

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PENGATURAN  
PENCAHAYAAN BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 16 PADA BUDIDAYA BUNGA KRISAN  
(*Chrysanthemum sp*) DI DALAM GREENHOUSE**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**DANIAL FATCHUR RAHMAN**  
0711020069



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2012**

## LEMBAR PERSETUJUAN

**JUDUL : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM  
PENGATURAN PENCAHAYAAN BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 16 PADA BUDIDAYA  
BUNGA KRISAN (*Chrysanthemum sp*) DI DALAM  
GREENHOUSE**

**Nama : DANIAL FATCHUR RAHMAN**

**Nim : 0711020069**

**Jurusan : Keteknikan Pertanian**

**Fakultas : Teknologi Pertanian**

Disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Dosen pembimbing II

Ir. Musthofa Lutfi, Mp

Wahyunanto Agung Nugroho, STP, M. Eng.

NIP. 19691113 199802 1 002

NIP. 19790321 200501 1 002

Dosen Pembimbing III

Ekaning Siti Rahayu, STP., MP,

NIP. 19730111 199901 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM  
 PENGATURAN PENCAHAYAAN BERBASIS  
 MIKROKONTROLER ATMEGA 16 PADA BUDIDAYA  
 BUNGA KRISAN (*Chrysanthemum sp*) DI DALAM  
 GREENHOUSE**

**Nama : DANIAL FATCHUR RAHMAN**

**Nim : 0711020069**

**Jurusan : Keteknikan Pertanian**

**Fakultas : Teknologi Pertanian**

**Diperiksa dan Disahkan Oleh :**

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Musthofa Lutfi, MP.

NIP. 19691113 199802 1 002

Dosen Penguji III,

Wahyunanto Agung Nugroho, STP, M. Eng.

NIP. 19790321 200501 1 002

Dosen Penguji IV,

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA

NIP. 19610710 198601 1 001

Ekaning Siti Rahayu, STP., MP.

NIP. 19730111 199901 2 001

Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian

Dr. Ir. Ruslan Wirosodarmo, MS

NIP. 19530112 198003 1 003

Tanggal Lulus Skripsi :



## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 19 Mei 1989 dengan nama lengkap Danial Fatchurrahman. Penulis merupakan anak Kelima dari lima bersaudara dari pasangan M. Rohib dan Sumartini.

Masa pendidikan penulis dimulai dengan bersekolah di sekolah dasar SDN III Babat (1995-2001), kemudian melanjutkan ke sekolah menengah tingkat pertama di MTSN MODEL BABAT (2001-2004), dan melanjutkan sekolah menengah umum di SMAN 1 BABAT (2004-2007). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi melalui jalur SPMB di Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Selama menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya penulis aktif berorganisasi di Forum Mahasiswa Study Bahasa Inggris (FORMASI) tahun 2008-2009 sebagai ketua bidang, English For Specific Purpose FTP tahun 2009-2011 sebagai President organisasi dan juga di Himpunan Mahasiswa Islam FTP pada tahun 2008-2011. Selama menempuh pendidikan di Universitas Penulis pernah menjadi asisten praktikum di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian Statika Dinamika (Mekanika), Pindah Panas atau *Heat transfer*, dan Kekuatan Bahan. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan kompetisi Internasional salah satu prestasi yang pernah diraih adalah sebagai juara III kompetisi Pangan dunia yang diselenggarakan oleh International Food Technologist of Student Assosiation di United State of Amerika. Penulis juga pernah meraih sebagai mahasiswa berprestasi 1 Fakultas Teknologi Pertanian pada tahun 2011, dan mahasiswa berprestasi IV Universitas Brawijaya 2011, dan meraih penghargaan *Best English Score* Mahasiswa Berprestasi Universitas Brawijaya 2011. Kemudian menjadi delegasi Universitas Brawijaya dalam *International Convergence* yang dihadiri oleh perwakilan dari 70 Negara di Dunia yang diselenggarakan di Universitas Gajah mada Jogjakarta pada tahun 2011.

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Danial Fatchur Rahman

NIM : 0711020069

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengaturan Pencahayaan Berbasis Mikrokontroler Atmega 16 Pada Budidaya Bunga Krisan (*Chrysanthemum sp*) Di Dalam *Greenhouse*.

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Malang, Februari 2012

Pembuat Pernyataan,

Danial Fatchur Rahman  
NIM. 0711020069

**DANIAL FATCHUR RAHMAN. 071102069. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PENGATURAN PENCAHAYAAN BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16 PADA BUDIDAYA BUNGA KRISAN (*Chrysanthemum sp*) DI DALAM GREENHOUSE**

**Dosen Pembimbing: 1. Ir. Musthofa Lutfi MP**

**2. Wahyunanto Agung Nugroho, STP, M. Eng**

**3. Ekaning Siti Rahyu, STP., MP**

---

---

**RINGKASAN**

Krisan merupakan tanaman bunga yang memiliki produktifitas tinggi yaitu 60 tangkai bunga tiap  $m^2$ . Permintaan pasar akan bunga ini di Indonesia juga cukup tinggi, bahkan dari mancanegara. Sayangnya kendala kebutuhan intensitas cahaya optimum bagi tanaman ini menjadi penyebab jeleknya kualitas tanaman dan sulitnya prediksi waktu panen, sehingga mempengaruhi peluang pasar akan bunga krisan. Mikrokontroler ATMEGA 16 adalah jenis yang sesuai untuk pengaturan cahaya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rancang bangun *greenhouse* untuk bunga krisan (*Chrysanthemum sp*), melakukan rancang dan bangun sistem pengaturan pencahayaan berbasis mikrokontroler pada budidaya bunga krisan *Chrysanthemum sp*, dan melakukan pengujian dengan menggunakan *greenhouse* berukuran luas  $12m^2$ .

Dalam membuat pengontrol ini dilakukan beberapa perancangan antara lain perancangan elektronik, perangkat keras, dan *greenhouse*, perancangan elektronik dan perangkat keras semua dikendalikan oleh mikrokontroler Atmega 16. Perancangan *greenhouse* dibuat sesuai SNI 7604:2010. Pengujian mikrokontroler dilakukan dengan merubah atau mengkalibrasi data ADC pada photo dioda menjadi data LUX pada intensitas cahaya yang diterima oleh sensor photo dioda.

Hasil menunjukkan bahwa pada grafik hubungan nilai ADC dan intensitas cahaya (Lux) diperoleh persamaan yaitu  $Y = 80,25x + 8687$  dan bernilai regresi 0,990, yang berarti terdapat hubungan yang sangat erat antar nilai ADC dengan Intensitas cahaya (Lux), kemudian persamaan tersebut dimasukkan dalam bahasa pemograman sehingga nilai ADC berubah menjadi nilai Lux yang secara signifikan menunjukkan hasil yang sama. Hasil record ujicoba *greenhouse* berkontrol selama lima hari secara continue per 5 detik, sehingga diketahui titik-titik ekstrimnya yaitu pada pukul (08,00 WIB), (10,00WIB), (12,00WIB), (14,00WIB), (16,00WIB), dan (18,00WIB), menghasilkan bahwa pengontrol cahaya dapat bekerja dengan baik untuk mengondisikan intensitas cahaya di dalam *greenhouse* tetap stabil antara 20.000 Lux sampai dengan 42.000 Lux sesuai dengan batas optimal pertumbuhan bunga krisan

**Kata kunci: Greenhouse, *Chrysanthemum sp*, Mikrokontroler Atmega 16**

**DANIAL FATCHUR RAHMAN. 071102069. DESIGN AND CONSTRUCTION OF LIGHTING CONTROL SYSTEM BASED ON ATMEGA 16 MICROCONTROLLER ON CHRYSAN CUT FLOWER (*Chrysanthemum sp*) CULTIVATION IN GREENHOUSE**

**Advisors : 1. Ir. Musthofa Lutfi MP  
2. Wahyunanto Agung Nugroho, STP, M. Eng  
3. Ekaning Siti Rahyu, STP., MP**

---

### SUMMARY

Chrysanthemum is a plant that has a high productivity which is achieving 60 flowers per  $m^2$ . The market demand for this flower in Indonesia is also quite high even from abroad. Unfortunately the constraints of optimum light intensity requirements for these plants used to be the cause of poor plant quality and the difficulty of prediction in harvesting time. Thus affecting the market opportunity of chrysanthemum. Atmega 16 microcontroller is a type that is suitable for light controlling. For the purposes of this study are to perform design and construction of greenhouses for chrysanthemum cut flower (*Chrysanthemum sp*), to design and build lighting control system based on microcontroller in the cultivation of chrysanthemum cut flower, and perform testing measurement using  $12m^2$  wide greenhouse.

In creating of this controller has been done some design, i.e. electronic design, hardware, and greenhouses, electronic design and all hardware is controlled by Atmega 16 microcontroller. Greenhouses design has been made according to SNI 7604:2010. Testing was done by changing the microcontroller or ADC data to calibrate into LUX on the intensity of light which received by photo diode sensors.

The result showed that on ADC value and light intensity (Lux) obtained the equation  $Y = 80.25 x + 8687$  and regression value 0.990, which means there is a very close connection between the ADC value with light intensity (Lux). Then the equation which was included in a programming language that resulting ADC value changed in to Lux value, which was significantly ADC value affected by Lux value. From controlled greenhouse's record for five days per 5 seconds results, has been known extreme points from the day which were at (08,00 am), (10.00am), (12.00pm), (14.00pm), (16, 00pm), and (18.00 pm). It can be concluded that a light controller in the greenhouse can be operated well to maintain light intensity in the greenhouse remained stable between 20,000 to 42,000 which is suitable with the optimal growth of chrysanthemum plants.

**Keywords:** *Greenhouse, Chrysanthemum sp, Mikrokontroler Atmega 16*

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi ALLAH SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini berjudul “perancangan dan pembuatan sistem pengaturan pencahayaan berbasis mikrokontroler atmega 16 pada budidaya bunga krisan (*chrysanthemum sp*) di dalam *greenhouse*” Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Musthofa Lutfi, MP, Wahyunanto Agung Nugroho, STP, M.Eng dan Ekaning Siti Rahayu, STP., MP, selaku dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, dan pengetahuan kepada penulis
2. Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA selaku dosen Penguji yang telah memberikan kritik, dan saran yang membangun kepada penulis.
3. M. Rohib dan G. Sumartini sebagai orang tua yang selalu mendukung secara moral maupun material kepada penulis.
4. Marsudi Juwono, kawan kawan seperjuangan bimbingan (yogha ridalbo dan bram satya bima gembul), (indra MNK, Yonie dolphin terimakasih komputernya gan) dan seluruh staf JNN-Komputer atas bantuannya kepada penulis.
5. Teman-Teman Keteknikan Pertanian 2007 dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Menyadari adanya keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman, penulis mengharapkan saran dan masukan demi lebih baiknya penyusunan skripsi ini.

Akhirnya harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 27 Januari 2012

**Penulis**

DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b>	
<b>Lembar Persetujuan</b>	
<b>Lembar Pengesahan</b>	
<b>Riwayat Hidup</b>	
<b>Pernyataan Keaslian Skripsi</b>	
<b>Ringkasan .....</b>	<b>i</b>
<b>Summary .....</b>	<b>ii</b>
<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>iii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>iv</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>vi</b>
<b>Daftar Tabel .....</b>	<b>ix</b>
<b>Daftar Lampiran .....</b>	<b>x</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Sistematika dan Morfologi Tanaman Krisan ( <i>Chrysanthemum sp</i> ) .....	4
2.1.1 Sistematika Tanaman Krisan.....	4
2.1.2 Morfologi Tanaman Krisan .....	5
2.1.3 Pemanenan .....	7
2.2 Rumah Kaca .....	7
2.3 Fungsi Pencahayaan Dan Lama Penyinaran Bagi Tanaman Krisan .....	10
2.4 Pencahayaan Buatan Bunga Krisan Dalam <i>Greenhouse</i> .....	10
2.5 Komponen MK ATMEGA 16.....	11
2.6 Bahasa <i>Basic</i> .....	14
2.7 OPAM .....	15
2.8 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	16
2.9 <i>Relay</i> .....	17
2.10 <i>Keypad</i> .....	17
2.11 Sensor Photodiode.....	19
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
3.2 Alat dan Bahan .....	22
3.3 Perancangan Alat.....	23
3.3.1 Perancangan <i>Greenhouse</i> .....	23
3.3.2 Perancangan Sistem Elektronik .....	26
3.4 Prosedur Pengujian.....	34
3.5 Parameter Pengujian.....	35

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>39</b>
4.1 Hasil Perancangan Struktural <i>Greenhouse</i> .....	39
4.2 Hasil Perancangan Alat Pengontrol Cahaya berbasis MK Atmega 16 .	42
4.2.1 Serial Komputer dan Mikrokontroler .....	42
4.2.2 <i>Box</i> .....	43
4.2.3 Hasil Perancangan Mikrokontroler sebagai Sistem Minimum .	44
4.2.4 Hasil Perancangan Rangkaian <i>Display</i> atau LCD .....	45
4.2.5 Hasil Perancangan Rangkaian Tombol atau <i>Keypad</i> .....	45
4.2.6 Hasil Perancangan Sensor Cahaya.....	46
4.2.7 Hasil Perancangan Perangkat Cahaya.....	47
4.2.8 Hasil Perancangan Rangkaian Keseluruhan .....	47
4.2.9 Hasil Perancangan <i>Power Supply</i> .....	48
4.3 Pengujian Rangkaian Elektronik.....	49
4.3.1 Pengujian Mikrokontroler sebagai Sistem Minimum.....	49
4.3.1.1 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler sebagai	
<i>Output</i> .....	49
4.3.1.2 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler sebagai	
<i>Input</i> .....	52
4.3.2 Pengujian LCD .....	55
4.3.3 Pengujian <i>Keypad</i> .....	56
4.3.4 Pengujian Sensor Cahaya.....	58
4.3.5 Pengujian Keseluruhan .....	59
4.3.6 Pengujian Perubahan Nilai Intensitas Cahaya dari ADC ke LUX	59
4.3.7 Pengujian Lapang .....	63
4.4. Aplikasi Hasil Penelitian Dalam Budidaya Tanaman Krisan .....	72
4.5. Pengujian Statistik <i>Paired t Test</i> .....	74
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bunga Hias Krisan ( <i>Chrysanthemum sp</i> ).....	4
Gambar 2. Contoh desain rumah tanaman (BSN, 2010).....	9
Gambar 3. Contoh tata letak rumah tanaman.....	9
Gambar 4. Lampu Pendar ( <i>Fluorescent Lamps</i> ).....	12
Gambar 5. Pin-pin ATMEGA16 kemasan 40-pin .....	14
Gambar 6. Contoh <i>Layout Keypad</i> 4x4 dan Interkoneksi pada Mikrokontroler	20
Gambar 7. Desain <i>Greenhouse</i> .....	25
Gambar 8. Diagram Perancangan Sistem Alat .....	26
Gambar 9. Rangkaian Dasar Mikrokontroller Sebagai Sistem Minimum .....	28
Gambar 10. Rangkaian <i>Display LCD</i> .....	29
Gambar 11. Rangkaian Tombol atau <i>Keypad</i> .....	30
Gambar 12. Perancangan Sensor Cahaya .....	30
Gambar 13. Perancangan Perangkat Pencahayaan .....	31
Gambar 14. Perancangan Kontrol keseluruhan.....	31
Gambar 15. Rangkaian Adaptor Mikrokontroler.....	32
Gambar 16. <i>Flowchart</i> program pada mikrokontroler.....	33
Gambar 17. <i>Flowchat</i> Prosedur Pengujian .....	34
Gambar 18. Tampilan Setting Komunikasi Data Serial.....	36
Gambar 19. Tampilan kirim dan terima data dengan komputer .....	37
Gambar 20. <i>Greenhouse</i> .....	41
Gambar 21. Layout Lantai Pada <i>Greenhouse</i> .....	41

Gambar 22. Hasil Rancangan Komunikasi Serial Komputer dan Mikrokontrol	42
Gambar 23. <i>Box</i> Mikrokontroler.....	43
Gambar 24. Hasil Rangkaian Mikrokontroler Sebagai Sistem Minimum.....	44
Gambar 25. Rangkaian LCD.....	45
Gambar 26. Rangkaian <i>Keypad</i> .....	46
Gambar 27. Rangkaian Sensor Cahaya.....	46
Gambar 28. Hasil Perancangan Perangkat Pencahayaan.....	47
Gambar 29. Rangkaian Keseluruhan .....	48
Gambar 30. Rangkaian Adaptor Mikrokontroler.....	48
Gambar 31. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler sebagai <i>Output</i> .....	50
Gambar 32. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler sebagai <i>Input</i> .....	52
Gambar 33. Pengujian Mikrokontroler Sebagai <i>Output</i> dan <i>Input</i> .....	54
Gambar 34. Pengujian LCD.....	56
Gambar 35. Pengujian <i>Keypad</i> .....	58
Gambar 36. Pengujian Sensor Photodioda.....	58
Gambar 37. Pengujian Alat keseluruhan.....	59
Gambar 38. Grafik Hubungan Antara Nilai ADC dan LUX .....	61
Gambar 39. Pengujian perbandingan Nilai Intensitas Cahaya.....	62
Gambar 40. Grafik Intensitas Cahaya Hari Ke 1 .....	65
Gambar 41. Grafik Intensitas Cahaya Hari Ke 2 .....	66
Gambar 42. Grafik Intensitas Cahaya Hari Ke 3 .....	67
Gambar 43. Grafik Intensitas Cahaya Hari Ke 4 .....	68
Gambar 44. Grafik Intensitas Cahaya Hari Ke 5 .....	69

Gambar 45. Grafik Hubungan Waktu Pengamatan dengan Intensitas Cahaya Di

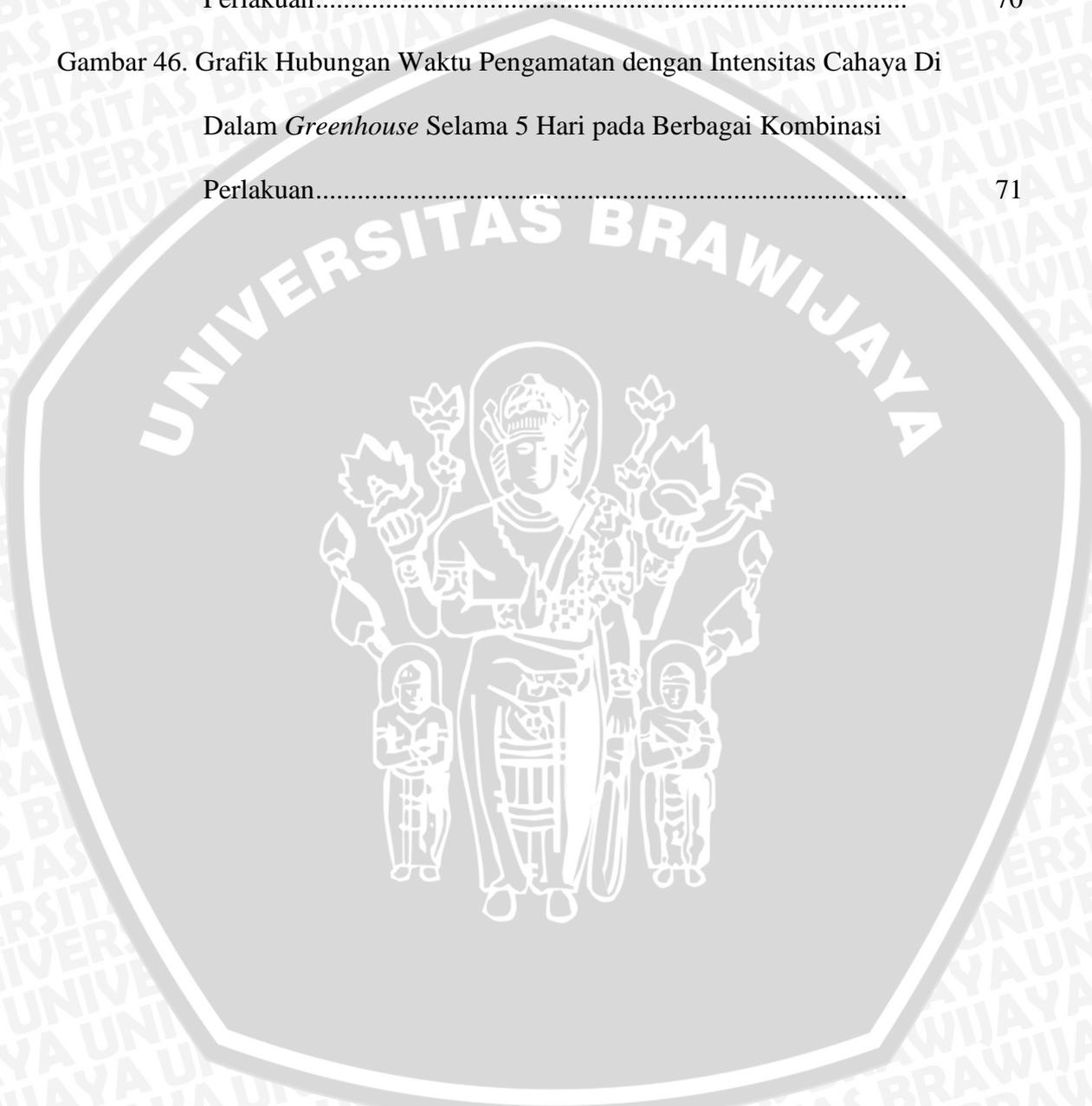
Dalam *Greenhouse* Selama 5 Hari pada Berbagai Kombinasi

Perlakuan..... 70

Gambar 46. Grafik Hubungan Waktu Pengamatan dengan Intensitas Cahaya Di

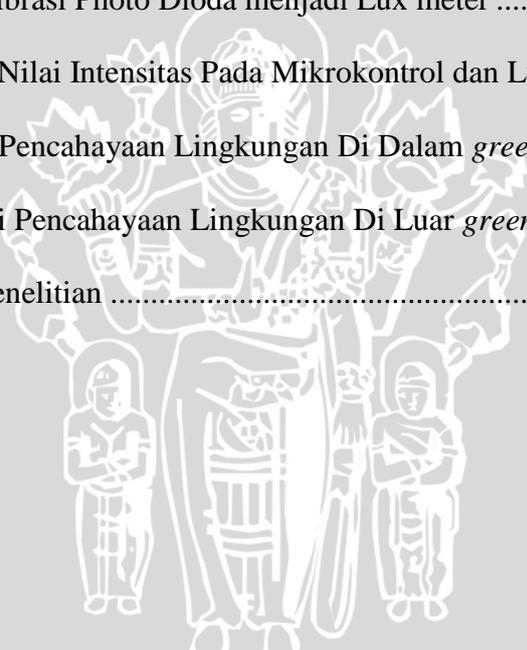
Dalam *Greenhouse* Selama 5 Hari pada Berbagai Kombinasi

Perlakuan..... 71



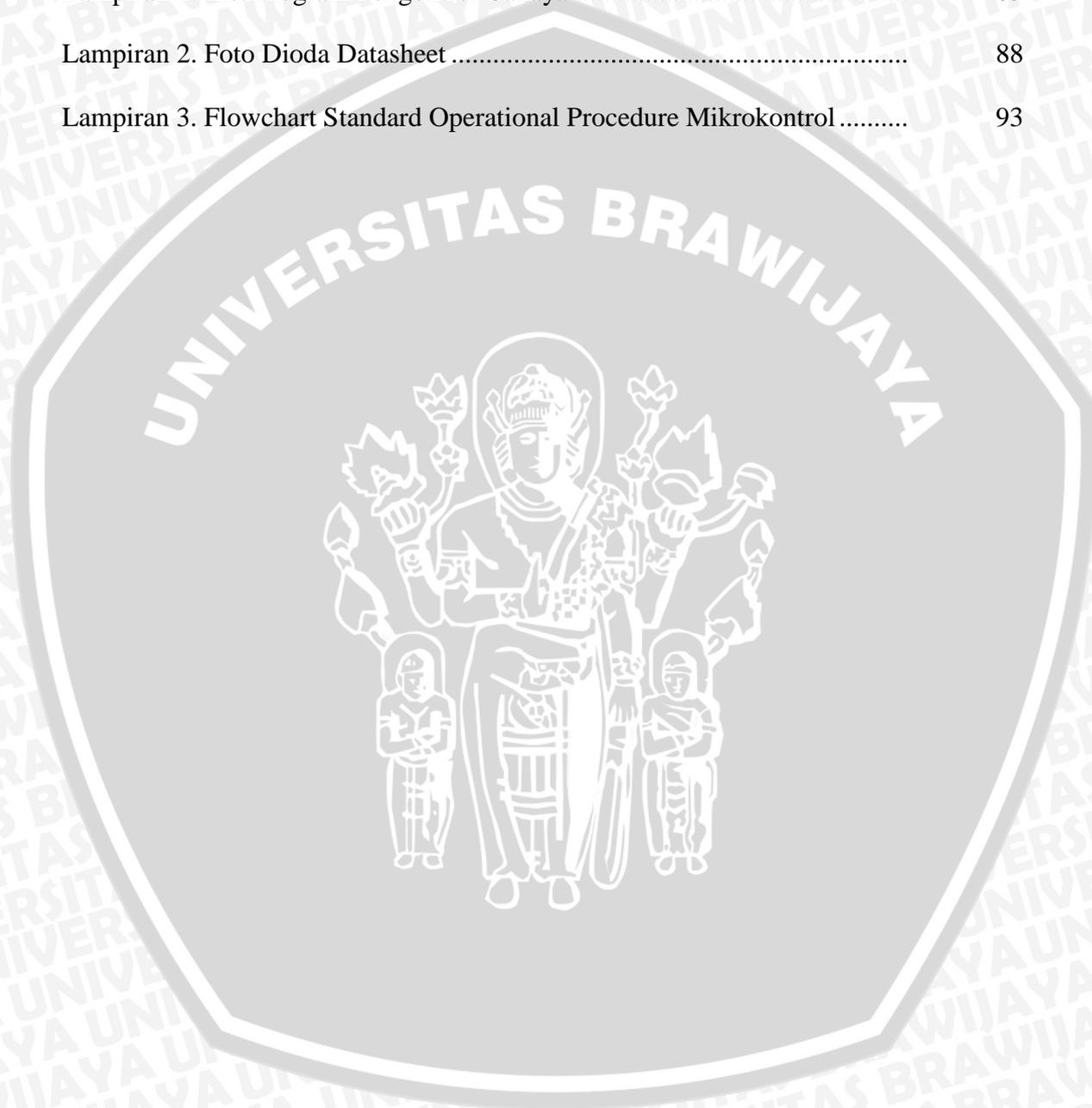
**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Konfigurasi pin port.....	15
Tabel 2. Pengujian Kalibrasi Photo Dioda menjadi Lux meter .....	35
Tabel 3. Kondisi pencahayaan lingkungan di dalam <i>greenhouse</i> .....	38
Tabel 4. Kondisi pencahayaan lingkungan di luar <i>greenhouse</i> .....	38
Tabel 5. Tabel Pengujian Mikrokontroler sebagai <i>Output</i> .....	51
Tabel 6. Tabel Pengujian Mikrokontroler sebagai <i>Input</i> .....	51
Tabel 7. Pengujian Kalibrasi Photo Dioda menjadi Lux meter .....	60
Tabel 8. Perbandingan Nilai Intensitas Pada Mikrokontrol dan Lux meter.....	62
Tabel 9. Hasil Kondisi Pencahayaan Lingkungan Di Dalam <i>greenhouse</i> .....	63
Tabel 10. Hasil Kondisi Pencahayaan Lingkungan Di Luar <i>greenhouse</i> .....	64
Tabel 11. Data Hasil Penelitian .....	75



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. List Program Pengontrol Cahaya .....	83
Lampiran 2. Foto Dioda Datasheet .....	88
Lampiran 3. Flowchart Standard Operational Procedure Mikrokontrol .....	93



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Krisan merupakan tanaman bunga hias berupa perdu dengan sebutan lain seruni atau bunga emas (*Golden Flower*) yang berasal dari dataran Cina. Krisan yang berasal dari dataran Cina, dikenal dengan *chrysanthemum indicum* (kuning), *chrysanthemum morifolium* (ungu dan merah muda) dan *chrysanthemum daisy* (bulat, ponpon). Pada tahun 1797 bunga krisan dijadikan sebagai simbol kekaisaran Jepang dengan sebutan *Queen of The East*. Tanaman krisan yang berasal dari Cina dan Jepang menyebar ke kawasan Eropa dan Perancis pada tahun 1795. Sejak tahun 1940, bunga krisan dikembangkan secara komersial di seluruh dunia. Daerah sentra produsen bunga krisan di Indonesia antara lain: Cipanas, Cisarua, Sukabumi, Lembang (Jawa Barat), Bandungan (Jawa Tengah), Brastagi (Sumatera Utara) (Sulyo, 2004)

Minimnya pengetahuan petani Indonesia tentang cara pengendalian atau system kontrol menyebabkan banyak munculnya kendala, sehingga berpengaruh terhadap hasil produksi sehingga keuntungan atau profit yang dihasilkan relatif kecil. Menurut data Kementerian Pertanian tahun 2009, didapati dari total 242.012 jumlah petani Indonesia sebanyak 21% tidak atau belum sekolah, 22% belum tamat Sekolah Dasar (SD), 44% tamat SD, 8% tamat Sekolah Menengah Pertama (SMP), 4% tamat Sekolah Menengah Atas (SMA) dan hanya 0,342 % dari 242.012 yang sudah berpendidikan perguruan tinggi, dari data ini sangatlah mungkin penggunaan teknologi untuk aplikasi pertanian misalnya pada budidaya bunga krisan di dalam *greenhouse* masih sering menggunakan cara manual untuk

pengaturan kebutuhan cahayanya. Penggunaan mikrokontrol akan sangat membantu dalam pengaturan cahaya yang dibutuhkan secara tepat.

Mikrokontroler Atmega 16 adalah jenis yang sesuai untuk pengaturan cahaya, pengaturan otomatis pada masukan jam dalam sistem kontrol ini akan dibaca oleh sensor cahaya dimana jika cahaya yang diterima kurang dari kebutuhan maka mikrokontrol akan secara otomatis menghidupkan lampu, sedangkan jika cahaya yang diterima di dalam *greenhouse* dinyatakan sesuai oleh pembacaan sensor cahaya maka nyala lampu akan dimatikan. Dan jika kondisi intensitas cahaya berlebih maka alarm akan menyala untuk memberikan sinyal bagi pekerja untuk memberikan naungan. Penggunaan mikrokontroler ini diharapkan dapat mengatasi kendala pencahayaan dalam budidaya bunga krisan di dalam *greenhouse*.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana merancang dan membangun *greenhouse* yang sesuai untuk bunga krisan (*Chrysanthemum sp*) ?
- b. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengaturan pencahayaan berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16 pada budidaya bunga krisan (*Chrysanthemum sp*) di dalam *greenhouse* ?
- c. Bagaimana cara menguji sistem pengaturan pencahayaan berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16 pada budidaya bunga krisan (*Chrysanthemum sp*) di dalam *greenhouse* ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

- a. Melakukan Rancang bangun *greenhouse* untuk bunga krisan (*Chrysanthemum sp*)
- b. Melakukan rancang dan bangun sistem pengaturan pencahayaan berbasis mikrokontroller pada budidaya bunga krisan *Chrysanthemum sp* di dalam *greenhouse*.
- c. Melakukan pengujian mikrokontroller pada budidaya bunga krisan (*Chrysanthemum sp*) di dalam *greenhouse*.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

Sistem kontrol yang dapat digunakan untuk mengatur kebutuhan pencahayaan tanaman krisan (*Chrysanthemum sp*) di dalam *greenhouse*.

#### 1.5 Batasan Masalah

- a. Tidak menganalisa efisiensi dan efektifitas sistem kontrol yang dibuat.
- b. Tidak membahas analisa finansial pembuatan alat.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistematika dan Morfologi Tanaman Krisan (*Chrysanthemum sp*)

#### 2.1.1 Sistematika Tanaman Krisan

Krisan merupakan salah satu jenis tanaman hias yang sangat populer dan memiliki nilai ekonomi yang relatif tinggi di Indonesia serta mempunyai prospek pemasaran cerah. Selain menghasilkan bunga potong dan tanaman hias bunga pot yang dimanfaatkan untuk memperindah ruangan dan menyegarkan suasana, beberapa varietas krisan juga ada yang berkasiat sebagai obat, antara lain untuk mengobati sakit batuk, nyeri perut, dan sakit kepala akibat peradangan rongga sinus (sinusitis) dan sesak napas (Widiastuti, 2004)



**Gambar 1.** Bunga Hias Krisan (*Chrysanthemum sp*)

### 2.1.2. Morfologi Tanaman Krisan

Bunga krisan memiliki nama umum krisan atau aster. Merupakan tanaman daerah sub-tropis. Tanaman ini banyak dimanfaatkan sebagai tanaman hias dalam pot dan bunga potong. Sementara itu, penanaman di tanah terbuka belum banyak dilakukan karena krisan menghendaki ketinggian tempat 200-1100 meter di atas permukaan laut (Endah, 2002).

Umur krisan berkisar dari tanam sampai panen antara 90-120 hari, tergantung dari varietas dan lingkungan tempat menanamnya. Temperatur yang paling baik untuk pertumbuhan krisan adalah  $20 - 26^{\circ}\text{C}$  (siang hari). Toleransi tanaman krisan terhadap faktor temperatur untuk tetap tumbuh baik adalah antara  $17 - 30^{\circ}\text{C}$ . Krisan umumnya membutuhkan keadaan kelembaban (RH) yang tinggi yaitu antara 70-80% untuk pertumbuhan tanaman muda sampai dewasa. (Rukmana dan Mulyana, 1997).

Tanaman krisan bukan tanaman asli Indonesia, namun berasal dari Cina dan Jepang yang merupakan daerah subtropis, sehingga apabila tanaman tersebut dibudidayakan di daerah beriklim tropis seperti di Indonesia maka banyak hal yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh tanaman krisan. Tanaman krisan memerlukan cahaya pada siang hari sebesar 32.000 lux untuk pertumbuhan yang optimal (Effendi dan Marwoto, 2003).

Intensitas cahaya pada siang hari di dataran tinggi di Indonesia (1000 m dpl) adalah sebesar 50.000 lux. Oleh karena itu untuk memperoleh intensitas cahaya yang sesuai bagi tanaman krisan diperlukan naungan misalnya dengan

paranet. Fungsi paranet selain untuk mengurangi intensitas cahaya juga dapat mengurangi suhu udara lingkungan tanaman, di dataran tinggi perlakuan intensitas cahaya 75% atau tingkat naungan 25% memiliki intensitas cahaya, suhu udara dan kelembapan udara yang mendekati optimum bagi pertumbuhan krisan (Widiastuti dkk, 2004).

Batang tanaman krisan tumbuh tegak, berstruktur lunak dan berwarna hijau. Bila dibiarkan tumbuh terus, batang menjadi keras atau berkayu dan berwarna hijau kecoklatan. Penampilan visual sosok tanaman krisan mirip dengan aster. Ciri khas dapat diamati pada bentuk daun yaitu bagian tepi bercelah dan bergerigi, tersusun secara berselang-seling pada cabang atau batang (Hasim *et al.*, 1995).

Bunga krisan tumbuh tegak pada ujung tanaman dan tersusun dalam tangkai (tandan) berukuran pendek sampai panjang. Bentuk beraneka macam, antara lain : *single, semi-double spoon, quill, laciniated, spider, thistle, anemone, incurve, reflect, reflecting incurve, decorative* dan *pompon*. Warna dasar mahkota bunga krisan umumnya adalah kuning, putih, ungu, dan merah muda (Rukmana, 1997).

### 2.1.3. Pemanenan

Pemetikan bunga harus dipilih saat yang tepat yaitu sebelum waktunya mekar, apabila waktunya terlambat akan berakibat memperpendek usia ketahanan bunga. Pemotongan bunga diusahakan pagi hari, sebab bila dilakukan pada siang hari, bunga dalam kondisi kurang segar (layu) karena pengaruh panas matahari (Soekartawi, 1996).

Menurut Wahyuni (2000), panen bunga harus dilakukan pada saat yang tepat dimana tingkat pematangan bunga sudah optimal, yaitu tidak terlalu muda (kuncup) juga tidak terlalu tua (terlalu mekar), sesuai dengan standar masing-masing jenis bunga. Bila bunga yang dipanen terlalu muda, maka bunga akan sukar mekar, sebaliknya bila panen bunga terlalu tua dimana bunga terlihat sudah mekar, akan memperpendek umur bunga dalam vas (*vas life*). Pemanenan dilakukan setiap hari pada pagi atau sore hari ketika keadaan bunga masih segar. Tanaman yang sudah memenuhi kriteria dipotong pada bagian pangkal batang dengan menggunakan gunting atau pisau tajam, kemudian daun bagian bawah dibuang kira-kira 10-15 cm. Hasil pemanenan dikumpulkan dan diangkut ke ruang sortasi. Setelah di ruang sortasi, pangkal batang bunga di rendam di bak air dan untuk mempertahankan kesegaran bunga. Selanjutnya bunga dipilih sesuai jenisnya dan bagian pangkal batang diikat dengan karet, dibungkus dengan plastik dan diberi label. Untuk pengangkutan jarak jauh bagian pangkal batang diberi kapas yang dibasahi dengan air dan dibungkus dengan kantong plastik agar bunga tetap segar, selanjutnya bunga siap dikirim ke pasar atau konsumen bunga (Wahyuni, 2000).

## 2.2. Rumah Kaca

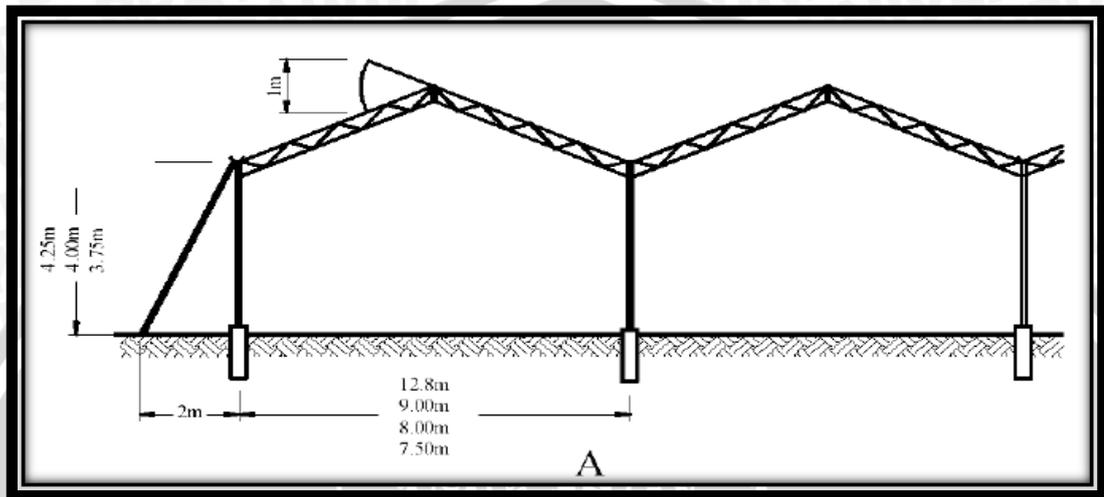
Istilah *greenhouse*, rumah kaca dan rumah plastik yang dulu sering digunakan ternyata dapat memberikan persepsi yang berbeda untuk beberapa orang. Banyak orang menganggap *greenhouse* merupakan rumah hijau atau rumah yang kelihatan hijau, sedangkan rumah kaca atau rumah plastik harus terbuat dari kaca atau plastik. Agar berfungsi dengan optimal maka pembuatan *greenhouse*

dilakukan dengan memperhatikan beberapa faktor diantaranya lokasi dan ukuran. Lokasi yang dipilih harus mendapatkan cahaya matahari sejak pagi hingga sore hari. Jika hal itu tidak memungkinkan, maka diusahakan lokasi yang dipilih itu memperoleh cahaya matahari, mulai pagi (06.00-07.00) sampai minimal pukul 14.00. Cahaya sore sangat kurang efektif untuk fotosintesis. Lokasi yang penting harus berada di tempat yang terbuka atau tidak ternaungi. Ukuran *greenhouse* disesuaikan dengan kebutuhan dan besarnya skala usaha. Walaupun demikian, hendaknya pemilihan ukuran sebaiknya dengan memperhatikan faktor kewajaran (Hartus, 2003).

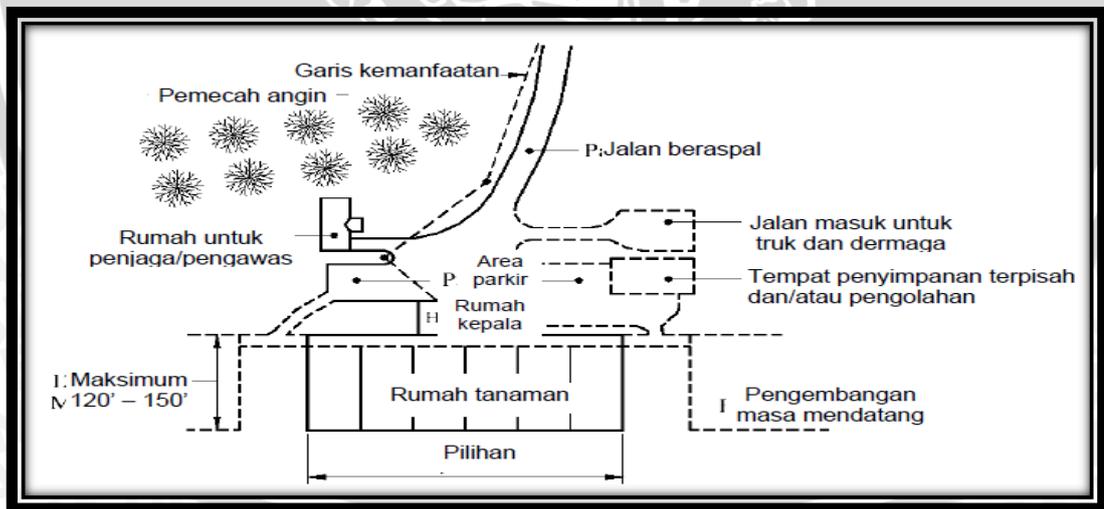
*Greenhouse* merupakan bangunan yang dibuat untuk melindungi tanaman dari gangguan luar misalnya cahaya matahari, hujan, angin maupun hama dan bekerja terus menerus sehingga kontinuitas kerja di musim hujan akan lebih terjamin (Sutiyoso, 2003).

Bangunan rumah kaca yang terdapat di Indonesia bermacam-macam dan umumnya sudah dimodifikasi dengan keadaan daerah dan lingkungan setempat, bentuknya ada yang beratap bagian atasnya saja sedangkan bagian sampingnya tidak berdinding atau dibagian sisinya dibuat dinding berjendela dan bahan kacanya diganti dengan plastik bening tembus cahaya. Rumah kaca dapat dibangun menggunakan plastik bening (plastik UV) dengan rangkai besi, bambu, kayu atau pipa PVC dan pondasinya dari semen. Panjang bangunan harus ditentukan oleh jumlah tanaman yang tumbuh dan dimensi aktual ukuran material yang tersedia secara komersial harus dipertimbangkan. Ukuran harus dengan angka bulat sehingga tidak ada kaca yang akan dipotong untuk mengisi yang

renggang. Ketika menggambarkan panjang suatu bangunan plastik, maka tambahan 0,60 m harus diberikan untuk mengencangkan plastik secara tepat, untuk kaca, berikan jarak 1 inchi untuk setiap batang bingkai. (BSN, 2010)



Gambar 2. Contoh Desain Rumah Tanaman (BSN, 2010)



Gambar 3. Contoh Tata Letak Rumah Tanaman

Panjang rumah tanaman maksimum sebaiknya 50 meter, untuk talang air yang dihubungkan dengan rumah tanaman maka lebar total maksimum 50 meter untuk distribusi udara yang bagus. Tinggi tepian atap untuk tipe segitiga (*gable*)

harus berukuran minimum 1,7 m dengan tinggi atap segitiga minimum 2,4 m (BSN, 2010).

Menurut Bailey (2000), lebar ventilasi *greenhouse* yang harus dirancang adalah pembukaan 18-29% dari lebar lantai, namun pengalaman praktis menunjukkan area ventilasi membutuhkan luasan sebesar 18-25%. ANSI/ASAE EP 406 standar (2003), memberikan angka 15-25% untuk ventilasi yang memadai, kemudian harus ditutupi dengan jaring untuk menghindari hama tanaman.

Jenis plastik yang terbaik untuk atap *greenhouse* adalah plastic UV (*Ultra Violet*) dengan ukuran 200 mikron. Selain lama (kurang dari dua tahun), jenis plastik ini mampu mentransmisikan kualitas cahaya matahari lebih bagus dibandingkan plastik biasa. Penutup dinding yang dianjurkan antara lain ram bambu, ram kawat atau lembaran kasa (*screen*). *Screen* sangat efektif untuk mencegah penetrasi hama kedalam *greenhouse*. Namun dinding *screen* juga menyulitkan masuknya serangga penyerbuk bunga ke dalam *greenhouse*. Namun dinding *screen* juga menyulitkan masuknya serangga penyerbuk bunga ke dalam *greenhouse* yang justru diperlukan (Hartus, 2003).

### 2.3. Fungsi Pencahayaan Dan Lama Penyinaran Bagi Tanaman Krisan

Cahaya merupakan faktor yang sangatlah penting bagi pertumbuhan tanaman. Yaitu penting untuk proses fotosintesis, dimana prosesnya adalah carbon dioksida dan juga air yang diubah menjadi karbohidrat (gula) dan oksigen. Cahaya juga penting untuk memberikan informasi bagi tanaman tentang lingkungan meliputi respon, pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga bisa beradaptasi dengan lingkungan (*photomorphogenesis*) dan cuaca

(*photoperiodism*). Di alam respon tanaman sangat penting untuk pertahanan hidup mereka. Sumber cahaya yang paling penting bagi tanaman adalah matahari. Radiasi cahaya matahari meliputi radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang 300 – 3000 nm. Panjang gelombang antara 280 – 800nm sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, panjang gelombang antara 400 – 700 nm sangat penting untuk fotosintesis (Verberkt, 2003).

Krisan merupakan tanaman hari pendek (*short day plant*) dibutuhkan penambahan cahaya untuk inisiasi, panjang hari kritis adalah 10 – 12 jam tergantung varietasnya. Penambahan cahaya baik pada kisaran 5000 lux (58.8  $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ ) sampai 7000 lux (82.3  $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ ). penambahan pencahayaan dapat meningkatkan kualitas dari bunga, terdapat lebih banyak bunga per batang, dan batang yang lebih kencang. Waktu budidayanyapun lebih pendek (Verberk, 2003).

Bunga krisan membutuhkan penambahan pencahayaan minimum 9  $\text{watt/m}^2$ , yaitu sekitar 370 foot candle, dan setara 4000 lux pada fase *stock* (pembibitan) dengan lama waktu yang direkomendasikan adalah 20 jam, 6  $\text{watt/m}^2$  sekitar 240 foot candles, dan setara dengan 2600 lux pada fase *rooting* (perakaran) dengan lama waktu yang direkomendasikan adalah 20 jam. Sedangkan pada fase *cuts flower* atau pembungaan membutuhkan 4,5  $\text{watt/m}^2$ , sekitar 180 foot candles, dan setara dengan 2000 lux dengan lama waktu yang direkomendasikan adalah 20 jam (NRAES-3, 2001).

Pada berbagai durasi pencahayaan terhadap tanaman krisan antara 8 jam hingga 24 jam yang diberikan per hari akan terjadi peningkatan jumlah daun, akar, berat basah tanaman (*fresh weight*) dan berat kering tanaman (*dry weight*). Tetapi

didapatkan kondisi yang optimal pada fase pertumbuhan daun dan akar adalah dengan pemberian pencahayaan 16 jam pada bunga krisan (Kurilcik, 2008).

Dari akumulasi photoperiod pertumbuhan daun, berat basah dan berat kering tanaman, didapatkan bahwa perlakuan pemberian pencahayaan 16 jam pada bunga krisan memberikan peningkatan yang optimal. Hal ini juga berlaku pada tanaman yang tumbuh di dalam hari pendek atau short day yang membutuhkan 8 jam penyinaran (Adams and Langton, 2005).

#### **2.4. Pencahayaan Buatan Bunga Krisan Dalam *Greenhouse***

Pencahayaan buatan sebesar 200 Lux harus disediakan untuk produksi tanaman yang peka terhadap *Photo-periode* dan untuk para pekerja. Lampu sodium tekanan tinggi biasanya digunakan sebagai cahaya buatan di dalam rumah tanaman. Lampu pijar tak boleh digunakan karena akan timbul emisi sinar merah yang mengakibatkan tanaman meregang atau memanjang. Lampu pendar (*fluorescent lamps*) harus digunakan di dalam ruang pertumbuhan, lampu jenis ini kaya akan cahaya biru (BSN, 2010).



**Gambar 4.** Lampu Pendar (*Fluorescent Lamps*)

Tanaman yang diletakkan di dalam rumah plastik harus diberi perlakuan penambahan cahaya malam hari sampai tanaman berumur 21 hari setelah tanam, untuk mempertahankan fase vegetatif tanaman, sampai tanaman mencapai fase vegetatif maksimum dan dapat menopang bunga dengan baik. Penambahan cahaya malam hari dengan menggunakan lampu pijar sebesar 100 watt per lampu dengan jarak 3 meter x 3 meter yang dipasang 1 meter di atas tanaman (Widiastuti, 2004).

## 2.5. Komponen MK ATMEGA 16

ATMEGA merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. ATMEGA mempunyai 32 *register general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*, ADC dan PWM *internal*. ATMEGA juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATMEGA16. ATMEGA16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat desainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya *versus* kecepatan proses (Atmel datasheet, 2011).

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB6	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC8 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

**Gambar 5.** Pin-pin ATMEGA16 kemasan 40-pin

Pin-pin pada ATMEGA16 dengan kemasan 40-pin DIP (*dual inline package*) ditunjukkan oleh Gambar 5. Guna memaksimalkan performa, ATMEGA menggunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data) (Atmel datasheet, 2011).

ATMEGA16 mempunyai empat buah *port* yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Ke empat *port* tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap *port* mempunyai tiga buah *register bit*, yaitu *DDxn*, *PORTxn*, dan *PINxn*. Huruf ‘x’ mewakili nama huruf dari *port* sedangkan huruf ‘n’ mewakili nomor *bit*. *Bit* *DDxn* terdapat pada I/O address *DDRx*, *bit* *PORTxn* terdapat pada *Bit* *DDxn* dalam *register* *DDRx* (*Data Direction Register*) menentukan arah *pin*. Bila *DDxn* diset 1 maka *Px* berfungsi sebagai *pin output*. Bila *DDxn* diset 0 maka *Px* berfungsi sebagai *pin input*. Bila *PORTxn* diset 1 pada saat *pin* terkonfigurasi sebagai *pin input*, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, *PORTxn* harus diset 0 atau *pin* dikonfigurasi sebagai *pin output* (Atmel datasheet, 2011)

Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi *reset*. Bila PORT<sub>xn</sub> diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *output* maka pin *port* akan berlogika 1. Dan bila PORT<sub>xn</sub> diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *output* maka pin *port* akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi *port* dari kondisi *tri-state* (DD<sub>xn</sub>=0, PORT<sub>xn</sub>=0) ke kondisi *output high* (DD<sub>xn</sub>=1, PORT<sub>xn</sub>=1) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (DD<sub>xn</sub>=0, PORT<sub>xn</sub>=1) atau kondisi *output low* (DD<sub>xn</sub>=1, PORT<sub>xn</sub>=0). Biasanya, kondisi *pull-up enabled* dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dengan sebuah *pull-up*. Jika ini bukan suatu masalah, maka *bit* PUD pada *register* SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua *pull-up* dalam semua *port*. Peralihan dari kondisi *input dengan pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus menggunakan kondisi *tri-state* (DD<sub>xn</sub>=0, PORT<sub>xn</sub>=0) atau kondisi *output high* (DD<sub>xn</sub>=1, PORT<sub>xn</sub>=0) sebagai kondisi transisi (Atmel datasheet, 2011).

**Tabel 1.** Konfigurasi *pin port*

DD <sub>xn</sub>	PORT <sub>xn</sub>	PUD (In SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext.pulled low
0	1	1	Input	Yes	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Input	Yes	Output Low (Sink)
1	1	X	Input	Yes	Output High (Source)

## 2.6. Bahasa BASIC

Bahasa *BASIC* adalah salah satu bahasa tingkat tinggi (*High Level Language*) yang berorientasi ke pemecahan masalah (*problem solving*). *BASIC* yang merupakan singkatan dari *Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code*, ditemukan oleh John G. Kemeny, profesor dari Dartmouth College dan Thomas E. Kurtz pada tahun 1960. Perintah-perintah dalam bahasa *BASIC* relatif mudah dipahami, baik oleh orang yang awam sekalipun. Banyak sekali jenis *compiler* dari versi bahasa *BASIC* yang ada di pasaran, semisal : *BASICA*, *GWBasic*, *MBASIC*, *Turbo BASIC*, *Quick BASIC*, *Power BASIC*, dan yang lainnya, akan tetapi pada dasarnya kesemuanya bermuara pada *style* pemrograman yang sama yaitu bahasa *BASIC* itu sendiri. Bahasa *BASIC* kemudian dikembangkan dengan pemrograman yang lebih terstruktur, dengan tujuan agar sedapat mungkin dihindari penggunaan perintah *GOTO* yang menyebabkan program menjadi sukar dipahami alurnya. Pada pemrograman terstruktur terdapat perintah penyeleksian kondisi dan berbagai macam alternatif perintah perulangan. Bahasa *BASIC* yang sudah terstruktur, semisal *TURBO BASIC* dan *Quick BASIC*. Saat ini perkembangan bahasa *BASIC* sudah sedemikian pesatnya, sehingga terdapat software *BASIC* yang dapat dijalankan pada platform *WINDOWS* dan pemrograman berorientasi obyek (*Object Oriented Programming*) seperti *VISUAL BASIC* (Syarif, 2005).

## 2.7. OPAM

Awalnya istilah "*Operasional Amplifier*" digunakan dalam bidang komputasi untuk menggambarkan amplifier yang melakukan berbagai operasi

matematika. Ditemukan bahwa penerapan umpan balik negatif sekitar penguat DC menghasilkan sirkuit dengan karakteristik peningkat atau *gain* yang tepat yang hanya bergantung pada umpan balik yang digunakan. Dengan pemilihan yang tepat dari komponen umpan balik, rangkaian penguat operasional dapat digunakan untuk menambah, mengurangi, membuat menjadi rata-rata, mengintegrasikan, dan membedakan. Teknik praktis penguat operasional menjadi lebih dikenal luas, tampak jelas bahwa teknik umpan balik dapat berguna dalam banyak kontrol dan aplikasi instrumentasi. Saat ini, penggunaan umum penguat operasional telah diperpanjang untuk mencakup aplikasi seperti Amplifier DC, Amplifier AC, komparator, *servo valve driver*, *driver yoke* defleksi, *oscillators* distorsi rendah, AC ke DC *converter*, *multivibrators*, dan yang lainnya (Carter and Brown, 2001).

Penguat operasional (*Operasional Amplifier*) merupakan suatu alat penguat sinyal instrument sebelumnya yang masih lemah. Penguatan yang diharapkan sesuai dengan instrument berikutnya yang digunakan. Sinyal yang dikuatkan bias berupa arus dan tegangan listrik. Penguat umumnya merupakan tempat sinyal-sinyal masukan yang dikirim dan pada keluarannya didapat sinyal yang telah dikuatkan. Penguatan tegangan pada keadaan terbuka menghasilkan keluaran yang besar sekali. Umumnya penguatan yang digunakan adalah penguatan tertutup dimana sebagian keluaran dikembalikan ke masukan sebagai umpan balik (*feedback*), sehingga nilai keluaran dapat dikendalikan (Malvino, 1990).

## 2.8. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD atau *Liquid Cristal Display* sekarang semakin banyak digunakan, dari yang berukuran kecil, seperti LCD pada sebuah MP3 *player*, sampai yang berukuran besar seperti *monitor* PC atau televisi. Warna yang dapat ditampilkan bisa bermacam-macam, dari 1 warna (*monokrom*) sampai yang 65.000 warna. Pola (*pattern*) LCD juga bisa bervariasi, dari pola yang membentuk *display 7 segmen* (misalnya LCD dipakai untuk jam tangan) sampai LCD yang bisa menampilkan karakter atau teks dan LCD yang bisa menghasilkan gambar (Usman, 2008).

LCD adalah material yang akan mengalir seperti cairan tapi memiliki struktur molekul dengan sifat-sifat yang bersesuaian dengan padatan (*solid*). Ada 2 tipe utama LCD yang dikembangkan pada saat ini yaitu *field effect* dan *dynamic scattering*. Keunggulan LCD dibanding LED adalah memerlukan daya atau *power* yang lebih rendah, *display* yang lebih lengkap (angka, huruf grafis dan warna) serta kemudahan dalam *programing*. Kerugiannya dibandingkan dengan LED adalah waktu hidup (*lifetime*) yang lebih singkat, waktu tanggap yang lebih besar (lebih lambat), serta memerlukan sumber cahaya baik *internal* atau *eksternal* untuk operasional (Raka dan Suryawan, 2007).

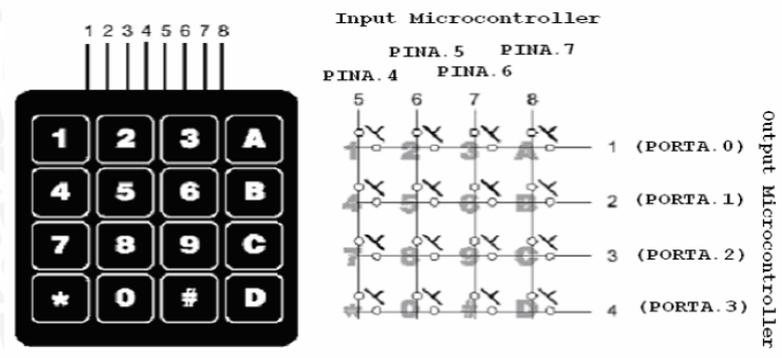
Penampil LCD sangat membantu dalam memprogram karena kita tidak menggunakan program *debug*. Kita perlu menampilkan hasil perhitungan, isi variabel atau keperluan *debug* lain ke LCD untuk mengetahui proses program yang kita buat. LCD nantinya juga bisa untuk menampilkan hasil pengambilan data dari sensor, bahkan bisa juga untuk interaksi antara mikrokontroler dengan manusia (Heryanto dkk, 2008).

## 2.9. Relay

*Relay* merupakan saklar elektromagnetik yang bekerja berdasarkan ada atau tidaknya arus yang mengalir. Jika ada arus yang melewati kumparan *relay* menyebabkan inti menjadi magnet, sehingga kontak besi akan tertarik karena gaya magnet tersebut. Kebanyakan *relay* digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik dari jarak jauh. Berdasarkan kondisi awal *relay* tidak bekerja, *relay* dibedakan menjadi dua, yaitu normal tertutup (*normal close*) dan normal terbuka (*normally open*). Prinsip kerja *relay* yaitu jika arus yang melewati kumparan menyebabkan inti besi menjadi magnet, maka jangkar dari besi lunak akan tertarik. Bila gaya magnet lebih besar dari gaya pegas yang melawanya maka kontak akan berubah dari posisi awalnya menjadi terhubung ke bagian yang diinginkan. Dan jika arus yang melewati kumparan dihentikan, maka tidak terjadi induksi dan kontak akan kembali ke posisi semula (Erawan, 1992).

## 2.10. Keypad

*Keypad* diperlukan untuk berinteraksi dengan sistem, misal kita akan menyetir *set-point* suatu kontrol umpan balik pada saat program masih berjalan. Sebenarnya tiap program memiliki cara yang berbeda untuk berinteraksi dengan sistem. Bahkan untuk *keypad* pun secara *hardware* tiap program bisa berbeda. Hal ini lebih dikarenakan kebutuhan yang berbeda. *Keypad* 4x4 paling sering digunakan oleh pemrogram. Selain *hardware*nya mudah, *software*nya juga tidak susah. Pada dasarnya *keypad* 4x4 adalah *push-button* yang dirangkai secara *matriks*. Gambar contoh *layout keypad* 4x4 dan interkoneksi pada mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 6 (Heryanto dkk, 2008).



**Gambar 6.** Contoh *Layout Keypad 4x4* dan Interkoneksi pada Mikrokontroler

Cara pembacaan *keypad matriks 4x4* dengan cara *polling* atau *scanning* pada aplikasi yang lebih kompleks mungkin kurang efektif. Untuk itu rangkaian *keypad* perlu dimodifikasi sehingga setiap kali salah satu tombol *keypad* ditekan, akan menghasilkan sinyal yang bisa digunakan untuk membangkitkan interupsi. Mikrokontroler akan melakukan *polling* atau *scanning* hanya jika ada salah satu tombol yang ditekan. Hal ini bisa mengurangi beban kerja mikrokontroler. Pada saat tidak membaca *keypad* mikrokontroler bisa diprogram untuk melakukan tugas lain, misalnya berkomunikasi dengan PC (Endra, 2006).

### 2.11. Sensor *Photo Dioda*

Photo dioda merupakan perangkat semikonduktor yang responsif terhadap partikel berenergi tinggi dan photons. Dioda beroperasi dengan penyerapan foton atau partikel bermuatan dan menghasilkan aliran arus dalam sirkuit eksternal, sebanding dengan daya datang. Dioda dapat digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya jumlah menit cahaya dan dapat dikalibrasi untuk pengukuran yang sangat akurat dari intensitas bawah 1 pW/cm<sup>2</sup> dengan intensitas di atas 100 mW/cm<sup>2</sup>. Photo dioda digunakan dalam aplikasi yang beragam seperti



spektroskopi, fotografi, analitis instrumentasi, sensor posisi optik, keselarasan balok, karakterisasi permukaan, *laser range finders*, komunikasi optik, dan instrumen pencitraan medis (Optoelectronics, 2011).



### III. METODE PENELITIAN

### 3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai Desember 2011. Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Workshop Mekatronika Agroindustri, Jurusan Teknik Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

### 3.2. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. IC Atmega 16, sebagai rangkaian sistem minimum
2. photo dioda sebagai sensor cahaya
3. *Relay* sebagai pemutus dan penghubung tegangan listrik dengan Lampu
4. Lampu Philips 24 watt sebagai sumber cahaya
5. Komputer sebagai perangkat untuk penyimpanan data
6. OPAM (*Operasional Amplifier*) sebagai penguat sinyal operasional
7. LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai visualisasi karakter
8. *Keypad* sebagai masukan data
9. ADC sebagai converter data dari analog ke digital
10. Lux Meter untuk pengukuran intensitas cahaya
11. *BOX* sebagai tempat rangkaian mikrokontrol
12. *Adaptor* sebagai alat penurun tegangan dan mengubah arus AC ke DC
13. *Relay* sebagai alat penyambung dan pemutus arus listrik
14. Kabel sebagai media penghantar arus listrik

15. *Greenhouse* dan instalasi dalamnya yang dibuat sesuai SNI 7604:2010 sebagai tempat penelitian

16. Paranet sebagai penauangan di dalam *Greenhouse*

### 3.3. Perancangan Alat

Perancangan pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu perancangan *greenhouse* dan perancangan sistem elektronik alat. Perancangan perangkat elektrik meliputi perancangan mikrokontroler sebagai sistem minimum, perancangan LCD, *keypad*, ADC, sensor cahaya, photo dioda, *relay*, dan perancangan sistem secara keseluruhan.

#### 3.3.1 Perancangan Greenhouse

Perancangan mekanik *greenhouse* dilakukan dengan pendekatan desain fungsional dan desain struktural. Perancangan mekanik *greenhouse* memberikan pengaruh yang akan menentukan mesin tersebut dapat beroperasi dengan baik.

##### A. Rancangan Fungsional

Pendekatan rancangan fungsional digunakan untuk dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya meliputi : atap, dinding, ventilasi, lantai, penerangan, pintu, dan penauangan,

##### a) Atap

Atap berfungsi sebagai penutupan yang sangat berguna dalam perlindungan yang efektif bagi tanaman, atap ini memiliki beberapa peran

yaitu sebagai perlindungan dari gangguan hujan yang terlalu deras selain itu atap juga berperan untuk pendukung peralatan-peralatan gantung pada *greenhouse*.

b) Dinding

Dinding berfungsi sebagai pendukung bangunan, selain itu dinding pada *greenhouse* sangat diperlukan untuk melindungi tanaman yang berada di dalam *greenhouse* dari gangguan-gangguan luar.

c) Ventilasi

Ventilasi berfungsi sebagai media sirkulasi udara

d) Lantai

Lantai pada *greenhouse* berfungsi sebagai penahan beban berat dari bangunan itu sendiri dan juga berguna dalam menahan beban berat dari peralatan-peralatan bercocok tanam di dalam *greenhouse*.

e) Penerangan lampu

Penerangan lampu memiliki kegunaan dalam penambahan pencahayaan pada tanaman di dalam *greenhouse* pada saat kekurangan pencahayaan dan juga sebagai penerangan bagi pekerja.

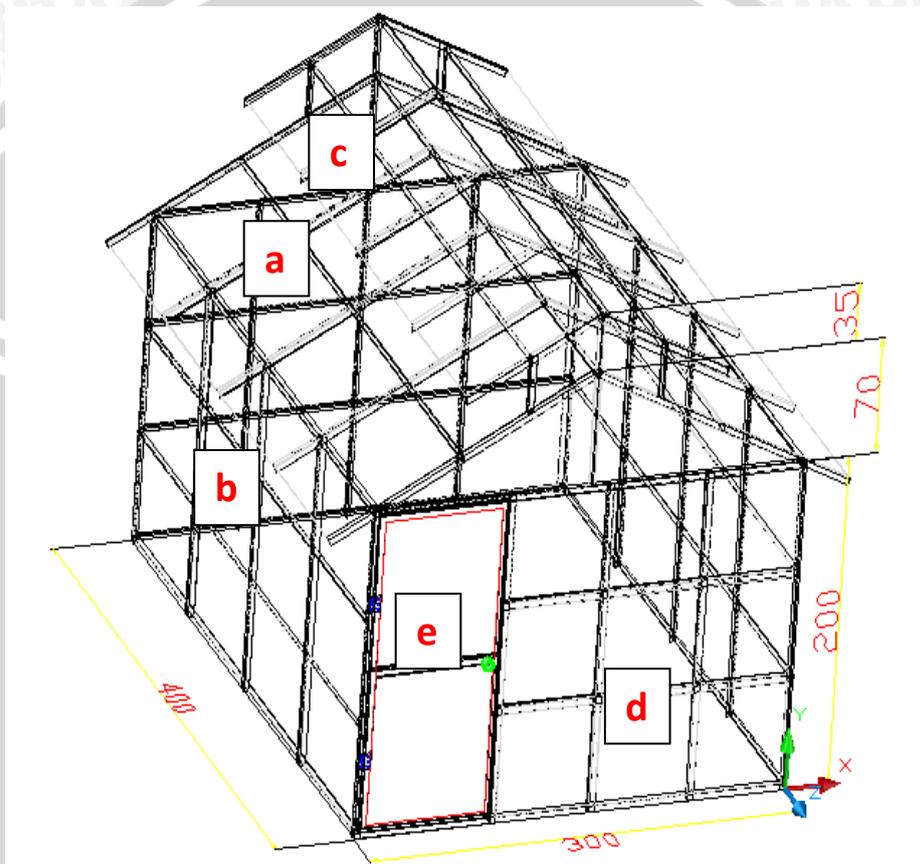
f) Pintu

Pintu berguna sebagai akses jalan keluar masuknya pekerja dan alat-alat

g) Penaungan

Fungsi utama dari penaungan adalah sebagai pereduksi intensitas cahaya yang berlebih dari sinar matahari.

## B. Rancangan Struktural

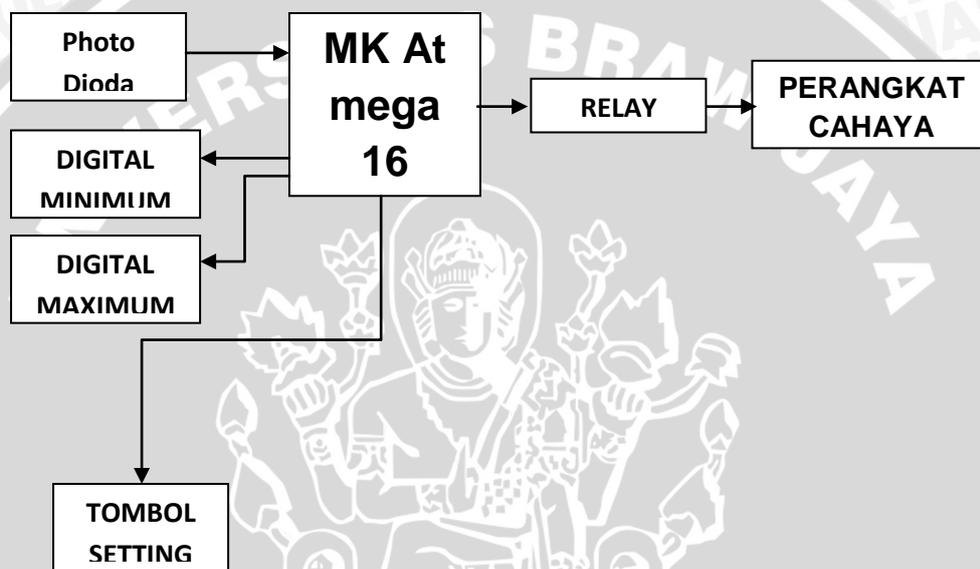


**Gambar 7.** Desain *Greenhouse*

Rancangan struktural greenhouse diatas dimana a) adalah atap, b) adalah dinding, c) adalah ventilasi, dan d) adalah pintu.

### 3.3.2. Perancangan Sistem Elektrik

Prinsip kerja perancangan sistem elektrik ini adalah menggerakkan *relay* untuk memutus dan menyambungkan arus listrik secara otomatis untuk mematikan dan menyalakan lampu sebagai sumber cahaya tambahan yang diperlukan di dalam *greenhouse* berkontrol. Gambar diagram perancangan alat dapat dilihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 8.** Diagram Perancangan Sistem Alat

Perancangan sistem elektrik ini meliputi perancangan mikrokontroler Atmega 16 sebagai sistem, perancangan *relay* pengatur nyala dan matinya sumber cahaya, dan perancangan komunikasi serial mikrokontroler, mikrokontroler pencahayaan ini akan di buat dengan metode pengendalian On-Off. Pertama-tama alat dihidupkan selanjutnya diatur intensitas cahaya yang dianggap sesuai. Selanjutnya diatur Lux atau intensitas cahaya yang diinginkan pada tombol *keypad* dan tertera pada *LCD*. Hidupkan alat dan secara otomatis alat dikendalikan oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan menyalakan lampu apabila di dalam

*greenhouse* butuh penambahan cahaya, kemudian mikrokontrol akan menyalakan alarm yang merupakan peringatan bagi pekerja bahwa naungan perlu dipasang pada saat kondisi *greenhouse* kelebihan intensitas cahaya.

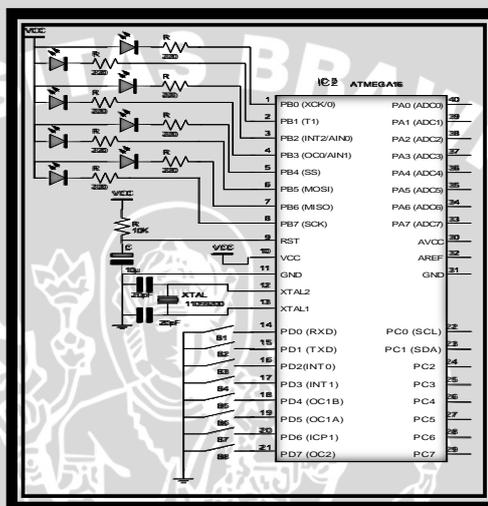
Perancangan elektronik meliputi Mikrokontroler Atmega 16, LCD, *keypad*, photo dioda, dan *relay*. Fungsi dari alat-alat elektronik ini antara lain:

1. Mikrokontroler ATmega 16 berfungsi sebagai otak yang memberi perintah kepada perangkat cahaya dan juga alarm secara keseluruhan.
2. LCD berfungsi sebagai tampilan data intensitas cahaya yang diinginkan. LCD ini akan menampilkan tulisan atau prosedur dari mikrokontroler dan angka intensitas cahaya yang diinginkan.
3. *Keypad* berfungsi sebagai tombol pengaturan intensitas cahaya yang dikehendaki di dalam *greenhouse*. *Keypad* ini dihubungkan langsung dengan mikrokontroler dan dibaca oleh mikrokontroler sebagai masukan atau perintah yang menjalankan alat.
4. Sensor cahaya berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya yang diperoleh *greenhouse*, sensor cahaya ini berupa photo dioda.
5. *Relay* berfungsi sebagai pemotong dan penghantar arus, pada saat kontrol membaca terdapat kekurangan intensitas cahaya pada *greenhouse* maka *relay* akan meneruskan arus untuk menyalakan perangkat cahaya, dan jika kontrol membaca terdapat kelebihan intensitas cahaya maka *relay* akan memutus arus listrik pada perangkat cahaya atas perintah mikrokontrol.

#### A. Perancangan Perangkat Keras

1. Perancangan Mikrokontroler Sebagai Sistem Minimum

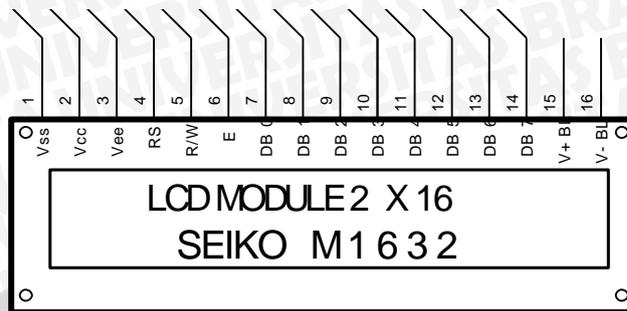
Perancangan mikrokontroler sebagai sistem minimum ini terdiri dari 2 buah kapasitor, 1 buah IC ATmega 16, 1 buah resistor 10 K $\Omega$ , sedangkan rangkaian oscillator dibentuk dengan Kristal 11,059200 MHz yang terhubung dengan penyemat X1 dan X2 serta dua buah kapasitor masing-masing sebesar 20 pF. Rangkaian sistem minimum ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 9.** Rangkaian Dasar Mikrokontroler Sebagai Sistem Minimum

## 2. Perancangan Rangkaian *Display* LCD

Rangkaian ini untuk mendukung pengoperasian sistem dalam menampilkan menu dan perintah kepada pengguna. LCD yang digunakan adalah LCD M1632 yang memiliki dua barisan tampilan dan masing-masing memiliki 16 karakter setiap barisnya. Gambar perancangan rangkaian *display* dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 10.** Rangkaian *Display LCD*

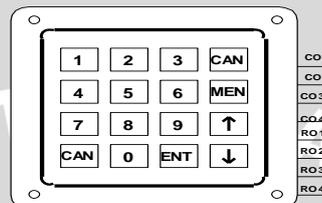
Penggunaan LCD dalam sistem ini agar memudahkan bagi pemakai dalam menggunakan alat ini. Hal ini disebabkan LCD mempunyai beberapa keunggulan dari pada yang lain seperti *seven segmen* atau *16 segmen* yaitu kemampuannya dalam menampilkan karakter, dan berbagai macam simbol serta memiliki konsumsi daya yang relatif lebih rendah.

Pada perancangan rangkaian LCD, penyemat Vee (LCD 3) dihubungkan pada potensiometer yang berfungsi mengatur kecerahan *back light*. Penyemat R/W (LCD 5) dihubungkan pada *ground* (GND) sehingga mode penampil kristal cair adalah tulis. Penyemat Vcc dihubungkan dengan Vcc sebagai sumber tegangan sedangkan penyemat lainnya dihubungkan pada kaki-kaki mikrokontroler. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 10.

Pada prosesnya terdapat dua jenis pengiriman yaitu pengiriman instruksi (perintah) dan pengiriman data (pengiriman karakter yang akan dicetak di LCD). Instruksi digunakan untuk mengatur konfigurasi LCD, menempatkan posisi karakter ditulis, menghapus LCD dan lain-lain.

### 3. Perancangan Rangkaian Tombol atau Keypad

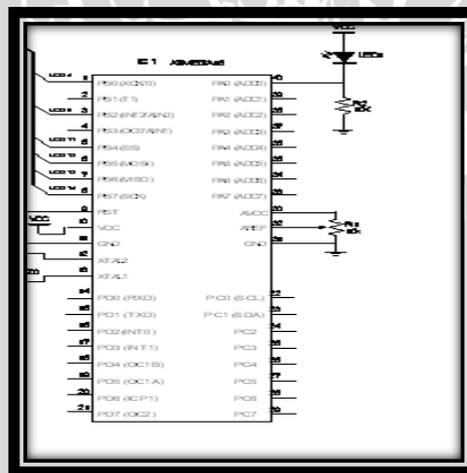
Tombol berfungsi untuk memasukkan instruksi pada alat kontrol. Ada 16 tombol yang digunakan yakni angka-angka penunjuk ketebalan dan intruksi lain seperti *enter*, *cancel* dan lain-lain yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Tombol atau Keypad

### 4. Perancangan Sensor Cahaya

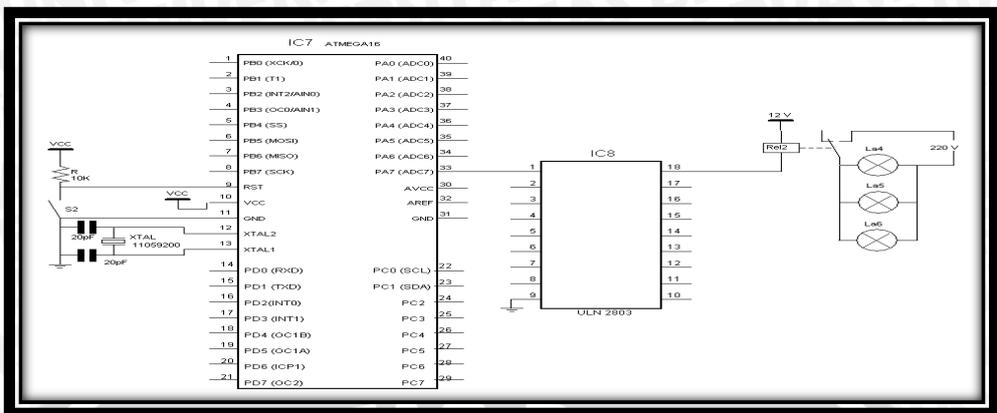
Perancangan sensor cahaya digunakan untuk mendeteksi cahaya yang diterima oleh sensor. Rangkaian sensor cahaya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Perancangan Sensor Cahaya

### 5. Perancangan Perangkat Pencahayaan

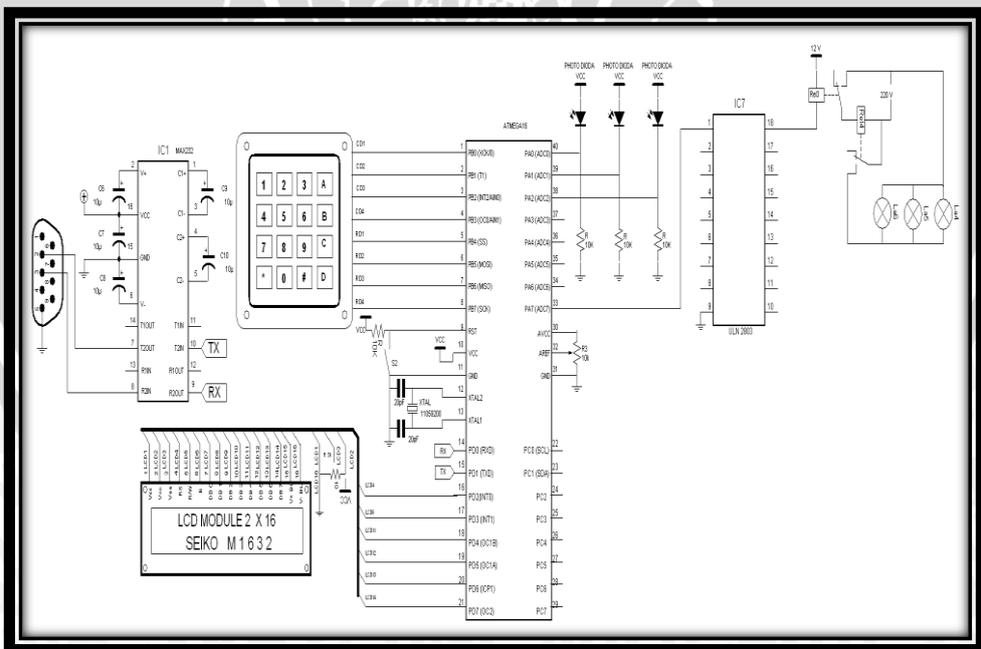
Perancangan perangkat pencahayaan dapat ditunjukkan pada Gambar 13 sebagai berikut:



Gambar 13. Perancangan Perangkat Pencahayaan

## 6. Perancangan Rangkaian Keseluruhan

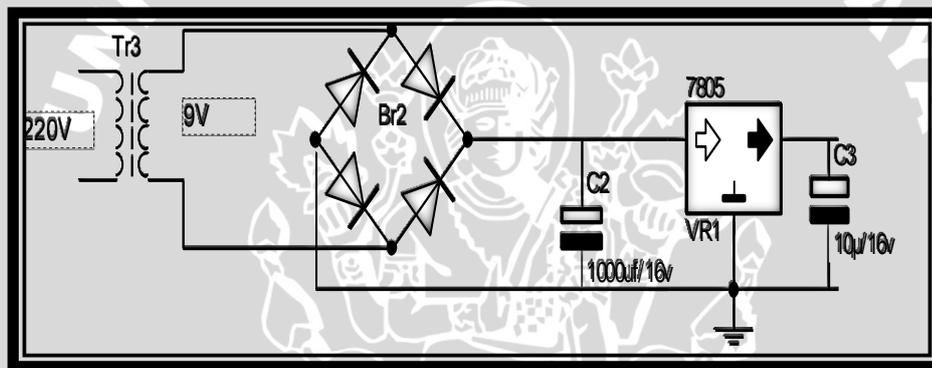
Perancangan Rangkaian keseluruhan dapat ditunjukkan pada Gambar 14 sebagai berikut:



Gambar 14. Perancangan Kontrol keseluruhan.

## 7. Perancangan Power Supply

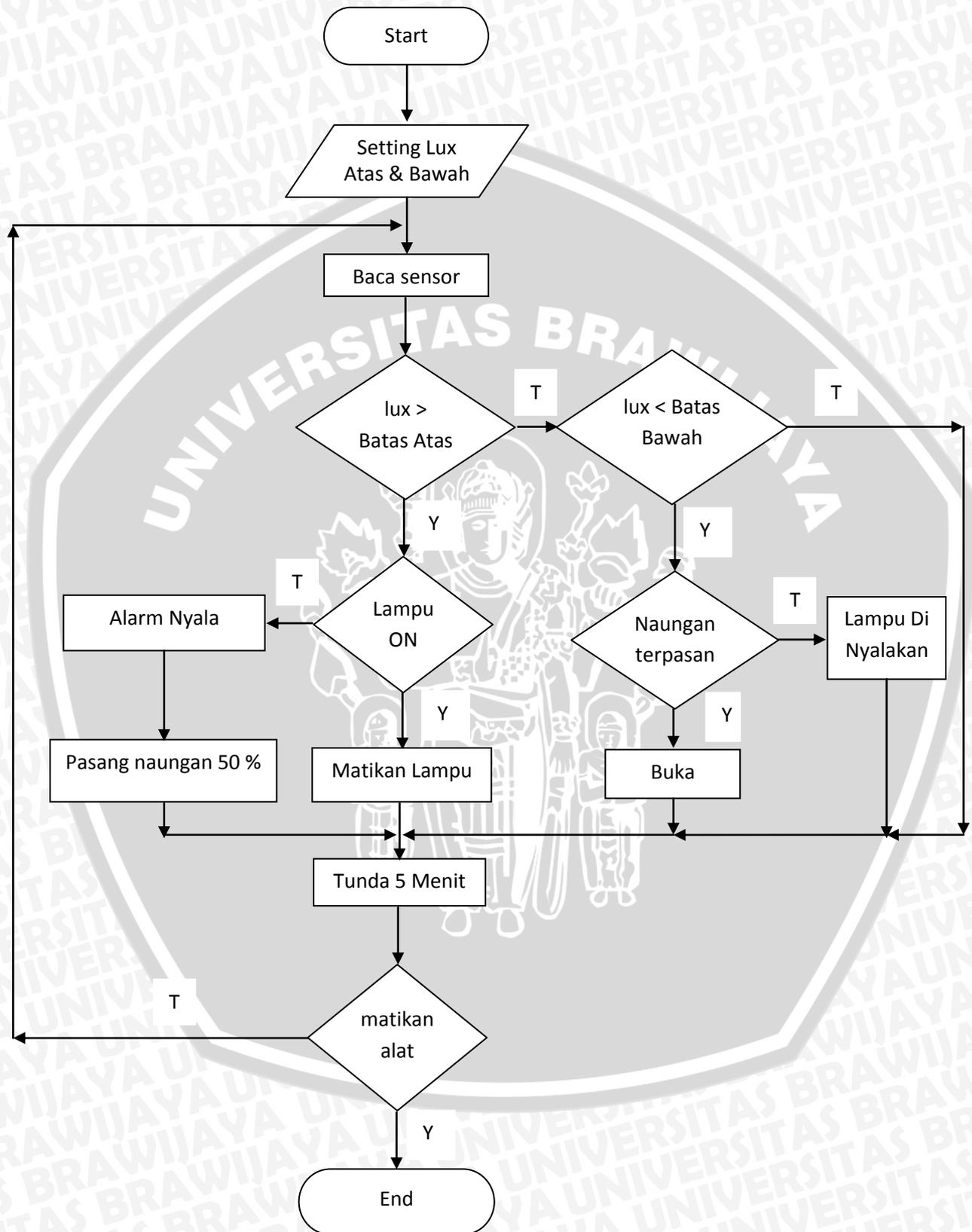
Pada alat ini diberikan tegangan berupa adaptor pada mikrokontroler. Untuk mikrokontroler tegangan yang dibutuhkan adalah sebesar 5 volt. Mikrokontroler memerlukan tegangan 5 volt untuk tegangan pada kaki pin tegangan agar dapat menjalankan instruksi-intruksi yang diberikan pada *input* dan *output*. Gambar rangkaian adaptor pada mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Rangkaian Adaptor Mikrokontroler

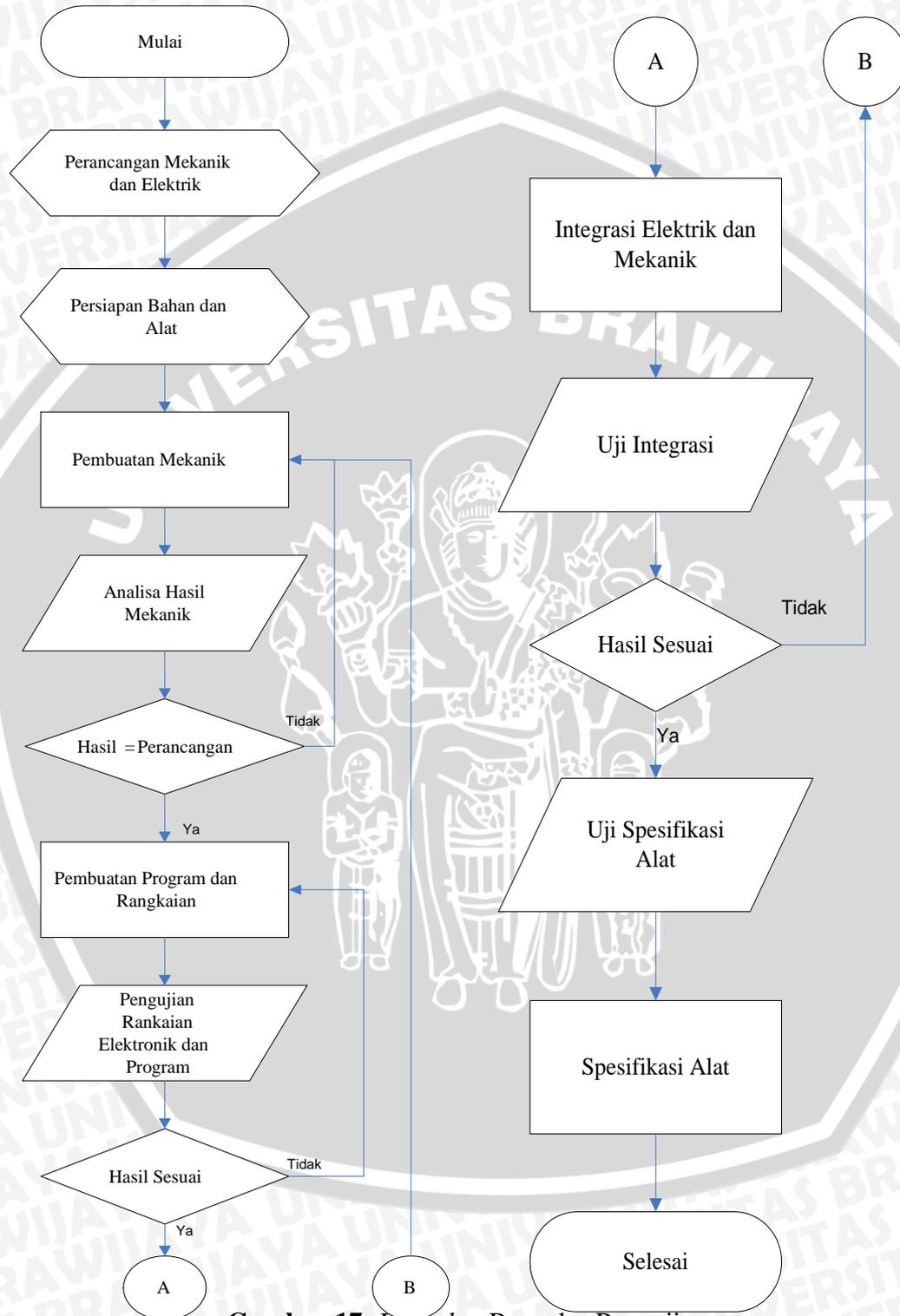
## B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini pada mikrokontroler menggunakan bascom. Program untuk mikrokontroler Atmega 16 digunakan bascom milik keluarga AVR. Perangkat lunak ini berfungsi untuk mengendalikan setiap proses yang dilakukan oleh mikrokontroler. Setelah program di tulis maka program di kompilasi supaya berubah menjadi bahasa mesin yang kemudian dimasukkan pada ROM mikrokontroler Atmega 16. *Flowchart* program pada mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Flowchart Program Pada Mikrokontroler

### 3.4. Prosedur Pengujian



Gambar 17. Flowchat Prosedur Pengujian

### 3.5. Parameter Pengujian

### 1. Nilai Perubahan ADC ke LUX Pada Photo Dioda

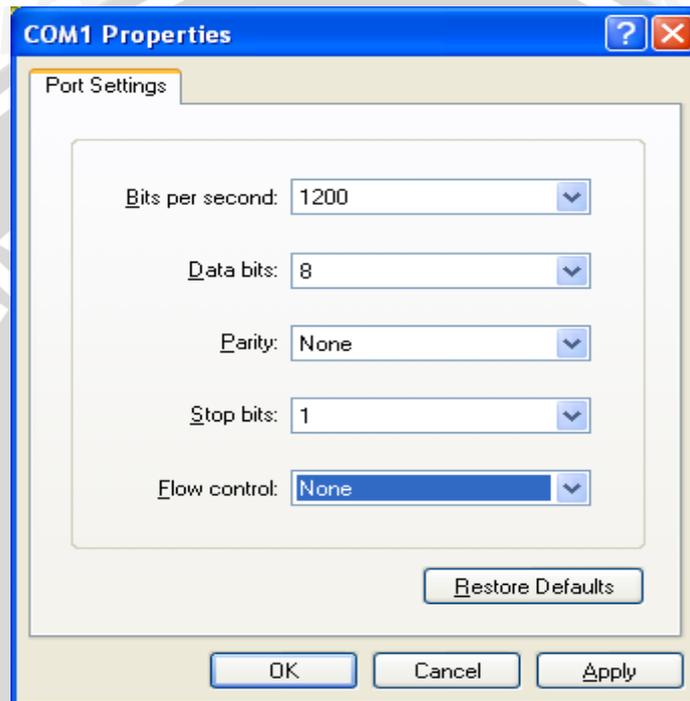
Nilai ADC pada photo dioda adalah salah satu parameter yang akan diuji. Pengujian nilai ini dilakukan dengan merubah atau mengkalibrasi data ADC pada photo dioda dimana nilai maksimalnya adalah 1023 didapat dari nilai biner photo dioda 11111 11111 menjadi data LUX pada intensitas cahaya yang diterima oleh sensor photo dioda. Pengujian dilakukan dengan menggunakan lampu pendar *spiral cool day light* 11 watt dengan merek "HORI". Intensitas cahaya dari lampu ditangkap oleh lux meter tipe LX 1330 B dan juga photo dioda. Data keluaran berupa lux pada lux meter dan nilai digital pada ADC, dari keduanya dibandingkan kemudian dibuat persamaannya. Tabel pengujian kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian Kalibrasi Photo Dioda Menjadi Lux Meter

Pencahaya-an Pada Nyala Lampu	Nilai ADC	Nilai Lux Meter	Jarak Pengukuran
11 watt			

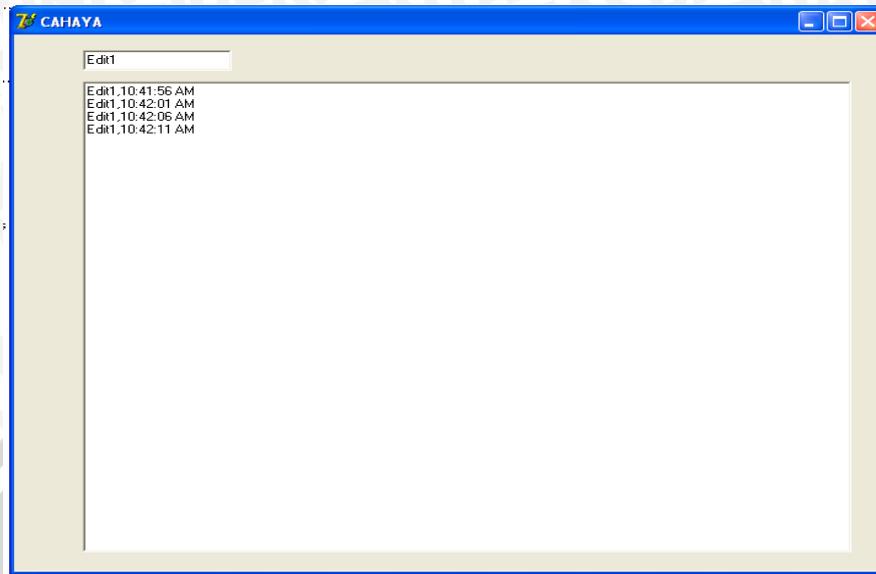
### 2. Komunikasi Serial

Supaya komunikasi antara PC dengan mikrokontroler dapat berjalan dengan baik maka *port* serial dibuka dan dilakukan seting komunikasi data untuk menyamakan *baud rate* PC dengan *baud rate* mikrokontroler.



**Gambar 18.** Tampilan Setting Komunikasi Data Serial.

Selanjutnya tampilan dari pengujian komunikasi serial antara komputer dengan mikrokontroler ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 19.** Tampilan Kirim Dan Terima Data Dengan Komputer

Data yang dikirim oleh komputer ditampilkan pada LCD. Pengiriman data dari mikrokontroler ke komputer dilakukan dengan menekan tombol  *keypad*. Setiap penekanan tombol keypad akan dikirimkan ke PC dan ditampilkan pada form uji komunikasi serial.

### 3. Pencahayaan Lapang

Pengujian lapang dilakukan di dalam  *greenhouse*, pengujian meliputi kinerja mikrokontrol dan juga kondisi pencahayaan yang ada didalam  *greenhouse*. Pengujian dilakukan selama 5 hari untuk merekam data intensitas cahaya di dalam  *greenhouse*. kemudian mengambil sampel pada titik-titik ekstrim yang menunjukkan kondisi perubahan intensitas cahaya, titik ekstrim ini didapati dari hasil trial waktu-waktu dimana terjadi perubahan intensitas cahaya yaitu pada pagi hari pada pukul (08.00 WIB), dan (10.00 WIB), siang hari (12.00 WIB), dan (14.00 WIB) sore hari (16.00 WIB), dan (18.00), kemudian dibandingkan dengan

kondisi yang ada di luar lingkungan *greenhouse*. Tabel pengujian kondisi pencahayaan lingkungan di dalam *greenhouse* dan diluar *greenhouse* terdapat pada tabel 3 dan tabel 4.

**Tabel 3. Kondisi pencahayaan lingkungan di dalam *greenhouse***

Intensitas Cahaya Dalam LUX

Hari Ke	Pagi hari (WIB)		Siang Hari		Sore Hari	
	(08.00)	(10.00)	(12.00)	(14.00)	(16.00)	(18.00)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

**Tabel 4. Kondisi pencahayaan lingkungan di luar *greenhouse***

Intensitas Cahaya Dalam LUX

Hari Ke	Pagi hari (WIB)		Siang Hari		Sore Hari	
	(08.00)	(10.00)	(12.00)	(14.00)	(16.00)	(18.00)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Perancangan Struktural

*Greenhouse* yang dirancang memiliki bagian-bagian struktural antara lain atap, dinding, ventilasi, lantai, penerangan lampu, pintu, dan pencahayaan. Sesuai rencana yang telah didesain mengacu pada Standart Nasional Indonesia (SNI 7604:2010) yaitu atap dibuat dengan model *gable* atau atap bertingkat dengan tujuan dapat merancang ventilasi yang mudah, ventilasi dibuat dengan luas  $4,8 m^2$  kemudian dinding dibuat dengan tinggi 2 meter, lantai terbuat dari plester semen seluas  $12m^2$ , penerangan lampu dibuat penambahan sebesar 200 hingga 35000 Lux, pintu dibuat selebar 0,9 m, dan pencahayaan dibuat sebesar 50%.

Lampu yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis lampu *fluorescent*, lampu jenis ini merupakan lampu yang sering sekali digunakan dalam penambahan pencahayaan dalam *greenhouse*. Dibandingkan dengan jenis *indescent* lampu *fluorescent* lebih memproduksi cahaya linear yang lebih efisien dan seragam (Poot, 1984 ). Adapun pilihan lain adalah menggunakan jenis lampu LED. Pilihan lampu ini memiliki efisiensi yang lebih besar, sayangnya dalam skala luas lampu jenis ini masih belum dapat diaplikasikan karena teknologinya yang sangat mahal (Robert, 2008). *Output spectral* yang dihasilkan cahaya dari LED dapat disesuaikan berdasarkan *photoreceptor* dari tanaman dan dioptimasi untuk memproduksi hasil yang maksimal tidak membuang-buang energy (Dougher and Bugbee, 2001). Selain itu keunggulan dari lampu LED adalah secara instant dapat

dinyalakan dan dimatikan, tidak memerlukan waktu untuk pemanasan atau *warmup* selain itu LED merupakan lampu yang sangat mudah diintegrasikan dengan sistem control digital, hal ini merupakan kemampuan yang tidak umum dimiliki oleh lampu lainnya (Fujiwara and Sawada, 2006)

Plastik yang digunakan untuk *greenhouse* pada bagian atap dan dinding adalah jenis plastik lembaran berwarna transparan dengan merek *econolite* dengan tebal plastik 0,9 cm, terdapat dua tipe plastik yaitu plastik lembaran dengan permukaan gelombang dan datar, untuk pemilihan permukaan, tipe datar lebih dipilih untuk jenis yang digunakan karena pertimbangan dalam hal pemasangan dan perawatan yang relatif mudah, misalkan dalam segi pembersihan dan pemasangan. Meskipun mempunyai harga, biaya pemasangan, dan biaya perawatan yang tinggi, plastik ini menyediakan perlindungan yang baik terhadap hujan dan penerusan cahaya yang lebih bagus.

Besi yang digunakan untuk rangka dari *greenhouse* adalah jenis besi konstruksi berbentuk pipa kotak, besi ini dipilih karena harganya yang ekonomis, biaya pemasangan yang relatif rendah, dan kemudahannya untuk digabungkan dengan besi lainnya dan untuk di baut atau di rivet.

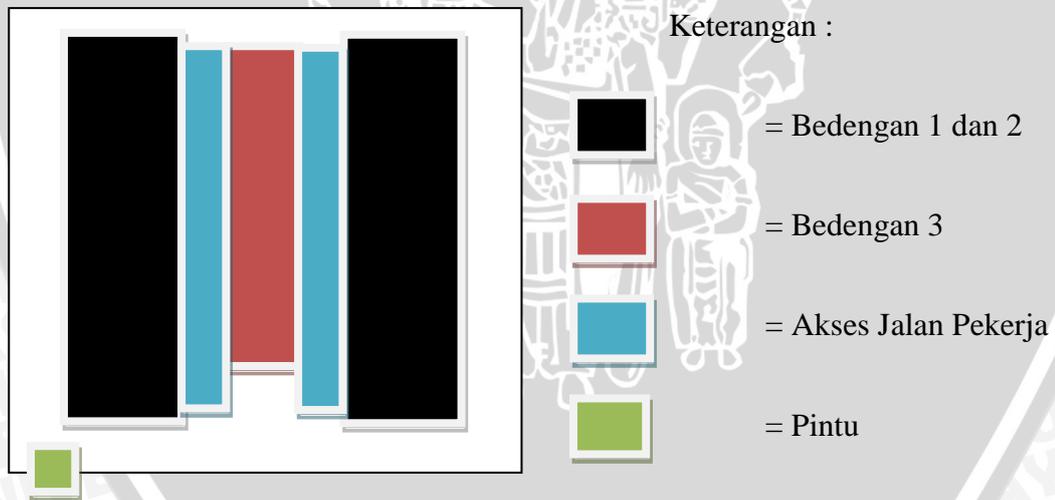
Penambahan instalasi *greenhouse* meliputi saluran perpipaan untuk irigasi, kemudian ventilasi mekanik yaitu kipas angin yang memiliki kekuatan tekanan udara 0,03 Kpa yang dilengkapi dengan pelindung baling-baling untuk melindungi terjadinya kecelakaan kerja. Untuk *layout* lantai dibuat optimal yaitu didesain agar dapat menampung sesuai standar yaitu 244 tanaman krisan. Gambar

repository.ub.ac.id

layout lantai dan gambar rancangan struktural *greenhouse* dapat dilihat pada Gambar 17 dan 18.



Gambar 20. *Greenhouse*



Gambar 21. Layout Lantai pada *Greenhouse*

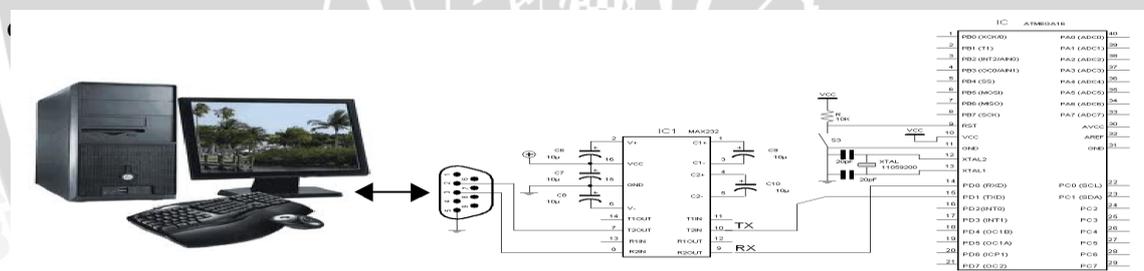
*Greenhouse* dibangun dengan memiliki panjang lantai 4 m dan lebar 3 m, luas bedengan 1 dan 2 masing-masing adalah  $3,276 \text{ m}^2$  kemudian bedengan ketiga di buat dengan luas  $2,06 \text{ m}^2$  akses jalan masing-masing memiliki lebar 0,5 meter.

## 4.2 Hasil Perancangan Alat Pengontrol Cahaya berbasis MK Atmega 16

Alat pengontrol cahaya berbasis mikrokontroler Atmega 16 dalam penelitian ini mempunyai beberapa bagian utama yang mendukung operasional kerjanya antara lain komputer dan juga *box*. Hasil rancangan alat secara lengkap dapat diuraikan sebagai berikut.

### 4.2.1 Serial Komputer dan Mikrokontroler

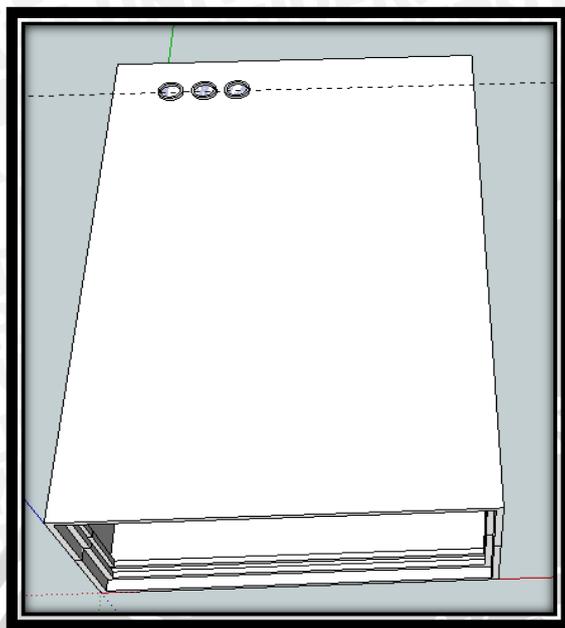
Alat pengontrol ini menggunakan komputer sebagai komunikasi serial dengan mikrokontroler dan juga sebagai tampilan data yang di rekam selama pengoperasian alat pengontrol. Pada penelitian menggunakan computer berprosesor intel Pentium 4. Berikut ini hasil rancangan komunikasi serial dapat



Gambar 22. Hasil Rancangan Komunikasi Serial Komputer dan Mikrokontrol

### 4.2.2 Box

*Box* merupakan salah satu bagian penting pada alat ini yaitu sebagai pelindung dan juga tempat perakitan alat pengontrol. Pada penelitian alat pengontrol cahaya ini menggunakan *box* berukuran panjang 16 cm, lebar 6 cm dan tinggi 19 cm. Gambar *box* alat pengontrol cahaya ditunjukkan pada Gambar 23.



(a) Gambar Rancangan



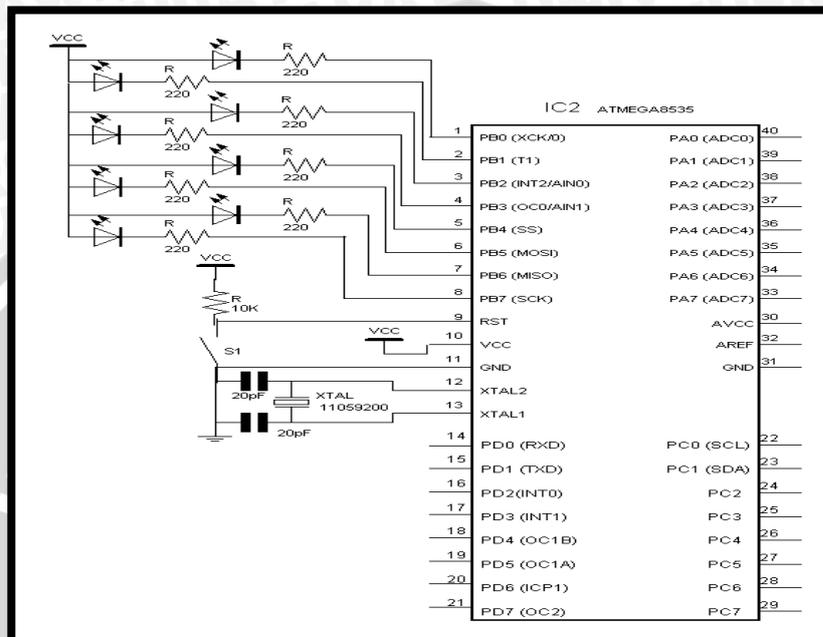
(b) Box Jadi

**Gambar 23.** Box Mikrokontroler

#### 4.2.3. Hasil Perancangan Mikrokontroler Sebagai Sistem Minimum

Hasil perancangan mikrokontroler sebagai sistem minimum ini sama dengan perancangan awalnya dengan menggunakan Atmega 16 sebagai mikrokontrolernya. Perancangan mikrokontroler sebagai sistem minimum ini terdiri dari 2 buah kapasitor, 1 buah IC ATmega 16, 1 buah resistor 10 K $\Omega$ , sedangkan rangkaian *oscillator* dibentuk dengan Kristal 11,059200 MHz yang

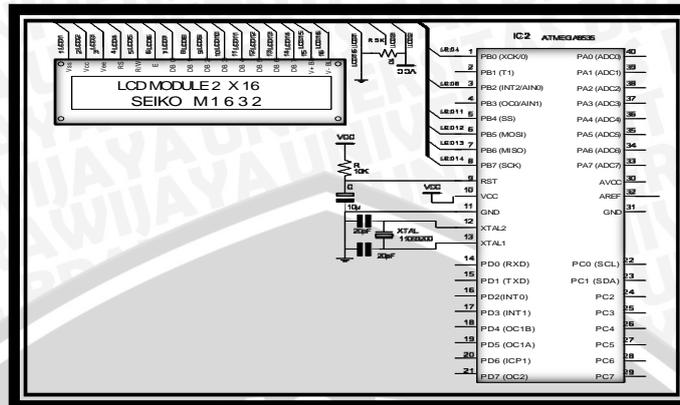
terhubung dengan penyemat X1 dan X2 serta dua buah kapasitor masing-masing sebesar 20 pF. Rangkaian sistem minimum ditunjukkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Hasil Rangkaian Mikrokontroler Sebagai Sistem Minimum

#### 4.2.4 Hasil Perancangan Rangkaian *Display* atau LCD

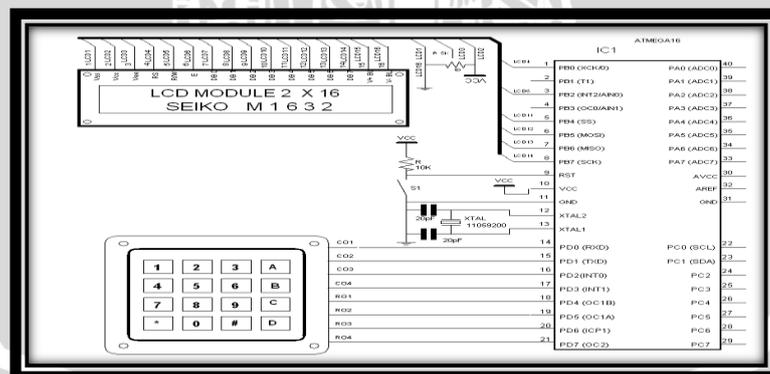
Hasil perancangan rangkaian *display* sama dengan perancangan rangkaian *display* yakni menggunakan LCD 16x2 karakter. Rangkaian ini untuk mendukung pengoperasian sistem dalam menampilkan menu dan perintah kepada pengguna. LCD yang digunakan adalah LCD M1632 yang memiliki dua barisan tampilan dan masing-masing memiliki 16 karakter setiap barisnya. Gambar perancangan rangkaian *display* dapat ditunjukkan pada Gambar 25.



Gambar 25. Rangkaian LCD

#### 4.2.5 Hasil Perancangan Rangkaian Tombol atau Keypad

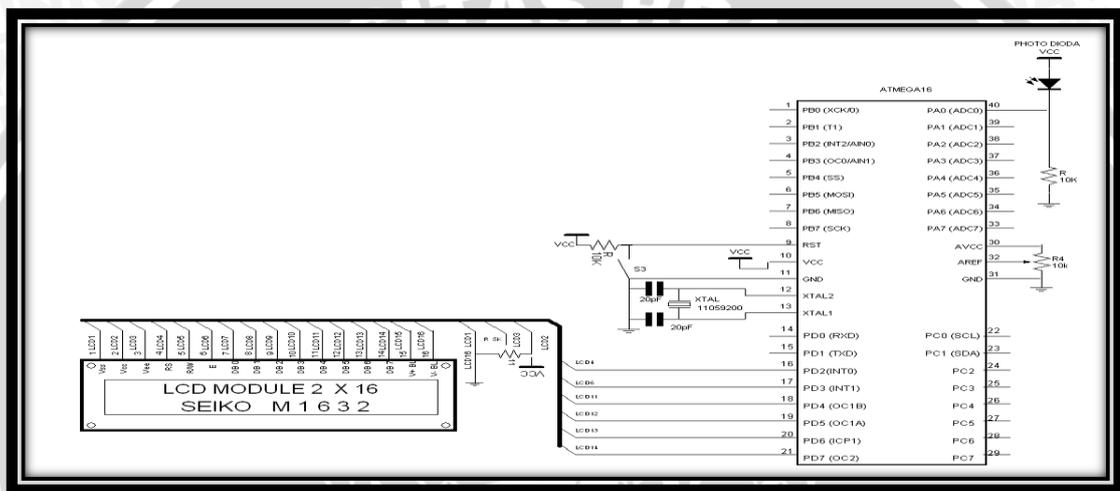
Hasil perancangan rangkaian tombol atau keypad sama dengan perancangan awalnya yakni menggunakan keypad 4x4. Keypad ini berfungsi untuk memasukkan instruksi pada pengontrol. Ada 16 tombol yang digunakan yakni angka-angka penunjuk intensitas cahaya dan intruksi lain seperti bintang, pagar dan lain-lain yang ditunjukkan pada Gambar 26.



Gambar 26. Rangkaian Keypad

#### 4.2.6 Hasil Perancangan Sensor Cahaya

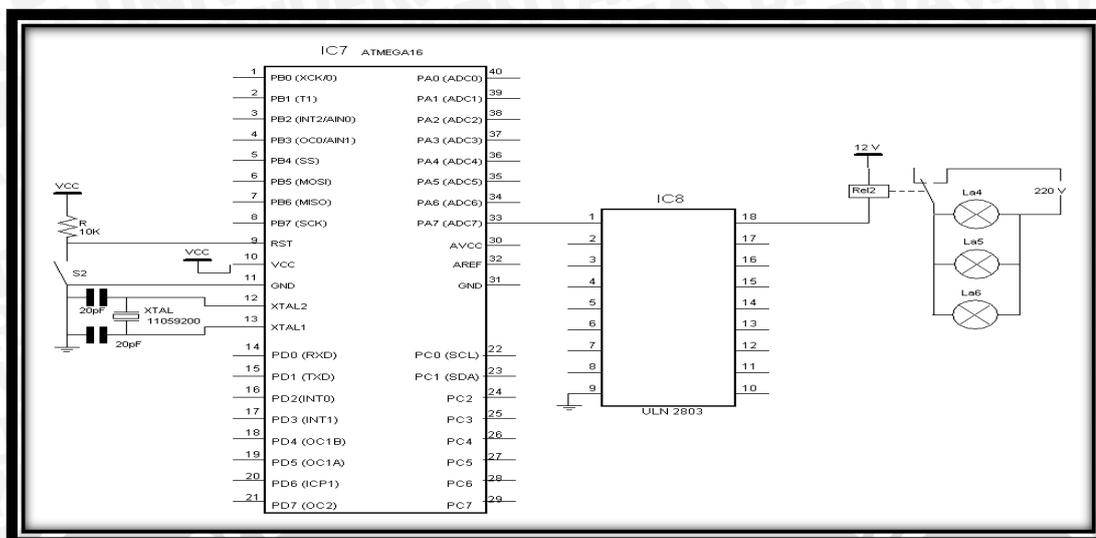
Sensor cahaya yang digunakan pada mikrokontroler ini tidak mengalami perubahan pada perencanaan awal yakni menggunakan photo dioda sebagai sensor pendeteksi intensitas cahaya. Gambar rangkaian sensor dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Rangkaian Sensor Cahaya

#### 4.2.7. Hasil Perancangan Perangkat Pencahayaan

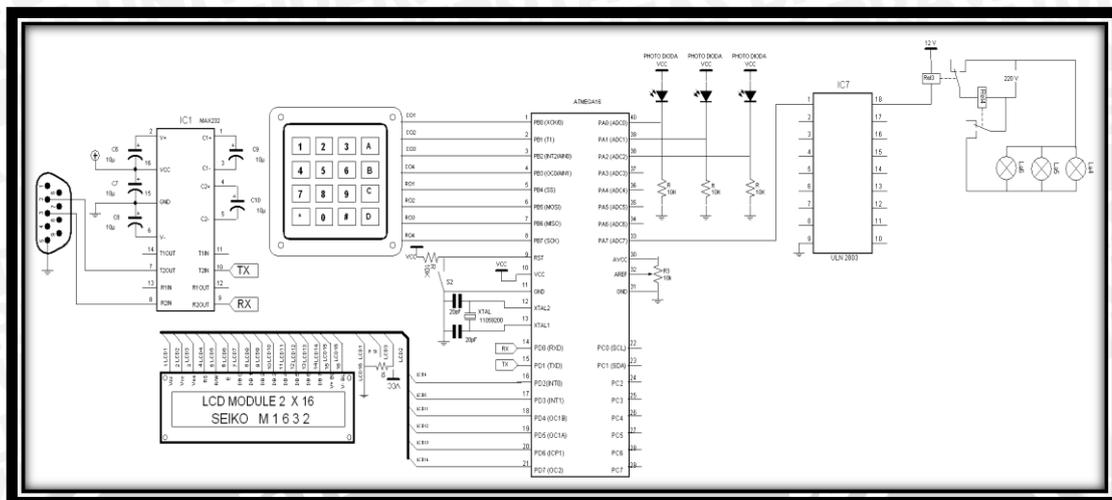
Hasil perancangan perangkat pencahayaan tidak mengalami perubahan dari perancangan awal yaitu menggunakan lampu pendar yang dapat memberikan tambahan pencahayaan sebesar 200 - 42000 lux di dalam *greenhouse*, hasil rancangan perangkat pencahayaan dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Hasil Perancangan Perangkat Pencahayaan

#### 4.2.8 Hasil Perancangan Rangkaian Keseluruhan

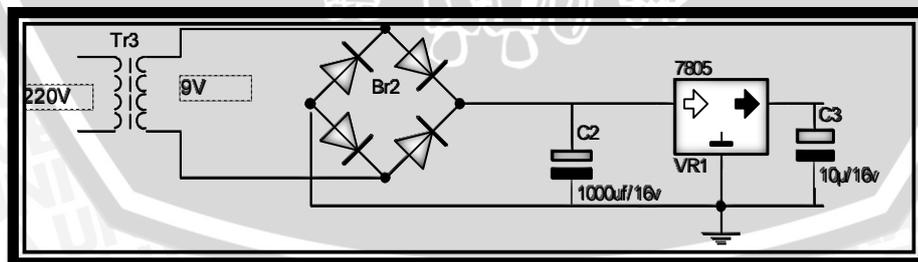
Hasil perancangan rangkaian keseluruhan ini, kontrol yang dipakai sesuai dengan perancangan awal. Rangkaian ini terdiri dari rangkaian mikrokontroler, LCD, keypad, dan sensor. Rangkaian ini digabung dan dihubungkan pada mikrokontroler sebagai pusat masukan dari intruksi-intruksi yang diberikan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Rangkaian Keseluruhan

#### 4.2.9 Hasil Perancangan *Power Supply*

Hasil perancangan *power supply* sama dengan perancangan awalnya yaitu menggunakan adaptor 5 volt yang dibuat untuk menyuplai kebutuhan daya pada mikrokontroler. Tegangan mikrokontroler yang dibutuhkan adalah sebesar 5 volt. Mikrokontroler memerlukan tegangan 5 volt untuk tegangan pada kaki pin tegangan agar dapat menjalankan instruksi-intruksi yang diberikan pada *input* dan *output*. Gambar rangkaian adaptor pada mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 30. Rangkaian Adaptor Mikrokontroler

### 4.3 Pengujian Rangkaian Elektronik

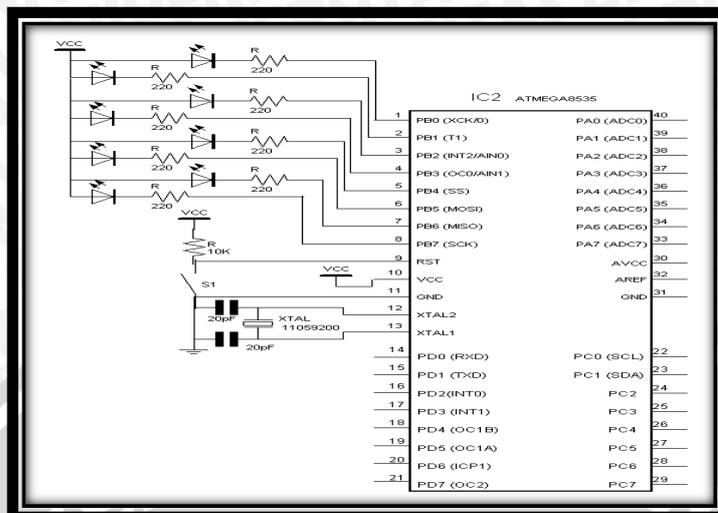
Pengujian rangkaian elektronik dilakukan dengan merangkai semua perangkat elektronik yaitu, mikrokontroler Atmega 16, komunikasi serial yaitu menyambungkan rangkaian dengan komputer melalui connector DB9 pada rangkaian elektronik dan komputer. Pengujian rangkaian elektronik bekerja dengan baik, keypad dapat digunakan sebagai input, relay dapat menyambungkan dan memutuskan arus, dan lcd dapat memberikan tampilan yang bagus, begitu juga dengan komputer dapat tersambung dengan rangkaian.

#### 4.3.1 Pengujian Mikrokontroler Sebagai Sistem Minimum

Sistem minimum yang dirancang membutuhkan komponen tambahan yaitu IC 7805 yang dapat mengubah tegangan listrik DC dari sumber tegangan menjadi tegangan listrik DC 5 volt yang dibutuhkan mikrokontroler. Kisaran tegangan listrik DC yang dapat diterima mikrokontroler dapat dilihat pada *datasheet* mikrokontroler AVR 16.

##### 4.3.1.1 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Sebagai Output

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *port-port* pada mikrokontroler yang digunakan dapat berjalan dengan baik. Dalam pengujian ini kaki-kaki pada *port 0* dihubungkan dengan LED. Dalam keadaan normal *port* berlogika 1 (LED mati). Pada saat *port 0* diberi logika 0, maka LED menyala. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa mikrokontroler dapat dijadikan sebagai *output*. Rangkaian pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 31.



**Gambar 31.** Pengujian Rangkaian Mikrokontroler sebagai *Output*

Pada pengujian ini, setelah alat dirangkai seperti pada Gambar 31, kemudian dilanjutkan dengan pengisian program pada mikrokontroler. Setelah program dimasukkan, maka akan tampak perubahan LED pada *port 0* dengan variasi bentuk nyala dan mati yang berbeda, dimana *delay* waktu digunakan untuk memperlama kondisi nyala dan mati untuk masing-masing variasi nyala dan mati selama  $\pm 0,15$  detik. Dari pengujian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa mikrokontroler dapat dijadikan sebagai *output*. Adapun variasi nyala LED tergantung pada program yang telah dibuat. Pada program di bawah ini, dibuat variasi nyala lampu LED dimana hasil dari pengujian ini, ditunjukkan pada Tabel 5.

**List Program :**

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 1000000
Config Portb = Output
Awal:
Portb = &B11111110
Waitms 100
Portb = &B11111101
Waitms 100
Portb = &B11111011
    
```



```

Waitms 100
Portb = &B11110111
Waitms 100
Portb = &B11101111
Waitms 100
Portb = &B11011111
Waitms 100
Portb = &B10111111
Waitms 100
Portb = &B01111111
Waitms 100
Goto Awal

```

**Tabel 5.** Tabel Pengujian Mikrokontroler sebagai *Output*

Waktu	Logika pada Port 0	LED pada Port 0							
		L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0
1	01010101b	H	M	H	M	H	M	H	M
2	10101010b	M	H	M	H	M	H	M	H
3	00001111b	H	H	H	H	M	M	M	M
4	11110000b	M	M	M	M	H	H	H	H

**Keterangan :** H : Hidup  
M : Mati

#### 4.3.1.2 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Sebagai *Input*

Pengujian rangkaian mikrokontroler sebagai *input* bertujuan untuk membuktikan bahwa *port* pada mikrokontroler dapat dijadikan sebagai *input* (masukan) untuk *port* lain. Dalam keadaan normal (*default*), *port-port* pada mikrokontroler berlogika 1. Logika 1 menandakan bahwa LED dalam keadaan



Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 6. *List* program untuk pengujian mikrokontroler sebagai *input* adalah sebagai berikut :

*List Program :*

```

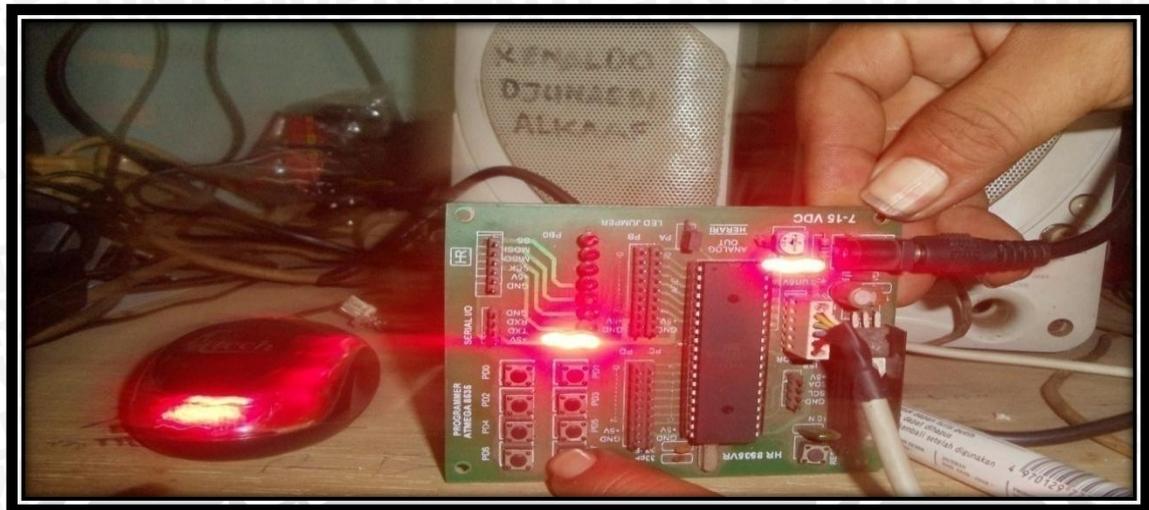
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 1000000
Config Portb = Output
Config Portd = Input
Dim Isi_d As Byte
Portd = &B11111111
Awal:
  Isi_d = Pind
  If Isi_d = &B11111110 Then
    Portb = &B00000000
  ElseIf Isi_d = &B11111101 Then
    Portb = &B11110000
  Else
    Portb = &B11111111
  End If
  Goto Awal
    
```

**Tabel 6.** Tabel Pengujian Mikrokontroler sebagai Input

KONDISI SWITCH (SW)	LED							
	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
P1.0 ditekan	1	1	1	1	1	1	1	0
P1.1 ditekan	1	1	1	1	1	1	0	1
P1.2 ditekan	1	1	1	1	1	0	1	1
P1.3 ditekan	1	1	1	1	0	1	1	1
P1.4 ditekan	1	1	1	0	1	1	1	1
P1.5 ditekan	1	1	0	1	1	1	1	1
P1.6 ditekan	1	0	1	1	1	1	1	1
P1.7 ditekan	0	1	1	1	1	1	1	1

**Keterangan :** 1 : LED Mati  
0 : LED Nyala





**Gambar 33.** Pengujian Mikrokontroler Sebagai *Output* dan *Input*

#### 4.3.2 Pengujian LCD

Pada pengujian LCD ini rangkaian dapat dilihat pada Gambar 34. List program pengujian LCD dapat dilihat sebagai berikut :

#### Program pengujian :

```

$regfile = "m16def.dat"           ' sesuai jenis AVR
$crystal = 11059200               ' Harus sesuai dg kristal terpasang
' konfigurasi Pin LCD
Config Lcdpin = Pin , Rs = Portb.0 , E = Portb.2 , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 ,
Db6 = Portb.6 , Db7 = Portb.7
Config Lcd = 16 * 2               ' type lcd
Config Kbd = Portd
Dim Nilaitombol As Byte
Dim Kepadasli As Byte
Wait 1
Cls                               ' HAPUS LAYAR LCD
Lcd " Otomatis Cahaya "          ' TAMPILKAN DI LAYAR
LCD
Lowerline                         ' GANTI BARIS BAWAH
Lcd " Danial Fatchur "          ' TAMPILKAN DI LAYAR LCD
Do
  Nilaitombol = Getkbd()
  Kepadasli = Lookup(nilaitombol , Datakeypad)

```

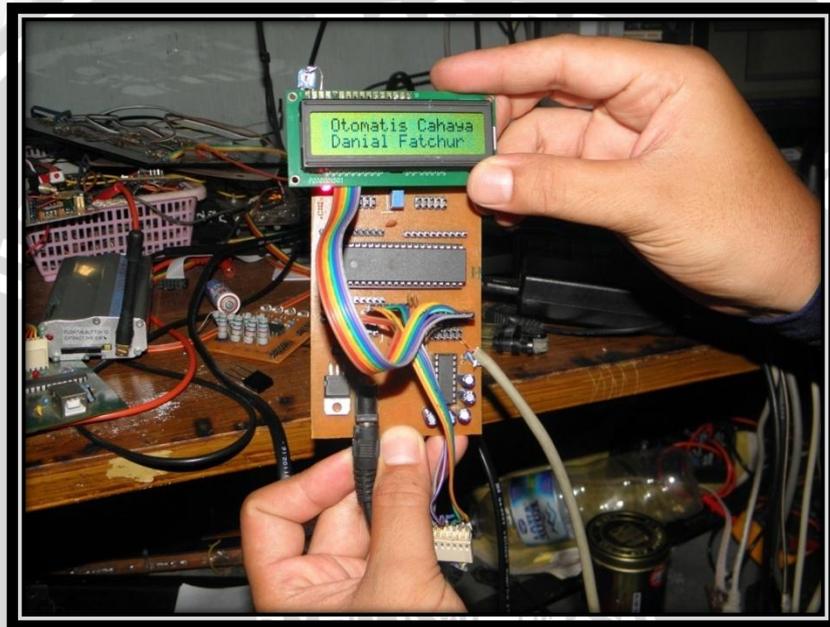


Lowerline ' GANTI BARIS BAWAH  
 Lcd "Nilai = " ; Kepadasl ; " - " ; Nilaitombol ;" "

Loop

Data keypad:

Data 1 , 4 , 7 , 10 , 2 , 5 , 8 , 0 , 3 , 6 , 9 , 11 , 12 , 13 , 14 , 15 , 16



Gambar 34. Pengujian LCD

#### 4.3.3 Pengujian Keypad

Pengujian *keypad* berfungsi untuk memberikan perintah awal untuk memasukkan informasi data yang diinginkan. Rangkaian *keypad* dapat dilihat pada Gambar 35. List program pengujian *keypad* dapat dilihat sebagai berikut :

#### Program Pengujian :

\$regfile = "m16def.dat" ' sesuai jenis AVR

```

$crystal = 11059200          ' Harus sesuai dg kristal terpasang
' konfigurasi Pin LCD
Config Lcdpin = Pin , Rs = Portb.0 , E = Portb.2 , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 ,
Db6 = Portb.6 , Db7 = Portb.7
Config Lcd = 16 * 2          ' type lcd
Config Kbd = Portd
Dim Nilaitombol As Byte
Dim Kepadasli As Byte
Wait 1
Cls                          ' HAPUS LAYAR LCD
Lcd " Demo LCD 16x2 "        ' TAMPILKAN DI LAYAR
LCD
Lowerline                    ' GANTI BARIS BAWAH
Lcd " Demo Keypad "         ' TAMPILKAN DI LAYAR
LCD
Do
  Nilaitombol = Getkbd()
  Kepadasli = Lookup(nilaitombol , Datakeypad)
  Lowerline                    ' GANTI BARIS BAWAH
  Lcd "Nilai = " ; Kepadasli ; " - " ; Nilaitombol ; " "
Loop
Datakeypad:
Data 1 , 4 , 7 , 10 , 2 , 5 , 8 , 0 , 3 , 6 , 9 , 11 , 12 , 13 , 14 , 15 , 16

```



**Gambar 35.** Pengujian Keypad

#### 4.3.4 Pengujian Sensor Cahaya

Pengujian sensor cahaya dilakukan sesuai rencana yaitu photodiode dipasangkan dengan rangkaian mikrokontroller kemudian sensor didekatkan dengan sumber cahaya dan dilihat nilai ADC-nya jika terlihat nilai ADC yang merupakan nilai intensitas cahaya berarti mengindikasikan sensor photodiode tersebut dapat beroperasi dengan baik. Berikut adalah gambar pengujiannya.



**Gambar 36.** Pengujian Sensor Photodiode

#### 4.3.5 Pengujian Keseluruhan

Penyambungan keseluruhan dilakukan dengan menyambungkan perangkat mikrokontroler dengan komputer melalui kabel USB, sedangkan perangkat cahaya berupa lampu pengujian diletakkan di dalam tempat yang gelap dan di baca lux meter bernilai nol (0). Data intensitas cahaya yang di terima sensor akan masuk ke dalam form test serial hyperterminal, jika intensitas cahaya melebihi batas atas maka relay akan memutuskan sambungan listrik dan mematikan lampu kemudian ditandai dengan alarm menyala dan jika intensitas cahaya kurang dari batas bawah maka relay akan menyambungkan arus listrik untuk menyalakan lampu sebagai penambah cahaya. Gambar pengujian dapat dilihat dalam Gambar 37.



**Gambar 37.** Pengujian Alat keseluruhan.

#### **4.3.6 Pengujian Perubahan Nilai Intensitas Cahaya Dari ADC ke LUX**

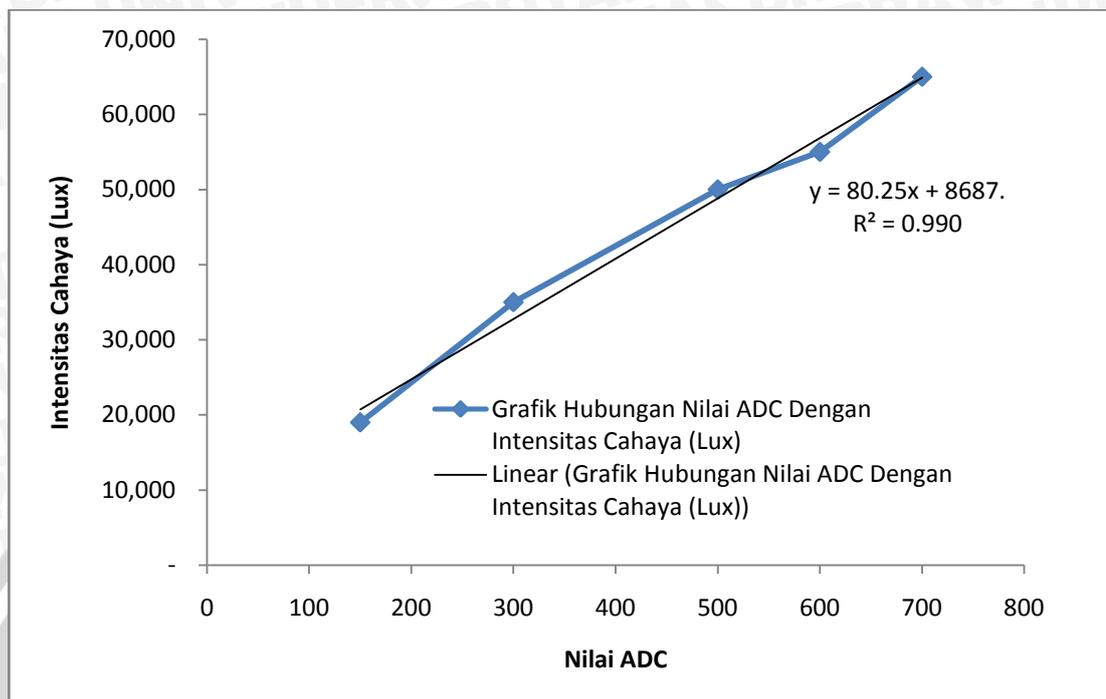
Pengujian nilai intensitas cahaya dilakukan dengan merubah atau mengkalibrasi data ADC pada photo dioda dimana nilai maksimalnya adalah 1023 didapat dari nilai biner photo dioda 11111 11111 menjadi data LUX pada intensitas cahaya yang diterima oleh sensor photo dioda. pengujian dilakukan

dengan menggunakan lampu pendar *spiral cool day light* 11 watts dengan merek "HORI". Intensitas cahaya dari lampu ditangkap oleh lux meter tipe LX 1330 B dan juga photo dioda. Data keluaran berupa lux pada lux meter dan nilai digital pada ADC dibandingkan kemudian dibuat persamaannya dengan menggunakan program *microsoft excel*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Pengujian Kalibrasi Photo Dioda menjadi Lux meter

Pencahayaannya pada nyala lampu	Nilai ADC	Nilai Lux meter (Intensitas dalam LUX)
11 watt	150	19,000
	300	35,000
	500	50,000
	600	55,000
	700	65,000

Tabel diatas merupakan hasil pengujian dengan membandingkan Intensitas cahaya yang diterima sensor pada mikrokontroler dengan Lux meter, kemudian dicari rumus persamaannya dan dimasukkan ke dalam bahasa program, sehingga didapatkan nilai ADC yang ada pada mikrokontroler menjadi tampilan Lux. Berikut ini didapatkan grafik hubungan dan persamaannya.



**Gambar 38.** Grafik Hubungan Antara Nilai ADC dan Intensitas Cahaya (Lux)

Pada grafik di atas di dapatkan persamaan dengan menghubungkan nilai pada sumbu X dan Y, yaitu nilai intensitas berupa ADC pada Mikrokontroler pada sumbu X, dan nilai intensitas cahaya dalam satuan Lux pada sumbu Y. Didapati persamaan yaitu  $y = 80,25x + 8687$ , dengan nilai  $R^2 = 0,990$  yang berarti terdapat hubungan kuat antara variabel intensitas cahaya dengan variabel nilai ADC, dan dapat dikatakan bahwa 99% di antara keragaman dalam nilai-nilai Y dapat dijelaskan hubungannya dengan X. Berikut ini adalah tabel nilai hasil perbandingan antara nilai yang ditangkap pada mikrokontroler dengan Lux meter.

**Tabel 8.** Perbandingan Nilai Intensitas Pada Mikrokontroler dan Lux meter

Nilai Intensitas Cahaya Pada Mikrokontroler (Lux)	Nilai Intensitas Cahaya Pada Lux meter Tipe LX 1330 B (Lux)	Tingkat Kesalahan (%)
19,000	20,725	8,3
35,000	32,762	7
50,000	48,812	2,4
55,000	56,837	3,2
65,000	64,862	0,2

Tingkat kesalahan tertinggi adalah ada pada pembacaan pada mikrokontroler 19.000 Lux, dan dibaca Lux meter dengan intensitas 20.725, yaitu sebesar 8,3%, kemudian kesalahan terkecil didapati dari pembacaan mikrokontroler 65.000 Lux, dan dibaca Lux meter sebesar 64.862 Lux. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan sensor yang digunakan pada masing-masing alat dan juga kesalahan manusia (*human error*) dalam mengukur perbandingan kedua alat. Adapun gambar proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 39, yang membandingkan nilai intensitas pada mikrokontroler dan nilai intensitas yang ada pada Lux meter.

**Gambar 39.** Pengujian Perbandingan Nilai Intensitas Cahaya.

#### 4.3.7 Pengujian Lapang

Pengujian lapang dilakukan di dalam *greenhouse* yang telah dibuat, pengujian meliputi Mikrokontrol dan juga kondisi pencahayaan yang ada didalam *greenhouse*. Pengujian dilakukan selama 5 hari (5x24 jam) untuk merekam data intensitas cahaya di dalam *greenhouse* yang direcord secara terus menerus dengan selang waktu 5 detik. Berdasarkan pengamatan 5 hari, maka diketahui bahwa terdapat titik-titik *extreme* yang menunjukkan kondisi perubahan intensitas cahaya yaitu pada pagi hari (08.00 WIB), siang hari (14.00 WIB), sore hari pada pukul (16.00 WIB) dan (18.00), Tabel pengujian kondisi pencahayaan lingkungan di dalam *greenhouse* dan di luar *greenhouse* terdapat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

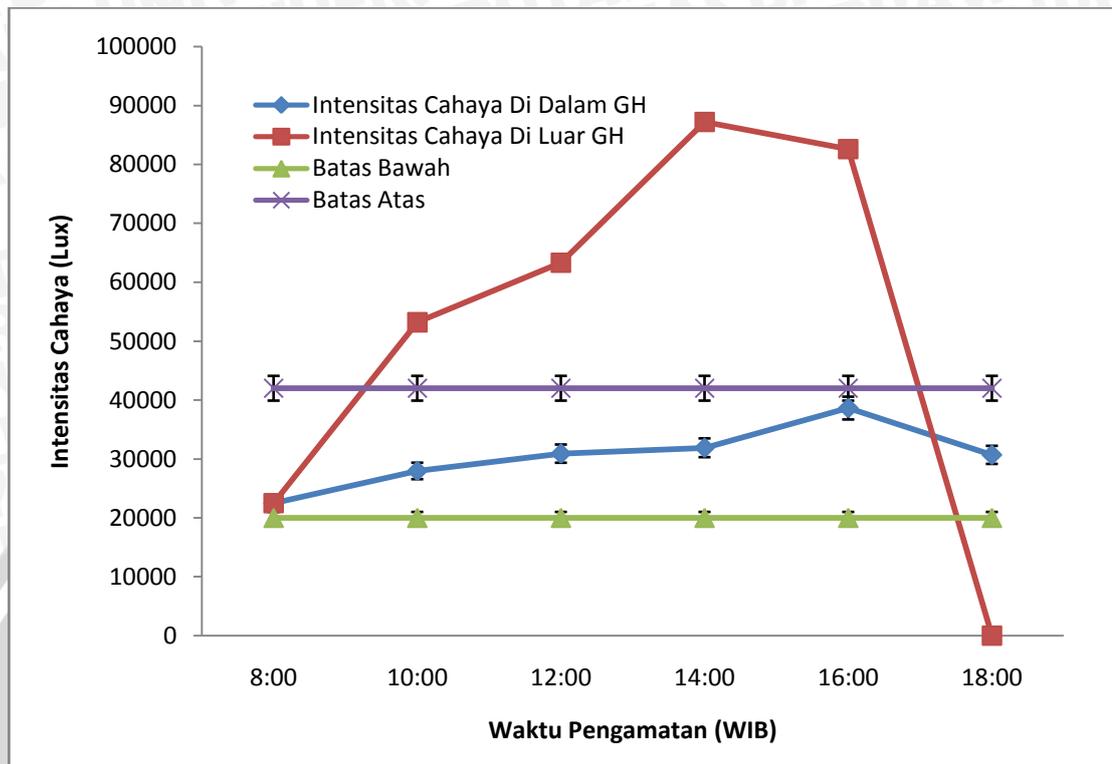
Tabel 9. Hasil Kondisi Pencahayaan Lingkungan Di Dalam *Greenhouse*

Hari Ke	Intensitas Cahaya (Lux)					
	Pagi hari (WIB)		Siang Hari		Sore Hari (WIB)	
	(08.00)	(10.00)	(12.00)	(14.00)	(16.00)	(18.00)
1.	22503	27960	30902	31893	38634	30689
2.	20417	20979	39115	30127	23868	36708
3.	26275	28923	26917	24750	34621	30930
4.	21621	30048	30930	25713	25392	30769
5.	37590	29325	40800	29004	31491	29485

Tabel 10. Hasil Kondisi Pencahayaan Lingkungan Di Luar *Greenhouse*

Hari Ke	Intensitas Cahaya Dalam LUX					
	Pagi hari (WIB)		Siang Hari (WIB)		Sore Hari (WIB)	
	(08.00)	(10.00)	(12.00)	(14.00)	(16.00)	(18.00)
1.	22503	53200	63320	87200	82700	0
2.	20417	42800	76300	75210	52913	0
3.	26273	57100	52890	51080	75690	0
4.	21580	60102	61003	51721	52708	0
5.	37200	58600	81570	58010	63008	0

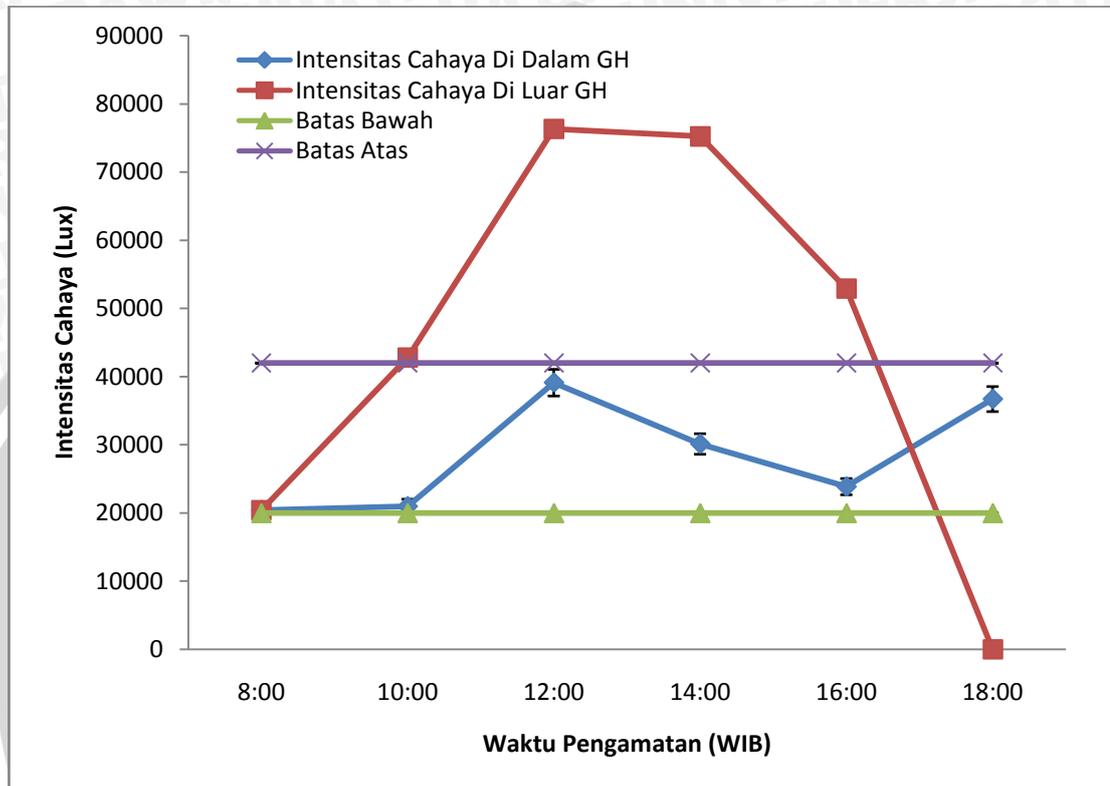
Hasil Pengujian di atas terlihat bahwa kondisi intensitas pencahayaan di dalam yang dikontrol lebih stabil dibandingkan dengan kondisi pencahayaan lingkungan di luar. Intensitas cahaya yang baik untuk tanaman krisan adalah berkisar antara 20.181-42.771 Lux, sedangkan kondisi optimalnya berada pada titik 32.000 Lux (Marwoto *et al.*, 1999). Kebutuhan bunga krisan akan penambahan cahaya sangatlah besar yaitu sekitar 70-75% dari area penanaman. Bunga ini membutuhkan penambahan pencahayaan berkisar antara 5000-7000 Lux untuk kondisi optimal, penambahan suplemen pencahayaan ini memberikan dampak positif pada pertumbuhan daun yang sehat, akar dan percabangan tangkai bunga yang kuat (Verberkt, 2003). Pada penelitian ini bantuan penaungan di dalam *greenhouse* membantu mengurangi intensitas cahaya berlebih di siang hari, sehingga di dalam *greenhouse* berkontrol intensitas cahaya tetap terjaga pada kondisi yang baik. Hasil intensitas cahaya yang baik dilakukan dengan melakukan pemberian penaungan 50 % pada *greenhouse*. Hal ini berlainan dengan pernyataan (Widiastuti *et al.*, 2004) yang menyatakan kondisi optimum pertumbuhan krisan adalah pemberian penaungan 25% pada intensitas cahaya matahari di daerah berketinggian 1000 meter diatas permukaan air laut (dpl), dikarenakan perbedaan letak geografis dimana pada penelitian ini terletak di kota malang yang memiliki ketinggian antara 440-667 dpl. Pada sore hari dan malam hari penambahan cahaya dibantu dengan penambahan sinar dari lampu spiral lamp 20 watt dengan merek Philips.



**Gambar 40.** Grafik Hubungan Intensitas Cahaya dan Waktu Pengamatan Hari Ke-1 pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

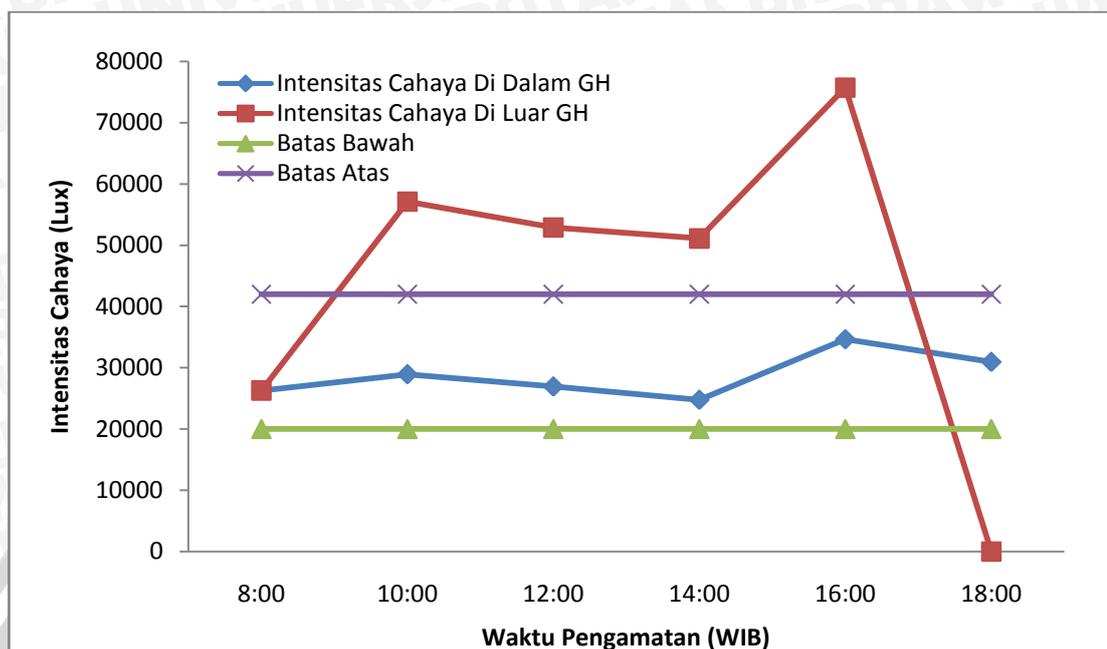
Pada grafik diatas terlihat perbedaan kondisi yang *extreme* antara intensitas cahaya di dalam *greenhouse* dan di luar *greenhouse* , pada pukul 08.00 WIB kondisi intensitas cahaya di dalam *greenhouse* dan di luar *greenhouse* masih sama, sehingga tidak diperlukan adanya pencahayaan. Pada pukul 14.00 WIB intensitas cahaya matahari sangat terik yaitu mencapai 87200 Lux. Pada kondisi ini alarm akan menyala memberikan kode bagi pekerja untuk memasang pencahayaan, sehingga dipasang pencahayaan 50% untuk mengurangi intensitasnya. Pada pukul 18.00 intensitas cahaya matahari mencapai nilai 0, sehingga mikrokontroler menggerakkan relay untuk menyalurkan arus listrik pada lampu kemudian lampu

menyala untuk mengondisikan keadaan pencahayaan yang kurang di dalam *greenhouse*.



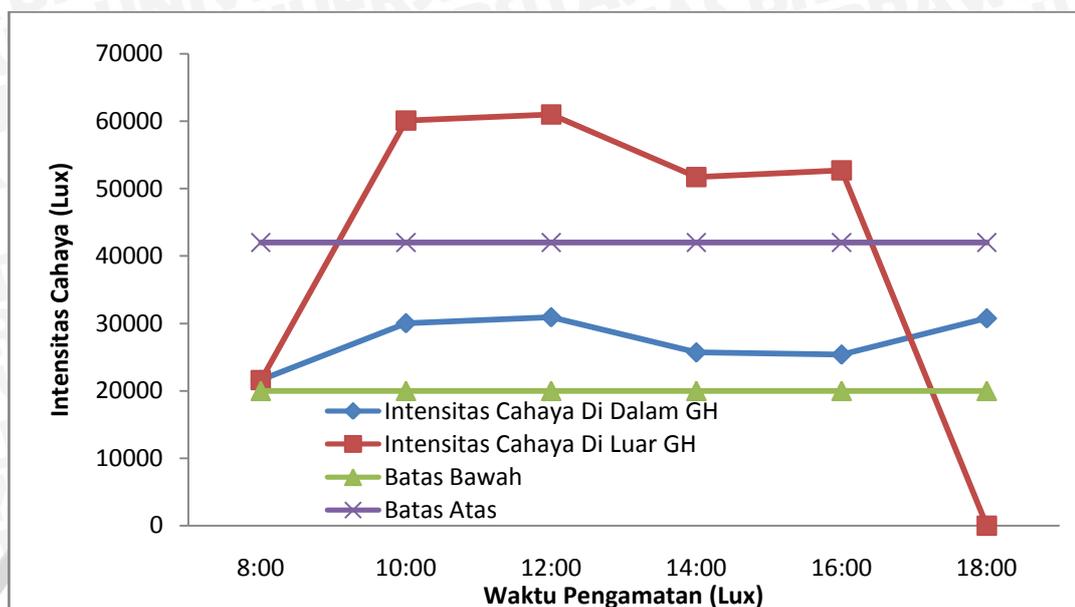
**Gambar 41.** Grafik Hubungan Intensitas Cahaya dan Waktu Pengamatan Hari Ke-2 pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Pada hari kedua pengambilan data intensitas cahaya pada *greenhouse* didapatkan data yang hampir sama dengan pada hari pertama, pada hari ke dua ini kondisi intensitas cahaya di dalam *greenhouse* cenderung naik turun karena kondisi cuaca yang berubah-ubah, tetapi masih dalam kondisi pencahayaan yang baik, hal ini mengindikasikan kontrol cahaya bekerja dengan baik. Pada pukul 14.00 WIB dan 16.00 WIB penaungan dalam kondisi terpasang dan terlepas pada pukul 18.00 WIB.



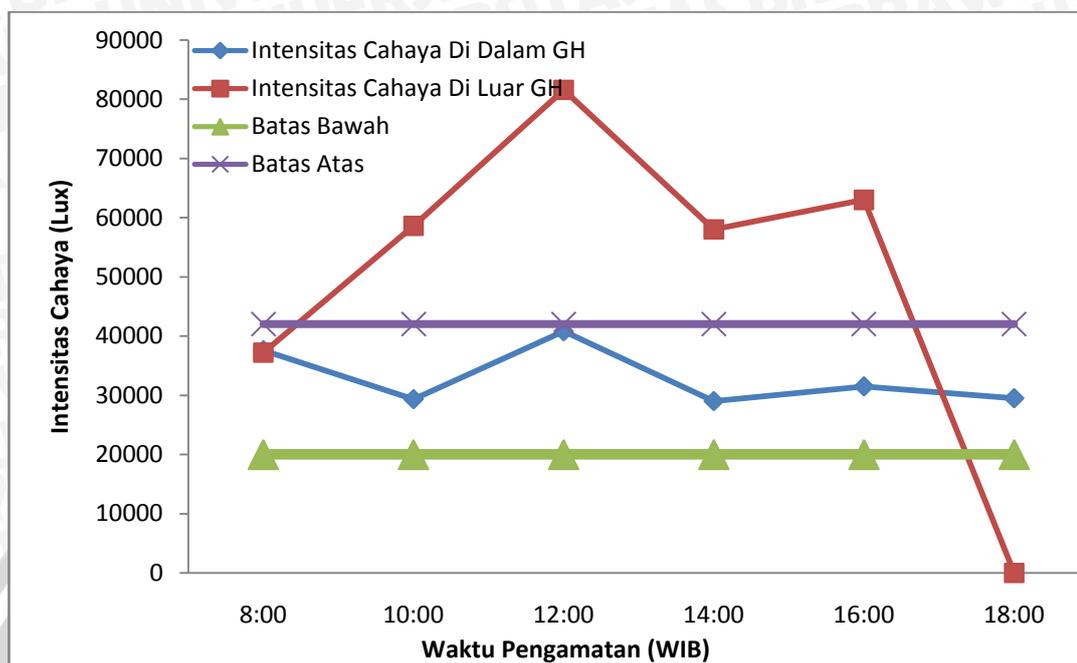
**Gambar 42.** Grafik Hubungan Intensitas Cahaya dan Waktu Pengamatan Hari Ke-3 pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Pada hari ketiga didapatkan kondisi pencahayaan di dalam *greenhouse* yang stabil dan menyerupai hari pertama, yang juga mengindikasikan pengontrol cahaya berjalan dengan baik. Pada hari ini kondisi cahaya matahari sangat terik yaitu mencapai 75.690 Lux pada pukul 16.00 WIB, cahaya sore ini didapatkan dari matahari yang sudah condong ke barat yang diterima sensor cahaya pada kontroler.



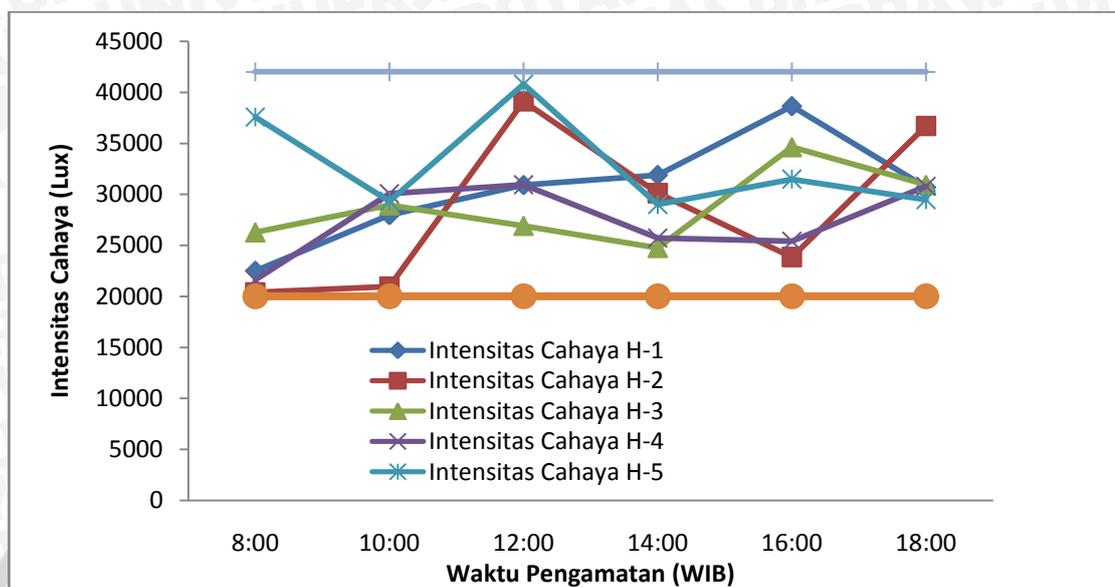
**Gambar 43.** Grafik Hubungan Intensitas Cahaya dan Waktu Pengamatan Hari Ke-4 pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Pada hari keempat kondisi pengontrol mengindikasikan keadaan yang stabil, kondisi intensitas cahaya terkecil di dalam *greenhouse* mencapai 21.621 Lux pada pukul 08.00 WIB terdapat dari cahaya matahari, dan terbesar pada intensitas 30.769 Lux pada pukul 18.00 WIB karena terdapat dari cahaya lampu di dalam *greenhouse*.



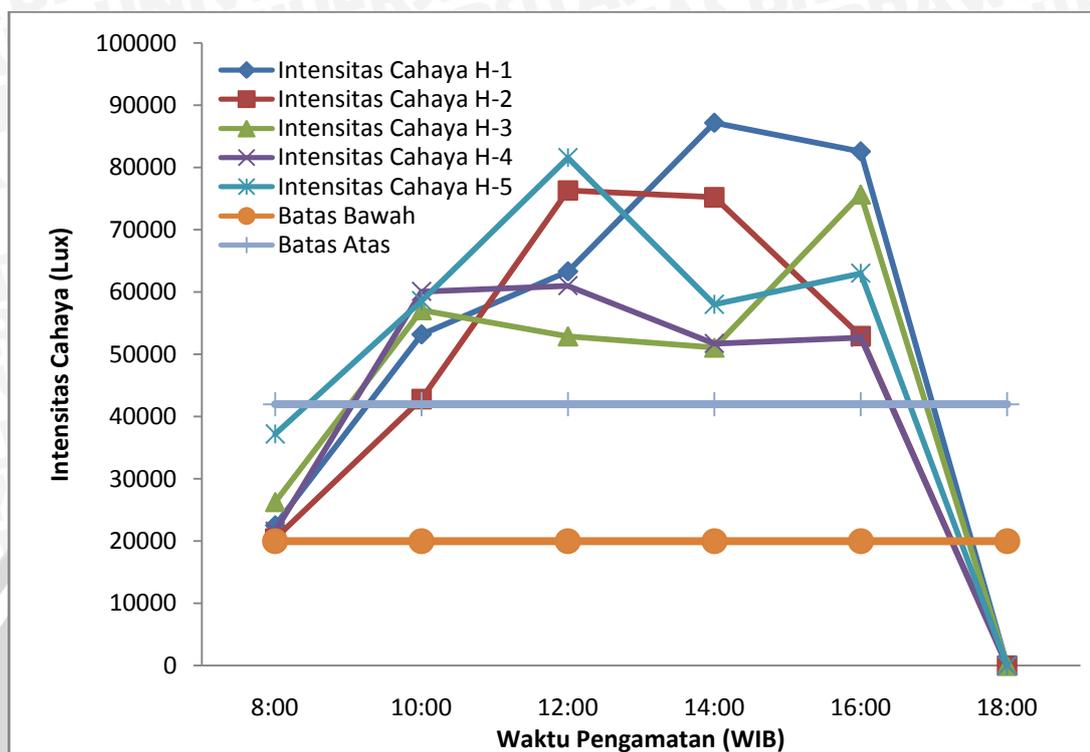
**Gambar 44.** Grafik Hubungan Intensitas Cahaya dan Waktu Pengamatan Hari Ke-5 pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Grafik intensitas cahaya hari ke lima di atas menunjukkan hal yang sama pada hari-hari sebelumnya yaitu, kondisi intensitas cahaya yang *extreme* dan tidak baik untuk tanaman bunga krisan di lingkungan luar *greenhouse* dapat diatur oleh pengontrol cahaya di dalam *greenhouse*, sehingga didapatkan hasil intensitas cahaya yang stabil dan baik untuk kondisi pertumbuhan tanaman krisan.



**Gambar 45.** Grafik Hubungan Waktu Pengamatan dengan Intensitas Cahaya Di Dalam *Greenhouse* Selama 5 Hari pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Pada grafik hubungan waktu pengamatan dengan intensitas cahaya di dalam *greenhouse* selama 5 hari di atas memperlihatkan bahwa mikrokontroler yang dibuat dapat mengkondisikan keadaan intensitas pencahayaan di dalam *greenhouse* di dalam batas atas dan batas bawah yang di seting. Hal ini menjelaskan bahwa mikrokontrol yang dibuat dapat bekerja sesuai sarat tumbuh pencahayaan yang dibutuhkan bunga krisan dengan baik.



**Gambar 46.** Grafik Hubungan Waktu Pengamatan dengan Intensitas Cahaya Di Luar *Greenhouse* Selama 5 Hari pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Grafik hubungan waktu pengamatan dengan intensitas cahaya di luar *greenhouse* selama lima hari di atas menunjukkan bahwa keadaan intensitas cahaya lingkungan di kota malang tidak baik untuk pertumbuhan bunga krisan. Seluruh intensitas cahaya yang ditangkap dari hari ke 1 hingga hari ke 5, melebihi batas atas dan batas bawah kebutuhan akan intensitas cahaya yang sesuai. Maka dari itu sangat memerlukan pengondisian yang baik untuk syarat tumbuh bunga krisan yang baik.

Pada penelitian ini mikrokontroler dapat mengatur pemberian pencahayaan *greenhouse* dengan kemampuan penambahan antara 200 lux hingga 35000 lux dengan menggunakan lampu pendar *spiral philips* 21 watt dengan

ketinggian 30 - 40 cm dari sensor, hal ini dibuat sesuai dengan kebutuhan bunga krisan pada tiap-tiap fase. Penambahan dapat dilakukan secara *continue* selama 24 jam. Sedangkan menurut penelitian (stack, 1998) penambahan instalasi lampu selama 21 hari pada awal penanaman adalah  $450\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  atau setara dengan 25000 lux dengan menggunakan lampu 400 *watts high pressure sodium lamps* pada ketinggian 80 – 90 cm di atas tanaman selama 6 jam, hingga tanaman memperoleh 16 jam penyinaran setiap harinya hal ini berfungsi untuk membantu fase pertumbuhan vegetatifnya. Hal ini didukung pernyataan dari (Stack dan Drummond, 1997) bahwa penambahan lampu berfungsi untuk menyuplai kebutuhan cahaya tanaman hari pendek yaitu bunga krisan di dalam greenhouse. Menurut Stack dan Drummond, 1998) Penambahan pencahayaan dengan jenis lampu fluorescent bermerek osram sebesar 9 watt yang dapat memberikan pencahayaan sebesar  $3,5\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  setara dengan 200 lux diletakkan 80 - 90 cm diatas tanaman selama proses budidaya dapat mempercepat pemanenan hingga 2 bulan 10 hari, tanaman dan bunga yang dihasilkan sama dengan tanaman krisan yang ditanam secara *conventional* di dalam *greenhouse*.

#### **4.4 Aplikasi Hasil Penelitian Dalam Budidaya Tanaman Krisan.**

Bunga krisan merupakan bunga yang paling berpengaruh di dunia dalam aspek ekonomi setelah mawar (Teixeira da Silva, 2004). Penelitian ini dapat berguna dalam budidaya tanaman krisan, utamanya adalah mengontrol proporsi kebutuhan pencahayaan yang baik untuk bunga krisan pada tiap-tiap fase kebutuhannya yaitu fase vegetative pada 21 hari pertama penanaman dan fase generative pada 6 sampai 9 minggu berikutnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan

Kozai *et al.* (1995) bahwa pertumbuhan pemanjangan tanaman, batang dan ruas, tingkat fotosintesis, dan aktifitas stomata sangat dipengaruhi oleh kualitas cahaya matahari. Pernyataan tersebut juga didukung oleh Carvalho *et al.* (2005) bahwa selama masing-masing fase pertumbuhan bunga meliputi produktifitas dan partisi biomasa dan perkembangan bunga yang meliputi daun, kecepatan berbunga, jumlah dan ukuran bunga, dan perpanjangan batang dapat dipengaruhi oleh cahaya matahari yang juga erat hubungannya dengan temperatur yang didapatkan bunga.

Pada hasil penelitian-penelitian sebelumnya penambahan pencahayaan dilakukan sebesar 200 lux hingga 25000 lux (Stack dan Drummond, 1998) untuk dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman krisan sehingga dapat dilakukan pemanenan setelah penanaman selama 2 bulan 10 hari. Hal ini didukung dengan pernyataan (Spaargaren, 2002) bahwa usia panen bunga krisan dapat mencapai 9 minggu pada kondisi pencahayaan yang baik sejak memasuki fase vegetatifnya. Pada kondisi ini ditentukan untuk tanaman bunga potong krisan memiliki *leaf index area* sekitar 3.

Alat pengontrol ini dapat memberikan penambahan pencahayaan pada *greenhouse* antara 200 – 35000 lux tiap luasan  $2 m^2$  secara otomatis, kebutuhan ini disesuaikan dengan kebutuhan optimum bunga krisan pada tiap fase, hal ini juga didukung dengan (Lopez and Runkle, 2008) yang menyatakan bahwa *greenhouse* untuk tanaman bunga potong krisan terbaik harus di berikan instalasi lampu mencapai 15.500 lux hal ini juga didukung dengan pernyataan (Pramuk and Runkle, 2005) bahwa kebutuhan instalasi *greenhouse* bunga potong krisan yang

direkomendasikan adalah 1.530 *Foot candles* atau setara dengan 15300 Lux, sehingga sangat membantu dalam pengondisian kebutuhan cahaya yang sesuai bagi tanaman krisan.

#### 4.5. Pengujian Statistik *Paired t Test*

Penggunaan paired t test adalah untuk menguji efektifitas suatu perlakuan terhadap suatu besaran variable yang ingin ditentukan, disini yaitu ingin mengetahui efektifitas penggunaan mikrokontroler pengaturan pencahayaan dalam mengatur intensitas cahaya di dalam *greenhouse* yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman krisan. Pada pengujian ini diambil data intensitas cahaya di luar *greenhouse* sebagai intensitas cahaya lingkungan yang tidak terkontrol (nilai pre test), dan data intensitas cahaya di dalam *greenhouse* sebagai intensitas cahaya yang terkontrol sesuai kebutuhan tanaman krisan (post test).  $H_0$  yang ditetapkan adalah  $H_0 = 0$ , artinya tidak ada beda rata-rata antara intensitas cahaya dalam *greenhouse* dan lingkungan. Pada pengujian ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{d} \cdot \sqrt{n}}{S_d} \quad \text{dan} \quad S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n d_i)^2}{n}}{n-1}}$$

dimana :  
d = selisih atau beda antara nilai pre dengan post  
 $\bar{d}$  = rata-rata dari beda antara nilai pre dengan post  
 $S_d$  = simpangan baku dari d  
n = banyaknya sampel

setelah dilakukan penelitian diperoleh data sebagai berikut :

**Tabel 11.** Data Hasil Penelitian

Pukul (WIB)	Hari	Intensitas Cahaya (Lux)		Selisih ( $d_i = X_{i1} - X_{i2}$ )	$d_i^2$
		Di Luar GH ( $X_{i1}$ )	Di Dalam GH kontrol ( $X_{i2}$ )		
08 00	1	22503	22503	0	0
	2	20417	20417	0	0
	3	26273	26275	-2	4
	4	21580	21621	-41	1681
	5	37200	37590	-390	152100
10 00	1	53200	27960	25240	637057600
	2	42800	20979	21821	476156041
	3	57100	28923	28177	793943329
	4	60102	30048	30054	903242916
	5	58600	29325	29275	857025625
12 00	1	63320	30902	32418	1050926724
	2	76300	39115	37185	1382724225
	3	52890	26917	25973	674596729
	4	61003	30930	30073	904385329
	5	81570	40800	40770	1662192900
14 00	1	87200	31893	55307	3058864249
	2	75210	30127	45083	2032476889
	3	51080	24750	26330	693268900
	4	51721	25713	26008	676416064
	5	58010	29004	29006	841348036
16 00	1	82700	38634	44066	1941812356
	2	52913	23868	29045	843612025
	3	75690	34621	41069	1686662761
	4	52708	25392	32316	1044323856
	5	63008	31491	31517	993321289
18 00	1	0	30689	-30689	941814721
	2	0	36708	-36708	1347477264
	3	0	30930	-30930	956664900
	4	0	30769	-30769	946731361
	5	0	29485	-29485	869365225
<b>Total</b>				<b>501719</b>	<b>28216565099</b>
				<b><math>d = 16723,97</math></b>	

jadi dapat diperoleh :

$$S_d = \sqrt{\frac{28216410881 - \frac{(16723,97)^2}{30}}{30-1}} = \sqrt{\frac{28216410881 - 9323039}{29}} \\ = \sqrt{972658201,4} = \mathbf{31187,47}$$

$$t = \frac{d \cdot \sqrt{n}}{S_d} = \frac{16723,97 \cdot \sqrt{30}}{31187,47} = \frac{91600,96}{31187,47} = \mathbf{2,94}$$

harga t hitung adalah 2,94 dibanding dengan t tabel dengan  $df = n-1 = 30-1 = 29$ , sehingga  $t_{(29,0,95)} = 1,699$ , sehingga  $2,94 > 1,699$  ( $t$  hitung  $>$   $t$  tabel), dengan demikian  $H_0$  ditolak, artinya ada beda secara signifikan antara intensitas cahaya di dalam *greenhouse* dengan intensitas cahaya lingkungan. Atau dengan kata lain pemberian mikrokontroler pengaturan pencahayaan di dalam *greenhouse* efektif untuk mengondisikan pencahayaan yang sesuai untuk bunga krisan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. *Greenhouse* yang dirancang memiliki bagian-bagian struktural antara lain atap, dinding, ventilasi, lantai, penerangan lampu, pintu, dan penaanngan. Sesuai rencana yang telah di *design* mengacu pada Standart Nasional Indonesia yaitu atap dibuat dengan model *gable* atau atap bertingkat dengan tujuan dapat merancang ventilasi yang mudah, ventilasi dibuat dengan luas  $4,8 m^2$  kemudian dinding dibuat dengan tinggi 2 meter, lantai terbuat dari plester semen seluas  $12m^2$ , penerangan lampu dibuat penambahan sebesar 200 Lux hingga 75.000 Lux, pintu dibuat selebar 0,9 m, dan penaanngan dibuat sebesar 50%, Penambahan instalasi *greenhouse* meliputi saluran perpipaan untuk irigasi, kemudian ventilasi mekanik yaitu kipas angin yang memiliki kekuatan tekanan udara 0,05 Kpa yang dilengkapi dengan pelindung baling-baling untuk melindungi terjadinya kecelakaan kerja. Untuk layout lantai dibuat optimal yaitu di *design* agar dapat menampung sesuai standart yaitu 244 tanaman krisan. *Greenhouse* dibangun dengan memiliki luas lantai panjang  $4 m^2$  dan lebar  $3m^2$ , luas bedengan 1 dan 2 masing-masing adalah  $3,276 m^2$  kemudian bedengan ke tiga di buat dengan luas  $2,06 m^2$  akses jalan masing-masing memiliki lebar 0,5 meter.
2. Alat Pengontrol cahaya ini dapat berjalan sesuai dengan kontrol yang diberikan yakni mikrokontroler Atmega 16 sebagai *processor* pengendali

dan sensor-sensor berupa sensor cahaya yang diberikan berjalan dengan baik.

3. Hasil pengujian kalibrasi mikrokontroler dengan Lux meter menunjukkan bahwa pada nilai ADC 150 menunjukkan nilai Lux 19000, ADC 300 menunjukkan nilai Lux 35000, ADC 500 menunjukkan nilai Lux 50000, ADC 600 menunjukkan nilai Lux 55000, ADC 700 menunjukkan nilai Lux 65000. Kemudian diperoleh persamaan yaitu  $Y = 80,25x + 8687$  yang bernilai regresi 0,990, kemudian persamaan tersebut dimasukkan dalam bahasa pemrograman sehingga nilai ADC berubah menjadi nilai Lux, perbandingan nilai intensitas dengan satuan Lux pada mikrokontroler dan Lux meter adalah sebagai berikut; 19000 Lux pada mikrokontroler sama dengan 20725 pada Lux meter, 35000 Lux pada mikrokontroler sama dengan 32762 lux pada Lux meter, 50000 Lux pada Lux meter sama dengan 48812 Lux pada Lux meter, 55000 Lux pada mikrokontroler sama dengan 56837 Lux pada Lux meter, kemudian 65000 Lux pada mikrokontroler sama dengan 56837 Lux pada Lux meter. Pengujian lapang yang *continue* selama 5 hari dengan mengambil *record* data intensitas cahaya di dalam greenhouse menghasilkan data bahwa mikrokontroler dapat bekerja dengan baik dengan pembuktian uji statistik *t test*, dan berhasil mengontrol intensitas cahaya di dalam greenhouse .

## 5.2 Saran

1. Perlu penelitian tentang pengontrol kadar  $CO_2$  dalam *greenhouse* untuk menyempurnakan penelitian tentang bunga krisan
2. Perlu dilakukan budidaya bunga krisan dari pembibitan hingga pemanenan untuk mengetahui efisiensi *greenhouse* berkontrol
3. Penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya dengan tanaman yang berbeda. Karena pengontrol bersifat dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman.
4. Perlu dilakukan penyempurnaan Instalasi dalam yang meliputi (cooler, foging, ventilasi otomatis, dan juga peralatan lainnya) untuk efisiensi yang lebih bagus pada *greenhouse*.
5. Mikrokontroler dapat diseting ulang jika menginginkan pengukuran range intensitas cahaya yang kecil yaitu dengan mengatur nilai AVR pada mikrokontroler dengan cara memutar merapatkan dan melonggarkannya, atau dengan mengganti resistor yang ada dengan nilai yang lebih kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman dan Maman, 2007. **Buku Ajar Bahasa Pemrograman Tingkat Rendah (BPTR)**. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom. Bandung.
- Adams S,R., Langton F. A. 2005. *Photo Period And Plant Growth*: Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 80(1) 2-10.
- Carvalho, s. m. p.,Abi-tarabay, h. and Heuvelink, e. (2005). Temperature affects *Chrysanthemum* flower characteristics differently during three phases of the cultivation period. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **80**, 209–216.
- Dougher, T. and B. Bugbee. 2001. *Differences In The Response of Wheat, Soybean And Lettuce To Reduced Blue Radiation*. *Photochem. Photobiol.* 73:199–207.
- Kurilcik A, Stase D, Kurilcik G, Žilinskaite S, Žukauskas A, Duchovskis P. 2008. *Effect of the Photoperiod On The Growth of Chrysanthemum Plantlets in vitro*. Scientific Works of The Lithuanian Institute of Horticulture And Lithuanian University of Agriculture. sodininkyste ir daržininkyste. 2008. 27(2).
- ANSI/ASAE EP 406.4 (2003) Standard: heating, ventilation and cooling greenhouses. American Society of Agricultural Engineers, MI, USA
- ATMEL, 2011. **Atmel DataSheet Atmega16**. Atmel Inc. ([www.atmel.com](http://www.atmel.com), didownload pada tanggal 10 maret, 2011).
- BSN. 2010. Standar Nasional Indonesia No 7604 : 2010 Bangunan Pertanian-Syarat Mutu Rumah Tanaman
- Endah, H. 2002. **Membuat Tanaman Hias Rajin Berbunga**. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Energy Conservation for Commercial Greenhouses, NRAES-3*. 2001. Ithaca, N.Y.: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service.

Carter, B and T.R. Brown. 2010. *Handbook of Operational Amplifier Applications*. Texas Instruments Application Report SBOA092A –October 2001

Erawan, B. 1992. **Dasar Elektronika 2**. PPGT. Bandung.

Fujiwara, K. and T. Sawada. 2006. *Design And Development of An LED-artificial Sunlight Source System Prototype Capable of Controlling Relative Spectral Power Distribution*. Journal. Light & Vis. Env. 30:170–176.

Hasim, I dan M, Reza. 1995. **Krisan**. Penebar Swadaya. Jakarta.

Hartus, T. 2003. **Berkebun Hidroponik Secara Murah**. Penebar Swadaya. Jakarta

Heryanto, Ari M dan Adi P, Wisnu. 2008. **Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535**.

Kementrian Pertanian, 2010. **Statistik Ketenagakerjaan Pertanian Tahun 2000 – 2009**. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian. Jakarta.

Kozai T., Watanabe K. and Jeong B. R. 1995. *Stem Elongation And Growth of Solanum tuberosum L. in vitro In Response To Photosynthetic Photon Flux, Photoperiod And Difference In Photoperiod And Dark Period Temperatures*. Journal of HortScience. 64(1–2): 1–9.

Lopez, R.G. and E.S. Runkle. 2008. *Photosynthetic Daily Light Integral During Propagation Influences Rooting And Growth of Cuttings And Subsequent Development of New Guinea Impatiens And Petunia*. Journal of HortScience 43:2052–2059.

Malik, Ibnu dan Anistardi, 1997. **Bereksperimen Dengan Mikrokontroler 8031**. Elex Media Komputindo. Jakarta.

Malvino, 1990. **Prinsip Prinsip Elektronika Edisi Ke Dua**. Erlangga Jakarta.

Maswinkle,S dan Y. Sulyo. 2004. **Chrysanthemum physiology In Training On Chrysanthemum Cultivation**. Balai Penelitian Tanaman Hias 24 Oktober 2004.

Optoelectronics, 2011. **Photodiode Characteristics and Applications**. An Os System Company. Newyork.

Pitowarno Endra, 2006. **Robotika : Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan**. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.

Poot, J. 1984. *Application of Growlight in Greenhouses*. Poot Lichtenegie B.V. Westlander 42, 2636 CZ Schipluiden, The Netherlands.

Pramuk, L.A. and E.S. Runkle. 2005. *Photosynthetic Daily Light Integral During The Seedling Stage Influences Subsequent Growth And Flowering of Celosia, Impatiens, Salvia, Tagetes, and Viola*. *Journal of HortScience* 40:1336-1339.

Raka Agung dan Suryawan Adi, 2007. **Perancangan dan Realisasi Penghitung Frekuensi Detak Jantung Berbasis Mikrokontroler AT89S52**. Fakultas Teknik. Universitas Udayana. Bali.

Robert c. morrow. 2008. *Led Lighting In Horticulture*. Horticultural Science Vol. 43(7).

Rukmana, H dan Mulyana, A.E. 1997. **Krisan**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Spaargaren, J. J. (2002). *Jaarrond chrysanten*. Spaargaren, Aalsmeer, The Netherlands. 253 pp.

Stack, P.A. and F.A. Drummond. 1997. *Reproduction and development of Orius insidiosus in a blue-light-supplemented short photoperiod*. *Biol. Control* 9:59-65.

Stack, P.A. and F.A. Drummond. 1998. *Chrysanthemum flowering in a blue light-supplemented long day maintained for biocontrol of thrips*. *Horticultural Science* 33(4):710-715.19989.

Syarif, I. 2005. **Diktat Kuliah Bahasa Komputer Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS**

(<http://lecturer.eepis-its.edu/~iwanarif/basic2.pdf>)

Sharma, M, Grover, A, Pankaj, Bande. 2009. **Low Cost Sensors for General Applications** International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol. 1, No. 5, May 2009.

Soekartawi. 1996. **Manajemen Agribisnis Bunga Potong**. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

Sutiyoso, Y. 2003. **Aeroponik Sayuran. Penebar Swadaya**. Jakarta.

- Teixeira da Silva J. A. 2004. *Ornamental chrysanthemums: improvement by biotechnology – Review of Plant Biotechnology and Applied Genetics*. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 79: 1–18.
- Usman, 2008. **Teknik Antarmuka + Pemrograman Mikrokontroler AT89S52**. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Verberkt, H. 2003. *Supplemental Lighting of Cut Flowers*. The Netherlands, Canadian Greenhouse Conference, October 9, 2003
- Wahyuni, S.2000. **Pasca Panen Bunga Potong dalam Tuntunan Membangun Agribisnis**. Elex media Komputindo. Jakarta.
- Widiastuti.L ., Tohari, E.sulistyaningsih. 2004. *The Effects of Light Intensities and Daminozide Concentrations on The Micro Climate and The Growth of Potted Chrysanthemum*. Ilmu Pertanian Vol.11 No.2, 2004: 35-42.
- Van der ploeg. A. and E. heuvelink. 2006. The Influence of Temperature On Growth and Development Of Chrysanthemum Cultivars. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* (2006) **81** (2) 174–182.

## Lampiran 1. List Program Mikrokontroler Cahaya

```
$regfile = "m16def.dat"           ' sesuai jenis AVR
$crystal = 11059200               ' Harus sesuai dg kristal terpasang
' konfigurasi Pin LCD
Config Lcdpin = Pin , Rs = Portd.2 , E = Portd.3 , Db4 = Portd.4 , Db5 = Portd.5 ,
Db6 = Portd.6 , Db7 = Portd.7
Config Lcd = 16 * 2                ' type lcd
Config Kbd = Portb Debounce = 150 Delay = 50
$baud = 9600
Config Portc = Output

Dim Nilaitombol As Byte
Dim Kepadasli As Byte
*****

Dim Cahaya1 As Single
Dim Cahaya2 As Single
Dim Cahaya3 As Single
Dim Cahaya As Single
Dim Chy As Word
Dim Chyrata2 As Long

Dim Batasatas1 As Eram Long
Dim Batasbawah1 As Eram Long
Dim Batasatas As Long
Dim Batasbawah As Long
Dim Batastengah As Long
Dim Ulang As Byte
Declare Sub Bacaangka
Declare Sub Masukkansetting
Config Adc = Single , Prescaler = Auto
Start Adc

Alarm Alias Portd.6
Lampu Alias Portd.7
Wait 1
Cls                                ' HAPUS LAYAR LCD
Lcd "Otomatis cahaya"              ' TAMPILKAN DI LAYAR LCD
Lowerline                          ' GANTI BARIS BAWAH
Lcd " Green House "                ' TAMPILKAN DI LAYAR LCD
Wait 5
Batasatas = Batasatas1
Batasbawah = Batasbawah1
Cls
Do
```

```

Chy = Getadc(0)
Cahaya1 = Chy * 80.25
Cahaya1 = Cahaya1 + 8687

```

```

Chy = Getadc(1)
Cahaya2 = Chy * 80.25
Cahaya2 = Cahaya1 + 8687

```

```

Chy = Getadc(2)
Cahaya3 = Chy * 80.25
Cahaya3 = Cahaya1 + 8687
Cahaya = Cahaya1 + Cahaya2
Cahaya = Cahaya + Cahaya3
Cahaya = Cahaya / 3
Chyrata2 = Round(cahaya)

```

```

Upperline
Lcd "Nilai= " ; Chyrata2 ; " lux "
Lowerline
Lcd "Bts= " ; Batasbawah ; "-"; Batasatas ; " "

```

```

If Chyrata2 > Batasatas Then
    Alarm = 0 ' alarm on
Else
    Alarm = 1 ' alarm off
End If

```

```

Batastengah = Batasbawah + 5000
If Chyrata2 < Batasbawah Then
    Lampu = 1 ' lampu on
End If

```

```

If Chyrata2 > Batastengah Then
    Lampu = 0 ' lampu on
End If

```

```

Print "[" ; Batasatas ; "," ; Batasbawah ; " , " ; Chyrata2 ; "]"
For Ulang = 1 To 10
    Waitms 50
    Nilaitombol = Getkbd()
    Kepadasli = Lookup(nilaitombol , Datakeypad)
    If Kepadasli = 10 Then
        Call Masukkansetting
        Exit For
    End If
Next

```

Cls ' HAPUS LAYAR LCD  
 Loop  
 Sub Masukkansetting  
 Cls ' HAPUS LAYAR LCD  
 Lcd "SETTING cahaya" ' TAMPILKAN DI LAYAR  
 LCD  
 Wait 1  
 Cls  
 Batasbawah = 0  
 Lcd "Isi Batas Bawah" ' TAMPILKAN DI LAYAR LCD  
 Lowerline  
 Call Bacaangka  
 Batasbawah = Kepadasli  
 Lcd Batasbawah  
 Waitms 500  
 Call Bacaangka  
 Batasbawah = Batasbawah \* 10  
 Batasbawah = Batasbawah + Kepadasli  
 Lowerline ' GANTI BARIS BAWAH  
 Lcd Batasbawah  
 Waitms 500  
 Call Bacaangka  
 Batasbawah = Batasbawah \* 10  
 Batasbawah = Batasbawah + Kepadasli  
 Lowerline ' GANTI BARIS BAWAH  
 Lcd Batasbawah  
 Waitms 500  
 Call Bacaangka  
 Batasbawah = Batasbawah \* 10  
 Batasbawah = Batasbawah + Kepadasli  
 Lowerline ' GANTI BARIS BAWAH  
 Lcd Batasbawah  
 Waitms 500  
 Call Bacaangka  
 Batasbawah = Batasbawah \* 10  
 Batasbawah = Batasbawah + Kepadasli  
 Lowerline ' GANTI BARIS BAWAH  
 Lcd Batasbawah  
 Waitms 500  
 Call Bacaangka  
 Batasbawah = Batasbawah \* 10  
 Batasbawah = Batasbawah + Kepadasli  
 Lowerline ' GANTI BARIS BAWAH  
 Lcd Batasbawah  
 Batasbawah1 = Batasbawah  
 Waitms 500  
 Cls  
 Lcd "Isi Batas Atas" ' TAMPILKAN DI LAYAR LCD  
 Lowerline ' GANTI BARIS BAWAH  
 Batasatas = 0  
 Call Bacaangka

Batasatas = Kepadasli  
 Lcd Batasatas  
 Waitms 500

Call Bacaangka  
 Batasatas = Batasatas \* 10  
 Batasatas = Batasatas + Kepadasli  
 Lowerline  
 Lcd Batasatas  
 Waitms 500

' GANTI BARIS BAWAH

Call Bacaangka  
 Batasatas = Batasatas \* 10  
 Batasatas = Batasatas + Kepadasli  
 Lowerline  
 Lcd Batasatas  
 Waitms 500

' GANTI BARIS BAWAH

Call Bacaangka  
 Batasatas = Batasatas \* 10  
 Batasatas = Batasatas + Kepadasli  
 Lowerline  
 Lcd Batasatas  
 Waitms 500

' GANTI BARIS BAWAH

Call Bacaangka  
 Batasatas = Batasatas \* 10  
 Batasatas = Batasatas + Kepadasli  
 Lowerline  
 Lcd Batasatas  
 Waitms 500

' GANTI BARIS BAWAH

Batasatas1 = Batasatas  
 End Sub

Sub Bacaangka  
 Do

Do  
 Nilaitombol = Getkbd()  
 Loop Until Nilaitombol < 16  
 Kepadasli = Lookup(nilaitombol , Datakeypad)  
 Loop Until Kepadasli < 10

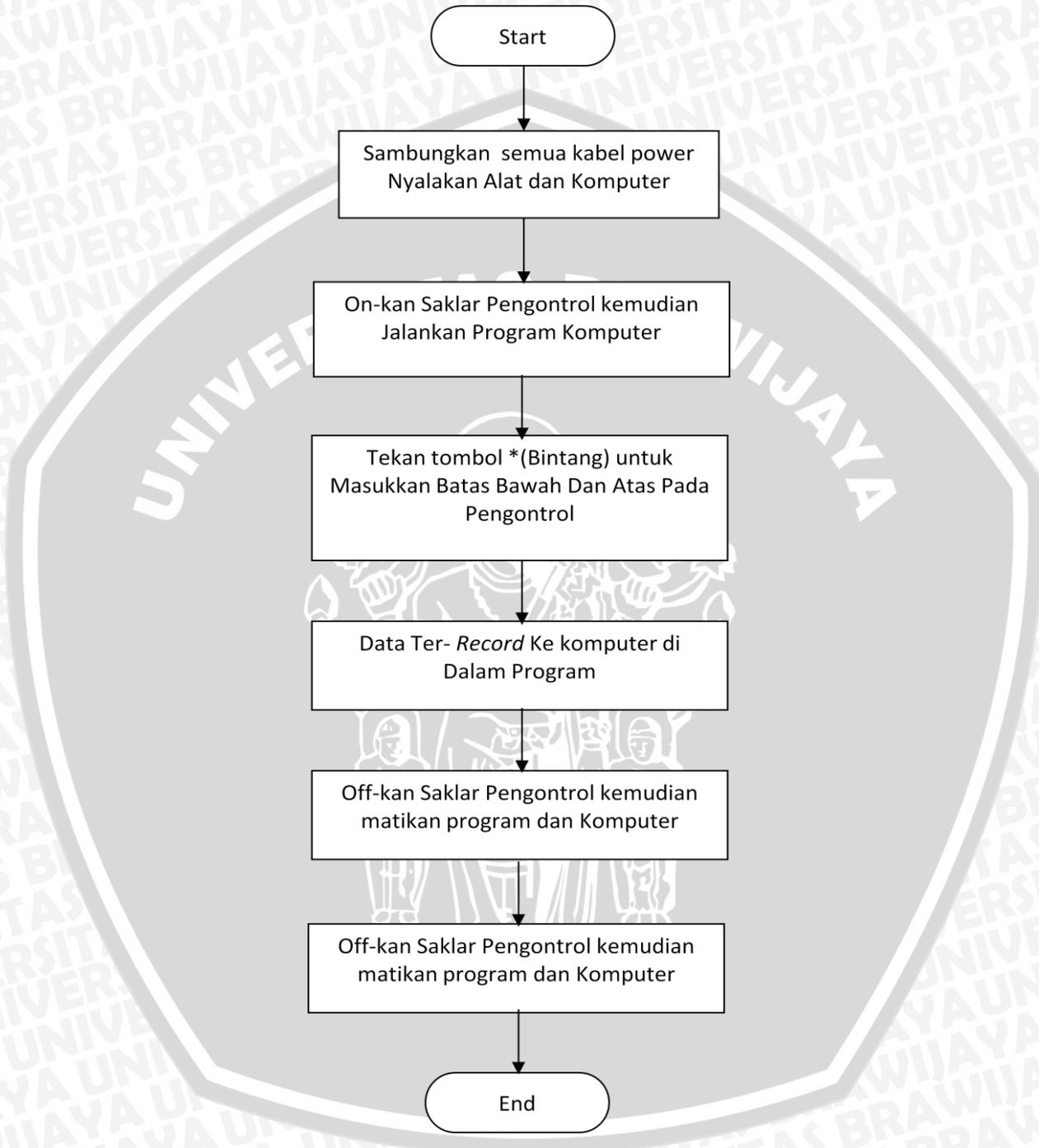
End Sub

Datakeypad:

Data 1 , 4 , 7 , 10 , 2 , 5 , 8 , 0 , 3 , 6 , 9 , 11 , 12 , 13 , 14 , 15 , 16



Lampiran 3



Flowchart Standard Operational Procedure Mikrokontroler