



**TUGAS AKHIR - 145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN DUA  
Sumbu PADA NAMPAN MESIN PENGERING BIJI KOPI  
BERBASIS PENJEJAK MATAHARI AKTIF DENGAN  
MIKROKONTROLLER ATMEGA 16**

AHMAD ZAKY  
NRP. 2414 031 051

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Dr. Imam Abadi, ST, MT**

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017



**FINAL PROJECT – TF145565**

***DESIGN OF TWO-AXIS CONTROL SYSTEM ON AN  
ACTIVE SUN DRIED BASED ON DRYER MACHINE  
WITH MICROCONTROLLER ATMEGA 16***

AHMAD ZAKY  
NRP. 2414 031 051

*Counselor Lecturer*  
Dr. Imam Abadi, ST, MT

*DIPLOMA III OF INSTRUMENT ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INSTRUMENT ENGINEERING  
FACULTY OF VOKASI  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017*

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN DUA  
SUMBU PADA NAMPAN MESIN PENGERING BIJI KOPI  
BERBASIS PENJEJAK MATAHARI AKTIF DENGAN  
MIKROKONTROLLER ATMEGA 16**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**AHMAD ZAKY**  
NRP. 2414 031 051

Surabaya, 27 Juli 2017  
Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing



Dr. Imam Abadi, ST, MT  
NIP. 19761006 199903 1 002

Kepala Departemen Teknik  
Instrumentasi



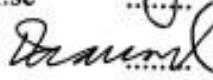
**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN DUA  
SUMBU PADA NAMPAN MESIN PENGERING BIJI KOPI  
BERBASIS PENJEJAK MATAHARI AKTIF DENGAN  
MIKROKONTROLLER ATMEGA 16**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**AHMAD ZAKY**  
NRP. 2414 031 051

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- |                                      |   |                   |
|--------------------------------------|---|-------------------|
| 1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc |    | Ketua Penguji     |
| 2. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T         |   | Pembimbing        |
| 3. Hendra Cordova, S.T., M.T         |  | Dosen Penguji I   |
| 4. Detak Yan Pratama, S.T., M.sc     |  | Dosen Penguji II  |
| 5. Ir. Tutug Dhanardono, M.T         |  | Dosen Penguji III |

**SURABAYA  
JULI, 2017**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN DUA SUMBU PADA NAMPAN MESIN PENGERING BIJI KOPI BERBASIS PENJEJAK MATAHARI AKTIF DENGAN MIKROKONTROLLER ATMEGA 16**

**Nama Mahasiswa : Ahmad Zaky**  
**NRP : 2414031051**  
**Jurusan : Departemen Teknik Instrumentasi FV ITS Prodi D3 Teknik Instrumentasi**  
**Dosen Pembimbing : Dr. Imam Abadi, ST, MT**

## **Abstrak**

Biji kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai tinggi. Pengolahan biji kopi yang paling menentukan kualitas dari biji kopi yaitu pada proses pengeringan. Penelitian ini ditujukan untuk memepercepat proses pengeringan melalui sistem penjejak matahari. Sistem penjejak matahari aktif adalah suatu kesatuan dari sensor, kontroler, dan aktuator yang dihubungkan secara sinkron guna sebagai penjejak matahari secara langsung dengan adanya respon sensor terhadap cahaya matahari. Pada sistem ini digunakan suatu metode kontrol guna memperbaiki respon kontrol yakni menggunakan kontrol P, dimana penentuan parameter kontrol P dilakukan dengan metode regresi dengan respon terbaik kontroler *zenith* dan *azimuth* adalah  $K_p=0,3$ . Sistem penjejak matahari mempunyai *setpoint* adalah 0,733 volt pada selisih ADC 150, *settling time* pada sumbu X dan Y adalah 7 detik, *rise time* pada sumbu X dan Y masing-masing 0,5 detik dan 1 detik dengan nilai *undershoot* 0,371V dan nilai *overshoot* 2,488V. Sudut mati yang didapat pada sumbu *zenith* sebesar  $15^\circ \pm 2^\circ$ .

*Kata kunci : Biji Kopi, Penjejak Matahari Aktif, Kontrol P, Dua Sumbu*

**DESIGN OF TWO-AXIS CONTROL SYSTEM ON AN  
ACTIVE SUN DRIED BASED ON DRYER MACHINE WITH  
MICROCONTROLLER ATMEGA 16**

**Name** : Ahmad Zaky  
**NRP** : 2414 031 051  
**Department** : Diploma III Of Instrument  
Engineering, Department Of  
Instrument Engineering FV-ITS  
**Counselor Lecturer** : Dr. Imam Abadi, ST, MT

**Abstract**

Coffee bean is one of the high value of plantation commodities. Processing of coffee beans that most determined the quality is the drying process. This research is aimed to speed up the drying process through sun tracking system. An active sun tracking system is an unity of sensors, controllers and actuators that connected synchronously in order to direct the sun directly in the presence of the sensors response to sunlight. This system is used one control method in order to fix up the response control use P, where the determination of P control parameters is done by regresion method with the best zenith and azimuth controllers response are 0,3. The sun tracking system has a setpoint of 0.733 volts at ADC difference of 150, settling time on X and Y axis is 7 seconds, rise time on X and Y axes 0.5 seconds and 1 second with undershoot value 0.371V and overshoot value 2,488 V. The dead angle obtained on the zenith axis is  $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ .

**Key words** : Coffee beans, An Active Sun Tracking, P Control, Two-Axis

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi D-3 Teknik Instrumentasi FV-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc selaku ketua departemen Teknik Instrumentasi ITS.
2. Dr. Imam Abadi, S.T, M.T.. selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang selalu sabar memberikan motivasi dan masukan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di Departemen Teknik Instrumentasi - ITS.
4. Rekan-rekan D3 Teknik Instrumentasi 2014 dan warga Teknik Instrumentasi - ITS, yang senantiasa memberikan motivasi dan perhatian.
5. Teman-teman Laboratorium Workshop Instrumentasi yang senantiasa memberikan motivasi dan perhatian.
6. Teman-teman seperjuangan TA yang telah memotivasi dan memberikan bantuan-bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 2017

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL I</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL II</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Sistematika Laporan.....	3

### **BAB II DASAR TEORI**

2.1 <i>Solar Tracker</i> .....	5
2.2 Sistem Pengendalian .....	6
2.3 Sensor LDR .....	7
2.4 Motor DC .....	9
2.5 Atmega 16 .....	10
2.6 Kontrol P .....	12
2.7 PWM ( <i>Pulse Width Modulation</i> ).....	14

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	15
3.2 Metodologi Penelitian .....	16
3.3 Perancangan Sistem Mekanik .....	19
3.4 Perancangan Sistem Elektrik.....	24
3.5 Perancangan Software .....	28

**BAB IV ANALISA DATA**

4.1 Data Pengujian Sensor LDR .....33  
4.2 Validasi Sensor Data .....39  
4.3 Analisa Sistem Kontrol P .....44  
4.4 Pengujian Motor DC .....46

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....49  
5.2 Saran.....49

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Diagram Blok <i>Open Loop</i> .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Diagram Blok <i>Close Loop</i> .....	7
<b>Gambar 2.3</b>	Sensor LDR .....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Rangkaian Pembagi Tegangan .....	8
<b>Gambar 2.5</b>	Struktur Motor DC .....	9
<b>Gambar 2.6</b>	Rumus Torsi Motor .....	10
<b>Gambar 2.7</b>	ATMega 16.....	11
<b>Gambar 2.8</b>	Diagram Blok Kontrol P.....	13
<b>Gambar 2.9</b>	Pulsa PWM .....	14
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flowchart</i> Pelaksanaan Tugas Akhir.....	15
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Flowchart</i> Lanjutan .....	16
<b>Gambar 3.3</b>	Desain Pengering Biji Kopi.....	19
<b>Gambar 3.4</b>	Motor DC dan <i>Gear Box Zenith</i> .....	20
<b>Gambar 3.5</b>	Motor DC dan <i>Gear Box Azimuth</i> .....	21
<b>Gambar 3.6</b>	Pan Pengering Biji Kopi .....	22
<b>Gambar 3.7</b>	Tempat Peletakan Nampan Pengering Biji Kopi..	22
<b>Gambar 3.8</b>	Rangka Mekanik.....	23
<b>Gambar 3.9</b>	Peletakan Mekanik Motor DC sumbu <i>Azimuth</i> ....	24
<b>Gambar 3.10</b>	Peletakan Mekanik Motor DC sumbu <i>Zenith</i> ....	24
<b>Gambar 3.11</b>	Diagram Blok Pengendalian <i>Tracking</i> Matahari Pada Pengering Biji Kopi ( <i>Azimuth</i> dan <i>Zenith</i> ).	25
<b>Gambar 3.12</b>	Desain Sensor LDR .....	26
<b>Gambar 3.13</b>	<i>Wiring</i> Integrasi Rangkaian .....	27
<b>Gambar 3.14</b>	Program Pembacaan ADC Sensor ADC.....	28
<b>Gambar 3.15</b>	Program <i>Tunning</i> Kp .....	29
<b>Gambar 3.16</b>	Program Kontrol Motor .....	29
<b>Gambar 3.17</b>	Program Kontrol Motor P.....	30
<b>Gambar 3.18</b>	Program Kontrol Kecepatan Motor .....	31
<b>Gambar 4.1</b>	Posisi Sudut Sumbu <i>Azimuth</i> .....	39
<b>Gambar 4.2</b>	Posisi Validasi Sensor Sumbu <i>Azimuth</i> .....	39
<b>Gambar 4.3</b>	Skema Validasi Sumbu <i>Azimuth</i> .....	40
<b>Gambar 4.4</b>	Skema Penyederhanaan Validasi <i>Azimuth</i> .....	40
<b>Gambar 4.5</b>	<i>Waterpass</i> Menunjukkan Posisi 90°.....	42

<b>Gambar 4.6</b>	<i>Waterpass</i> Menunjukkan Posisi 45° .....	42
<b>Gambar 4.7</b>	Skema Pengukuran Validasi Sudut.....	43
<b>Gambar 4.8</b>	Respon Kontrol P Sumbu X dan Y.....	45
<b>Gambar 4.9</b>	Spesifikasi Motor DC 24 V .....	46
<b>Gambar 4.10</b>	Grafik Perbandingan Kecepatan Motor DC .....	48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Sensor Keadaan Redup.....	33
<b>Tabel 4.2</b> Pengujian Sensor Keadaan Terang .....	34
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Karakteristik Sensor LDR .....	35
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Validasi Sensor Sumbu <i>Azimuth</i> .....	41
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Validasi Sensor Sumbu <i>Zenith</i> .....	43
<b>Tabel 4.6</b> Data Pengujian RPM Motor.....	47

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Saat ini perkembangan kopi di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan. Beberapa daerah di Indonesia dikenal sebagai penghasil kopi terbaik didunia.<sup>[1]</sup>

Saat ini, peningkatan produksi kopi di Indonesia masih terhambat oleh rendahnya mutu biji kopi yang dihasilkan sehingga mempengaruhi pengembangan produksi akhir kopi. Hal ini disebabkan, karena penanganan pasca panen yang tidak tepat terutama pada proses pengeringan. Biji kopi yang baru saja dipanen mempunyai kadar air 60% dan bisa dikatakan kering apabila mempunyai kadar air 12% dengan rata-rata waktu pengeringan selama 14 hari.<sup>[2]</sup>

Kemajuan teknologi saat ini sudah sangat pesat. Teknologi yang ramah lingkungan dan menggunakan energi terbarukan semakin dikembangkan. *Solar tracker* merupakan salah satu pengembangannya. Pemanfaatan sinar matahari sebagai bahan baku utama. Teknologi yang ada saat ini *solar tracker* digunakan untuk menggerakkan PV (panel surya) sebagai penghasil listrik. Sistem yang digunakan *tracking* atau penjejak matahari aktif pada dua sumbu dengan gerakan mengikuti matahari pada sumbu *zenith* dan *azimuth* agar mendapatkan pemanasan yang maksimal. Oleh karena itu, sistem *tracking* pada teknologi *solar tracker* tersebut dimanfaatkan sebagai alat pengering biji kopi. Pada alat pengering kopi yang sudah ada memanfaatkan sinar matahari dan panas yang dihasilkan dari sisa pembakaran. Alat ini masih belum efisien karena terdapat sisa hasil pembakaran yang dapat mencemari udara sekitar dan energi listrik yang terbuang banyak untuk membangkitkannya. Oleh karena itu, dibuatlah sistem pengering biji kopi menggunakan mekanisme penjejak matahari dua sumbu untuk menghasilkan pemanasan maksimal.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

- Bagaimana cara menentukan dan mengetahui performansi sistem penjejak matahari dua sumbu pada nampan mesin pengering biji kopi ?
- Bagaimana menentukan parameter-parameter penjejak matahari aktif dua sumbu yang diimplementasikan pada mesin ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:.

- Alat yang akan dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi untuk mengendalikan dua sudut saja dalam rancang bangun alat pengering biji kopi.
- Menggunakan ATmega 16 sebagai kontroler pada sistem pengendalian dua sumbu pada nampan mesin pengering biji kopi berbasis penjejak matahari aktif.
- Menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi cahaya matahari.
- Menggunakan aktuator motor 24 VDC, kecepatan 25.5 RPM dan perbandingan *gear* 1:180.
- Menggunakan *driver* motor L298N.

## 1.4 Tujuan

Tujuan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Untuk merancang dan membangun sistem pengendalian dua sumbu pada mesin pengering biji kopi berbasis penjejak matahari aktif dengan mikrokontroler ATmega 16.

## 1.5 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, sistematika laporan akan disusun secara sistematis yang terbagi dalam beberapa bab, yakni dengan perincian sebagai berikut:

### **BAB I           Pendahuluan**

Bab ini berisi tentang penjelasan latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, dan sistematika laporan.

### **BAB II           Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini berisikan tentang teori-teori penunjang tugas akhir, antara lain teori tentang sistem pengendalian, *solar tracker*, sensor LDR, motor DC, PWM (*Pulse Width Modulation*), Atmega 16, Kontrol P.

### **BAB III          Metode Penelitian**

Dalam bab ini akan dijelaskan secara detail mengenai langkah-langkah yang harus dilalui untuk mencapai tujuan dan simpulan akhir dari penelitian. Produk akhir dari tahap ini adalah prancangan dan model yang siap untuk dibuat, diuji, dan dianalisa

### **BAB IV          Jadwal Kegiatan**

Pada bab ini merupakan tindak lanjut dari Bab III, dimana pengujian yang telah dilakukan dan akan didapatkan data, baik data berupa grafik maupun tabulasi, kemudian akan dilakukan analisa dan pembahasan.

### **BAB V          Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan utama dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan dan berisi saran yang dapat dijadikan sebagai masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Solar Tracker**

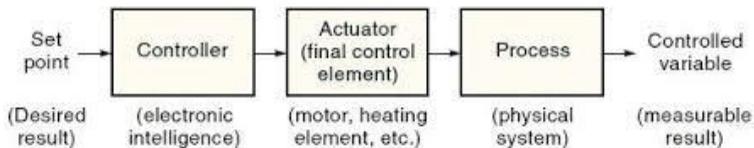
*Solar tracker* adalah perangkat yang mengarahkan payload ke arah matahari. Muatan dapat panel surya, palung parabolik, reflektor fresnel, cermin atau lensa. Untuk sistem fotovoltaik panel datar, pelacak digunakan untuk meminimalkan sudut insiden antara sinar matahari yang masuk dan panel photovoltaic. Sistem ini meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan dari jumlah yang tetap terpasang pada kapasitas pembangkit listrik. Dalam aplikasi standar fotovoltaik, diperkirakan pada 2008-2009 pelacak dapat digunakan dalam setidaknya 85% dari instalasi komersial yang lebih besar dari satu megawatt dari 2009 sampai 2012. Namun, per April 2014, tidak ada data untuk mendukung prediksi ini. Dalam photovoltaics konsentrator (CPV) dan aplikasi tenaga surya (CSP), pelacak digunakan untuk mengaktifkan komponen optik di CPV dan sistem CSP. Optik dalam aplikasi surya terkonsentrasi menerima komponen langsung dari cahaya sinar matahari dan karena itu harus berorientasi tepat untuk mengumpulkan energi. Sistem pelacakan yang ditemukan di semua aplikasi harus mengarah ke konsentrator karena sistem tersebut tidak menghasilkan energi kecuali menunjuk matahari.

Manfaat utama dari sistem pelacakan adalah untuk mengumpulkan energi matahari untuk periode hari terpanjang, dan dengan keselarasan yang paling akurat sebagai posisi bergeser Matahari dengan musim. Selain itu, semakin besar tingkat konsentrasi yang digunakan, pelacakan akurat menjadi lebih penting, karena proporsi energi yang berasal dari radiasi langsung yang lebih tinggi, dan daerah di mana energi terkonsentrasi difokuskan menjadi lebih kecil. <sup>[3]</sup> Maka dari itu energi yang dihasilkan bergantung pada intensitas sinar matahari untuk menghasilkan energi yang maksimum. Seperti pada penelitian sebelumnya *system tracking* aktif *single axis* menggunakan setbox sudah pernah dibuat (Bin Juine Huang et al. 2013) (B. J. Huang, Ding, and Huang 2011) tetapi dari segi biaya

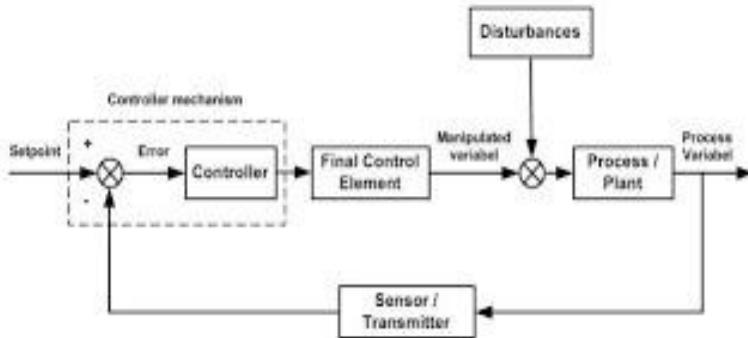
atau nilai ekonomis dinilai terlalu mahal dan barang harus di impor dari luar negeri. Beberapa teori mengenai sistem penjejak matahari sudah dikemukakan mulai tahun 1983 (Braun and Mitchell 1983) bahwa keduanya telah mengembangkan formulasi untuk menghitung sudut datang matahari terhadap sebuah bidang tidak bergerak (*fix surfaces*) maupun bidang yang bergerak (*tracking surfaces*).

## 2.2 Sistem Pengendalian

Pengertian kontrol atau pengaturan adalah sistem kontrol umpan balik dengan acuan masukan atau keluaran yang dikehendaki dapat konstan atau berubah secara perlahan dengan berjalannya waktu dan tugas utamanya adalah menjaga keluaran sebenarnya berada pada nilai yang dikehendaki dengan adanya gangguan. Tujuan utama dari sistem pengendalian adalah membuat alat yang dapat bekerja secara otomatis dan sesuai dengan apa yang diinginkan. Semua otomatisasi pada dasarnya untuk mempermudah pekerjaan manusia. *Variable* yang umum dikendalikan dalam suatu proses ada 4 yaitu : tekanan (*pressure*), laju aliran (*flow*), suhu (*temperature*) dan ketinggian zat cair (*level*). Pada setiap sistem pengendalian pasti mempunyai diagram blok. Ada 2 diagram blok sistem pengendalian yang biasa digunakan yaitu : diagram blok terbuka dan diagram blok tertutup. Berikut merupakan diagram blok sistem pengendalian :



**Gambar 2.1** Diagram Blok *Open Loop*<sup>[3]</sup>



**Gambar 2.2** Diagram Blok *Close Loop*<sup>[3]</sup>

Pada gambar 2.1 dan 2.2 merupakan diagram blok terbuka dan tertutup. Perbedaan dari masing-masing diagram blok diatas adalah pada umpan balik. Diagram blok tertutup mempunyai sensor sebagai umpan balik untuk mengkoreksi error yang terjadi. Pada diagram blok terbuka tidak ada koreksi error sehingga tidak ada yang tahu hasil dari suatu proses yang berjalan benar atau salah.

- Secara garis besar suatu rangkaian pengendalian proses dibagi menjadi 4 langkah, yaitu : mengukur – membandingkan - menghitung – mengkoreksi. Langkah pertama yaitu mengukur , merupakan tugas dari sensor. Langkah berikutnya adalah membandingkan apakah hasil pengukuran dari sensor sudah sesuai dengan apa yang dikehendaki. Apabila terjadi ketidaksesuaian antara *set point* dengan hasil pengukuran maka akan dilakukan perhitungan untuk menentukan aksi apa yang dilakukan supaya sesuai dengan set point yang diinginkan. Pada langkah kedua dan ketiga ini adalah tugas dari pengendali. Langkah terakhir adalah melakukan pengkoreksian yang merupakan tugas dari aktuator.

### 2.3 Sensor LDR

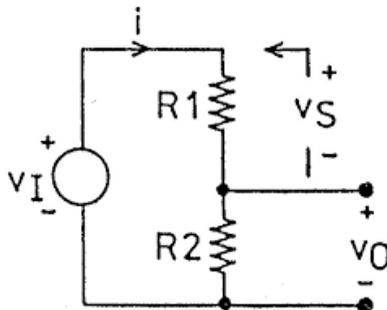
*Light Dependent Resistor* atau disingkat dengan LDR adalah jenis *Resistor* yang nilai hambatan atau nilai resistannya

tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Nilai hambatan LDR akan menurun pada saat cahaya terang dan nilai hambatannya akan menjadi tinggi jika dalam kondisi gelap. Dengan kata lain, fungsi LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah untuk menghantarkan arus listrik jika menerima sejumlah intensitas cahaya atau dalam kondisi terang dan akan menghambat arus listrik dalam kondisi gelap. Pada sistem ini LDR berfungsi sebagai sensor.<sup>[4]</sup>

LDR biasanya dijadikan rangkaian pembagi tegangan, sehingga akan didapatkan tegangan yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari. Pada rangkaian pembagi tegangan terdapat *fix resistor* dan *variable resistor*. Berikut ini adalah gambar dari rangkaian pembagi tegangan dan LDR :



**Gambar 2.3** Sensor LDR<sup>[4]</sup>



**Gambar 2.4** Rangkaian Pembagi Tegangan<sup>[4]</sup>

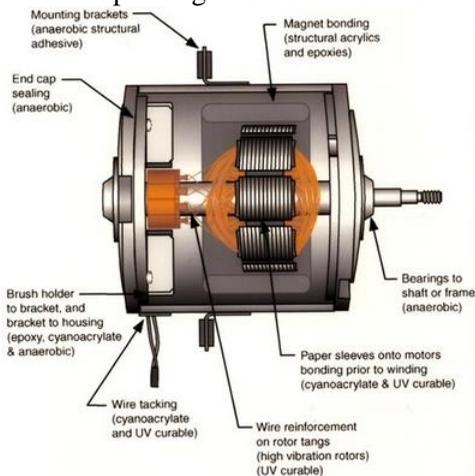
LDR akan berfungsi sebagai *variable resistor* dan *fix resistor* sebesar 10K. Keluaran dari pembagi tegangan sebesar 1 sampai 5 VDC agar bisa terbaca oleh kontroler. Rumus pembagi tegangan :

$$V_{out} = \frac{R_{variable} (R1)}{R_{variable} (R1) + R_{tetap} (R2)} V_{in} \dots\dots\dots(2.1)$$

Berdasarkan rumus diatas Rvariable adalah LDR, Rtetap adalah resistor 10K dan Vin sumber 5 VDC.

## 2.4 Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor- motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. Berikut merupakan gambar struktur motor DC :



**Gambar 2.5** Struktur Motor DC<sup>[5]</sup>

Pada gambar 2.5 merupakan struktur dari motor DC. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen<sup>[10]</sup>. Berikut merupakan rumus untuk menghitung torsi motor:

$$HP = \frac{T \times n}{5250} \quad T = \frac{5250 \cdot HP}{n} \quad n = \frac{5250 \cdot HP}{T}$$

Dimana :

T = Torsi motor (dalam lb ft)  
n = Kecepatan putar motor (rpm)  
HP = Daya kuda motor (HP = 746 watt)  
5250 = Konstan

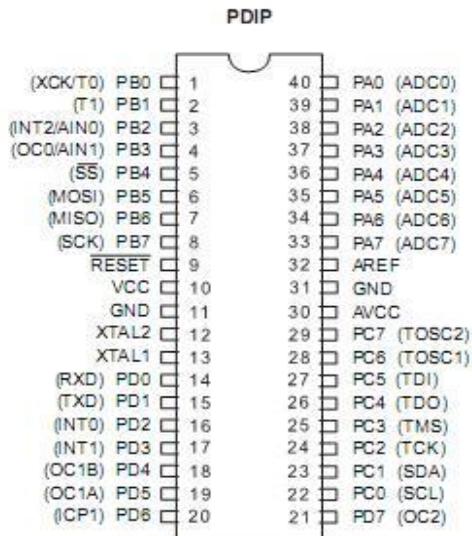
**Gambar 2.6** Rumus Torsi Motor<sup>[10]</sup>

## 2.5 Atmega 16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa bandar masukan maupun keluaran, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan

menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*).

Mikrokontroler ATmega 16 menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*). Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :



**Gambar 2.7** ATmega 16<sup>[8]</sup>

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.

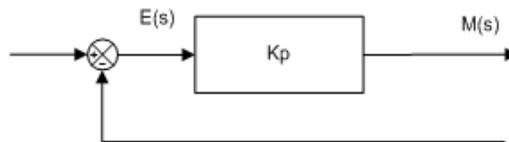
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512te, dan SRAM 1 Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Bandar A, Bandar B, Bandar C, dan Bandar D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Bandar antarmuka SPI dan Bandar USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral :
  - Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan prescaler terpisah dan mode *compare*
  - Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode *compare*, dan mode *capture*
  - *Real time counter* dengan osilator tersendiri
  - Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
  - 8 kanal, 10 bit ADC
  - *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
  - *Watchdog timer* dengan osilator internal

Arsitektur ATmega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data. ATmega16 memiliki 16K byte *On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Instruksi ATmega16 semuanya memiliki format 16 atau 32 bit, maka memori *flash* diatur dalam 8K x 16 bit. Memori *flash* dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program *boot* dan aplikasi seperti terlihat pada Gambar 2.6. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.<sup>[8]</sup>

## 2.6 Kontrol P

Kontrol P merupakan sistem kontrol yang bersifat analog. P (*Proporsional*) merupakan kontrol pada mesin yang digunakan untuk menentukan presisi dengan adanya umpan balik dari

sensor. Output kontrol P akan memberikan aksi kepada aktuator agar bergerak sesuai dengan besar eror yang diperoleh. Error adalah selisih dari *setpoint* dengan nilai pembacaan aktual sensor. Penggunaan *controller* ini dapat digunakan dengan Kontrol *Proporsional*, yaitu Kontroller dengan penguatan ( $K_p$ ). Kontroller P digunakan untuk mempercepat respon atau digunakan ketika tanggapan respon dapat dipenuhi hanya dengan mengatur penguatan sistem saja. Berikut merupakan diagram blok kontrol P:



**Gambar 2.8** Diagram Blok Kontrol P<sup>[6]</sup>

Gambar 2.8 merupakan diagram blok dari kontrol P. Kontroller proporsional memiliki 2 parameter, pita proporsional (proporsional band) dan konstanta proporsional. Daerah kerja kontroller efektif dicerminkan oleh pita proporsional, sedangkan konstanta proporsional menunjukkan nilai faktor penguatan terhadap sinyal kesalahan. Hubungan antara pita proporsional (PB) dengan konstanta proporsional ( $K_p$ ) ditunjukkan secara prosentasi oleh persamaan berikut :

$$PB = \frac{1}{K_p} 100\% \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

PB : Proporsional Band

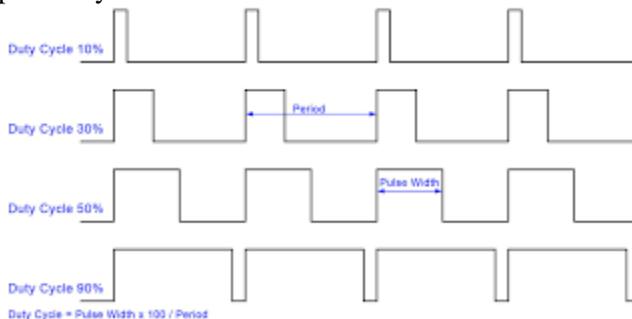
$K_p$  : konstanta proporsional

Untuk membuat sistem kontrol P maka yang perlu dilakukan adalah mengatur atau mengeset nilai parameter P agar keluaran dari sistem terhadap masukan sistem sesuai yang diinginkan. Salah satu metode yang digunakan untuk merancang sistem kontrol P adalah metode *trail and error*. Penggunaan metode *trail and error* disebabkan karena parameter  $K_p$  ditentukan

melalui regresi antara besar eror yang terjadi dengan output untuk aksi yang dilakukan.<sup>[6]</sup>

## 2.7 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Modulasi Lebar Pulsa (PWM) merupakan metode untuk memanipulasi lebar pulsa sinyal digital dalam satu periode. Pada dasarnya prinsip dari PWM yaitu membandingkan antara sumber sinyal yang membawa (sinyal segitiga) dengan sinyal referensi (sinyal modulasi). Sinyal referensi tersebut dapat diubah-ubah nilainya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sinyal PWM merupakan sinyal digital yang memiliki amplitude tetap namun lebar pulsa pada setiap periodenya bisa berubah-ubah. Disini sinyal referensinya dapat diubah-ubah dengan menggunakan *duty cycle* pada sinyal PWM tersebut.<sup>[7]</sup>



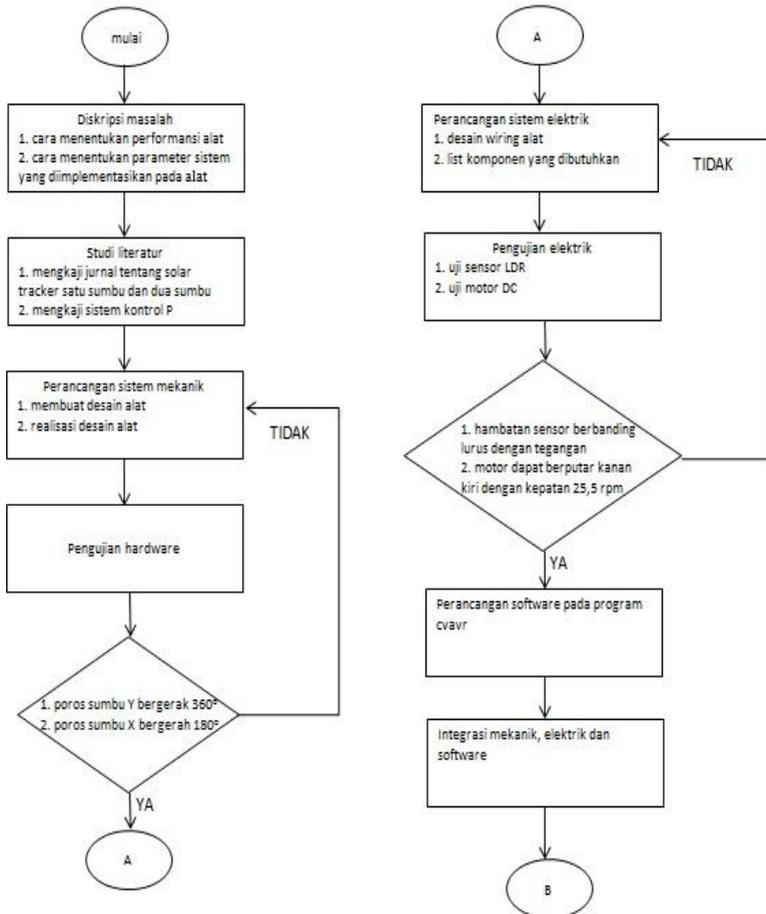
**Gambar 2.9** Pulsa PWM<sup>[7]</sup>

Pada Gambar 2.9 merupakan ilustrasi sinyal PWM dengan *duty cycle* yang berbeda-beda. *Duty cycle* adalah interval pulsa *high* dalam satu periode. *Duty cycle* ini yang menyebabkan kecepatan motor bisa berubah. Semakin besar *duty cycle* maka putaran motor akan semakin cepat.

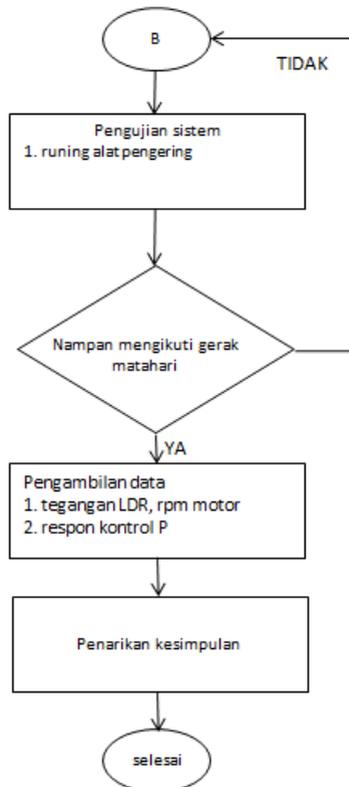
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada bab ini dijelaskan perancangan serta pembuatan *solar tracking system* dengan kontrol P pada sumbu *azimuth* dan *zenith*. Berikut merupakan diagram alur dalam pengerjaan tugas akhir :



**Gambar 3.1** Flowchart Pelaksanaan Tugas Akhir



**Gambar 3.2** Flowchart Lanjutan

### 3.2 Metodologi Penelitian

- **Studi Literatur**

Studi Literatur dilakukan dengan pengkajian serta pemahaman mengenai penelitian sistem penjejak matahari sebelumnya serta literatur tentang kontrol P yang digunakan pada motor DC untuk menentukan  $K_p$ .

- **Perancangan Mekanik**

Perancangan mekanik disini menggunakan *software sketcup* dengan animasi 3D. Pada sistem ini terdapat 2 motor DC yang sudah dilengkapi dengan *gear box* untuk

memperkuat torsi digunakan untuk menggerakkan sistem pada sumbu *azimuth* dan *zenith*, terdapat *panel box* sebagai tempat peletakkan komponen elektrik, serta 4 roda yang terpasang pada kaki agar mudah dipindahkan.

- **Perancangan Hardware**

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap motor DC dengan diberi beban sebesar 10 Kg. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui torsi motor DC apakah mampu dan bergerak sesuai dengan yang diharapkan.

- **Perancangan Elektrik**

Pada tahap ini yang pertama kali dilakukan adalah membuat blok diagram sistem pengendalian dari alat. Blok diagram ini dibuat untuk merangkai semua komponen yang dibutuhkan yaitu: *power supply*, sensor LDR, *driver motor* L298N dan mikrokontroler ATmega 16. Selanjutnya dilakukan pembuatan *wiring* pengkabelan agar semua komponen dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

- **Pembuatan Software**

Peembuatan software dilakukan menggunakan program *cvavr* dengan *compiler extreme burner*. Pembuatan *software* dengan mengkodekan sesuai dengan apa yang diinginkan seperti motor putar kanan kiri ketika *setpoint* belum terpenuhi. Dalam pembuatan *software* kontrol P juga dimasukkan dengan menentukan nilai  $K_p$ . Kode kontrol P menggunakan *library* yang sudah ada dari *software cvavr* sendiri.

- **Verifikasi Software**

Verifikasi *software* disini untuk melihat dan mengoreksi nilai pembacaan ADC pada sensor sudah terbaca, motor putar kanan dan kiri sesuai dengan perintah yang ada pada

kodingan, penentuan kontrol P sudah berjalan atau belum dengan melihat respon motor.

- **Integrasi Sistem Mekanik, Elektrik dan Software**

Pada tahap ini dilakukan *running* alat dengan kondisi yang sesungguhnya dibawah sinar matahari. Sensor sudah terpasang pada nampan pengering, komponen elektrik sudah terpasang di *panel box*, motor sudah terpasang pada poros gerak sumbu X dan sumbu Y. Selanjutnya melihat dan mengkoreksi apakah semua sistem dapat berjalan sesuai dengan instruksi yaitu alat akan terus berputar kekanan dan kekiri sampai benar-benar menghadap tegak lurus dengan matahari.

- **Pengujian Sistem**

Pengujian sistem disini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sempurna setelah dilakukan integrasi.

- **Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan mulai dari jam 08.00 WIB sampai 17.00 WIB, data yang diambil berupa data pembacaan ADC dan tegangan pada sensor, respon P dan validasi sensor.

- **Analisa Data**

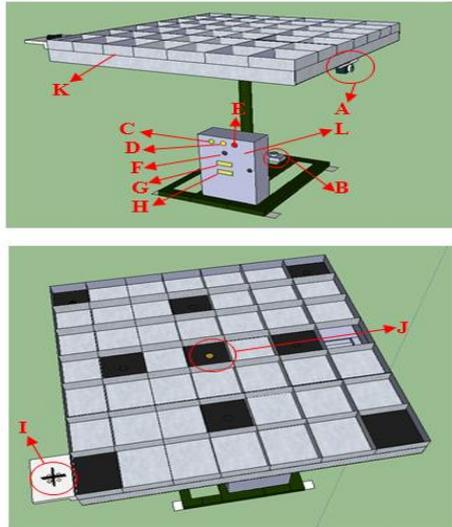
Analisa data dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan antara sistem kontrol satu sumbu dengan dua sumbu, disini akan terlihat keunggulan dan kekurangan dari masing-masing sistem kontrol.

- **Penarikan Kesimpulan**

Dari analisa data akan diketahui berapa setting P yang sesuai, kemudian akan diketahui sistem kontrol mana yang lebih efisien digunakan untuk mengeringkan biji kopi.

### 3.3 Perancangan Sistem Mekanik

Pada perancangan sistem mekanik ini dilakukan desain mekanik dengan menggunakan *software sketch up* terlebih dahulu dengan sebagai berikut :



**Gambar 3.3** Desain Pengering Biji Kopi

Berikut merupakan keterangan dari gambar 3.2 :

- A: Motor 1 untuk menggerakkan pada sumbu x
- B: Motor 2 untuk menggerakkan pada sumbu y
- C: Lampu indikator hijau sebagai penanda *monitoring* aktif
- D: Lampu indikator kuning sebagai penanda satu sumbu aktif
- E: Lampu indikator merah sebagai penanda dua sumbu aktif
- F: *Toogle switch* untuk saklar pengaktifan dua atau satu sumbu
- G: LCD 1 untuk menampilkan pembacaan *monitoring* kadar air
- H: LCD 2 untuk menampilkan pembacaan *monitoring* suhu Dan radiasi matahari
- I: Sensor LDR sensor cahaya matahari agar motor bergerak Mengikuti arah matahari
- J: Sensor SHT11 untuk sensor kadar air, suhu dan radiasi

K: Nampan pengering biji kopi sebagai tempat pengering biji kopi dengan ukuran sebesar 70 x 70 cm dengan sekat ukuran 10 x 10 cm agar biji kopi tidak bertumpukan saat nampan dalam keadaan miring.

L: *Panel Box* sebagai tempat semua komponen elektrik.



**Gambar 3.4** Motor DC dan *Gear box Zenith*



**Gambar 3.5** Motor DC dan *Gear box* Azimuth

Gambar 3.4 dan gambar 3.5 menunjukkan motor DC 24V dengan maksimal putaran  $360^{\circ}$  ini digunakan sebagai aktuator pada sumbu *azimuth* dan sumbu *zenith*. Pada motor DC ini dilakukan pembuatan desain dengan menggunakan *gear box* dengan perbandingan rasio sebesar 1 : 180. Sistem mekanik ini terdiri dari beberapa proses penting yaitu peletakan sensor, peletakan motor untuk penggerak sumbu *zenith* dan *azimuth*, peletakan pan pengering kopi. Alat ini memiliki tinggi 150cm dengan ukuran panjang nampan pengering 70cm dan lebar nampan pengering 70cm.



**Gambar 3.6** Pan Pengering Biji Kopi

Gambar 3.6 merupakan pan pengering dengan sekat. Sekat disini digunakan agar biji kopi tidak bertumpukan saat nampan dalam keadaan miring. Ukuran sekat 10 x 10 cm dengan ketebalan 5 cm. Tebal 5 cm ditentukan berdasarkan studi literatur mengenai cara pengeringan biji kopi yang tidak boleh bertumpukan setebal 3 cm.



**Gambar 3.7** Tempat Peletakan Nampan Pengering Biji Kopi

Gambar 3.7 merupakan tempat peletakan nampan pengering dengan ukuran 70 x70 cm. Tempat ini digunakan sebagai tempat

meletakkan nampan pengering serta terdapat sensor sht11 sebagai alat ukur suhu dan radiasi.

Berikut merupakan proses pembuatan sistem mekanik :

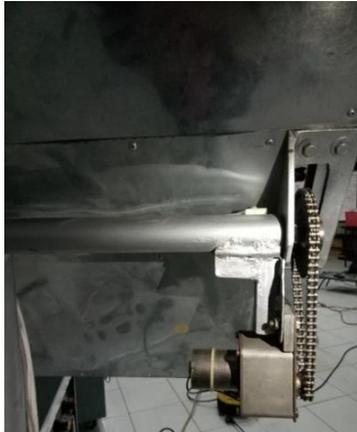


**Gambar 3.8** Rangka Mekanik

Gambar 3.8 merupakan struktur rangka dari *solar tracker*. Memiliki 4 roda pada bagian kaki yang berguna untuk memudahkan alat untuk dipindahkan. Tinggi rangka dihitung mulai dari lantai yaitu 110 cm.



**Gambar 3.9** Peletakan Mekanik Motor DC Sumbu *Azimuth*



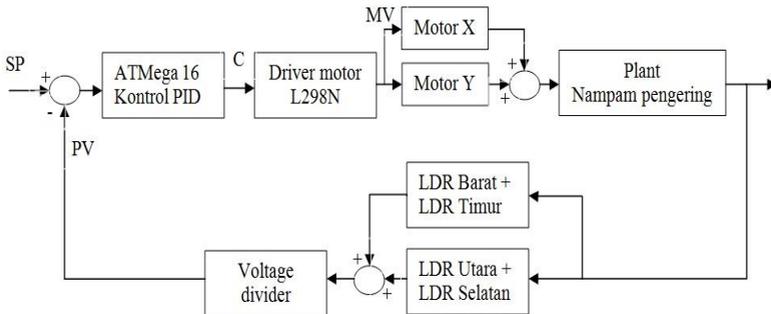
**Gambar 3.10** Peletakan Mekanik Motor DC Sumbu *Zenith*

Pada petetakan mekanik disini terdapat dua motor DC yang sudah dilengkapi dengan *gear box* ditunjukkan pada gambar 3.9 dan 3.10. *Gear box* pada motor sangat dibutuhkan untuk menambah torsi motor DC agar kuat saat menggerakkan nampan pengering yang sudah terisi biji kopi.

### 3.4 Perancangan Sistem Elektrik

Diagram blok sistem kendali arah gerak matahari pada pengering biji kopi dua sumbu (*azimuth dan zenith*). Berikut ini

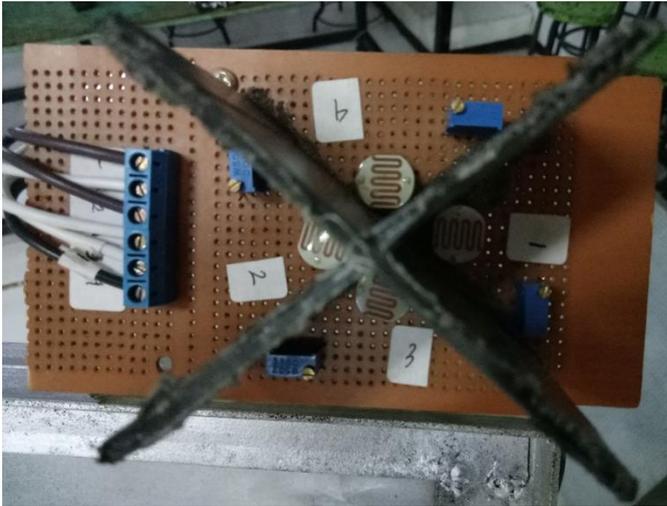
merupakan diagram blok pengendali sistem penjejak matahari aktif dua sumbu.



**Gambar 3.11** Diagram Blok Pengendalian *Tracking* Matahari Pada Pengering Biji Kopi (*Azimuth Dan Zenith*)

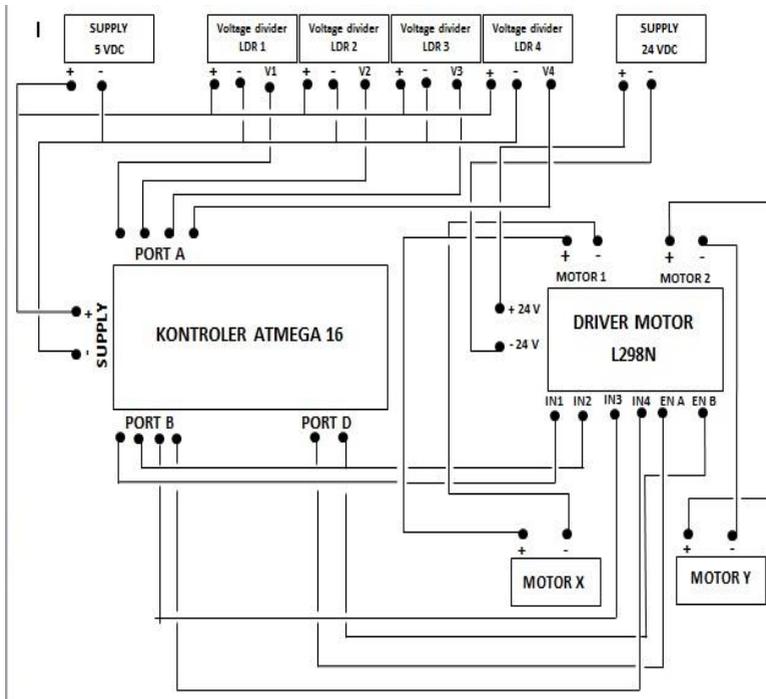
Berdasarkan diagram blok diatas, dapat diketahui SP adalah *setpoint*. SP didapatkan dari selisih nilai pembacaan ADC dari sensor LDR ketika posisi tegak lurus dengan matahari. Kontroler yang digunakan adalah ATMega 16 dengan *inputan* berupa tegangan antara 1 sampai 5 VDC. Kontroler akan bekerja sesuai perintah kodingan yang tertulis didalamnya. Terdapat kontrol PID dan perintah untuk motor putar kanan, kiri dan berhenti. *Output* dari kontroler akan diterima oleh *driver* motor L298N. *Driver* motor ini berguna untuk mengatur kecepatan motor dan juga menentukan arah gerak motor. *Input* dari dari *driver* motor berupa sinyal PWM dari kontroler sebesar 1 sampai 5 VDC yang digunakan untuk menggerakkan motor 24 VDC. Motor X dan Y akan bekerja sesuai perintah yang sudah tertuliskan pada kodingan di kontroler. Motor akan menggerakkan nampam pengering sampai nampam benar-benar tegak lurus dengan matahari. Terdapat 4 buah sensor LDR yang digunakan sebagai sensor cahaya matahari. LDR akan mensensor apakah nampam telah berada tegak lurus dengan sinar matahari. Keluaran dari LDR berupa hambatan. Terdapat rangkaian *voltage divider* untuk mengubah keluaran LDR yang berupa menjadi tegangan 1 sampai 5 VDC agar bisa terbaca oleh kontroler. Pada rangkaian *voltage divider* menggunakan *multitune*

sebagai *variabel resistor* dengan resistansi maksimal sebesar 10K. Berikut desain sensor :



**Gambar 3.12** Desain sensor LDR

Berdasarkan gambar 3.12, sensor LDR diberi pembatas agar bisa mendeteksi perbedaan cahaya yang diterima oleh LDR. Terdapat 4 buah LDR. LDR 3 dan 4 sebagai LDR barat dan timur sedangkan LDR 1 dan 2 sebagai LDR utara dan selatan. LDR 3 dan 4 yang membuat motor X bergerak sedangkan LDR 1 dan 2 yang membuat motor Y bergerak. Ketika sinar matahari hanya mengenai LDR 1 maka motor akan agan bergerak kearah LDR 2 atau selatan begitu pula sebaliknya. Ketika sinar matahari hanya mengenai LDR 3 maka motor akan bergerak kearah LDR 4 atau timur begitu pula sebaliknya. Perbedaan intensitas cahaya tersebut yang akan dibaca oleh kontroler yang kemudian akan menggerakkan motor agar semua sensor mendapatkan intensitas cahaya matahari yang sama. Berikut merupakan integrasi rangkaian *wiring* dari *solar tracker*:



**Gambar 3.13** *Wiring* Integrasi Rangkaian

Gambar 3.13 menunjukkan *wiring* pengkabelan dari *solar tracker*. Pada gambar diatas terdapat *power supply* 5 VDC dan 12 VDC. *Supply* 5 VDC digunakan sebagai sumber tegangan mikrokontroler dan *voltage divider* dari sensor LDR. *Supply* 12 VDC digunakan sebagai *supply* tegangan motor. Keluaran dari *voltage divider* berupa tegangan yang masuk pada PORT A dari mikrokontroler. LDR 3 dan 4 masuk pada PORT A2 dan A3 sedangkan LDR 1 dan 2 masuk pada PORT A0 dan A1. PORT B0 dan B1 dihubungkan dengan motor Y sedangkan PORT B2 dan B3 dihubungkan ke motor X. PORT D adalah *output* pwm dari kontroler yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor berdasarkan kontrol P. PORT D5 dihubungkan ke *driver motor enable* A yang nantinya akan mengatur kecepatan motor X sedangkan PORT D4 dihubungkan ke *driver motor enable* B yang

nantinya akan mengatur kecepatan motor Y. *Datasheet and instruction driver* motor L298N ada di lampiran B.

### 3.5 Perancangan Software

Pada pembuatan *software* yang digunakan untuk menggerakkan motor DC yaitu menggunakan *software cvavr*. Pada tahap ini dibuat *software* kontrol dengan algoritma P yang terdapat di dalam *library* atmega 16. Disini ditentukan nilai  $K_p$  dengan metode *trial error* dari regresi eror dengan output untuk aksi yang dilakukan, dan melihat respon yang dihasilkan. Sehingga didapatkan nilai  $K_p = 0.3$ . Pada pembuatan koding nilai *setpoint* nya ditentukan sebesar 150, nilai 150 didapatkan dari uji sensor ketika pan pengering biji kopi tegak lurus dengan matahari sensor LDR timur dan barat akan memiliki rata-rata sebesar 150. Nilai *input* yang digunakan yaitu nilai rata-rata LDR barat dan timur dengan LDR utara dan selatan, *error* didapatkan dari *setpoint* dikurang *input*. Jika nilai *error* lebih dari nilai yang ditentukan yaitu lebih besar dari 150 akan mengaktifkan motor DC sedangkan apabila *setpoint* kurang dari sama dengan 150 maka akan mematikan motor DC. *Listing* program yang lebih lengkap terdapat pada lampiran A.

Berikut merupakan penggalan program yang dibuat :

```
void bacaLDR(void){
    ldr_utara=read_adc(0);
    ldr_selatan=read_adc(1);
    ldr_timur=read_adc(2);
    ldr_barat=read_adc(3);
```

**Gambar 3.14** Program Pembacaan ADC Sensor LDR

Gambar 3.14 menunjukkan program pembacaan ADC sensor LDR. *Read\_adc(0)* sama dengan PORT A0 yang digunakan untuk membaca LDR utara. *Read\_adc(1)* sama dengan PORT A1 yang digunakan untuk membaca LDR selatan. *Read\_adc(2)* sama dengan PORT A2 yang digunakan untuk membaca LDR timur. *Read\_adc(3)* sama dengan PORT A3 yang digunakan untuk membaca LDR barat.

```

//PID X
#define Kp 0.3
#define Ki 0
#define Kd 0
#define dt 0.01 // nilai waktu sampling, 10ms
float s=0; // nilai awal akumulasi error = 0
int eL=0; // nilai awal error lalu = 0
float Referensi=1000; // nilai referensi atau set point
float PID, e;

//PID Y
#define Kpy 0.3
#define Kiy 0
#define Kdy 0
#define dty 0.01 // nilai waktu sampling, 10ms
float sy=0; // nilai awal akumulasi error = 0
int eLy=0; // nilai awal error lalu = 0
float Referensiy=1000; // nilai referensi atau set point
float PIDy, ey;
float digit,digit1;

```

**Gambar 3.15** Program *Tunning* Kp

Gambar diatas merupakan program *tunning* Kp. Terdapat dua motor yang akan dikontrol menggunakan kontrol P sehingga juga dibedakan menjadi 2 yaitu kontrol P X untuk mengontrol motor X dan kontrol P Y untuk mengontrol motor Y. Pada gambar 3.15 telah diatur nilai  $K_p=0.3$  dengan  $dt=0.01$  digunakan sebagai waktu sampling selama 10 ms.  $e_L$  adalah sebagai nilai awal *error* sebesar 0,  $s$  sebagai nilai awal akumulasi *error* sebesar 0. Untuk kontrol P Y sama dengan kontrol P X hanya saja variable deklarasi yang ditambah huruf y.

```

void controlxy(void)//scanning motor dapat berhenti ketika error <150
{
  bacaLDR();
  kaLLDR();//tampil data Lcd
  errorLDR(); //selisih LDR
  PWM_jalan();
  if((error<=150)&&(error>=-150))
  {
    dir1_B=1;
    dir2_B=1;

    dir1_A=1;
    dir2_A=1;
    kondisi=1;
  }

  else
  {
    bacaLDR();
    kaLLDR();
    bandingLDR();
    kondisi =0;
  }
}

```

**Gambar 3.16** Program Kontrol Motor

Gambar 3.16 merupakan program untuk mengatur arah putaran dari motor. Deklarasi  $dir1\_B$  dan  $dir2\_B$  digunakan untuk mengatur arah arah putaran motor X. Sedangkan deklarasi  $dir1\_A$

dan dir2\_A untuk mengatur arah putaran motor Y. Pada program tersebut diperintahkan ketika selisih pembacaan ADC dari sensor kurang dari sama dengan 150 maka motor akan berhenti. Sedangkan jika lebih dari 150 maka motor akan terus berputar sampai selisih pembacaan ADC sensor kurang dari sama dengan 150.

```

void PIDxy(void) {
//PID X

PID=((Kp*errorx)+(Ki*s)+(Kd*(errorx-eL)/dt)); // hitung kontroler PID, satuan rpm
s=s+errorx*dt; // akumulasi error, satuan rpm
eL=errorx;

PIDy=((Kpy*errory)+(Ki*s)+(Kd*(errory-eLy)/dty)); // hitung kontroler PID, satuan rpm
s=s+errory*dt; // akumulasi error, satuan rpm
eLy=errory; // error lalu, satuan rpm

responx=PID*255/100;
respony=PIDy*255/100;

if(responx<0) responx=0; // tidak ada fungsi pengereman
if(responx>255) responx=255; // batas rpm maksimal
if(respony<0) respony=0; // tidak ada fungsi pengereman
if(respony>255) respony=255; // batas rpm maksimal

OCR1A=responx; // ubah rpm ke nilai OCR untuk PWM
OCR1B=respony; // ubah rpm ke nilai OCR untuk PWM
delay_ms(1000*dt); // tunda beberapa saat,
// // untuk pengaturan waktu sampling

```

**Gambar 3.17** Program Kontrol P

Gambar 3.17 merupakan kodingan dari kontrol P. Pada program tersebut dimasukkan rumus formula kontrol P yaitu:

$$mv(t)=K_p e(t) \dots\dots\dots(3.1)$$

$mv(t)$ : *output* dari pengontrolan P

$K_p$  : konstanta *proportional*

$e(t)$  : *error*

Kemudian dari hasil perhitungan PID hasilnya dimasukkan kedalam rumus PWM. Program diatas yang menunjukkan hasil dari perumusan PWM yaitu respon x dan respon y. PWM pada kontroler sering disebut sebagai OCR1A dan OCR1B, sehingga respon x adalah pendeklarasian sebagai OCR1A dan respon y adalah pendeklarasian OCR1B.

```
void PWM_jalan(void){
    kecepatan=100; //max 100
    PWM=(kecepatan*254/100);
    OCR1A=PWM;
    kecepatanx=100;//max 100
    PWMx=(kecepatanx*254/100);
    OCR1B=PWMx;
```

**Gambar 3.18** Program Kontrol Kecepatan Motor

Dari hasil program pada gambar 3.18 maka akan di implementasikan pada gambar 3.17 sebagai program agar motor jalan menggunakan PWM dari hasil perhitungan. Perumusan PWM yang tertulis pada program menggunakan PWM 8 bit sehingga menggunakan angka 254 sebagai perhitungan matematikanya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV ANALISA DATA

Analisa data dari penelitian tugas akhir ini adalah data pengujian sensor, analisa sistem kontrol PID, kadar air biji kopi dari *tracker* dua sumbu dan *fix*. Adapun data penelitian adalah sebagai berikut :

### 4.1 Data Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor dilakukan dengan dua kali yaitu pada tanggal 19 Juli 2017 ketika kondisi redup dan kondisi terang. Kondisi redup disini dilakukan pada pukul 06.00 WIB sedangkan kondisi terang pada pukul 12.00 WIB. Perhitungan data menggunakan rumus konversi ADC menjadi tegangan maka didapatkan tegangan standar. Setelah di dapatkan tegangan standar maka didapatkan tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Tabel Pengujian Sensor Keadaan Redup

<b>Sensor</b>	<b>Tegangan Terukur</b>	<b>ADC</b>	<b>Tegangan Standart</b>
<b>Utara</b>	0.942	222	1.085
<b>Selatan</b>	0.589	136	0.664
<b>Timur</b>	0.777	180	0.879
<b>Barat</b>	1.101	259	1.265

Berdasarkan pengujian sensor dalam keadaan redup maka didapatkan nilai tegangan terukur sensor LDR Utara sebesar 0,942V sedangkan tegangan standar 1,085V maka didapatkan selisih sebesar 0,143V. Pada sensor LDR Selatan didapatkan nilai tegangan terukur sebesar 0,589V sedangkan tegangan standar 0,664V maka didapatkan selisih sebesar 0,075V. Pada sensor LDR Timur didapatkan nilai tegangan terukur sebesar 0,777V sedangkan tegangan standar sebesar 0,879V maka didapatkan selisih sebesar 0,102V. Pada sensor LDR Barat didapatkan nilai tegangan terukur sebesar 1,101V sedangkan tegangan standar

1,265V maka didapatkan selisih sebesar 0,164V. Terdapat pula pembacaan ADC dari sensor LDR Utara sebesar 222 dan sensor LDR Selatan sebesar 136 maka didapatkan selisih dari keduanya sebesar 86. Begitupula dengan pembacaan ADC dari sensor LDR Timur sebesar 180 dan sensor LDR Barat sebesar 259 maka didapatkan selisih dari keduanya 79.

**Tabel 4.2** Tabel Pengujian Sensor Keadaan Terang

<b>Sensor</b>	<b>Tegangan Terukur</b>	<b>ADC</b>	<b>Tegangan Standart</b>
<b>Utara</b>	4.115	875	4.276
<b>Selatan</b>	4.107	855	4.178
<b>Timur</b>	4.065	833	4.071
<b>Barat</b>	4.305	880	4.301

Berdasarkan pengujian sensor dalam keadaan terang maka didapatkan nilai tegangan terukur sensor LDR Utara sebesar 4,115V sedangkan tegangan standar 4,276V maka didapatkan selisih sebesar 0,161V. Pada sensor LDR Selatan didapatkan nilai tegangan terukur sebesar 4,107V sedangkan tegangan standar 4,178V maka didapatkan selisih sebesar 0,071V. Pada sensor LDR Timur didapatkan nilai tegangan terukur sebesar 4,065V sedangkan tegangan standar sebesar 4,071V maka didapatkan selisih sebesar 0,006V. Pada sensor LDR Barat didapatkan nilai tegangan terukur sebesar 4,305V sedangkan tegangan standar 4,301V maka didapatkan selisih sebesar 0,004V. Terdapat pula pembacaan ADC dari sensor LDR Utara sebesar 875 dan sensor LDR Selatan sebesar 855 maka didapatkan selisih dari keduanya sebesar 20. Begitupula dengan pembacaan ADC dari sensor LDR Timur sebesar 833 dan sensor LDR Barat sebesar 880 maka didapatkan selisih dari keduanya 47. Berikut adalah karakteristik statik dari sensor LDR :

**Tabel 4.3** Nilai Karakteristik Sensor LDR

Timur		Barat		Selatan		Utara	
Vt	Vs	Vt	Vs	Vt	Vs	Vt	Vs
0.777	0.879	1.101	1.265	0.589	0.664	0.942	1.085
4.065	4.071	4.305	4.301	4.107	4.178	4.115	4.276

Untuk mengetahui nilai karakteristik dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Sensitivitas (dari data pengujian alat) :

- Sensitivitas (LDR Timur) =  $\frac{\Delta O}{\Delta I}$   
 $= \frac{4.065 - 0.777}{4.071 - 0.879} = 1.03$
- Sensitivitas (LDR Barat) =  $\frac{\Delta O}{\Delta I}$   
 $= \frac{4.305 - 1.101}{4.301 - 1.265} = 1.055$
- Sensitivitas (LDR Selatan) =  $\frac{\Delta O}{\Delta I}$   
 $= \frac{4.107 - 0.589}{4.178 - 0.664} = 1.001$
- Sensitivitas (LDR Utara) =  $\frac{\Delta O}{\Delta I}$   
 $= \frac{4.115 - 0.942}{4.276 - 1.085} = 0.994$

Akurasi :

- *Akurasi (LDR Timur)* =  $1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$ ,  
dengan  $Y_n$  = Pembacaan standar (I) dan  $X_n$  =  
Pembacaan alat (O)

$$A = 1 - |0,116| \times 100\% \\ = 88.4\%$$

- *Akurasi (LDR Barat)* =  $1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$ ,  
dengan  $Y_n$  = Pembacaan standar (I) dan  $X_n$  =  
Pembacaan alat (O)

$$A = 1 - |0,129| \times 100\%$$

$$=87.1\%$$

- *Akurasi (LDR Selatan)* =  $1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$ ,  
dengan  $Y_n$  = Pembacaan standar (I) dan  $X_n$  =  
Pembacaan alat (O)

$$A = 1 - |0,112| \times 100\% \\ = 88.8\%$$

- *Akurasi (LDR Barat)* =  $1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$ ,  
dengan  $Y_n$  = Pembacaan standar (I) dan  $X_n$  =  
Pembacaan alat (O)

$$A = 1 - |0,131| \times 100\% \\ = 86.9\%$$

### **Error :**

- Error LDR Timur  
 $e = 1 - A$   
 $e = 1 - 0,884$   
 $e = 0.116$   
Persen error = 11.6%
- Error LDR Barat  
 $e = 1 - A$   
 $e = 1 - 0,871$   
 $e = 0.129$   
Persen error = 12.9%
- Error LDR Selatan  
 $e = 1 - A$   
 $e = 1 - 0,888$   
 $e = 0.112$   
Persen error = 11.2%
- Error LDR Barat  
 $e = 1 - A$

$$e = 1-0,869$$

$$e = 0.131$$

$$\text{Persen error} = 13.1\%$$

### Non-Linieritas

- Non-Linieritas Timur

$$K \text{ (sensitivitas)} = 1.001$$

$$a = O_{min} - KI_{min}$$

$$a = 0.777 - 1.03 \times 0.879$$

$$a = 0.128$$

$$N = alat_{min} - (KI + a)$$

$$N = 0.777 - (1.03 \times 0.879 + 0.128)$$

$$N = 0.256$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{N}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{0.256}{4.065 - 0.777} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = 7.7\%$$

- Non-Linieritas Barat

$$K \text{ (sensitivitas)} = 1.055$$

$$a = O_{min} - KI_{min}$$

$$a = 1.101 - 1.055 \times 1.265$$

$$a = 0.233$$

$$N = alat_{min} - (KI + a)$$

$$N = 1.101 - (1.055 \times 1.265 + 0.233)$$

$$N = 0.466$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{N}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{0.466}{4.205 - 1.101} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = 15\%$$

- Non-Linieritas Selatan

$$K \text{ (sensitivitas)} = 1.001$$

$$a = O_{min} - KI_{min}$$

$$a = 0.589 - 1.001 \times 0.664$$

$$a = 0.075$$

$$N = alat_{min} - (KI + a)$$

$$N = 0.589 - (1.001 \times 0.664 + 0.075)$$

$$N = 0.15$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{N}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{0.15}{4.107 - 0.589} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = 4.2\%$$

- Non-Linieritas Barat

$$K \text{ (sensitivitas)} = 0.994$$

$$a = O_{min} - KI_{min}$$

$$a = 0.942 - 0.994 \times 1.085$$

$$a = 0.136$$

$$N = alat_{min} - (KI + a)$$

$$N = 0.942 - (0.994 \times 1.085 + 0.136)$$

$$N = 0.272$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{N}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = \frac{0.272}{4.115 - 0.942} \times 100\%$$

$$\text{Non Linieritas} = 8.5\%$$

## 4.2 Validasi Sensor LDR

Validasi sensor LDR dilakukan didalam ruangan laboratorium workshop instrumentasi pada tanggal 20 Juli 2017 pukul 01.09 WIB. Tujuannya untuk mengetahui posisi dari pan pengering apakah benar-benar sudah tegak lurus dengan matahari. Pengambilan data disini menggunakan sinar dari lampu halogen sebagai pengganti sinar matahari. Berikut adalah hasil dari validasi sensor LDR :

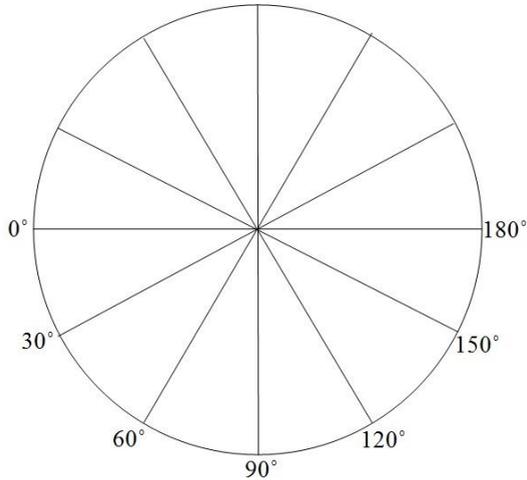


**Gambar 4.1** Posisi Sudut Sumbu *Azimuth*



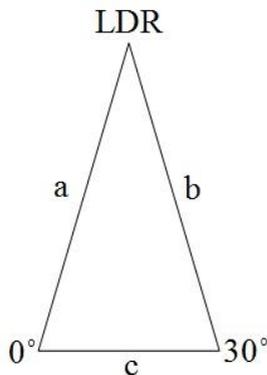
**Gambar 4.2** Posisi Validasi Sensor Sumbu *Azimuth*

Pada gambar 4.1 menunjukkan ada 7 posisi sudut validasi sensor. Sensor diletakkan di tengah-tengah sebagai titik acuan  $0^\circ$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2. Kemudian lampu halogen diputar pada 7 posisi sudut yang telah ditentukan. Berikut ini adalah skema validasi sumbu *azimuth* :



**Gambar 4.3** Skema Validasi Sumbu *Azimuth*

Pada gambar 4.3 menunjukkan skema validasi pada sumbu *azimuth*. Terdapat lingkaran yang sudah diberi garis untuk membentuk sudut. Sensor LDR diletakkan pada tengah-tengah lingkaran dan pada setiap garis yang membentuk sudut adalah lampu halogen yang akan berpindah-pindah sesuai sudut yang telah dibuat. Jari-jari lingkaran validasi adalah 80 cm. Berikut ini adalah penyederhanaan dari gambar 4.3 :



**Gambar 4.4** Skema Penyederhanaan Validasi *Azimuth*

Pada gambar 4.4 merupakan skema penyederhanaan dari validasi gambar 4.3. Pada setiap perpindahan lampu halogen akan membentuk suatu segitiga sama kaki seperti pada gambar 4.4, sehingga berlaku rumus segitiga untuk mengetahui sudut yang terbentuk dan panjang dari setiap sisi segitiga. Berikut merupakan hasil yang diperoleh:

**Tabel 4.4** Hasil Validasi Sensor Sumbu *Azimuth*

Sudut	a	b	c	c ukur
0°	80	80	0	0
30°	80	80	41,41	44,5
60°	80	80	82,82	83
90°	80	80	124,23	126
120°	80	80	165,64	170
150°	80	80	207,05	216
180°	80	80	248,46	260

Pada tabel 4.3 menunjukkan hasil dari validasi sensor pada sumbu *azimuth*. Ada 7 posisi pengukuran sudut 0° sampai 180° untuk pengukuran diatas 180° ke atas dianggap sama karena hanya berbeda arah atau berlawanan. Data a adalah panjang jari-jari lingkaran yang dihitung mulai dari sensor sampai posisi awal pengukuran 0°. Data b adalah panjang jari-jari lingkaran yang dihitung mulai dari sensor sampai perpindahan sudut pengukuran. Data c adalah panjang perpindahan posisi sudut pengukuran mulai dari 0° yang diukur menggunakan rumus.

$$C^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos (c) \quad (4.2)$$

Sedangkan c ukur adalah panjang perpindahan posisi sudut pengukuran mulai dari 0° yang diukur menggunakan penggaris.



**Gambar 4.5** *Waterpass* Menunjukkan Posisi  $90^\circ$



**Gambar 4.6** *Waterpass* Menunjukkan Posisi  $45^\circ$

Validasi sensor pada sumbu *zenith* menggunakan *waterpass* sensor yang dipasang pada nampan pengering. Gambar 4.5 menunjukkan ketika nampan bergerak  $90^\circ$  berdasarkan sumbu x *waterpass* sensor juga menunjukkan sudut  $90^\circ$  dapat dilihat pada lingkaran merah gelembung air berada tepat di tengah-tengah garis. Sedangkan pada gambar 4.6 ketika nampan bergerak  $45^\circ$  berdasarkan sumbu x *waterpass* sensor juga menunjukkan sudut  $45^\circ$  dapat dilihat pada lingkaran merah gelembung air berada

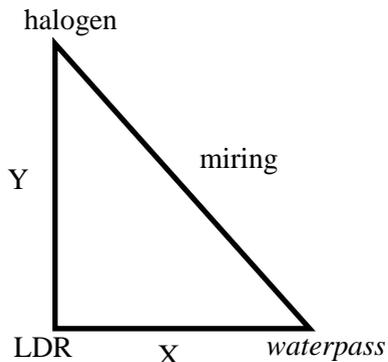
tepat di tengah-tengah garis. Berikut merupakan hasil dari validasi sensor pada sumbu *zenith* :

**Tabel 4.5** Hasil Validasi Sensor Pada Sumbu *Zenith*

<i>Waterpass</i>	Y	X	miring
90°	100	35	103
45°	25	26	35

Pada tabel 4.4 menunjukkan hasil validasi sensor pada sumbu *zenith*. Ada 2 posisi sudut yang dilakukan validasi yaitu posisi sudut 90° dan 45°. Dua pengambilan data ini dipilih berdasarkan penunjukkan pada *waterpass* sensor. *Waterpass* sensor yang digunakan mempunyai 3 posisi sudut yang digunakan sebagai acuan pengukuran yaitu posisi sudut 45°, 90° dan 180°. Pada posisi sudut 180° tidak digunakan untuk validasi sensor dikarenakan pan pengering mempunyai sudut mati  $\pm 15^\circ$  diukur dari rangka tegak pan.

Berdasarkan tabel 4.4 Y adalah jarak (cm) lampu halogen yang diukur mulai sensor LDR. X adalah panjang (cm) pan pengering yang diukur mulai dari penempatan sensor LDR sampai penempatan *waterpass* sensor. *Waterpass* sensor ditempatkan pada tengah-tengah nampan pengering. Miring adalah jarak (cm) yang diukur mulai dari lampu halogen sampai penempatan *waterpass* sensor. Berikut adalah skema pengukuran yang dilakukan :



**Gambar 4.7** Skema Pengukuran Validasi Sudut

Berdasarkan gambar 4.7 validasi sensor LDR menggunakan rumus segitiga siku-siku atau *pythagoras* yaitu :

$$\text{miring} = \sqrt{Y^2 + X^2} \quad (4.3)$$

$$\cos \text{waterpass} = \frac{X}{\text{miring}} \quad (4.4)$$

Hasil validasi sudut  $90^\circ$  dan  $45^\circ$

$$90^\circ = \sqrt{Y^2 + X^2} = \sqrt{100^2 + 35^2} = \sqrt{112250} = 105,948 \text{ cm}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{X}{\text{miring}}$$

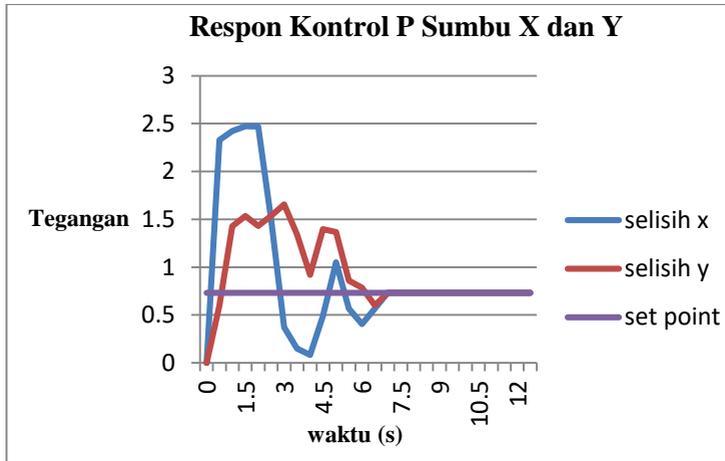
$$1/2 \sqrt{2} = \frac{X}{35}$$

$$X = 26 \text{ cm}$$

### 4.3 Analisa Sistem Kontrol P

Metode kontrol yang digunakan dalam plan ini adalah kontrol P. Kontrol P digunakan untuk memperbaiki *respon system* pengendalian *solar tracker*. Peletakkan kontrol P pada plan ini berada pada program ATMega 16. Pada program ATMega 16 sudah tersedia *library* program control P. Sudah tersedianya *library* tersebut, maka pada program ATMega 16 tinggal memberi nilai Kp. Selain pemberian Kp, nilai *setpoint* ditentukan dari batas maksimal *error* atau selisih yang terbaca oleh sensor yaitu 0,733V.

Pada *real plan* yang ada, nilai Kp yang digunakan adalah sebesar 0,3. Nilai tersebut didapatkan berdasarkan metode *trial and error*. Penentuan nilai Kp berasal dari hasil percobaan sampai ditemukan respon yang terbaik dengan nilai diatas. Algoritma dari sistem kontrol ini dengan menggerakkan dua motor DC, dimana sistemnya menggerakkan motor DC *azimuth* terlebih dahulu kemudian motor *zenith* hingga eror sensor LDR timur dan barat terhadap *setpoint* semakin kecil dan mencapai keadaan *steady* setelah itu *azimuth* lagi hingga eror kedua sensor LDR utara dan selatan terhadap *setpoint* mencapai *steady*. Maka dilakukan pengambilan data dengan waktu 14 detik pada tanggal 21 Juli 2017 pukul 12.45. Berikut merupakan grafik respon sistem :



**Gambar 4.8** Respon Kontrol P Sumbu X dan Y

Dari grafik respon pada gambar 4.8 tersebut diketahui bahwa sumbu x adalah waktu dan sumbu y adalah tegangan, garis ungu adalah *setpoint* dengan satuan tegangan sedangkan garis biru adalah respon sumbu x dan garis merah adalah respon sumbu y. Nilai *setpoint* adalah 0,733 volt. Jika di analisa *settling time* yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* pada sumbu X dan Y adalah 7 detik, *rise time* pada sumbu X dan Y masing-masing 0,5 detik dan 1 detik dengan nilai *undershoot* 0,371V dan nilai *overshoot* 2,488V.

#### 4.4 Pengujian Motor DC

Pada *plan solar tracker* menggunakan 2 buah motor DC 24 V yang identik. Motor DC yang digunakan mempunyai torsi 25,5 RPM dengan *gear ratio* 1:180



**Gambar 4.9** Spesifikasi Motor DC 24 V

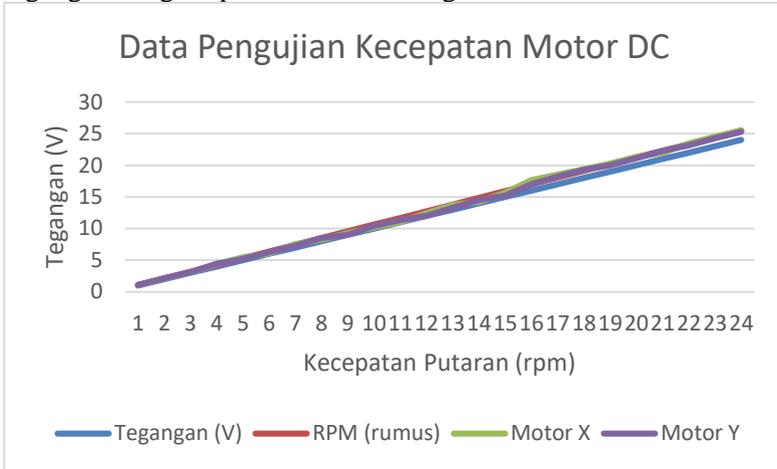
Pengujian motor DC dilakukan untuk mengetahui performa motor DC. Alat yang digunakan adalah *tachometer*, regulator tegangan, Avo Meter, *stopwatch* dan ragum. Berikut ini adalah hasil dari pengujian motor DC :

**Tabel 4.6** Data Pengujian RPM Motor DC

Tegangan (V)	RPM (rumus)	RPM Motor X	RPM Motor Y
1	1,0625	1,052	1,1001
2	2,125	2,1112	2,1345
3	3,1875	3,0832	3,1105
4	4,25	4,3893	4,4312
5	5,3125	5,4744	5,2124
6	6,375	6,0897	6,2487
7	7,4375	7,5481	7,3012
8	8,5	8,2731	8,4921
9	9,5625	9,2775	9,0023
10	10,625	10,1638	10,4319
11	11,6875	11,0743	11,3677
12	12,75	12,4411	12,0202
13	13,8125	13,7692	13,2906
14	14,875	14,227	14,4987
15	15,9375	15,6913	15,198
16	17	17,6496	17,0031
17	18,0625	18,5509	18,2031
18	19,125	19,3763	19,2876
19	20,1875	20,2541	20,0234
20	21,25	21,3267	21,1003
21	22,3125	22,0073	22,2876
22	23,375	23,4872	23,1439
23	24,4375	24,5096	24,2787
24	25,5	25,5001	25,3088

Pada tabel 4.5 menunjukkan RPM motor DC yang diuji mulai dari tegangan 1 VDC sampai 24 VDC. Motor X adalah kecepatan putar (rpm) motor DC sumbu X yang diukur melalui

hasil pengujian. Motor Y adalah kecepatan putar (rpm) motor DC sumbu Y yang diukur melalui hasil pengujian. RPM (rumus) merupakan kecepatan putar (rpm) motor DC sesuai dengan spesifikasi. Berdasarkan tabel 4.5 didapatkan grafik perbandingan tegangan dengan rpm motor DC sebagai berikut :



**Gambar 4.10** Grafik Perbandingan Kecepatan Motor DC

Pada gambar 4.10 dapat diketahui performa motor DC yang digunakan berdasarkan perbandingan kecepatan motor DC pada sumbu X dan Y dengan kecepatan motor DC yang sesuai dengan spesifikasi. Pada saat motor DC bekerja maksimal dengan tegangan 24 VDC kecepatan motor sumbu X sebesar 25.5001 rpm dan sumbu Y 25.3088 rpm. Terdapat selisih 0.0001 pada motor sumbu X dan -0,1912.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun Kesimpulan yang dapat diambil dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Nilai  $K_p$  untuk kontrol P adalah 0,3.
- Nilai *setpoint* adalah 0,733 volt, *settling time* pada sumbu X dan Y adalah 7 detik, *rise time* pada sumbu X dan Y masing-masing 0,5 detik dan 1 detik dengan nilai *undershoot* 0,371V dan nilai *overshoot* 2,488V.
- Selisih pembacaan ADC sensor Utara dan sensor Selatan serta sensor Timur dan sensor Barat tidak lebih dari 150 saat mencapai *setpoint*.
- Nampan pengering mempunyai sudut mati  $15^\circ \pm 2^\circ$  pada sumbu *zenith*

#### **5.2 Saran**

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelanjutan plant ini adalah sebagai berikut :

- Lebih diperhitungkan dalam peletakan alat karena sangat berpengaruh pada sudut *azimuth* dan *zenith*.
- Balancer sensor sebaiknya berbentuk tipis dan cukup untuk 4 dimensi.
- Sensor yang digunakan harus sudah diuji sebelumnya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Yani And S. Fajrin, "Karakteristik Pengeringan Biji Kopi Berdasarkan Variasi," Vol. 20, 2013.
- [2] H. Syah, R. Agustina And R. Moulana, "Rancang Bangun Pengering Surya Tipe Bak Untuk Pengering Biji Kopi," Jurnal Rona Teknik Pertanian, 2016.
- [3] I. W. Sutaya And K. U. Ariawan, "Solar Tracker Cerdas Dan Murah Berbasis," Vol. 5, 2016.
- [4] Hardianto, Hendry Eko dkk. 2014. Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari Pada Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- [5] <http://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/dcmotorpaperandqa.pdf>. Diakses pada tanggal 6 Juni 2017
- [6] Soebhakti,Hendrawan,.2012.membuat Robot Line Follower Sederhana.
- [7] R.Prayogo,.2012."Pengaturan PWM"
- [8] Anonim,2012.Atmega 16, <URL: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/28677/Chapter%20II.pdf>>
- [9] W. Saputra, "Rancang Bangun Solar Tracking System Untuk Mengoptimalkan Penyerapan Energi Matahari Pada Solar Cell," 2008.
- [10] A. Hamni, G. A. Ibrahim And S. Harun, "Implementasi Sistem Gasifikasi Untuk Pengeringan Biji Kopi," *Jurnal Mechanical*, Vol. 5, 2014 .

## LAMPIRAN A

### Program ATmega 16

```
/*  
*****  
*****
```

```
This program was produced by the  
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
http://www.hpinfotech.com
```

```
Project :  
Version :  
Date   : 01/06/2017  
Author : Alif  
Company :  
Comments:
```

```
Chip type       : ATmega16A  
Program type    : Application  
AVR Core Clock frequency: 11,095200 MHz  
Memory model    : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 256
```

```
*****  
*****/
```

```
#include <mega16a.h>  
  
#include <delay.h>  
#include <math.h>  
// Alphanumeric LCD functions  
#include <alcd.h>  
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>
```

```

//output arah ke motor data 0/1
#define dir1_A PORTB.0           //bawah
#define dir2_A PORTB.1
#define dir1_B PORTB.2           //atas
#define dir2_B PORTB.3

//PID X
#define Kp 0.3
#define Ki 0
#define Kd 0
#define dt 0.01                 // nilai waktu sampling, 10ms
float s=0;                       // nilai awal akumulasi error = 0
int eL=0;                         // nilai awal error lalu = 0
float Referensi=1000;           // nilai referensi atau set point
float PID, e;

//PID Y
#define Kpy 0.3
#define Kiy 0
#define Kdy 0
#define dty 0.01                // nilai waktu sampling, 10ms
float sy=0;                       // nilai awal akumulasi error = 0
int eLy=0;                         // nilai awal error lalu = 0
float Referensiy=1000;           // nilai referensi atau set
point
float PIDy, ey;
float digit,digit1;

int PWM,kecepatan;
int PWMx,kecepatanx;

float
Last_Error,DError,Last_Errorx,DErrorx,Ster,Ster1,mka,mki;
float Speed=0;
float responx,respony;

```

```

#define ADC_VREF_TYPE 0x40

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input
voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

// Declare your global variables here

int ldr_utara=0,ldr_selatan=0,ldr_timur=0,ldr_barat=0;
char tampung[20];
int timeout=10000,time=0;
float errorx,errory;
int kondisi=0;

void bacaLDR(void){

    ldr_utara=read_adc(0);
    ldr_selatan=read_adc(1);
    ldr_timur=read_adc(2);
    ldr_barat=read_adc(3);

}

void bandingLDR(void){
if(ldr_utara!=ldr_selatan){

```

```

sumbuy:
    if(ldr_utara<ldr_selatan){
        //gerak ke atas / motor 1 foward
        dir1_B=0;
        dir2_B=1;
    }
    else if(ldr_selatan<ldr_utara){
        //gerak ke bawah / motor 1 reverse
        dir1_B=1;
        dir2_B=0;
    }
    if((ldr_utara!=ldr_selatan) && (time++<=timeout))
goto sumbuy;
    }

```

```

    if(ldr_timur!=ldr_barat){
sumbuz:
        if(ldr_timur<ldr_barat){
            //gerak ke kanan / motor 2 foward
            dir1_A=0;
            dir2_A=1;
        }
        else if(ldr_barat<=ldr_timur){
            //gerak ke kiri / motor 2 reverse
            dir1_A=1;
            dir2_A=0;
        }
        // lcd_gotoxy(5,2);
        // sprintf(tampung,"%1d_%1d",dir1_A,dir2_A);
        // lcd_puts(tampung);
        ldr_timur=read_adc(2);
        ldr_barat=read_adc(3);
        if((ldr_timur!=ldr_barat) && (time++<=timeout))
goto sumbuz;
    }

```

```

}

void kalLDR(void){

    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(tampung,"R:%d
L:%d",ldr_timur,ldr_barat);
    lcd_puts(tampung);
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(tampung,"T:%d
B:%d",ldr_utara,ldr_selatan);
    lcd_puts(tampung);
    lcd_gotoxy(0,2);
    delay_ms(300);

}

```

```

void errorLDR(void){
    bacaLDR();
    errorx=ldr_timur-ldr_barat;
    if(errorx<=0)
    {errorx=errorx*-1;}
    errory=ldr_utara-ldr_selatan;
    if(errory<=0)
    {errory=errory*-1;}

    e=errorx;
    ey=error;

    /*lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(tampung,"error X:%d",errorx);
    lcd_puts(tampung);
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(tampung,"error Y:%d",error);

```

```

        lcd_puts(tampung);
        delay_ms(300);
        */
    }

void PWM_jalan(void){
    kecepatan=100; //max 100
    PWM=(kecepatan*254/100);
    OCR1A=PWM;
    kecepatanx=100; //max 100
    PWMx=(kecepatanx*254/100);
    OCR1B=PWMx;

}

void PIDxy(void) {
//PID X

    PID=((Kp*errorx)+(Ki*s)+(Kd*(errorx-eL)/dt)); //
hitung kontroler PID, satuan rpm
    s=s+errorx*dt; // akumulasi error, satuan rpm
    eL=errorx;

    PIDy=((Kpy*errorx)+(Ki*s)+(Kd*(errorx-eLy)/dty)); //
hitung kontroler PID, satuan rpm
    s=s+errorx*dt; // akumulasi error, satuan rpm
    eLy=errorx; // error lalu, satuan rpm

    responx=PID*255/100;
    respony=PIDy*255/100;

    if(responx<0) responx=0; // tidak ada fungsi
pengereman
    if(responx>255) responx=255; // batas rpm
maksimal

```

```
        if(respony<0) respony=0;           // tidak ada fungsi
pengereman
        if(respony>255) respony=255;       // batas rpm
maksimal
```

```
        OCR1A=responx;    // ubah rpm ke nilai OCR untuk
PWM
```

```
        OCR1B=respony;    // ubah rpm ke nilai OCR untuk
PWM
```

```
        delay_ms(1000*dt); // tunda beberapa saat,
//          // untuk pengaturan waktu sampling
```

```
    }
    void control(void)//scanning motor jalan terus
    {
        bacaLDR();
        kalLDR();//tampil data Lcd
        errorLDR(); //selisih LDR
        PWM_jalan();
        bandingLDR();
    }
```

```
    void controlxy(void)//scanning motor dapat berhenti
ketika error <150
```

```
    {
        bacaLDR();
        kalLDR();//tampil data Lcd
        errorLDR(); //selisih LDR
        PWM_jalan();
        if((errorx<=150)&&(errorx<=150))
        {
            dir1_B=1;
            dir2_B=1;

            dir1_A=1;
            dir2_A=1;
```

```

        kondisi=1 ;
    }

    else
    {
        bacaLDR();
        kalLDR();
        bandingLDR();
        kondisi =0;
    }
}

void PID_respon(void)
{
    bacaLDR();
    errorLDR();      //selisih LDR
    PIDxy();
    bandingLDR();
    kalLDR();
    delay_ms(300);
}

void main(void)
{
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T
State2=T State1=T State0=T
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    // Port B initialization

```

```
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T
State2=T State1=T State0=T
    PORTB=0x00;
    DDRB=0x0F;
```

```
    // Port C initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T
State2=T State1=T State0=T
    PORTC=0x00;
    DDRC=0x00;
```

```
    // Port D initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T
State2=T State1=T State0=T
    PORTD=0x00;
    DDRD=0x30;
```

```
    // Timer/Counter 0 initialization
    // Clock source: System Clock
    // Clock value: Timer 0 Stopped
    // Mode: Normal top=0xFF
    // OC0 output: Disconnected
    TCCR0=0x00;
    TCNT0=0x00;
    OCR0=0x00;
```

```
    // Timer/Counter 1 initialization
    // Clock source: System Clock
    // Clock value: Timer1 Stopped
    // Mode: Normal top=0xFFFF
```

```
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0xA1;
TCCR1B=0x09;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

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

```

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1:
Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 693,450 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric
LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0

```

```
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

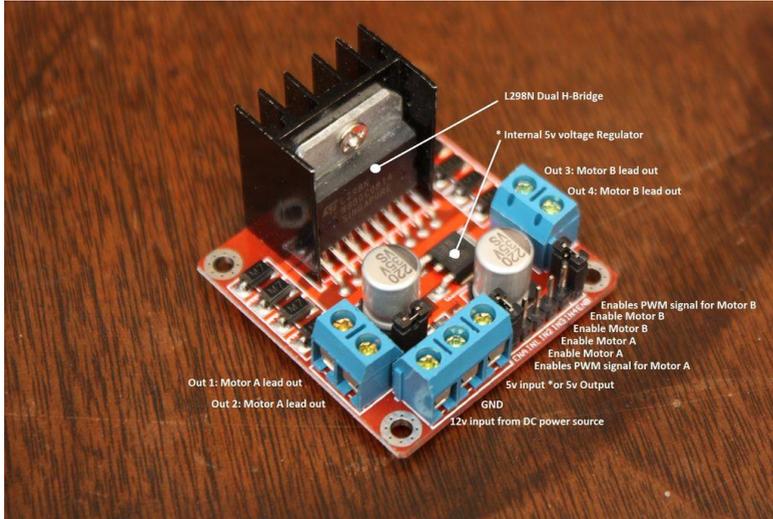
while (1)
{
    // Place your code here

    //control();//tanpa rem
    // controlxy();//error<150
    // PID_respon();//PID
    //   dir1_A=0;
    //   dir2_A=1;
    // PWM_jalan();
    //kalLDR();
    PID_respon();

}
}
```

## LAMPIRAN B

### DataSheet Driver Motor L298N



#### **Usage:**

*H-Bridge's are typically used in controlling motors speed and direction, but can be used for other projects such as driving the brightness of certain lighting projects such as high powered LED arrays.*

#### **How it works:**

*An H-Bridge is a circuit that can drive a current in either polarity and be controlled by \*Pulse Width Modulation (PWM).*

*\* Pulse Width Modulation is a means in controlling the duration of an electronic pulse. In motors try to imagine the brush as a water wheel and electrons as a the flowing droplets of water. The voltage would be the water flowing over the wheel at a constant rate, the more water flowing the higher the voltage. Motors are rated at certain voltages and can be damaged if the voltage is applied to heavily or if it is dropped quickly to slow the motor*

*down. Thus PWM. Take the water wheel analogy and think of the water hitting it in pulses but at a constant flow. The longer the pulses the faster the wheel will turn, the shorter the pulses, the slower the water wheel will turn. Motors will last much longer and be more reliable if controlled through PWM.*

***Pins:***

- *Out 1: Motor A lead out*
- *Out 2: Motor A lead out*
- *Out 3: Motor B lead out*
- *Out 4: Mo (Can actually be from 5v-35v, just marked as 12v)*
- *GND: Ground*
- *5v: 5v input (unnecessary if your power source is 7v-35v, if the power source is 7v-35v then it can act as a 5v out)*
- *EnA: Enables PWM signal for Motor A (Please see the "Arduino Sketch Considerations" section)*
- *In1: Enable Motor A*
- *In2: Enable Motor A*
- *In3: Enable Motor B*
- *In4: Enable Motor B*
- *EnB: Enables PWM signal for Motor B (Please see the "Arduino Sketch Considerations" section)*

***Specifications:***

- *Double H bridge Drive Chip: L298N*
- *Logical voltage: 5V Drive voltage: 5V-35V*
- *Logical current: 0-36mA Drive current: 2A (MAX single bridge)*
- *Max power: 25W*
- *Dimensions: 43 x 43 x 26mm*
- *Weight: 26g*

*\*Built-in 5v power supply, when the driving voltage is 7v-35v*

## BIODATA PENULIS



Nama Penulis Ahmad Zaky, dilahirkan di Blitar, 03 Desember 1995. Alamat Dsn.Cungkup Ds.Bacem 03/06 Kec.Sutojayan Kab.Blitar. Riwayat Pendidikan Penulis dimulai dari TK Al-Hidayah Bacem dilanjutkan di MI Al-Ma'arif Margomulyo 1 dan dilanjutkan lagi di MTsN Jabung dan dilanjutkan lagi di SMAN 1 Blitar dan pada tahun 2014 masuk di Prodi D3 Teknik Instrumentasi, Departemen Teknik

Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan NRP : 24 14 031 051. Apabila terdapat pertanyaan tentang tugas akhir ini maka dapat menghubungi nomor telpon penulis yaitu : 085649592580, dan dapat juga melalui email penulis yaitu ahmadzaky40@gmail.com.