	0	160	2.62
10	0	170	2.85
20	0	180	3.04
30	0.12	190	3.22
40	0.25	200	3.42
50	0.41	210	3.52
60	0.78	220	3.75
70	0.97	230	4.00
80	1.19	240	4.22
90	1.32	250	4.42
100	1.49	260	4.62
110	1.63	270	4.78
120	1.84	280	4.97
130	2.04	290	4.97
140	2.23	300	4.97
150	2.42		

Berdasarkan data pada Tabel 5.1 dapat dibuat grafik hubungan antara derajat sudut dengan tegangan keluaran set point potensiometer, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1.

**Gambar 5.1** Pengujian Set Point Potensiometer

Dari gambar 5.1 memperlihatkan bahwa pada range nilai perubahan 20° hingga 280° nilai pengujian set point potensiometer mendekati linier.

5.1.2 Pengujian Sensor Cahaya LDR

a. Tujuan

Mengetahui performansi sensor cahaya LDR agar dapat dideteksi perubahan tegangan keluaran terhadap perubahan iluminasi sensor cahaya LDR.

b. Peralatan

- Sensor Cahaya LDR
- Fluxmeter analog
- Voltmeter digital
- Catu daya 5 Volt

c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian masukan sensor cahaya LDR dengan catu daya 5 Volt , rangkaian keluaran dengan voltmeter digital dan menempatkan flux meter analog disebelah LDR. Mula-mula LDR diberi cahaya ± sebesar 250 lux (hasil pembacaan fluxmeter), kemudian intensitas cahaya diturunkan hingga menunjukkan iluminasi sebesar 40. Untuk setiap penurunan iluminasi sebesar 10, dicatat besarnya tegangan yang terbaca pada voltmeter. Hasil pengujiannya ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pengujian Sensor Cahaya LDR (a) Kanan (b) Kiri

a.

Iluminasi (lux)	Tegangan (Volt)
250	4.41
240	4.39
230	4.37
220	4.35
210	4.33
200	4.32
190	4.30
180	4.28
170	4.27
160	4.25
150	4.23
140	4.21
130	4.19
120	4.18
110	4.14

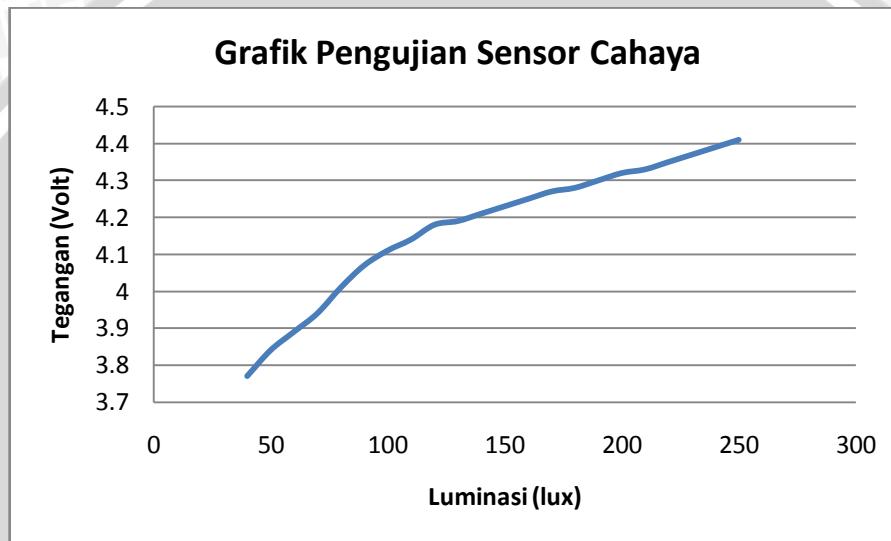
b.

Iluminasi (lux)	Tegangan (Volt)
250	4.42
240	4.39
230	4.37
220	4.34
210	4.33
200	4.31
190	4.30
180	4.28
170	4.26
160	4.25
150	4.23
140	4.21
130	4.19
120	4.17
110	4.14

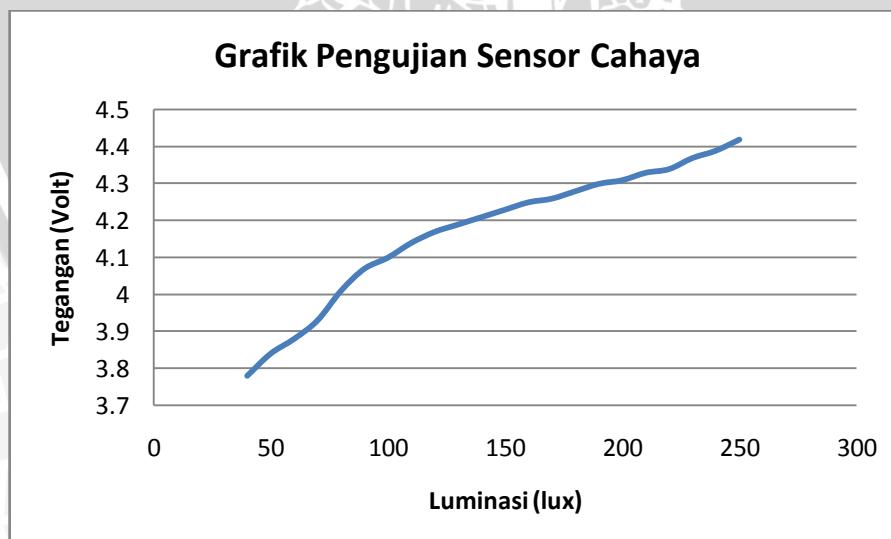
100	4.11
90	4.07
80	4.01
70	3.94
60	3.89
50	3.84
40	3.77

100	4.10
90	4.07
80	4.01
70	3.93
60	3.88
50	3.84
40	3.78

Berdasarkan data pada Tabel 5.2 dapat dibuat grafik hubungan antara iluminasi dengan tegangan keluaran sensor cahaya LDR, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2.



a.



b.

Gambar 5.2 Pengujian Sensor Cahaya LDR (a) Kanan (b) Kiri

Dari gambar 5.2 memperlihatkan bahwa tegangan keluaran efektif pengujian sensor cahaya yaitu pada range nilai perubahan 3.77 hingga 4.41 Volt. Sehingga dari

nilai tersebut digunakan sebagai acuan set point yang digunakan yaitu pada range perubahan 220° hingga 250° .

5.1.3 Pengujian Aktuator Lampu LED

a. Tujuan

Mengetahui performansi aktuator lampu LED agar dapat dideteksi perubahan iluminasi cahaya terhadap jumlah LED yang digunakan.

b. Peralatan

- Set point potensiometer
- Fluxmeter
- Catu daya 5 Volt

c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian masukan sensor aktuator lampu LED dengan catu daya 5 Volt dan menempatkan fluxmeter analog sejajar dengan arah cahaya lampu dengan jarak ± 1 m. Dengan mengubah jumlah LED yang digunakan yaitu 3, 6, 9, 12, 24, 36, dan 48 buah. Untuk setiap perubahan jumlah LED, dicatat besarnya iluminasi yang terbaca pada fluxmeter. Hasil pengujinya ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Pengujian Aktuator Lampu LED (a) Kanan (b) Kiri

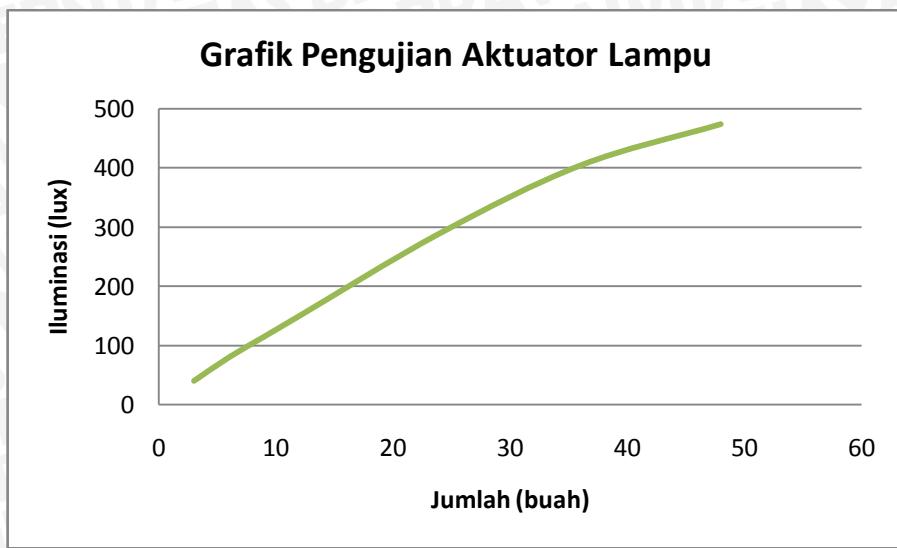
a.

Jumlah (buah)	Iluminasi (lux)
3	40
6	80
9	115
12	150
24	290
36	405
48	475

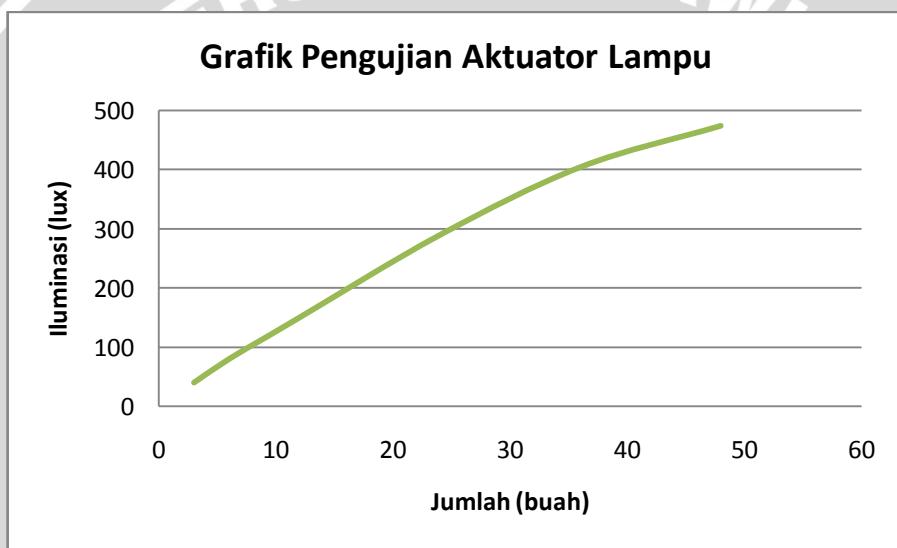
b.

Jumlah (buah)	Iluminasi (lux)
3	40
6	80
9	115
12	150
24	290
36	405
48	475

Berdasarkan data pada Tabel 5.3 dapat dibuat grafik hubungan antara jumlah LED dengan iluminasi yang dihasilkan aktuator lampu LED, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.3.



a.



b.

Gambar 5.3 Pengujian Aktuator Lampu LED (a) Kanan (b) Kiri

Dari gambar 5.3 memperlihatkan bahwa iluminasi yang dihasilkan sama antar aktuator lalu LED kanan dan kiri. Dari gambar tersebut juga memperlihatkan nilai grafik linier pada penggunaan jumlah LED range perubahan 3 hingga 24 buah, dan mulai mengalami kelengkungan pada nilai 24 buah, sehingga dapat dipastikan dengan menambah jumlah LED semakin banyak maka iluminasi yang dihasilkan tidak linier.

5.1.4 Pengujian Mikrokontroler ATMega32

a. Tujuan

Mengetahui kondisi awal dari sistem mikrokontroler agar sesuai dengan yang diharapkan.

- b. Peralatan
 - Komputer
 - Minimum sistem mikrokontroler ATMega32
 - LED simulator 8 bit
 - Catu daya
- c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATMega32 dengan catu daya dan keluaran dengan LED yang mewakili keluran 8 bit. Mengisi mikrokontroler dengan program sederhana yaitu dengan mengeluarkan 0FH dan F0H pada Port B. Mencatat data keluran yang diwakili oleh lampu LED 8 bit ke dalam bentuk biner. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Pengujian Mikrokontroler ATMega32

Kondisi	Keluaran Pada LED Display							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
I	1	1	1	1	0	0	0	0
II	0	0	0	0	1	1	1	1

Berdasarkan Tabel 5.4 terlihat bahwa Port B memberikan logika 0FH dan F0H secara bergantian sesuai dengan isi program. Dengan demikian rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATMega32 sudah bisa bekerja dengan baik.

5.2 Pengujian Perangkat Lunak

5.2.1 Pengujian *Real Time Clock*

- a. Tujuan

Mengetahui apakah *real time clock* dapat berkerja sesuai sistem yang diinginkan

- b. Peralatan

- Komputer
- Minimum sistem mikrokontroler ATMega32

- c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan minimum sistem mikrokontroler ATMega32 dengan komputer dan mendownload program *real time clock*, kemudian program dijalankan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.5.



Tabel 5.5 Pengujian *Real Time Clock*

Detik	Menit	Jam
0	0	0
1	0	0
:	:	0
59	0	0
0	1	0
1	1	0
:	:	:
59	:	:
0	:	:
1	:	:
:	58	0
59	58	0
0	59	0
1	59	0
:	:	0
59	59	0
0	0	1
dst	dst	dst

Berdasarkan Tabel 5.5 terlihat bahwa program *real time clock* dapat berjalan, yaitu nilai menit bertambah tiap 60 detik, dan nilai jam bertambah tiap 60 menit. Nilai detik dan menit akan mereset ke nilai 0 setelah hitungan ke 60. Dan nilai jam akan mereset ke nilai 0 setelah hitungan ke 24.

5.2.2 Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus

a. Tujuan

Mengetahui apakah otomatisasi waktu khusus dapat berkerja sesuai sistem yang diinginkan

b. Peralatan

- Komputer
- Minimum sistem mikrokontroler ATMega32

c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan minimum sistem mikrokontroler ATMega32 dengan komputer dan mendownload program otomatisasi waktu khusus,

kemudian program dijalankan dengan menagatur set point dengan nilai tetap 4 Volt. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus

Jam	Set Point
12:00	4.00
:	:
21:00	4.00
22:00	3.60
23:00	3.20
:	:
02:00	3.20
03:00	3.60
04:00	4.00
:	:
12:00	4.00

Berdasarkan Tabel 5.6 terlihat bahwa program otomatisasi waktu khusus dapat berjalan, yaitu nilai set point 100 % pada saat pukul 04:00 hingga 22:00, set point 90 % saat pukul 22:00 – 23:00 dan 03:00 – 04:00, dan set point 80 % saat pukul 23:00 hingga 03:00.

5.2.3 Pengujian Nilai Pembacaan Sensor

a. Tujuan

Mengetahui apakah nilai pembacaan sensor (*PV*) dapat berkerja sesuai sistem yang diinginkan

b. Peralatan

- Komputer
- Minimum sistem mikrokontroler ATMega32

c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan minimum sistem mikrokontroler ATMega32 dengan komputer dan mendownload program nilai pembacacaan sensor, kemudian program dijalankan dengan memberikan angka *random* antara 0 hingga 9 sebagai penganti 2 nilai pembacaan sensor (PV_1 dan PV_2). Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Pengujian Nilai Pembacaan Sensor

<i>PV₁</i>	<i>PV₂</i>	<i>PV</i>
7	0	7
4	1	4
5	6	6
8	9	9
3	5	5
6	6	6
0	7	7
3	8	8
3	4	4
1	4	4

Berdasarkan Tabel 5.7 terlihat bahwa program nilai pembacaan sensor dapat berjalan, yaitu nilai yang digunakan sebagai pembacaan sensor adalah nilai yang terbesar.

5.2.4 Pengujian *Summing Point*

a. Tujuan

Mengetahui apakah *summing point* dapat berkerja sesuai sistem yang diinginkan

b. Peralatan

- Komputer
- Minimum sistem mikrokontroler ATMega32

c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan minimum sistem mikrokontroler ATMega32 dengan komputer dan mendownload program *summing point*, kemudian program dijalankan dengan memberikan angka *random* antara 0 hingga 9 sebagai pengganti set point (*SP*) dan nilai pembacaan sensor (*PV*) sehingga didapatkan nilai error (*E*). Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Pengujian *Summing Point*

<i>SP</i>	<i>PV</i>	<i>E</i>
9	1	8
4	5	-1
2	5	-3
7	6	1
9	7	2
0	5	-5
3	9	-6
2	7	-5
8	6	2
6	4	2

Berdasarkan Tabel 5.8 terlihat bahwa program *summing point* dapat berjalan, yaitu nilai yang digunakan sebagai *summing point* adalah pengurangan set point dengan nilai pembacaan sensor.

5.2.5 Pengujian Perubahan Nilai Error

a. Tujuan

Mengetahui apakah perubahan nilai error (ΔE) dapat berkerja sesuai sistem yang diinginkan

b. Peralatan

- Komputer
- Minimum sistem mikrokontroler ATMega32

c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan minimum sistem mikrokontroler ATMega32 dengan komputer dan mendownload program perubahan nilai error, kemudian program dijalankan dengan memberikan angka *random* antara 0 hingga 9 sebagai pengganti error (*E*) dengan nilai error awal (E_0) = 0. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.9.



Tabel 5.9 Pengujian *Summing Point*

<i>E</i>	<i>E_{n-1}</i>	ΔE
5	0	-5
2	5	3
6	2	-4
7	6	-1
0	7	7
1	0	-1
6	1	-5
7	6	-1
8	7	-1
8	8	0

Berdasarkan Tabel 5.9 terlihat bahwa program perubahan nilai errore dapat berjalan, yaitu nilai yang digunakan sebagai perubahan nilai error (ΔE) adalah pengurangan error sebelumnya dengan error sekarang.

5.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

a. Tujuan

Mengetahui apakah kerja integrasi perangkat keras dan perangkat lunak bisa berfungsi dengan baik sesuai dengan rumusan masalah yang ditentukan.

b. Peralatan

- Keseluruhan Perangkat Keras
- Keseluruhan Perangkat Lunak
- Voltmeter 2 buah
- Catu daya

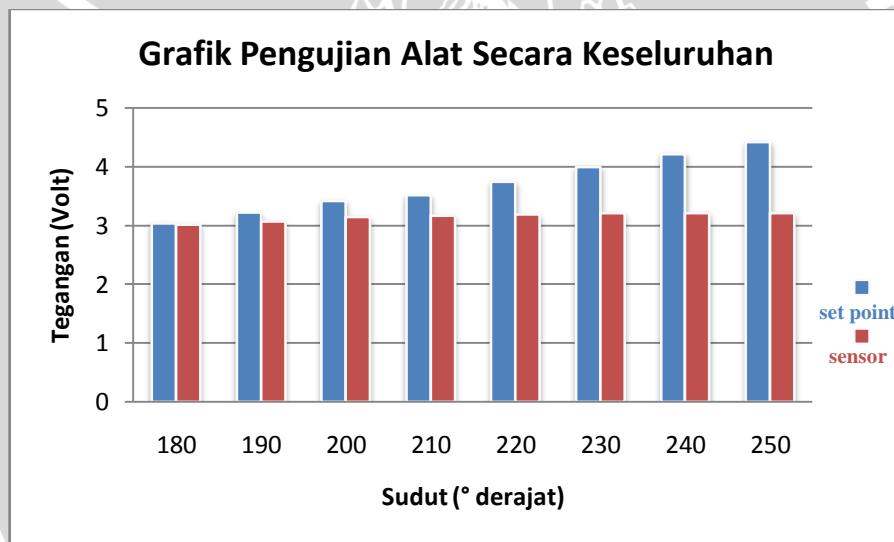
c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan semua rangkaian perangkat keras (mikrokontroler yang telah *download* semua komponen perangkat lunak) dengan catu daya. Menghubungkan voltmeter 1 dengan rangkaian keluaran set poin potensiometer dan voltmeter 2 dengan keluaran sensor cahaya LDR. Mula-mula potensiometer diputar berlawanan arah jarum jam hingga berhenti (sebagai acuan sudut 0°). Set point potensiometer diatur pada nilai efektif pada nilai sudut range perubahan 180° hingga 250° . Mula-mula set point potensiometer diatur pada sudut 180° . Untuk setiap perubahan sudut 10° , dicatat besarnya tegangan yang terbaca pada voltmeter 1 dan voltmeter 2. Hasil pengujinya ditunjukkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Sudut (derajat °)	Set Point (Volt)	Sensor Cahaya (Volt)	Error (%)
180	3.04	3.02	0.65
190	3.22	3.07	4.65
200	3.42	3.15	7.89
210	3.52	3.17	9.94
220	3.75	3.19	14.93
230	4.00	3.21	19.75
240	4.22	3.21	23.93
250	4.42	3.21	27.37
Rata-rata Error :			13.63

Berdasarkan data pada Tabel 5.10 dapat dibuat grafik perbandingan antara set point dengan cahaya dihasilkan yang dibaca melalui sensor cahaya, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4.

**Gambar 5.4** Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian otomatisasi waktu khusus pada saat jam-jam tertentu nilai set point diturunkan menjadi 90 % atau 80 %. Set point yang digunakan hanya pada sudut perubahan antara 180 ° hingga 250 °. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus (a) 90 % (b) 80 %

a.

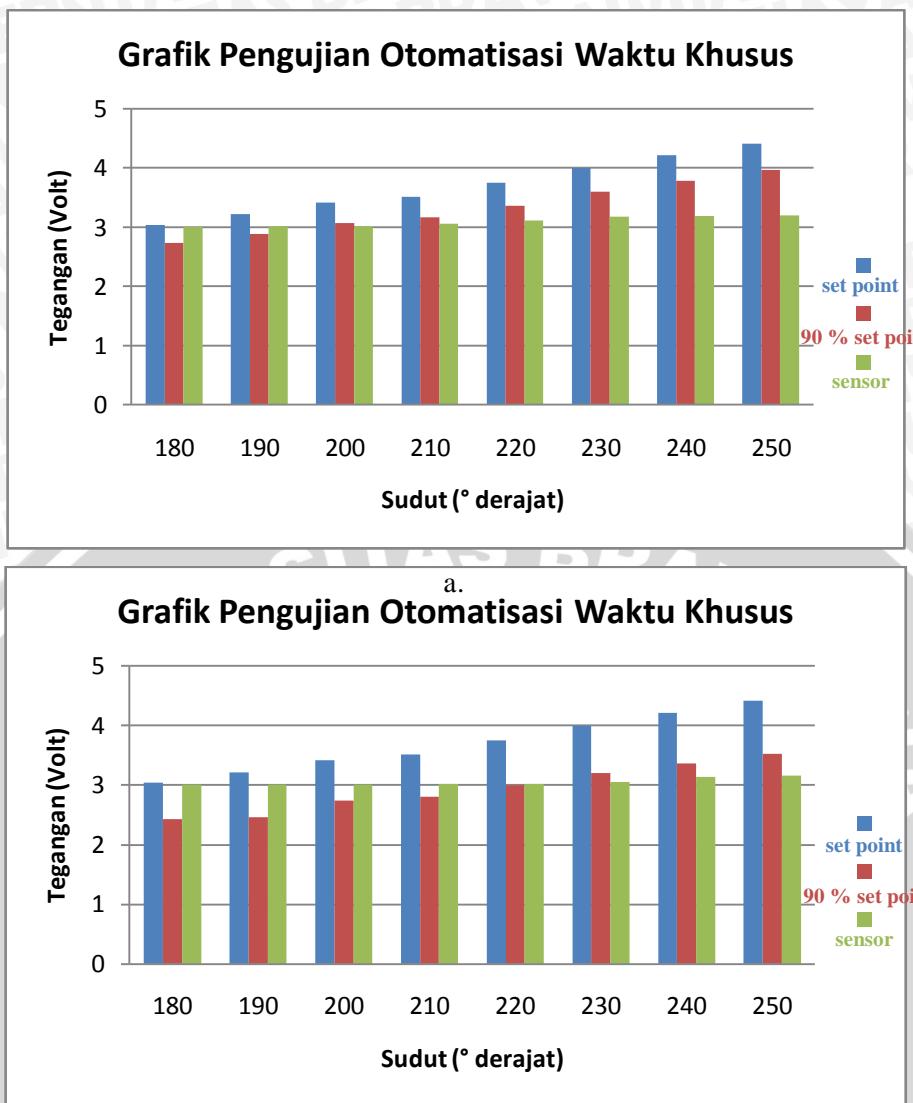
Sudut (derajat °)	Set Point (Volt)	90 % Set Point	Sensor Cahaya (Volt)	Error (%)
180	3.04	2.74	3.01	9.85
190	3.22	2.89	3.02	6.87
200	3.42	3.07	3.02	1.62
210	3.52	3.17	3.06	3.47
220	3.75	3.37	3.12	7.41
230	4.00	3.60	3.18	11.67
240	4.22	3.79	3.19	15.83
250	4.42	3.97	3.20	19.39
Rata-rata Error :				9.31

b.

Sudut (derajat °)	Set Point (Volt)	80 % Set Point	Sensor Cahaya (Volt)	Error (%)
180	3.04	2.43	3.01	23.86
190	3.22	2.57	3.01	17.12
200	3.42	2.74	3.01	9.85
210	3.52	2.81	3.02	7.47
220	3.75	3.00	3.02	0.67
230	4.00	3.20	3.05	4.68
240	4.22	3.37	3.14	6.82
250	4.42	3.53	3.16	10.48
Rata-rata Error :				10.11

Berdasarkan data pada Tabel 5.11 dapat dibuat grafik perbandingan antara set point dengan cahaya dihasilkan yang dibaca melalui sensor cahaya, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.5.





Gambar 5.5 Pengujian Otomatisasi Waktu Khusus (a) 90 % (b) 80 %

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian, perancangan, pembuatan alat dan pengujian alat adalah :

- a. Miniatur lampu LED sebagai penerangan jalan umum dibuat dengan skala 1 : 10 dengan tiang dari pipa paralon diameter 1 inc panjang 60 cm dan diameter $\frac{3}{4}$ inc panjang 80 cm (5 cm untuk sambungan antar tiang), sedangkan lengan dari pipa paralon diameter $\frac{1}{2}$ inc panjang 48 cm (3 cm untuk sambungan ke lampu). Sensor yang digunakan untuk membaca intensitas cahaya adalah *light dependent resistor* (LDR) berukuran diameter ± 10 mm dengan R_{max} sebesar ± 100 k Ω . Yang diletakkan pada ketinggian 70 cm pada kanan kiri tiang lampu, dengan nilai pembacaan range 3.77 hingga 4.42 Volt dalam iluminasi cahaya range 40 hingga 250 lux. Aktuator yang digunakan untuk pengaturan intensitas cahaya adalah lampu *light emitting diode* (LED) berukuran diameter ± 10 mm tipe *super bright*. LED yang digunakan untuk membentuk lampu sebanyak 96 buah (masing-masing 48 buah pada tiap lengan), dengan penyusunan lampu LED tiap lengan terdiri dari 16 susun secara pararel yang masing-masing terdapat 3 buah LED yang disusun secara seri, dengan tingkat iluminasi pada jarak 1 meter adalah 475 lux.
- b. Miniatur lampu LED sebagai penerangan jalan umum dikendalikan dengan kontroler fuzzy berbasis mikrokontroler ATMega32. Fuzzyifikasi dengan 5 nilai fungsi keanggotaan masukan (sangat negatif, negatif, zero, positif, sangat positif) dan 6 fungsi keanggotaan keluaran (mati, sangat redup, redup, normal, terang, sangat terang). Inferensi dengan metode MAX-MIN, dan defuzzyifikasi metode COA (center of area).
- c. Miniatur lampu LED sebagai penerangan jalan umum memiliki otomatisasi waktu khusus , yaitu nilai set point 100 % pada saat pukul 04:00 hingga 22:00, set point 90 % saat pukul 22:00 – 23:00 dan 03:00 – 04:00, dan set point 80 % saat pukul 23:00 hingga 03:00. Sistem ini dapat bekerja pada nilai range set point 180° (3.04 V) hingga 230° (4.00V)

6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan dan kekurangan sistem. Saran-saran untuk penyempurnaan kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- a. Penempatan sensor untuk selanjutnya agar lebih diperhatikan agar pembacaan sensor terhadap lingkungan yang sebenarnya lebih akurat.
- b. Penempatan LED sebaiknya diletakan dalam bidang yang agak melengkung agar cahaya yang dihasilkan akan lebih menyebar.
- c. Untuk meningkatkan kemampuan kontroler logika fuzzy dapat dilakukan dengan menambah jumlah fungsi keanggotaan dan memodifikasi aturan-aturan fuzzy pada masing-masing variabel masukan dan keluaran.
- d. Untuk perealisasian alat dalam sistem yang sebenarnya, perlu adanya pengamanan khusus komponen elektronika terhadap air hujan agar tidak terjadi hubungan arus pendek, dan perlu adanya perawatan dan pembersihan berkala terhadap sensor agar kepekaan sensor selalu terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, Heri. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*. Informatika. Bandung.
- Aria Utama, Judhistira dan Lina Aviyanti. 2008. *Polusi Cahaya : Permasalahan dan Solusi*. www.upi.ac.id (tanggal akses 28 September 2010)
- Atmel Corp. 2007. *8-bit AVR with 32K Bytes In-System Programmable Flash Atmega32, Atmega32L*. www.atmel.com. (tanggal akses 12 Juni 2010)
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2008. *SNI 7391:2008 Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*. www.bsn.go.id (tanggal akses 12 Juni 2010)
- Kusumadewi, Sri dan Hari Puranomo. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Purwaningrum, Netika. 2007. *Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Penerangan Ruangan Berbasis Mikrokontroler ATMega8535*. www.unnes.ac.id (tanggal akses 12 Juni 2010)
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2006. *Peralatan Energi Listrik : Pencahayaan*. www.energyefficiencyasia.org (tanggal akses 12 Juni 2010)
- Yan, Jun, M. Ryan, dan J. Power. 1993. *Using Fuzzy Logic*. Prentice-Hall, New York. www.alldatasheet.com (tanggal akses 12 Juni 2010)



LAMPIRAN I

Foto Alat





LAMPIRAN II

Listing Program



```
*****
```

This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.24.8d Professional
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2006 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project : Lampu Penerangan Jalan Umum
Version : Beta (1)
Date : 24-Oct-2010
Author : Lufiaysidalim
Company : Sav8ht Inc.
Comments : at Control System Laboratory

Chip type : ATmega32
Program type : Application
Clock frequency : 12.000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 512

```
*****
```

```
#include <mega32.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>

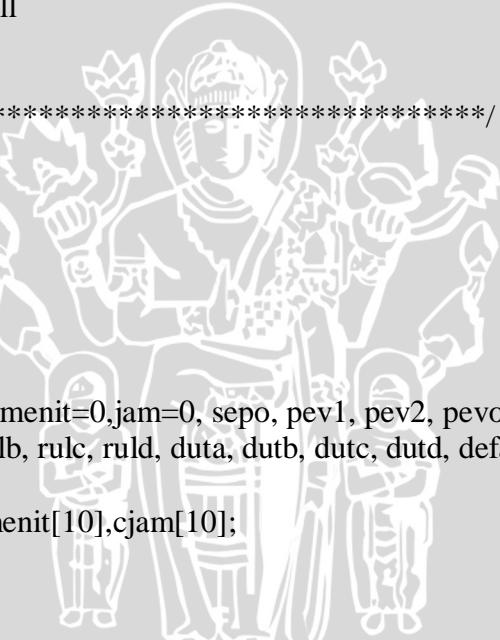
//variabel global
unsigned int kali=0,detik=0,menit=0,jam=0, sepo, pev1, pev2, pevo, erro, dero, erso,
infa, infb, infc, infd, rula, rulb, rulc, ruld, duta, dutb, dutc, dutd, defa, defb, defc, defd,
duty ;
unsigned char cdetik[10],cmenit[10],cjam[10];

//REAL TIME CLOCK
```

```
// Timer 2 output compare interrupt service routine
interrupt [TIM2_COMP] void timer2_comp_isr(void)
{
// Place your code here
TCNT2=0; //jika sudah compare match, set awal lagi
if(++kali==10000)
{
    if(++detik==60)
    { detik=0;

        if(++menit==60)
        { menit=0;

            if(++jam==24)
```



```
{  
jam=0;  
}  
}  
}  
}  
  
kali=0;  
itoa(detik,cdetik);  
itoa(menit,cmenit);  
itoa(jam,cjam);  
}  
  
#define ADC_VREF_TYPE 0x20  
  
// Read the 8 most significant bits  
// of the AD conversion result  
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)  
{  
ADMUX=adc_input|ADC_VREF_TYPE;  
// Start the AD conversion  
ADCSRA|=0x40;  
// Wait for the AD conversion to complete  
while ((ADCSRA & 0x10)==0);  
ADCSRA|=0x10;  
return ADCH;  
}  
  
// External Interrupt 0 service routine  
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)  
{  
flg=1;  
PORTB.0=1; PORTB.1=1; PORTB.2=1;  
xx=0;  
}  
// External Interrupt 1 service routine  
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)  
{  
room=room+1; if (room>2) {room=0;}  
}  
// Timer 2 overflow interrupt service routine  
interrupt [TIM2_OVF] void timer2_ovf_isr(void)  
{  
if (flg==1) {  
if (xx>ot[0]) {PORTB.0=0;}  
if (xx>ot[1]) {PORTB.1=0;}  
if (xx>ot[2]) {PORTB.2=0;}  
xx=xx+1;  
}  
}  
void fuzz_out(void);
```

```
void r5(void);
void r3(void);
void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In

Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T

State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out

Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0

State0=0
PORTB=0x00;
DDRB=0xFF;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In

Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T

State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In

Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T

State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 187.500 kHz
```

```
// Mode: Fast PWM top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x4B;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

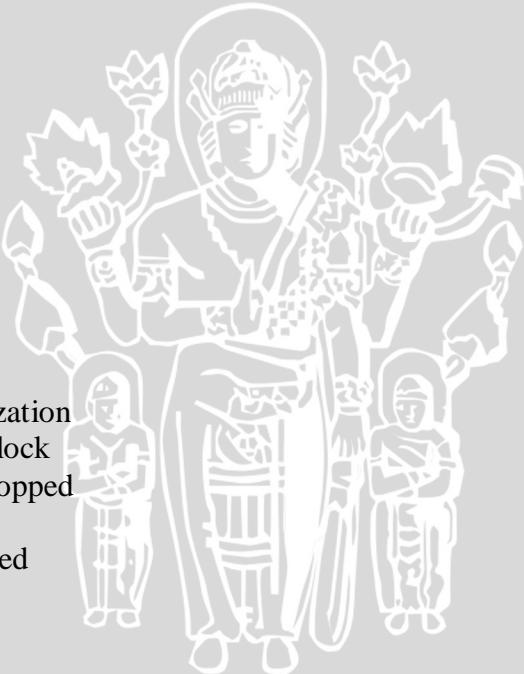
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x44;

// Analog Comparator initialization
```



```

// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
SFIOR&=0xEF;      // ADC High Speed Mode: Off
                  // ADC Auto Trigger Source: None
                  // Only the 8 most significant bits of
                  // the AD conversion result are used
xx=flg=0;
room=0;
x=0;
ot[0]=ot[1]=ot[2]=0;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=0x84;

while (1)
{
// OTOMATISASI WAKTU KHUSUS
    if ((cjam>=23) || (3<=cjam))
    if ((23>cjam>=22) || 3<=cjam<=4)
        {sepo=sepo*0.8;}
        {sepo=sepo*0.9; }

// MASUKAN KONTROL LOGIKA FUZZY
    if (pev0>=pev1)
    if (pev1>pev0)

        erro == sepo - pevo;
        dero == erso - erro;
        erso == erro;

// FUZZYFIKASI
    if (erro<=-2)
    if (-2<erro<=-1)
    if (-1<erro<=0)
    if (0<erro<=1)
    if (1<erro<=2)
    if (2<erro)

        {infa==1, infb==1, rula==2, rulb==2; }
        {infa==1-erro, infb==erro+2, rula==2, rulb==1; }
        {infa==erro, infb==erro+1, rula==1, rulb==0; }
        {infa==1-erro, infb==erro, rula==0, rulb==1; }
        {infa==2-erro, infb==erro-1, rula==1, rulb==2; }
        {infa==1, infb==1, rula==2, rulb==2; }

    if (dero<=-2)
    if (-2<dero<=-1)
    if (-1<dero<=0)
    if (0<dero<=1)
    if (1<dero<=2)
    if (2<dero)

        {infcc==1, infd==1, rulc==2, ruld==2; }
        {infcc==1-erro, infd==erro+2, rulc==2, ruld==1; }
        {infcc==erro, infd==erro+1, rulc==1, ruld==0; }
        {infcc==1-erro, infd==erro, rulc==0, ruld==1; }
        {infcc==2-erro, infd==erro-1, rulc==1, ruld==2; }
        {infcc==1, infd==1, rulc==2, ruld==2; }

```

```
//ATURAN FUZZY
if ((rula== -2) && (rulc<=0)) {duta = 20;}
if ((rula== -2) && (rulc>=1)) {duta = 0;}
if ((rula== -1) && (rulc<=0)) {duta = 40;}
if ((rula== -1) && (rulc==1)) {duta = 20;}
if ((rula== -1) && (rulc==2)) {duta = 0;}
if ((rula== 0) && (rulc== -2)) {duta = 100;}
if ((rula== 0) && (rulc== -1)) {duta = 80;}
if ((rula== 0) && (rulc== 0)) {duta = 60;}
if ((rula== 0) && (rulc== 1)) {duta = 40;}
if ((rula== 0) && (rulc== 1)) {duta = 20;}
if ((rula== 1) && (rulc<= -1)) {duta = 100;}
if ((rula== 1) && (rulc>=0)) {duta = 80;}
if ((rula== 2) {duta = 100; }

if ((rula== -2) && (ruld<=0)) {dutb = 20;}
if ((rula== -2) && (ruld>=1)) {dutb = 0;}
if ((rula== -1) && (ruld<=0)) {dutb = 40;}
if ((rula== -1) && (ruld==1)) {dutb = 20;}
if ((rula== -1) && (ruld==2)) {dutb = 0;}
if ((rula== 0) && (ruld== -2)) {dutb = 100;}
if ((rula== 0) && (ruld== -1)) {dutb = 80;}
if ((rula== 0) && (ruld== 0)) {dutb = 60;}
if ((rula== 0) && (ruld== 1)) {dutb = 40;}
if ((rula== 0) && (ruld== 1)) {dutb = 20;}
if ((rula== 1) && (ruld<= -1)) {dutb = 100;}
if ((rula== 1) && (ruld>=0)) {dutb = 80;}
if ((rula== 2) {dutb = 100; }

if ((rulb== -2) && (rulc<=0)) {dutc = 20;}
if ((rulb== -2) && (rulc>=1)) {dutc = 0;}
if ((rulb== -1) && (rulc<=0)) {dutc = 40;}
if ((rulb== -1) && (rulc==1)) {dutc = 20;}
if ((rulb== -1) && (rulc==2)) {dutc = 0;}
if ((rulb== 0) && (rulc== -2)) {dutc = 100;}
if ((rulb== 0) && (rulc== -1)) {dutc = 80;}
if ((rulb== 0) && (rulc== 0)) {dutc = 60;}
if ((rulb== 0) && (rulc== 1)) {dutc = 40;}
if ((rulb== 0) && (rulc== 1)) {dutc = 20;}
if ((rulb== 1) && (rulc<= -1)) {dutc = 100;}
if ((rulb== 1) && (rulc>=0)) {dutc = 80;}
if ((rulb== 2) {dutc = 100; }

if ((rulb== -2) && (ruld<=0)) {dutd = 20;}
if ((rulb== -2) && (ruld>=1)) {dutd = 0;}
if ((rulb== -1) && (ruld<=0)) {dutd = 40;}
if ((rulb== -1) && (ruld==1)) {dutd = 20;}
if ((rulb== -1) && (ruld==2)) {dutd = 0;}
if ((rulb== 0) && (ruld== -2)) {dutd = 100;}
if ((rulb== 0) && (ruld== -1)) {dutd = 80;}
```



```
if ((rulb==0) && (ruld==0)) {dutd = 60;}  
if ((rulb==0) && (ruld==1)) {dutd = 40;}  
if ((rulb==0) && (ruld==1)) {dutd = 20;}  
if ((rulb==1) && (ruld<=-1)) {dutd = 100;}  
if ((rulb==1) && (ruld>=0)) {dutd = 80;}  
if (rulb==2) {dutd = 100;}  
  
//INFERENSI  
if {(infa>=infc) {defa==infc;}  
if {(infa>=infd) {defb==infd;}  
if {(infb>=infc) {defc==infc;}  
if {(infb>=infd) {defd==infd;}  
  
//DEFUZZYFIKASI  
  
duty==((defa*duta)+(defb*dutb)+(defc*dutc)+(defd*dutd))/(defa+defb+defc+defd)  
  
OCR1A==((duty/100)*255;  
OCR1B==((duty/100)*255;  
  
return;  
};  
}
```



LAMPIRAN III

Datasheet





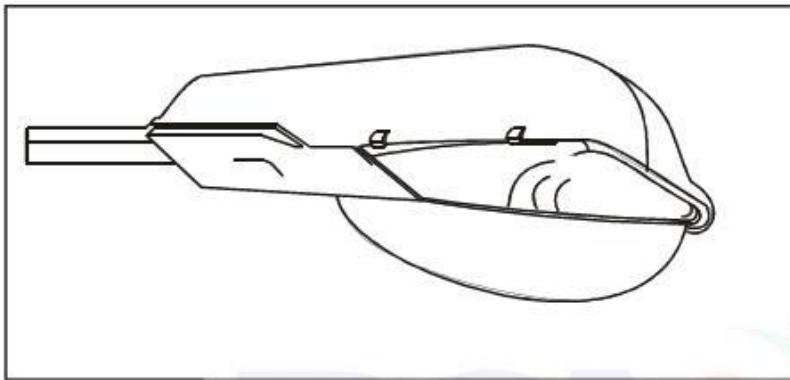
Standar Nasional Indonesia

SNI 7391:2008

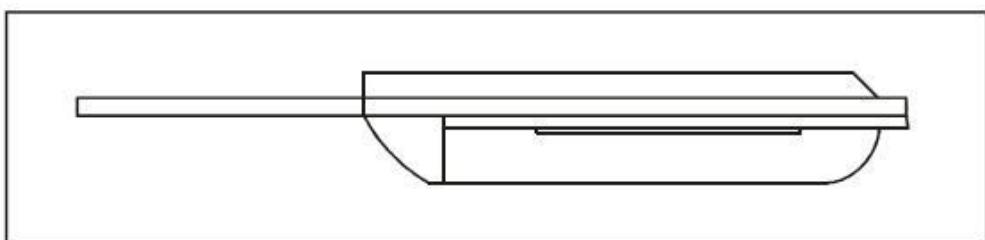
Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan

Lampiran A
(Informatif)

Bentuk dan struktur rumah lampu penerangan jalan



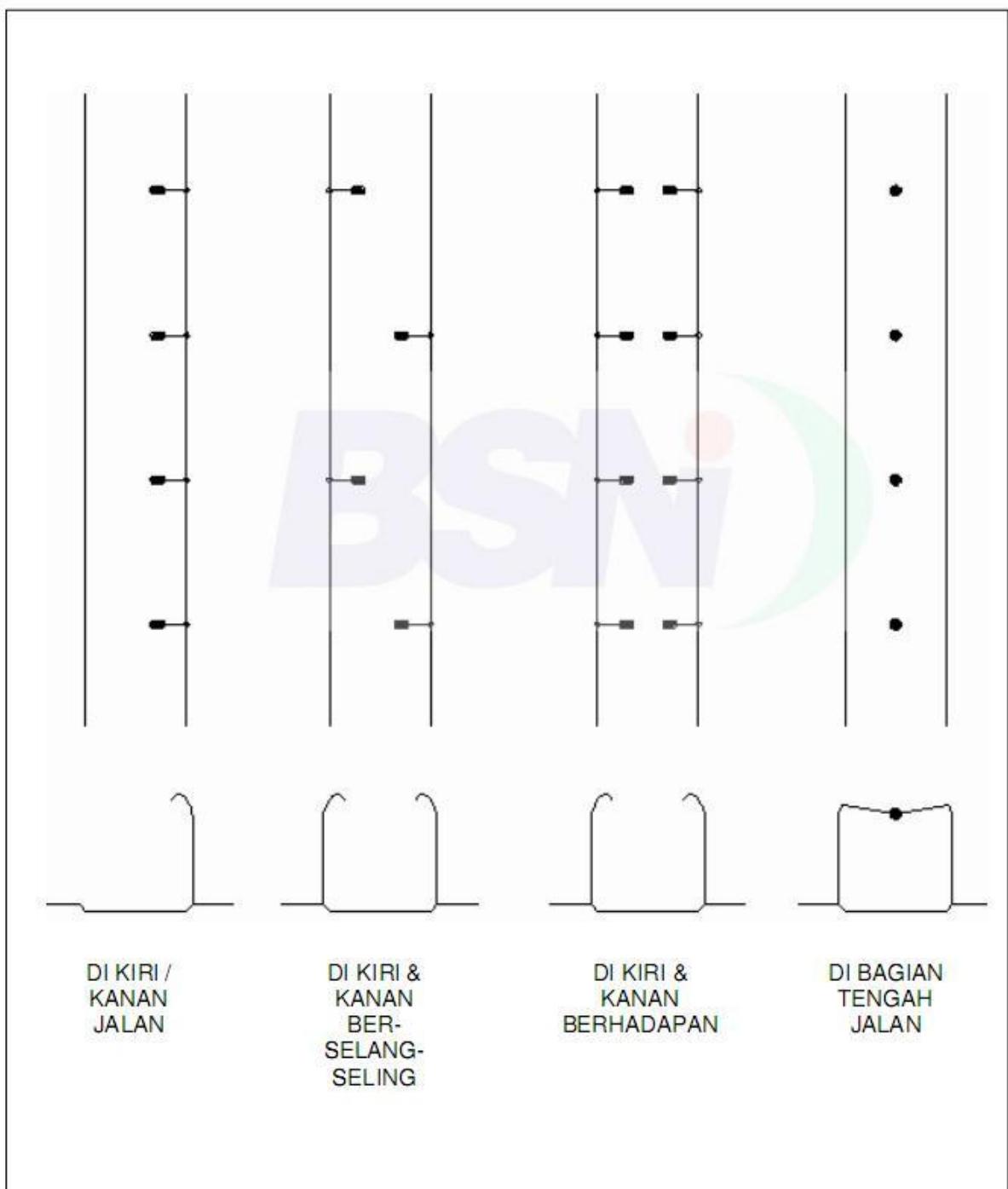
Gambar A.1 Contoh rumah lampu merkuri



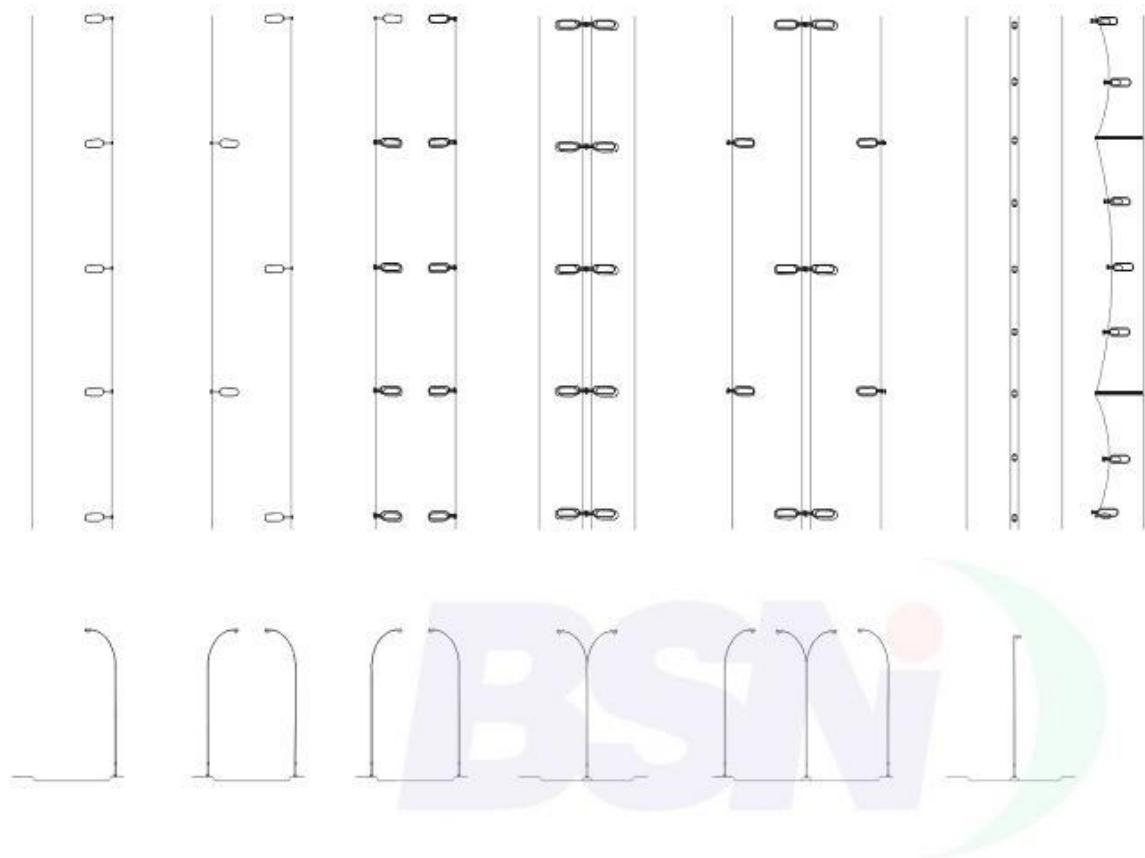
Gambar A.2 Contoh rumah lampu sodium

Lampiran B
(Informatif)

Tipikal lampu penerangan jalan berdasarkan pemilihan letak



Gambar B.1 Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah

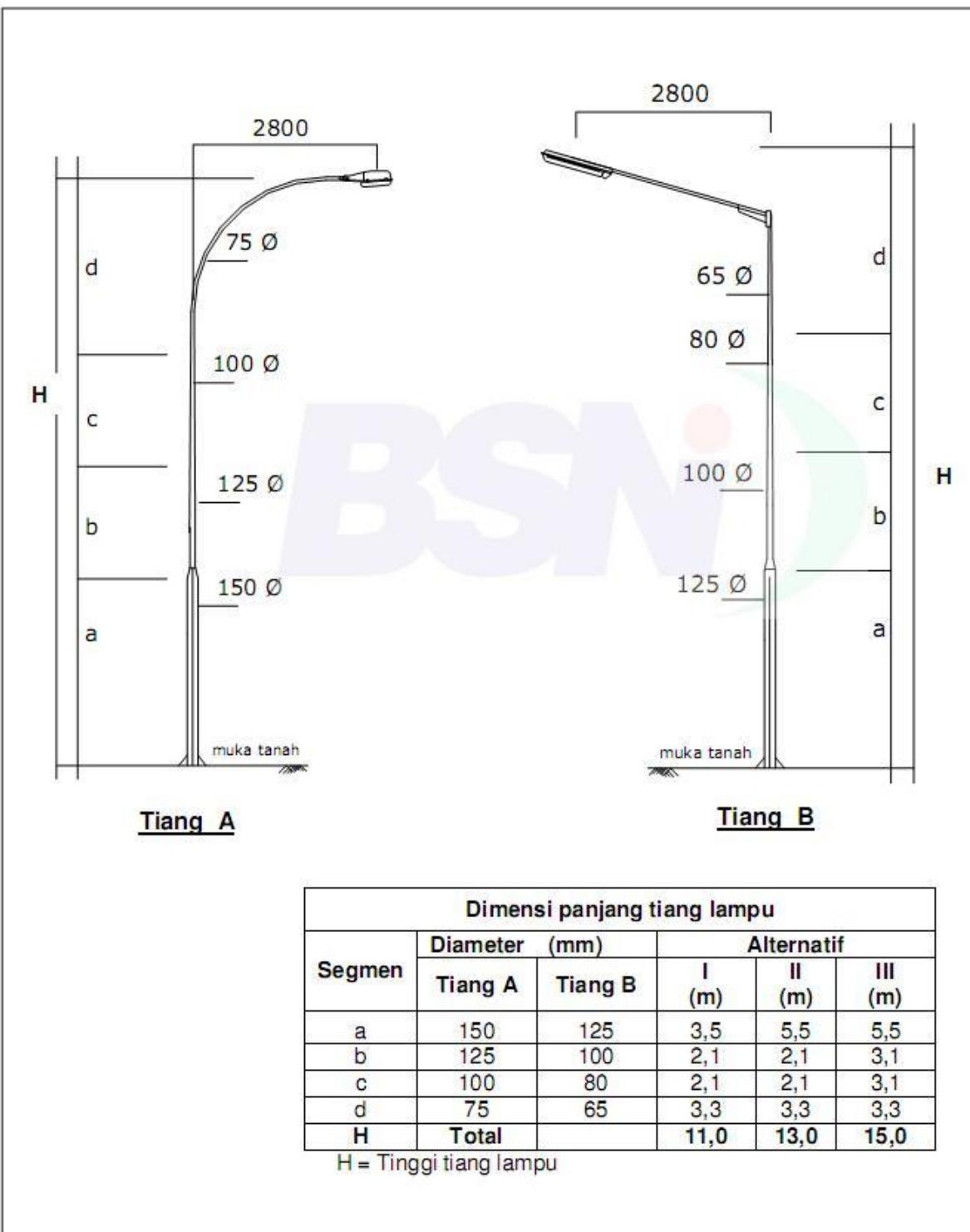


Keterangan : (a) : Di kiri/kanan jalan
(b) : Di kiri & kanan berselang-seling
(c) : Di kiri & kanan berhadapan (d) : Di tengah median jalan
(e) : Kombinasi (f) : Katenasi

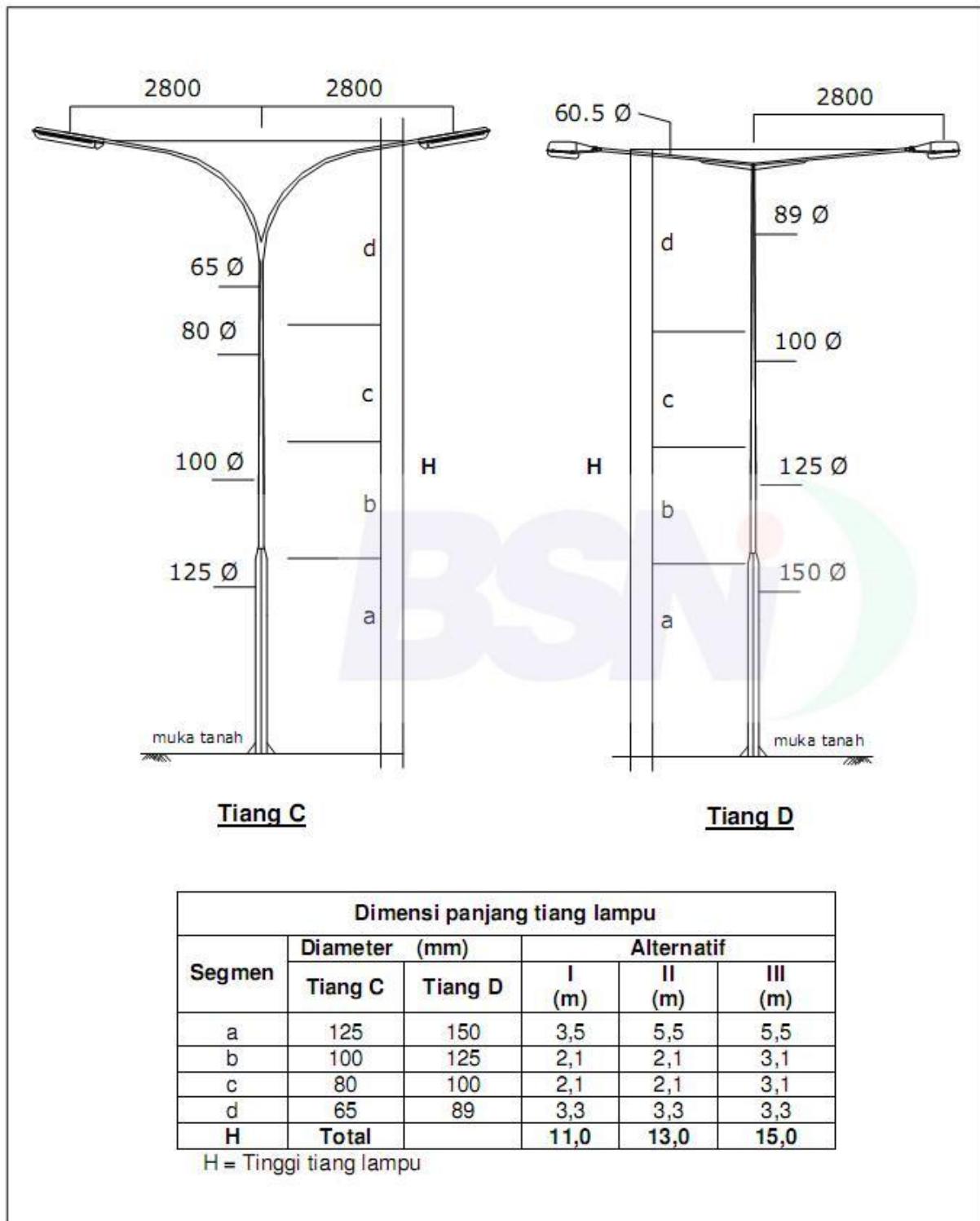
Gambar B.2 Tipikal lampu penerangan pada jalan dua arah

Lampiran C
(Informatif)

Contoh bentuk dan dimensi lampu penerangan jalan



Gambar C.1 Contoh tipikal dan dimensi tiang lampu lengan tunggal



Gambar C.2 Contoh tipikal dan dimensi tiang lampu lengan ganda

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
In-System Programming by On-chip Boot Program
True Read-While-Write Operation
 - 1024 Bytes EEPROM
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 2K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega32L
 - 0 - 16 MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



8-bit AVR® Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash

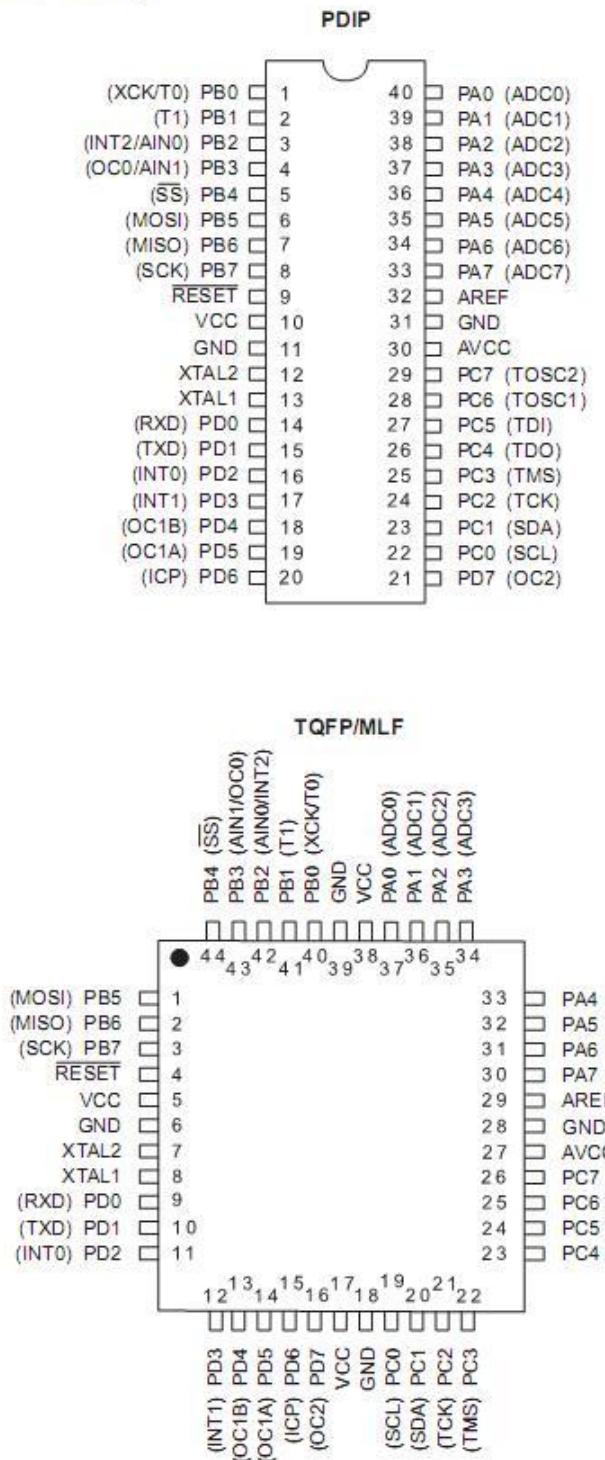
ATmega32
ATmega32L

Preliminary



Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega32



Disclaimer

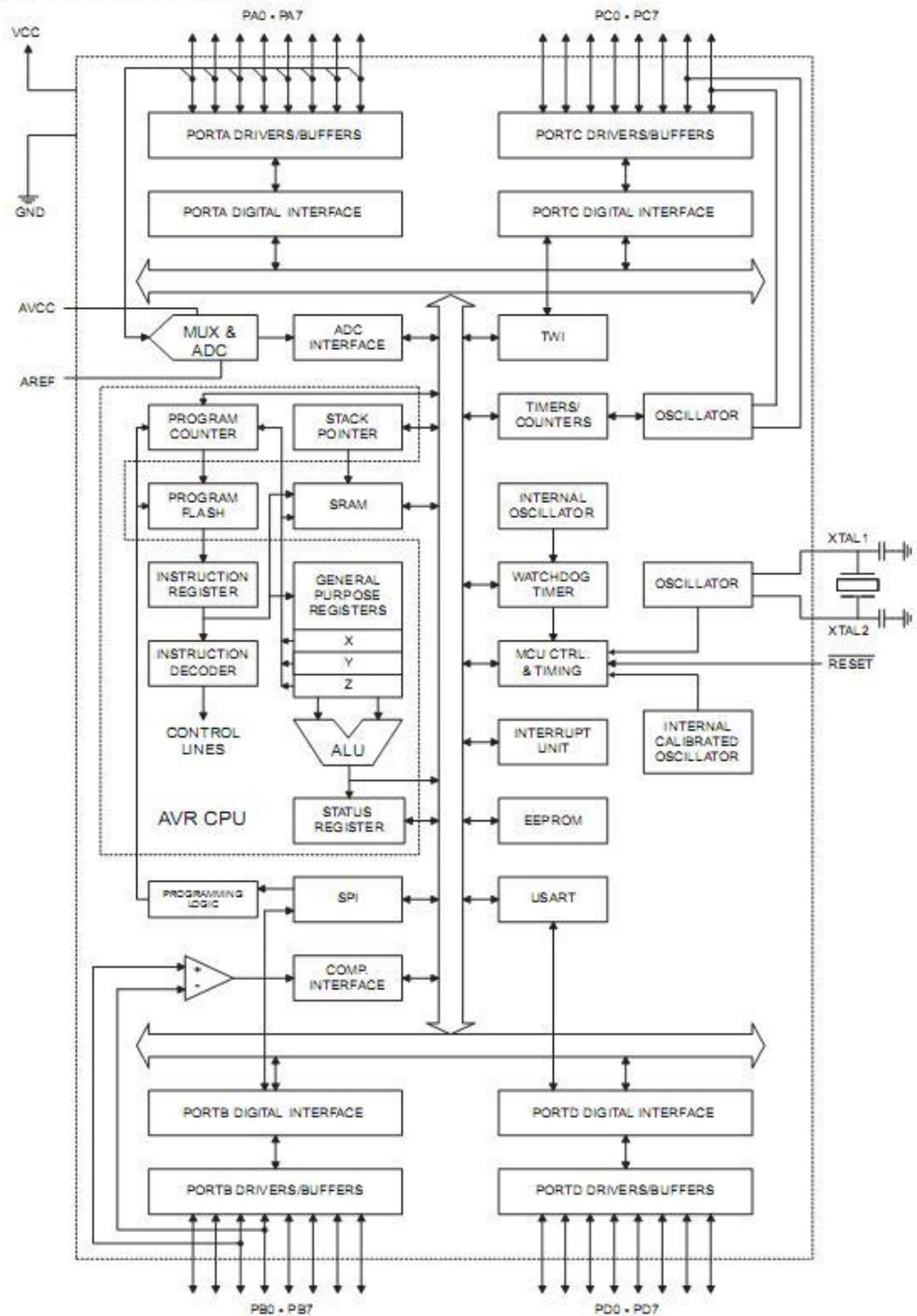
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega32 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega32 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32 provides the following features: 32K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024 bytes EEPROM, 2K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega32 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter. Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B (PB7..PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 55.

Port C (PC7..PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

The TD0 pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on page 58.

Port D (PD7..PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 60.

RESET

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.

Analog to Digital Converter

Features

- 10-bit Resolution
- 0.5 LSB Integral Non-linearity
- ± 2 LSB Absolute Accuracy
- 65 - 260 μ s Conversion Time
- Up to 15 kSPS at Maximum Resolution
- 8 Multiplexed Single Ended Input Channels
- 7 Differential Input Channels
- 2 Differential Input Channels with Optional Gain of 10x and 200x⁽¹⁾
- Optional Left adjustment for ADC Result Readout
- 0 - V_{cc} ADC Input Voltage Range
- Selectable 2.56V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode
- ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

Note: 1. The differential input channels are not tested for devices in PDIP Package. This feature is only guaranteed to work for devices in TQFP and MLF Packages.

The ATmega32 features a 10-bit successive approximation ADC. The ADC is connected to an 8-channel Analog Multiplexer which allows 8 single-ended voltage inputs constructed from the pins of Port A. The single-ended voltage inputs refer to 0V (GND).

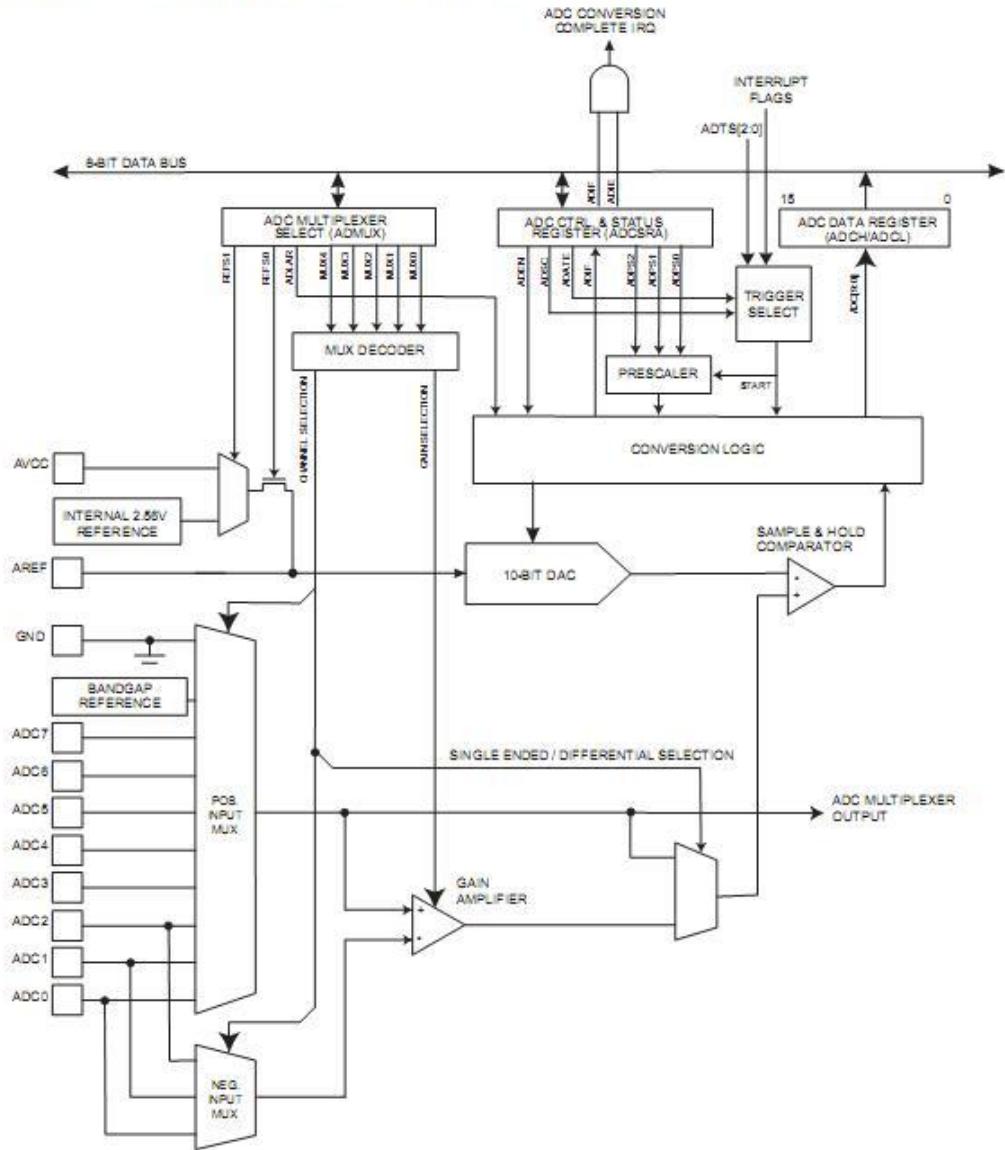
The device also supports 16 differential voltage input combinations. Two of the differential inputs (ADC1, ADC0 and ADC3, ADC2) are equipped with a programmable gain stage, providing amplification steps of 0 dB (1x), 20 dB (10x), or 46 dB (200x) on the differential input voltage before the A/D conversion. Seven differential analog input channels share a common negative terminal (ADC1), while any other ADC input can be selected as the positive input terminal. If 1x or 10x gain is used, 8-bit resolution can be expected. If 200x gain is used, 7-bit resolution can be expected.

The ADC contains a Sample and Hold circuit which ensures that the input voltage to the ADC is held at a constant level during conversion. A block diagram of the ADC is shown in Figure 98.

The ADC has a separate analog supply voltage pin, AVCC. AVCC must not differ more than ± 0.3 V from V_{cc}. See the paragraph "ADC Noise Canceler" on page 207 on how to connect this pin.

Internal reference voltages of nominally 2.56V or AVCC are provided On-chip. The voltage reference may be externally decoupled at the AREF pin by a capacitor for better noise performance.



Figure 98. Analog to Digital Converter Block Schematic

Operation

The ADC converts an analog input voltage to a 10-bit digital value through successive approximation. The minimum value represents GND and the maximum value represents the voltage on the AREF pin minus 1 LSB. Optionally, AVCC or an internal 2.56V reference voltage may be connected to the AREF pin by writing to the REFSn bits in the ADMUX Register. The internal voltage reference may thus be decoupled by an external capacitor at the AREF pin to improve noise immunity.

The analog input channel and differential gain are selected by writing to the MUX bits in ADMUX. Any of the ADC input pins, as well as GND and a fixed bandgap voltage reference, can be selected as single ended inputs to the ADC. A selection of ADC input pins can be selected as positive and negative inputs to the differential gain amplifier.

If differential channels are selected, the differential gain stage amplifies the voltage difference between the selected input channel pair by the selected gain factor. This

amplified value then becomes the analog input to the ADC. If single ended channels are used, the gain amplifier is bypassed altogether.

The ADC is enabled by setting the ADC Enable bit, ADEN in ADCSRA. Voltage reference and input channel selections will not go into effect until ADEN is set. The ADC does not consume power when ADEN is cleared, so it is recommended to switch off the ADC before entering power saving sleep modes.

The ADC generates a 10-bit result which is presented in the ADC Data Registers, ADCH and ADCL. By default, the result is presented right adjusted, but can optionally be presented left adjusted by setting the ADLAR bit in ADMUX.

If the result is left adjusted and no more than 8-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH, to ensure that the content of the Data Registers belongs to the same conversion. Once ADCL is read, ADC access to Data Registers is blocked. This means that if ADCL has been read, and a conversion completes before ADCH is read, neither register is updated and the result from the conversion is lost. When ADCH is read, ADC access to the ADCH and ADCL Registers is re-enabled.

The ADC has its own interrupt which can be triggered when a conversion completes. When ADC access to the Data Registers is prohibited between reading of ADCH and ADCL, the interrupt will trigger even if the result is lost.

Starting a Conversion

A single conversion is started by writing a logical one to the ADC Start Conversion bit, ADSC. This bit stays high as long as the conversion is in progress and will be cleared by hardware when the conversion is completed. If a different data channel is selected while a conversion is in progress, the ADC will finish the current conversion before performing the channel change.

Alternatively, a conversion can be triggered automatically by various sources. Auto Triggering is enabled by setting the ADC Auto Trigger Enable bit, ADATE in ADCSRA. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADTS in SFIOR (see description of the ADTS bits for a list of the trigger sources). When a positive edge occurs on the selected trigger signal, the ADC prescaler is reset and a conversion is started. This provides a method of starting conversions at fixed intervals. If the trigger signal still is set when the conversion completes, a new conversion will not be started. If another positive edge occurs on the trigger signal during conversion, the edge will be ignored. Note that an Interrupt Flag will be set even if the specific interrupt is disabled or the global interrupt enable bit in SREG is cleared. A conversion can thus be triggered without causing an interrupt. However, the Interrupt Flag must be cleared in order to trigger a new conversion at the next interrupt event.



Data Sheet

Light dependent resistors

NORP12 RS stock number 651-507
NSL19-M51 RS stock number 596-141

Two cadmium sulphide (cdS) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.

Guide to source illuminations

Light source	Illumination (Lux)
Moonlight	0.1
60W bulb at 1m	50
1W MES bulb at 0.1m	100
Fluorescent lighting	500
Bright sunlight	30,000

Circuit symbol



Light memory characteristics

Light dependent resistors have a particular property in that they remember the lighting conditions in which they have been stored. This memory effect can be minimised by storing the LDRs in light prior to use. Light storage reduces equilibrium time to reach steady resistance values.

NORP12 (RS stock no. 651-507)

Absolute maximum ratings

Voltage, ac or dc peak	320V
Current	75mA
Power dissipation at 30°C	250mW
Operating temperature range	-80°C to +75°C

Electrical characteristics

T_A = 25°C, 2854°K tungsten light source

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	Ω
	10 lux	-	9	-	kΩ
Dark resistance	-	1.0	-	-	MΩ
Dark capacitance	-	-	3.8	-	pF
Rise time 1	1000 lux	-	2.8	-	ms
	10 lux	-	18	-	ms
Fall time 2	1000 lux	-	48	-	ms
	10 lux	-	120	-	ms

1. Dark to 110% R_d

2. To 10 × R_d

R_d = photocell resistance under given illumination.

Features

- Wide spectral response
- Low cost
- Wide ambient temperature range

Dimensions

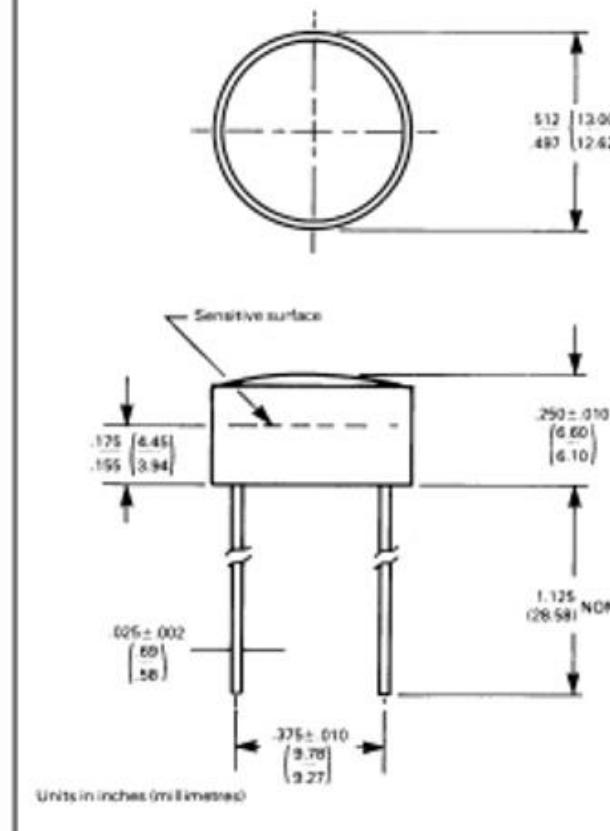


Figure 1 Power dissipation derating

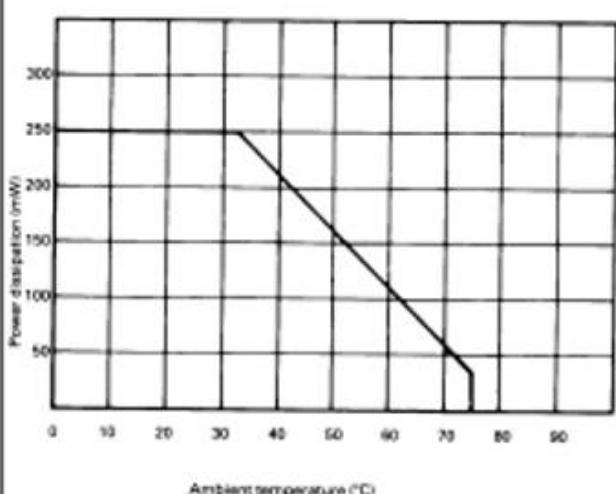
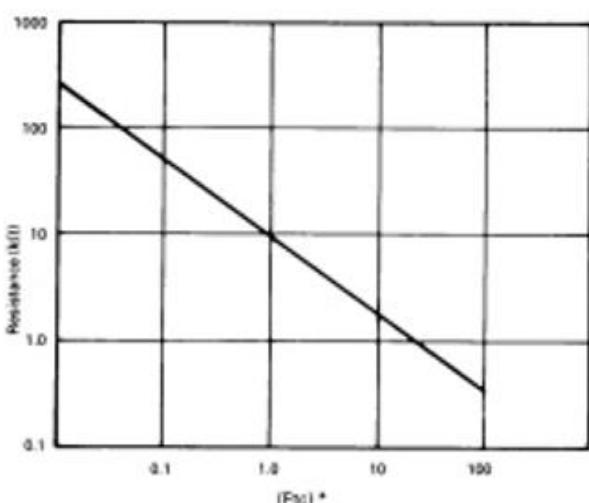
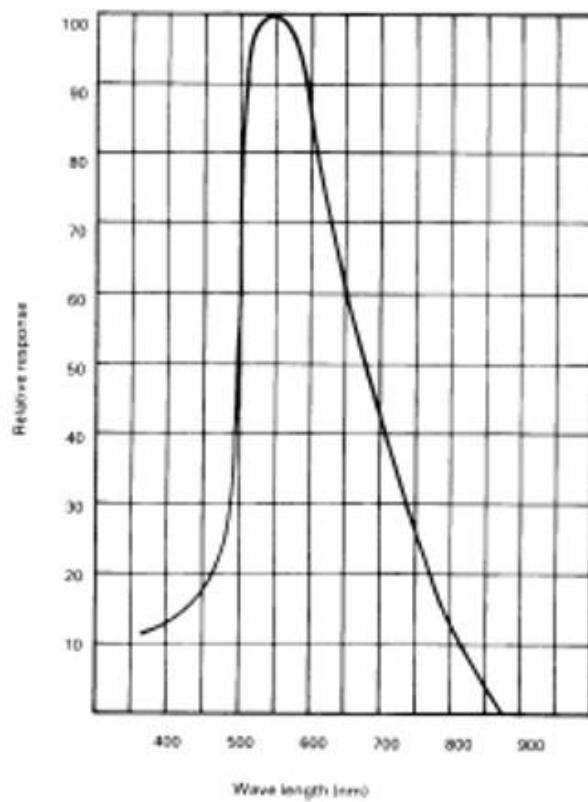


Figure 3 Resistance as a function of illumination



* Fx=10784 lumens

Figure 2 Spectral response



Absolute maximum ratings

Voltage, ac or dc peak _____ 100V
 Current _____ 5mA
 Power dissipation at 25°C _____ 50mW*
 Operating temperature range _____ -25°C +75°C

*Derate linearly from 50mW at 25°C to 0W at 75°C.

Electrical characteristics

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	10 lux	20	*	100	kΩ
	100 lux	*	5	*	kΩ
Dark resistance	100lux after 10 sec	20	*	*	MΩ
Spectral response	*	*	550	*	nm
Rise time	10lux	*	45	*	ms
Fall time	10lux	*	55	*	ms

Figure 4 Resistance as a function illumination

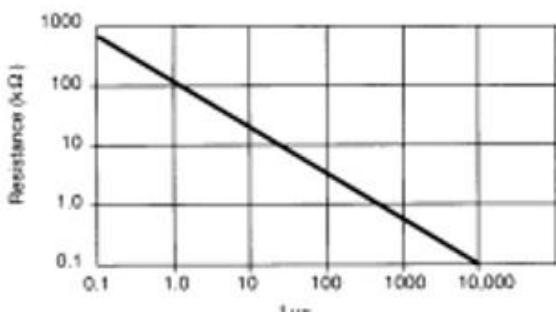
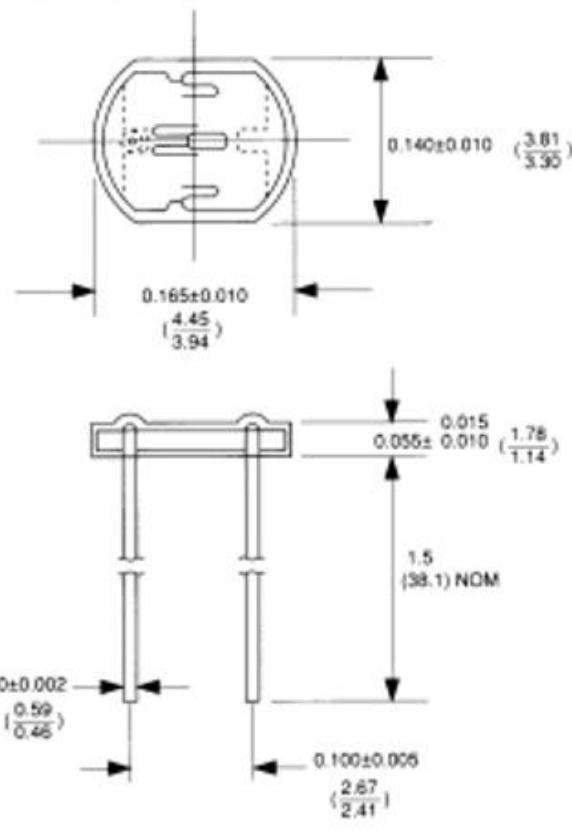
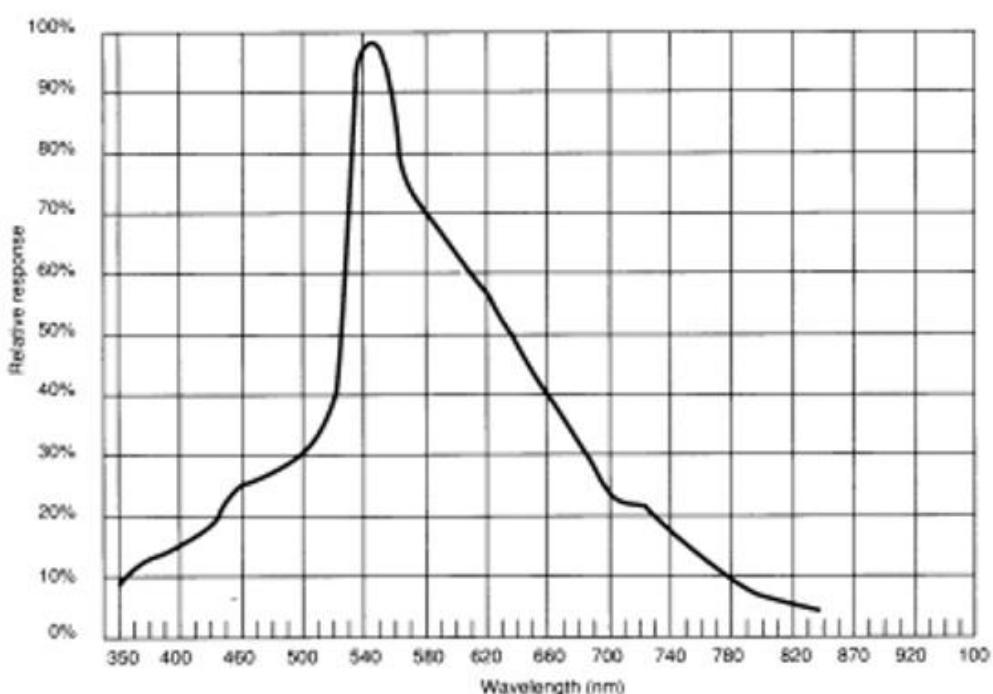
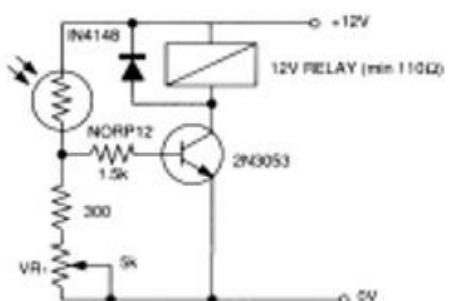
**Dimensions**

Figure 5 Spectral response



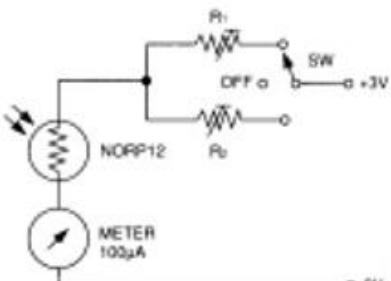
Typical application circuits

Figure 6 Sensitive light operated relay



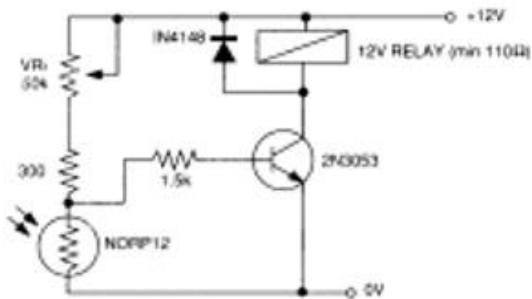
Relay energised when light level increases above the level set by VR₁

Figure 9 Logarithmic law photographic light meter



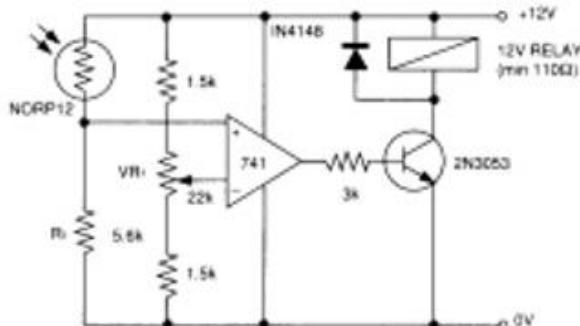
Typical value $R_1 = 100\text{k}\Omega$
 $R_2 = 200\text{k}\Omega$ preset to give two overlapping ranges.
 (Calibration should be made against an accurate meter.)

Figure 7 Light interruption detector



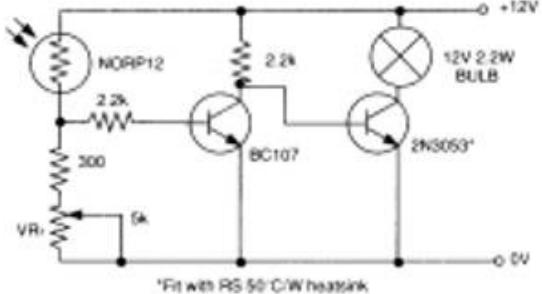
As Figure 6 relay energised when light level drops below the level set by VR₁

Figure 10 Extremely sensitive light operated relay



Relay energised when light exceeds preset level.
 Incorporates a balancing bridge and op-amp. R₁ and NORP12 may be interchanged for the reverse function.

Figure 8 Automatic light circuit

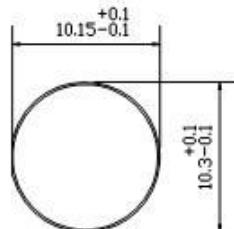


Adjust turn-on point with VR₁

The information provided in RS technical literature is believed to be accurate and reliable; however RS Components assumes no responsibility for inaccuracies or omissions or for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk.
 No responsibility is assumed by RS Components for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use.
 Specifications shown in RS Components technical literature are subject to change without notice.

Part No./型号: 1025PWC**ATTENTION**

OBSERVE PRECAUTIONS
FOR HANDLING
ELECTROSTATIC
DISCHARGE
SENSITIVE
DEVICES

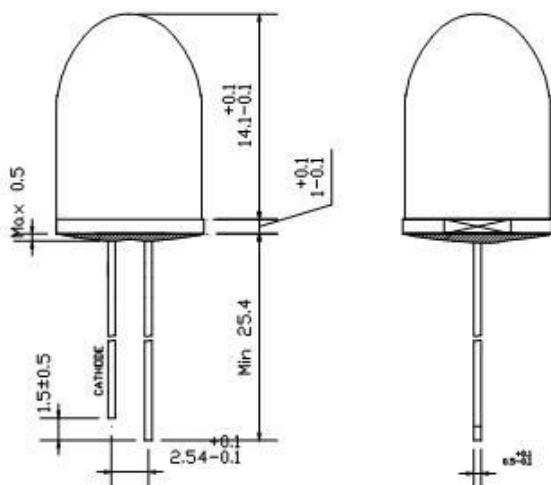
➤ **Features/特征:**

- Single color/特征
- High bright output/高亮度输出
- Low power consumption/低功耗
- High reliability and long life/可靠性高、寿命长
- Cuprum lead/铜引脚

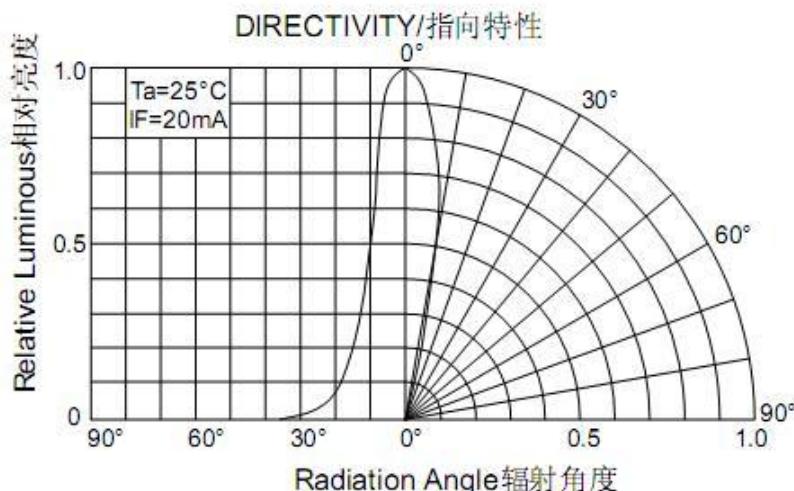
➤ **Descriptions/描述:**

- Dice material/芯片材质: GaInN
- Emitting Color/发光颜色:
Super Bright White/高亮度白色

- Device Outline/产品外形:
Φ 10mm Round Type/10mm 圆形
- Lens Type/胶体颜色: Water Clear/无色透明

**NOTE/注意:**

- All dimensions are millimeters/单位: mm
- Tolerance is +/-0.25mm unless otherwise noted/没有标注的公差为±0.25mm

➤ **Directivity/指向特性:**

Part No./型号: 1025PWC

> Absolute maximum ratings/极限参数 (Ta = 25°C)

Parameter 参数	Symbol 符号	Test Condition 测试条件	Value 数值		Unit 单位
			Min.	Max.	
Reverse Voltage 反向电压	VR	IR = 30 μ A	5	--	V
Forward Current 正向工作电流	IF	----	----	25	mA
Power Dissipation 损耗功率	Pd	----	----	90	mW
Pulse Current 正向峰值电流	Ipeak	Duty=0.1mS, 1kHz	----	100	mA
Operating Temperature 工作温度范围	Topr	----	-40	+85	°C
Storage Temperature 储存温度范围	Tstr	----	-40	+100	°C

> Electrical and optical characteristics /光电参数 (Ta = 25°C)

Parameter 参数	Symbol 符号	Test Condition 测试条件	Value 数值			Unit 单位
			Min.	Typ.	Max.	
Forward Voltage 正向电压	VF	IF = 20mA	----	3.2	3.6	V
Reverse Current 反向电流	IR	VR = 5V	----	----	30	μ A
Luminous Intensity 发光强度	IV	IF = 20mA	----	8000	----	mcd
Viewing Angle 指向角度	2θ 1/2	IF = 20mA	----	20	----	Deg.

> Luminous Intensity Bins/亮度等级分档 (Ta = 25°C)

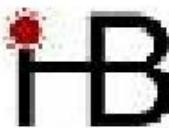
Unit:mcd

Bin	X	Y	Z
Min	4180	5860	8200
Max	5860	8200	12000

> Forward Current Bins/电压等级分档 (Ta = 25°C)

Unit:V

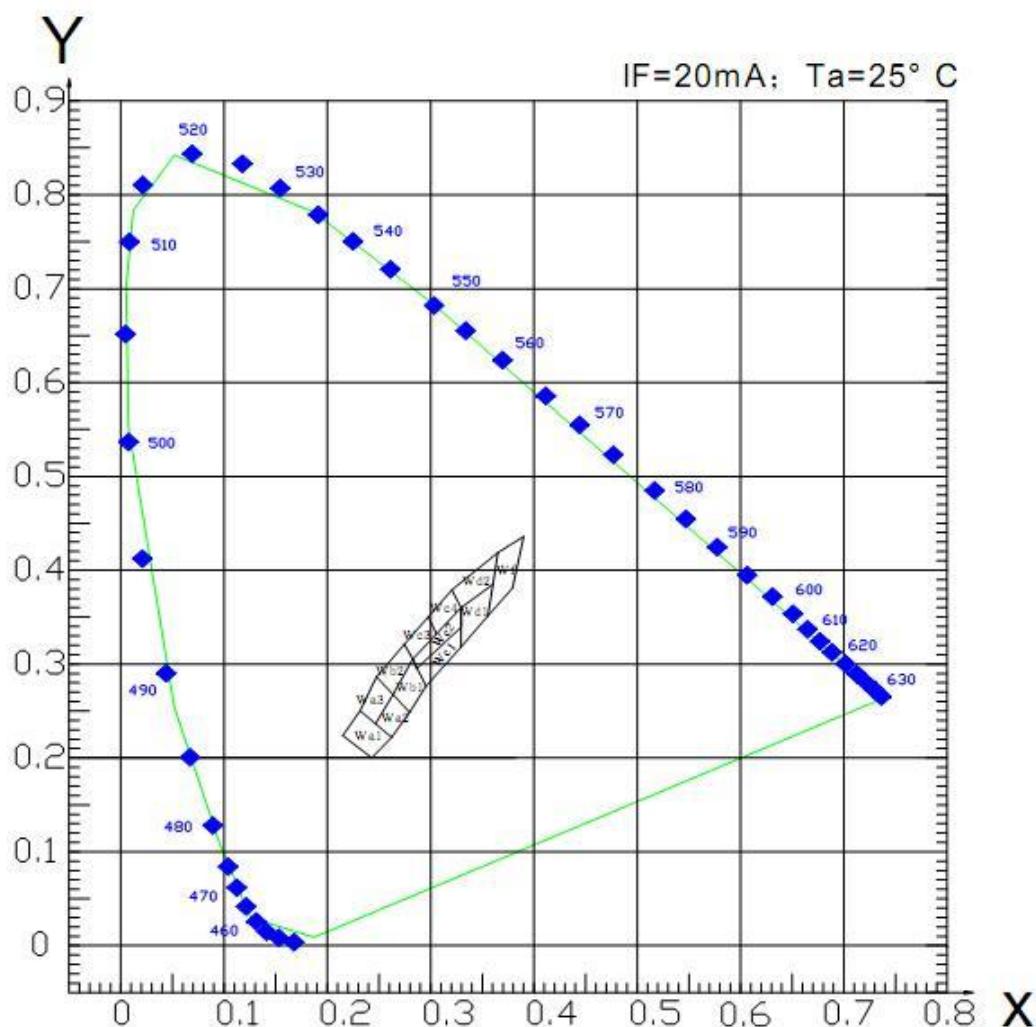
Bin	V8	V9	V10
Min	3.0	3.2	3.4
Max	3.2	3.4	3.6

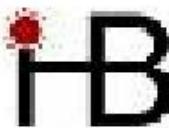
Part No./型号: 1025PWC

> Chromaticity Coordinates Ranks /色坐标分档(IF=20mA Ta=25°C)

Wa1	X	0.243	0.215	0.230	0.263	Wa2	X	0.263	0.246	0.264	0.280
	Y	0.200	0.230	0.250	0.220		Y	0.220	0.236	0.267	0.248
Wa3	X	0.246	0.230	0.248	0.264	Wb1	X	0.280	0.264	0.283	0.296
	Y	0.236	0.250	0.286	0.267		Y	0.248	0.267	0.305	0.276
Wb2	X	0.264	0.248	0.275	0.283	Wc1	X	0.296	0.287	0.330	0.330
	Y	0.267	0.286	0.321	0.305		Y	0.276	0.295	0.339	0.318
Wc2	X	0.287	0.283	0.330	0.330	Wc3	X	0.283	0.275	0.298	0.306
	Y	0.295	0.305	0.360	0.339		Y	0.305	0.321	0.350	0.332
Wc4	X	0.306	0.298	0.321	0.330	Wd1	X	0.330	0.330	0.361	0.356
	Y	0.332	0.350	0.379	0.360		Y	0.318	0.360	0.385	0.351
Wd2	X	0.330	0.321	0.366	0.361	Wf	X	0.356	0.366	0.391	0.380
	Y	0.360	0.379	0.419	0.385		Y	0.351	0.419	0.436	0.381

CIE 1931 Chromaticity diagram



Part No./型号: 1025PWC

➤ Typical electrical/optical characteristic curves/光电特性曲线:

Fig.1 正向电流 Vs. 正向电压

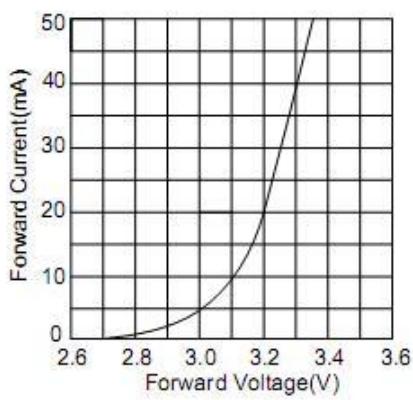


Fig.2 相对亮度 Vs. 正向电流

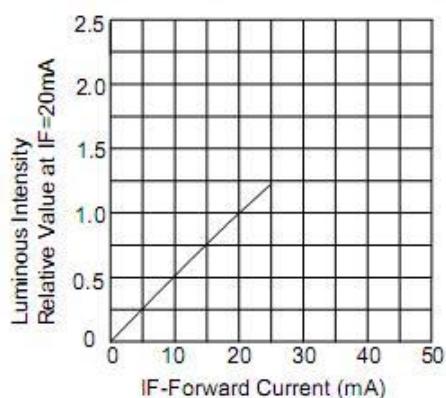


Fig.3 正向电流 Vs. 环境温度

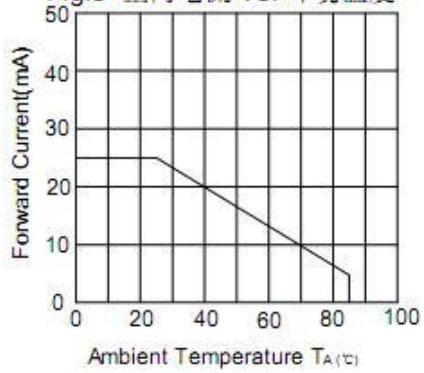


Fig.4 相对亮度 Vs. 环境温度

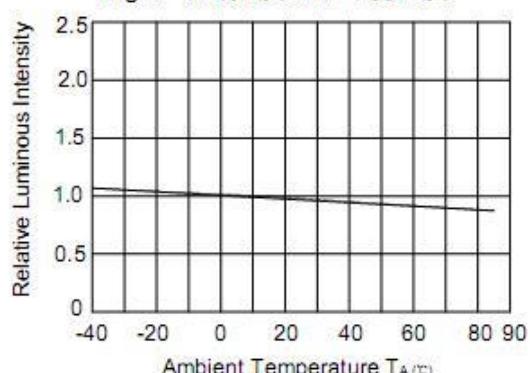
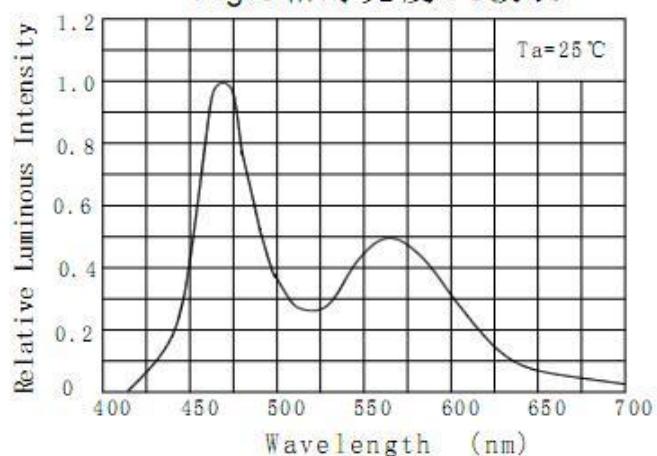
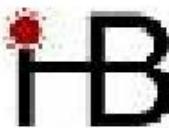


Fig.5 相对亮度 Vs 波长





Part No./型号: 1025PWC

➤ **Lead Forming/成形**

1. Any lead forming or bending must be done before soldering.

支架成形必须在焊接前完成。

2. When forming leads, there must be a minimum of 2mm clearance between the base of the LED lens and the lead bend.

必需离胶体 2 毫米才能折弯支架。

3. Avoid bending the leads at the same point more than once.

避免在管脚同一位置两次或多次弯。

4. During assembly onto PCB, the lead pitch of the LED must match the pitch of the mounting holes on the PCB during component placement.

支架成形需保证引脚和间距与线路板上一致。

➤ **Soldering Condition/焊接条件**

Careful attention should be paid during soldering. When soldering, leave more than 2mm from solder joint to case, and soldering beyond the base of the tie bar is recommended.

焊接时请特别注意，焊接点要离LED封装体底部2mm以上。

Avoiding applying any stress to the lead frame while the LEDs are at high temperature particularly when soldering.

在 LED 处于高温，特别是在焊接时，请避免对支架施压。

Part No./型号: 1025PWC

Recommended soldering conditions/推荐焊接条件:

Hand Soldering 手工焊接		DIP Soldering 浸焊	
Temp.at tip of iron 电烙铁温度	300°C Max.(30WMax.) 最高温度300°C (功率不超过30瓦)	Preheat temp. 预热温度	100°C Max. (60 sec Max.) 最高温度100°C (不超过60秒)
Soldering time 焊接时间	3 sec Max. 时间不超过3秒	Bath temp. 浸焊温度	260°C Max 最高260°C.
Distance 焊接位置	2mm Min.(From solder joint to case) 大于2毫米 (从焊点到胶体)	Bath time. 浸焊时间	3 sec Max. 不超过3秒
		Distance 浸焊位置	2mm Min 大于2毫米.

➤ Cleaning/清洗

1. Do not clean LEDs with water, Alcohol are recommended solvents for cleaning. When using other solvents, it should be confirmed beforehand whether the solvents will dissolve the resin or not.

不要用水清洗，推荐使用酒精清洗，当使用其他溶剂清洗时应事先确认该溶剂是否溶解树脂。

2. LEDs may be damaged by ultrasonic-washed. Before cleaning, a pre-test should be done to confirm whether any damage to the LEDs will occur.

LED有可能在超声波清洗过程中被破坏。为了保证安全，在清洗前，请先确认。

➤ Storage/保存

1. Environmental temperature: -40°C ---100°C, Recommended: -20°C ---50°C

环境温度: -40°C ---100°C, 推荐使用-20°C ---50°C;

2. Environmental humidity: 30%---70%, Recommended: 40%---60%

环境湿度: 30%---70%, 推荐使用40%---60%;

Part No./型号: 1025PWC➤ **Static Electricity/静电**

1. Static Electricity or power surge will damage the LED.

It is recommended that a wrist band or an anti-electrostatic glove be used when handling the LEDs.

静电或激增电压将损害 LED。

建议使用发光二极管时佩戴手腕带或防静电手套。

2. All production machinery and test instruments must be electrically grounded.

所有的生产机器和检测仪器，必须接地。

3. Maintain a humidity level of 50% or higher in production areas.

生产现场湿度必须保持在50%或者更高。

4. Use anti-static packaging for transport and storage.

使用防静电包装，运输和储存。

➤ **Notes/备注**

1. This datasheet will be update regularly, if there comes out any changes, pls confirmed by the latest datasheet.

以上规格书会定期进行更新，如有改动，以最新规格书为准。

2. When using this product, please observe the absolute maximum ratings and the instructions for using outlined in these specification sheets. HEBEI assumes no responsibility for any damage resulting from use of the product which does not comply with the absolute maximum ratings and the instructions included in these specification sheets.

在使用本产品时，请注意参考规格书中的最大额定值和使用说明，如果没有遵照产品规格书中的最大额定值以及使用说明而产生的不良后果，不在赫备承诺范围之内