

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT ESKALATOR  
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO 328**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**FELIX MANAHAN ABET NEGRO**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2015**

# **ABSTRAK**

## **RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT ESKALATOR OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

**Oleh**

**Felix Manahan Abet Nego**

Eskalator adalah salah satu alat transportasi vertikal berupa konveyor untuk mengangkut orang, yang terdiri dari beberapa tangga yang dapat bergerak ke atas dan ke bawah mengikuti jalur yang berupa rel atau rantai yang digerakkan oleh motor. Untuk menghemat daya eskalator perlu tidak dioperasikan jika tidak ada penumpang di atasnya.

Tujuan dari penelitian ini merancang dan membuat prototipe eskalator dengan sistem pengendali *on / off* otomatis pada eskalator dengan menggunakan teknologi sensor *infrared* modul arduino dan menggunakan mikrokontroler arduino 328. Dan motor DC digunakan sebagai penggerak eskalator. Sistem kendali *on / off* otomatis adalah sebuah sistem kendali yang dirancangnya dapat mengaktifkan dan mematikan prototipe eskalator sesuai dengan keperluan, mengatur kecepatan motor dan sensor *infrared* untuk proses *switching*.

Hasil penelitian ini adalah prototipe eskalator dengan pengendali operasi secara otomatis. Dari pengujian dengan berbagai beban 0,1 kg, 0,2 kg, 0,4 kg, 0,6 kg, 0,7 kg, dan 1 kg diperoleh bahwa kecepatan motor konstan sampai saat beban 0,6 kg sedangkan setelah diberikan beban lebih besar kecepatan eskalator semakin menurun. Hasil pengujian pada saat diberikan beban 0,1 kg selama 50 detik dapat menghemat daya sebesar 0,028 Wh dibandingkan jika eskalator beroperasi secara terus-menerus.

Kata kunci : Eskalator, Pengendali *On / Off automatis*, Motor DC, Mikrokontroler Arduino 328

# **ABSTRACT**

## **PROTOTYPE TOOL DESIGN BASED AUTO ESCALATOR MICROCONTROLLER ATMEGA 328**

**By**

**Felix Manahan Abet Nego**

Escalator is one of vertical transportation vehicle in the form of a conveyor to transport people, which is consists of several stairs that can move up and down following the path of rail or chain that driven by a motor. To save power eskalator need to not in operation if no passenger on it .

This research applies the automatic escalator system with an automatic system controller On / Off in escalator technology using infrared sensor module arduino and arduino microcontroller 328. The DC motor is used to drive the escalator. Automatic control system On / Off is a control system that designed can turn on and turn off the escalator in accordance with the purposes, to regulate the motor speed and infrared sensor for the switching process.

The result of this research is prototype eskalator with control operation automatically .Of testing in various burden 0.1 kg , 0.2 kg , 0.4 kg , 0.6 kg , 0.7 kg , and 1 kg obtained that motor speed constant until now load 0.6 kg of while having given a bigger load speed escalator was declining .The results of testing at the time given load 0.1 kg for 50 seconds can save of power equal to 0,028 Wh compared with eskalator operate in continuous.

Keywords: Escalators, Automatic Controller On / Off, DC Motor, Microcontroller Arduino 328

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT ESKALATOR  
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO 328**

**Oleh**

**FELIX MANAHAN ABET NEGO**

**Skripsi**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2015**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT  
ESKALATOR OTOMATIS BERBASIS  
MIKROKONTROLLER ARDUINO 328**

Nama Mahasiswa : **Felix Manahan Abet Nego**

Nomor Pokok Mahasiswa : 0815031056

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

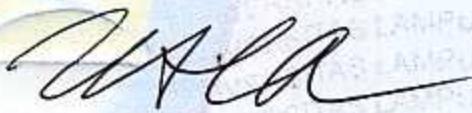


**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



**Ir. Noer Sudjarwanto, M.T.**  
NIP 19631114 199903 1 001



**Osea Zebua, S.T., M.T.**  
NIP 19700609 199903 2 003

**2. Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**  
NIP 19731128 199903 1 005

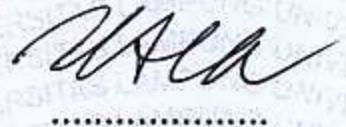
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

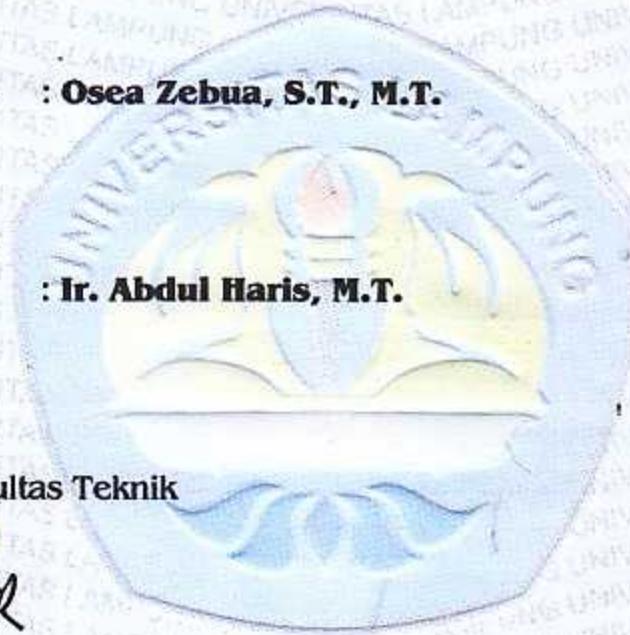
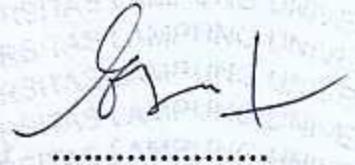
Ketua : **Ir. Noer Sudjarwanto, M.T.**



Sekretaris : **Osea Zebua, S.T., M.T.**



Penguji : **Ir. Abdul Haris, M.T.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik

**Prof. Dr. Suharno, M.Sc.**

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Desember 2015**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan didalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 18 Februari 2016



Felix Manahan Abet Nego

0815031056

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 02 Februari 1991 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari bapak Alponsius Simangunsong dan Hotmaria Sihombing. Pendidikan sekolah dasar diselesaikan di SDN Margahayu XIX pada tahun 2002, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Bekasi diselesaikan pada tahun 2005, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Tambun Selatan diselesaikan pada tahun 2008.

Pada tahun 2008, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN ( Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) 2008. Selama menjadi mahasiswa, Penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai Anggota Departemen Pendidikan dan Pengkaderan pada tahun 2010-2011. Pada 5 Oktober - 30 Oktober 2012, Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT.KRAKATAU DAYA LISTRIK.

*Kupersembahkan Karya Kecil dan Sederhana  
Ini Untuk Ayah Dan Ibuku Tercinta ;*

*Alponsius  
&  
Hotmaria*

*atas ketulusan, kasih sayang, doa dan semua pemberian yang  
tiada henti...*

*Tak lupa untuk saudaraku tersayang ;*

*Martha Yosefa  
Albert Yosua*

*atas doa dan dukungan yang diberikan...*

*“Always be yourself no matter what they say and never be anyone else even if they look better than you”*

*“Tuhan tidak pernah salah dalam memberikan rezeki”*

*“Lebih baik merasakan sulitnya pendidikan sekarang daripada rasa pahitnya kebodohan kelak”*

*“The greatest secret of success is there is no big secret, whoever you are, you will be successful if you Endeavor in earnest”*

## SANWACANA

*Salam Sejahtera*

Puji syukur saya panjatkan kepada Sang sutradara alam ini Tuhan Yang Maha Kuasa, karena berkat rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Doa serta salam senantiasa tercurah kepada keluarga, sahabat dan pengikutnya yang senantiasa setia sampai akhir zaman.

Skripsi yang berjudul “ RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT ESKALATOR OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO 328 “ sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama proses pengerjaan skripsi ini, tak lupa penulis sampaikan penghargaan dan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi dan menyusun laporan ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu, khususnya kepada :

1. Kedua Orang tua saya, Ayahanda Alponsius Simangunsong dan Ibunda Hotmaria Sihombing, yang senantiasa memberikan doa, serta dukungannya.
2. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik

3. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Noer Soedjarwanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
5. Bapak Osea Zebua ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing Pendamping Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Abdul Haris, M.T selaku Dosen Penguji Tugas Akhir
7. Bapak serta Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro atas didikkan, bimbingan, serta ilmu pengetahuan yang telah diberikan.
8. Mbak Ning dan jajaran staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Saudara-saudara kandungku tersayang Martha Yosefa Simangunsong, Albert Yosua Simangunsong, Uda, Inanguda, Amangboru, Namboru, Tulang, Nantulang, Paktua, Maktua.
10. Kawan-kawan belimbing ( Sate, Sentot, Bung Mat, Mango, Jaipong, Tukul, Martha)
11. Kawan-kawan pelangi (Giri blek tole, Bembi Bambang, Matul Anak Soleh, Lek jae Tuntas, M..Ridho XD, Rizky kodok, Kakek Aferdi, Nora gondrong, Aris Gembul, Kyai Marwanto, Papah Fegi, Ade Lemos, Arif Sutarif, Yudhay Yudhi, Indra Kiting, Ngabdul komet khumaedi, Taufik Helm, Olil Tengil, Uli Nol, dan Abi Admin) yang telah bertahan atas kerepotan dan rasa sakit yang saya timbulkan.
12. Kawan-kawan di Lab. (Suhu Bayu, Ayah Firman, Yoga, Ujang, Dinan, Syeng Adi, Perdana, Cahyadi, Rahmat Natar, Audli, Yogie, Ridolf, Pak Guru, Mang Syuhada, Habibie, Marta, Cornel, Yus, Una, Hasron, Insan, Reza, Pujo, Big

Bro Aries, dll) atas kebersamaan dalam canda dan tawa dalam mengisi malam-malam di Lab.

13. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro khususnya angkatan 2008 yang sangat luar biasa.

14. Serta pihak-pihak yang telah membantu M.Cahnyonyo, Haki, Kocong.

15. Almamater tercinta, atas kisah hidup yang penulis dapatkan semasa kuliah.

Semoga Tuhan senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta mencatat kebaikan kita menjadi suatu nilai ibadah, Amin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan serta saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

**Salam Sejahtera.**

Bandar lampung, 11 Desember 2015

Penulis

Felix Manahan Abet Nego

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR ISTILAH .....	x
I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan .....	2
C. Perumusan Masalah .....	3
D. Batasan Masalah .....	4
E. Manfaat .....	5
F. Hipotesis .....	5
G. Sistematika Penulisan .....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. Eskalator.....	6
1. Sejarah dan Perkembangan Eskalator .....	6
B. Motor DC .....	9
1. Penjelasan Singkat Motor DC .....	9
2. Prinsip Kerja Motor DC .....	14
3. Cara Kerja Motor DC .....	15
4. Jenis-Jenis Motor DC .....	16
5. Torsi Pada Motor DC .....	27
C. Sensor <i>Infrared</i> Modul Arduino .....	30
D. Mikrokontroler Arduino 328.....	32

1. Konfigurasi Pin Atmega 328.....	32
2. Fitur Atmega 328.....	35
III. METODE PENELITIAN .....	37
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
B. Alat dan Bahan .....	37
C. Metode Penelitian .....	38
D. Pembuatan Alat.....	44
E. Pengujian Alat .....	44
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	45
A. Perancangan Alat.....	45
B. Peralatan Yang Digunakan .....	47
1. PC .....	47
2. Mikrokontroler Arduino 328 .....	47
3. Motor DC .....	48
4. Sensor <i>Infrared Module Arduino</i> .....	49
5. <i>Power Supply</i> .....	49
6. <i>Relay</i> .....	50
7. Alat-Alat Pendukung .....	50
C. Program Mikrokontroler Arduino .....	50
D. Hasil Data Pengujian .....	53
1. Pengujian Dengan Tanpa Beban (No Load) .....	53
2. Pengujian Dengan Beban 0,1 kg .....	54
3. Pengujian Dengan Beban 0,2 kg.....	54
4. Pengujian Dengan Beban 0,4 kg.....	55
5. Pengujian Dengan Beban 0,6 kg.....	56
6. Pengujian Dengan Beban 0,7 kg .....	57
7. Pengujian Dengan Beban 1 kg.....	58

E.	Gambar Grafik dan Analisa .....	59
	1. Grafik Arus Motor DC Pada Setiap Pengujian.....	59
	2. Grafik Kecepatan Motor DC Pada Setiap Pengujian .....	60
	3. Grafik Daya yang Dihasilkan Pada Setiap Pengujian .....	61
	4. Grafik Kecepatan Rata-Rata Motor DC Pada Setiap Pengujian..	62
	5. Grafik Arus Rata-Rata Motor DC Pada Setiap Pengujian.....	63
F.	Perhitungan Penghematan Daya Eskalator.....	64
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	65
	A. Simpulan.....	65
	B. Saran .....	65
	DAFTAR PUSTAKA .....	
	LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Motor DC Sederhana.....	11
Gambar 2.2. Komponen Stator .....	13
Gambar 2.3. Konstruksi Rotor .....	14
Gambar 2.4. Rangkaian <i>Motor Shunt</i> .....	16
Gambar 2.5. Karakteristik Motor DC <i>Shunt</i> .....	18
Gambar 2.6. Rangkaian Motor Seri .....	21
Gambar 2.7. Rangkaian Motor Kompon.....	23
Gambar 2.8. Karakteristik Motor DC Berpengutan Seri.....	25
Gambar 2.9. Jenis-Jenis Rangkaian Motor DC.....	28
Gambar 2.10. Kurva Perbandingan Torsi Dengan Kecepatan Motor .....	29
Gambar 2.11 Rangkaian Motor Lilitan Gabungan .....	30
Gambar 2.12. Sensor <i>Infrared</i> Modul Arduino.....	30
Gambar 2.13. Pin Mikrokontroller Arduino. ....	32
Gambar 2.14. Mikrokontroller Arduino.....	33
Gambar 3.1. Dimensi Alat .....	39
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian .....	40
Gambar 3.3. Blok Diagram .....	40
Gambar 3.4. Perancangan Alat.....	42

Gambar 3.5. Blok Diagram Catu Daya. ....	43
Gambar 4.1. Rangkaian Skematik Percangan Alat .....	46
Gambar 4.2. Mikrokontroller Arduino 328.....	47
Gambar 4.3. Motor DC .....	48
Gambar 4.4. Sensor <i>Infrared</i> Modul Arduino.....	49
Gambar 4.5. <i>Power Supply</i> .....	49
Gambar 4.6. Relai .....	50
Gambar 4.7. Grafik Arus Motor DC Pada Setiap Pengujian .....	60
Gambar 4.8. Grafik Kecepatan Motor DC Pada Setiap Pengujian .....	60
Gambar 4.9. Grafik Daya Motor DC Pada Setiap Pengujian.....	61
Gambar 4.10. Grafik Kecepatan Rata-Rata Motor DC Pada Setiap Pengujian ....	62
Gambar 4.11. Grafik Arus Rata-Rata Motor DC Pada Setiap Pengujian .....	63

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Lebar Pijakan Eskalator Dan Energi Yang Digunakan.....	9
Tabel 4.1. Tabel Hasil Pengujian Tanpa Beban.....	53
Tabel 4.2. Tabel Hasil Pengujian Beban 0,1 kg .....	54
Tabel 4.3. Tabel Hasil Pengujian Beban 0,2 kg .....	55
Tabel 4.4. Tabel Hasil Pengujian Beban 0,4 kg .....	56
Tabel 4.5. Tabel Hasil Pengujian Beban 0,6 kg .....	57
Tabel 4.6. Tabel Hasil Pengujian Beban 0,7 kg .....	58
Tabel 4.7. Tabel Hasil Pengujian Beban 1 kg .....	59

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pada saat ini teknologi memiliki peranan yang penting untuk kemajuan manusia, tentunya di setiap bidangnya teknologi sudah sangat bermacam-macam. Salah satunya adalah teknologi di bidang elektro, eskalator adalah salah satu contoh alat di majunya teknologi saat ini. Eskalator adalah salah satu alat transportasi vertikal berupa konveyor untuk mengangkut orang, yang terdiri dari tangga terpisah yang dapat bergerak ke atas dan ke bawah mengikuti jalur yang berupa rail atau rantai yang digerakkan oleh motor. Karena digerakkan oleh motor listrik, tangga berjalan ini dirancang untuk mengangkut orang dari bawah ke atas atau sebaliknya. Pemakaiannya terutama di pusat perbelanjaan, bandara, hotel, pusat konvensi, dan fasilitas umum lainnya. Pada dasarnya eskalator selalu bekerja secara terus – menerus (kontinyu) sehingga daya yang dihasilkan sangat besar. Oleh karena itu akan dirancang eskalator otomatis agar dapat menghemat daya pemakaian.

Penggunaan eskalator tidak setiap saat digunakan, tergantung kepada jumlah pengunjung. Pada waktu-waktu tertentu biasanya dijumpai eskalator beroperasi tanpa beban atau orang. Keadaan ini menjadi tidak efisien dalam penggunaan energi listrik.

Untuk dapat mencapai efisiensi dalam menggunakan eskalator, dirancanglah suatu sistem pengendali *On / Off* otomatis pada eskalator. Sistem kendali yang dirancangnya dapat mengaktifkan dan mematikan eskalator sesuai dengan keperluan. Dengan kata lain, eskalator akan mati pada saat tidak ada orang.

Pada tugas akhir ini akan dirancang sebuah eskalator otomatis dengan mengatur kecepatan motor dan sensor *infrared* untuk proses *switching*. *Infrared* tidak secara langsung mematikan atau mengaktifkan eskalator tetapi ditambah dengan *timer*. Penggunaan *timer* untuk memberi *range* waktu dan mengatasi kondisi *switching* yang berkali-kali.

Eskalator otomatis ini bekerja apabila ada orang atau benda yang melewati sensor *infrared* lalu berhenti di saat tidak ada orang atau benda yang melewati sensor. Perancangan eskalator melalui perancangan perangkat elektronik, perancangan mekanik dan perancangan perangkat lunak (*software*). Sebagai pengendali utama digunakan mikrokontroler Atmega 8535 yang terhubung dengan rangkaian *driver* motor DC.

## **B. Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang dan membuat Prototipe eskalator pintar
- b. Menganalisis kecepatan motor DC.
- c. Menganalisis bagaimana merancang suatu sistem kontrol yang nantinya berakibat pada penghematan energi listrik.

### **C. Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dengan berhasilnya perancangan dan pembuatan Prototipe eskalator otomatis ini dapat diketahui kecepatan motor yang dipakai untuk menjalankan eskalator otomatis ini dan dapat mengetahui perbedaan jumlah daya eskalator otomatis dengan eskalator pada umumnya.

### **D. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang dan membuat program kontrol pengoperasian eskalator yang berbasis mikrokontroller dengan mengaplikasikan komponen elektronika sebagai sensor.
2. Bagaimana mengetahui perbedaan daya yang dihasilkan penggunaan eskalator otomatis dengan eskalator pada umumnya.

### **E. Batasan Masalah**

Untuk mempermudah dalam pembahasan Rancang Bangun Prototipe Alat Eskalator Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino 328 ini, maka tidak semua aspek yang berhubungan dengan tugas akhir dibahas. Oleh karena itu perlu diberikan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Eskalator dirancang dalam bentuk miniatur, sehingga dalam kenyataanya diperlukan perubahan komponen guna menyelesaikanya.
2. Hanya menggunakan sensor infrared.

### **F. Hipotesis**

Hipotesis dari penelitian ini adalah terciptanya prototipe eskalator otomatis untuk menganalisis biaya penggunaan eskalator otomatis.

### **G. Sistematika Penulisan**

Tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Memaparkan pustaka referensi yang akan digunakan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Memaparkan pustaka referensi yang akan digunakan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan alur kerja dan metode yang digunakan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menyajikan analisis data dan hasil perhitungan yang didapat.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan dan saran dari penulis mengenai hasil dari pembuatan eskalator otomatis dan analisis biaya penggunaan eskalator otomatis.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. ESKALATOR

#### 1. Sejarah dan Perkembangan Eskalator

Tanggal 15 Maret 1892, penemu dan insinyur Jesse Wilford Reno dari New York, mematenkan produk semacam eskalator yang disebutnya sebagai "*inclined elevator*". namun, Reno bukanlah orang pertama yang mematenkan produk semacam itu, melainkan Nathan Ames dari Saugus, Massachusetts pada 1859, sayangnya rancangan Ames tidak pernah dibuat. Sama halnya dengan rancangan Reno yang diwujudkan di Old Iron Pier, Coney Island, New York, berupa sabuk berjalan yang dapat memindahkan orang pada kemiringan 25 derajat. Rancangan ini berbeda dengan rancangan Ames, berupa anak-anak tangga yang dipasang pada sabuk atau rantai. Eskalator seperti yang dikenal kini adalah hasil karya Charles d'Seeberger pada tahun 1897, ia juga yang menggunakan nama "*escalator*", diambil dari kata latin "*scala*" yang artinya "langkah" dan elevator. Seeberger dan Otis kemudian merancang eskalator publik pertama yang digunakan di Paris Exhibition tahun 1900 dan memenangkan hadiah pertama. Seeberger kemudian menjual hak patennya kepada Otis pada tahun 1910.

Eskalator sendiri merupakan salah satu alat transportasi vertikal berupa konveyor untuk mengangkut orang, yang terdiri dari tangga terpisah yang dapat bergerak ke atas dan ke bawah mengikuti jalur atau rel yang digerakkan oleh motor. Karena digerakkan oleh motor listrik, tangga berjalan ini digunakan untuk mengangkut orang dari bawah ke atas atau sebaliknya. Untuk jarak pendek eskalator digunakan di seluruh dunia untuk mengangkut pejalan kaki yang mana menggunakan elevator tidak praktis.

Pemakaiannya terutama di daerah pusat perbelanjaan, bandara, hotel, sistem transit, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya. Keuntungan dari eskalator cukup banyak seperti mempunyai kapasitas memindahkan sejumlah orang dalam jumlah besar dan tidak ada interval waktu tunggu terutama di jam-jam sibuk dan mengarahkan orang ke tempat tertentu seperti pintu keluar, pertemuan khusus dan lain-lain. Pemilihan eskalator didasarkan pada jumlah maksimum orang yang perlu dipindahkan dalam waktu lima menit (sama halnya dengan *lift*). Kemampuan sekelompok eskalator untuk mengangkut orang harus sesuai dengan waktu tersibuk yang direncanakan. Hal ini perlu dilakukan secara cermat, terutama untuk aplikasi tertentu seperti stasiun kereta api bawah tanah (*subway*) dimana pada saat yang bersamaan sejumlah penumpang ke luar dari kereta api dan ingin secara cepat keluar. Eskalator berjalan digerakkan oleh motor listrik yang berputar secara tetap dan dilengkapi dengan pegangan tangan yang bergerak sama cepatnya dengan kecepatan bergeraknya anak tangga/ramp. Kecepatan yang dapat

digunakan adalah antara 0,45-0,60 meter/detik, tetapi dengan rancangan khusus, kecepatan eskalator dapat dipercepat di atas 0,70 meter/detik.

Eskalator hanya mempunyai dua jenis, jalur tunggal (untuk satu orang berdiri) dengan lebar 61–81 cm, dan jalur ganda (untuk dua orang berdiri bersama dalam satu anak tangga) dengan lebar 100– 120 cm. Kemiringan maksimal yang dapat diterima adalah 35 derajat, dengan ketinggian maksimal 20 meter. Sedangkan *ramp* berjalan hanya mampu mempunyai kemiringan maksimal 15 derajat, dengan kecepatan antara 0,60 sampai 1,33 meter/detik.

Kemampuan eskalator mengangkut orang atau daya angkut dalam waktu lima menit, untuk jenis eskalator tunggal dengan kecepatan 0,45 meter/detik adalah 170 orang, sedangkan dengan kecepatan 0,60 meter/detik dapat mencapai 225 orang. Daya angkut untuk jenis ganda dalam waktu lima menit, untuk kecepatan 0,45 meter/detik adalah 340 orang, sedangkan dengan kecepatan 0,60 meter/detik dapat mencapai 450 orang.

Untuk bangunan kantor dan pusat perbelanjaan yang jumlah lantainya kurang dari enam lantai, penggunaan eskalator untuk naik-turun orang sangat dianjurkan. Sepasang eskalator beralur tunggal sesuai untuk luas lantai 10.000 meter persegi, sedangkan untuk yang beralur ganda sesuai untuk luas lantai 20.000 meter persegi. Untuk kompleks pertokoan, selain perlu disediakan satu *lift* untuk setiap 10.000 meter persegi lantai, juga perlu disediakan satu eskalator (alur ganda) untuk setiap 5.000 meter persegi luas lantai. Standard

lebar dan kapasitas anak tangga dari eskalator dapat terlihat dari tabel berikut  
:[10]

Tabel 2.1. Tabel Lebar Pijakan Eskalator dan Energi yang Digunakan [10]

Ukuran	Lebar Anak Tangga	Kapasitas Anak Tangga	Penggunaan	Pemakaian Daya
Sangat Kecil	400 mm (16 in)	1 penumpang	Toko di waktu dulu	3,7 kW (5 hp)
Kecil	600 mm (24 in)	1 penumpang	Tempat sepi penumpang, biasanya bagian atas toko	3,7 kW (5 hp)
Sedang	800 mm (32 in)	1 penumpang + barang	Mall, toko, dan bandara kecil	7,5 kW (10 hp )
Besar	1000 mm (40 in)	2 penumpang	Jalur padat penumpang, bandara besar, stasiun kereta,dll	7,5 kW (10 hp )

## B. Motor DC

### 1. Penjelasan Singkat Motor DC

Motor DC adalah suatu motor yang mengubah energi listrik searah menjadi energi mekanis berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC digunakan sebagai kontrol kecepatan dan kecepatan torsi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan aplikasinya. Kopling diantara sistem listrik dan sistem mekanis adalah melalui medium dari medan arus listrik atau medan muatan. Maka

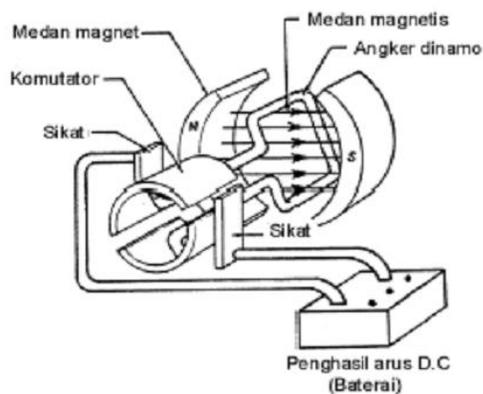
pengubahan tenaga elektro-mekanis akan bergantung pada keberadaan dalam dari fenomena yang menghubungkan medan listrik dan medan magnet di satu pihak serta gaya mekanis dan gerak di pihak lainnya. Fenomena yang dimaksudkan tersebut adalah tegangan, gaya pada besi, dan gaya pada konduktor. Motor DC dapat bekerja hanya dengan memberi polaritas tegangan pada motornya. Untuk pengaturan penggunaannya diperlukan suatu rangkaian *driver*. Fungsi dari rangkaian *driver* ini adalah agar motor DC tersebut dapat diatur berputar atau berhenti.

Motor DC sangat dikenal karena pemakaiannya yang beraneka ragam. Dengan melakukan berbagai penggabungan lilitan medan yang diteral secara *shunt*, seri maupun secara terpisah, dapat dirancang suatu motor yang dapat menampilkan karakteristik tegangan-arus atau kecepatan-momen yang bermacam-macam untuk penggunaan dinamik maupun keadaan tetap. Karena mudah diatur, sistem motor DC sering digunakan pada pemakaian yang memerlukan rentang kecepatan yang lebar atau pengaturan yang teliti pada keluaran yang diinginkan.

Motor DC memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor DC terdapat pada stator (bagian yang tidak berputar), dan kumparan jangkar terdapat pada rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar didalam medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran. Prinsip kerja dari arus searah adalah

membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator. maka dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang dapat berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen. Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya.



Gambar 2.1. Motor DC Sederhana [3]

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker stator atau

biasa disebut rotor. Angker stator adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

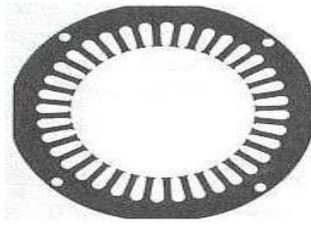
Berikut bagian-bagian utama pada motor DC :

**a. Kutub medan**

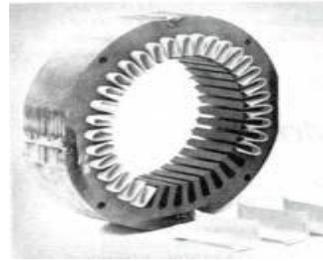
Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan stator yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih kumparan. Kumparan menerima daya listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.[4]

**b. Stator**

Inti stator terbuat dari lapis-lapis pelat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat baja yang di pabrikan. Lilitan-lilitan sama halnya dengan lilitan stator dari generator sinkron, diletakkan dalam alur stator yang terpisah 120 derajat. Lilitan fasa ini bisa tersambung delta ataupun bintang. Dapat dilihat konstruksi stator pada motor induksi pada gambar 2.2 dibawah ini:



a. Lempengan inti



b. Tumpukan inti

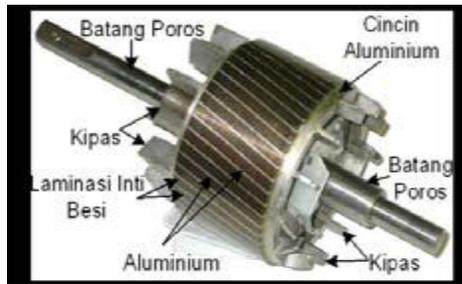


c. Tumpukan inti dan belitan.

Gambar 2.2. Komponen Stator

### c. Rotor

Rotor dari motor sangkar tupai adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor dipasang paralel dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti karena arus rotor secara alamiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubungkan singkat dengan cincin ujung. Konduktor rotor dan cincin ujung serupa dengan sangkar tupai yang berputar sehingga dinamakan demikian. Kontruksi rotor pada motor induksi dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini:



a. Bagian-bagian Rotor sangkar



b. Rotor Sangkar

Gambar 2.3.Kontruksi rotor.[6]

#### d. Komutator (*Commutator*).

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam stator. Komutator juga membantu dalam transmisi arus antara stator dan sumber daya.[6]

## 2. Prinsip kerja dari motor DC

Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu.

Konversi energi baik energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem ke sistem yang lain, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem lainnya. Dengan demikian, medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi juga sekaligus proses perubahan energi.

### **3. Cara kerja dari motor DC**

Motor DC mempunyai rotor (bagian yang bergerak) magnet permanen dan stator (bagian yang tidak bergerak ) yang berupa koil atau gulungan kawat tembaga, dimana setiap ujungnya tersambung dengan komutator. Komutator ini dihubungkan dengan kutub positif dan kutub negatif dari catu daya melalui sikat-sikat.

Arus listrik dan kutub positif akan masuk melewati suatu komutator, kemudian berjalan mengikuti gabungan kawat sebelumnya dan akhirnya masuk ke kutub negatif dari catu daya. Karena ada medan elektromagnetik maka motor akan berputar.

Arus listrik didalam kawat akan berjalan bolak-balik karena putaran rotor, jalannya sesuai dengan arah medan magnet, maka rotor akan selalu berputar terus menerus selama arus listrik tetap mengalir didalam kawat.[4]

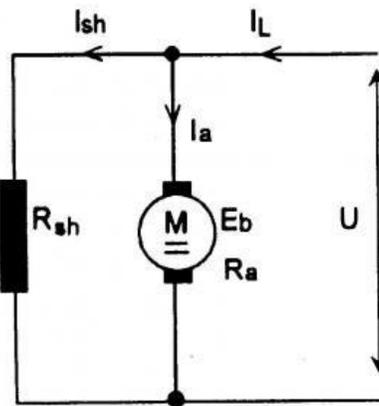
#### 4. Jenis Motor DC

Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar motor DC dengan penguat sendiri dapat dibedakan :

##### a. Motor *shunt*

##### 1. Penjelasan Motor *Shunt*

*Motor shunt* mempunyai kecepatan yang hampir konstan. Pada tegangan jepit ( $U$ ) konstan, *motor shunt* mempunyai putaran hampir konstan walaupun terjadi perubahan beban. Perubahan kecepatan hanya sekitar 10%. Misalnya untuk pemakaian kipas angin, blower, pompa centrifugal, elevator, pengaduk, mesin cetak, dan juga untuk pengerjaan kayu dan logam. Berikut gambar rangkaian dari motor *shunt*,



Gambar 2.4. Rangkaian Motor *Shunt* [8]

Dengan melihat rangkaian pada gambar 2.4, dapat diketahui nilai dari motor *Shunt* dengan melihat persamaan dibawah ini:

$$I_L = I_a + I_{sh} \quad (2.1)$$

$$V_{sh} = I_{sh} R_{sh} \text{ (tegangan shunt )} \quad (2.2)$$

$$V_{Ra} = I_a R_a \text{ (tegangan pada kumparan armatur )} \quad (2.3)$$

$$P_a = E_a I_a \text{ ( daya armatur )} \quad (2.4)$$

$$E_a = V_t - I_a R_a - V_{sh} \quad (2.5)$$

Dimana:

$I_L$  = Arus dari jala-jala (A)

$I_a$  = Arus pada jangkar (A)

$I_{sh}$  = Arus kumparan pada medanshunt(A)

$E_a$  = Gaya gerak listrik (GGL) (V)

$R_a$  = Tahanan pada jangkar (Ohm)

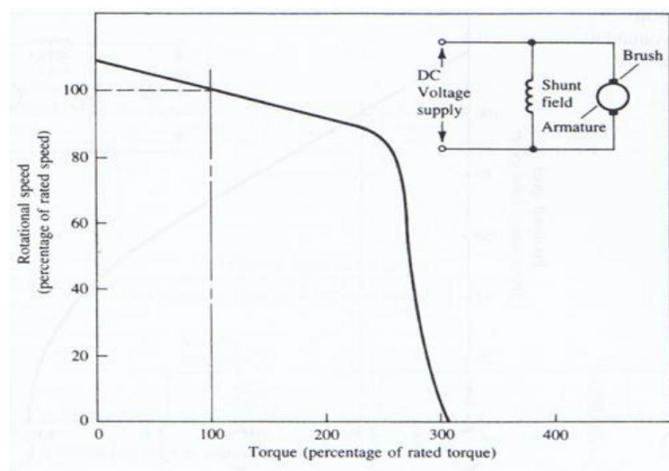
$R_{sh}$  = Tahanan medanshunt (Ohm)

$V_t$  = Tegangan pada terminar jangkar (V)

Pada tipe ini belitan medan dihubungkan secara paralel dengan belitan jangkarnya.

Sehingga besarnya arus medan yang mengalir akan tergantung dengan besarnya tegangan jangkar dan besarnya resistansi belitan medan. Regulasi kecepatan akibat perubahan beban pada motor dc *shunt* lebih baik dibandingkan dengan motor dc seri. Ketika torsi beban bertambah maka kecepatan motor dc akan menurun, akibatnya tegangan dalam motor dc *shunt* juga akan menurun. Arus jangkar pada motor dc *shunt* merupakan selisih tegangan antara tegangan dalam dan tegangan terminal dibagi resistansinya. Akibat tegangan dalam yang turun tadi, maka arus jangkar akan naik. Kenaikan arus jangkar akan menaikkan torsi yang diberikan oleh motor dc sehingga kecepatan akan konstan pada titik tersebut, begitu pula sebaliknya jika terjadi pengurangan torsi beban.

## 2. Karakteristik Motor DC *Shunt* :



Gambar 2.5. Gambar Karakteristik Motor DC *Shunt*

Berikut ini tentang kecepatan motor *shunt* :

1. Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga torsi tertentu) setelah kecepatannya berkurang
2. Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan stator (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).

### **3. Pengaturan Kecepatan Motor DC *Shunt***

Kecepatan motor DC *Shunt* dapat dengan mudah dikendalikan. Meskipun terjadiperubahan pada beban, motor DC *Shunt* dapat mempertahankan kecepatannya. Ketika beban meningkat, rotor cenderung untuk memperlambat. Hal ini mengakibatkan kurang kembali EMF. Ini menyumbang kurang oposisi terhadap tegangan yang diberikan. Jadi, arus motor akan menarik lebih banyak arus. Peningkatan arus ini mengakibatkan pula kenaikan torsi guna menstabilkan kembali kecepatan. Dengan demikian, bahkan ketika beban meningkat, efek beban pada kecepatan motor DC *shunt* hampir nol. Ketika beban menurun, rotor akan kembalik pada kecepatannya dan kembali pula membangkitkan lebih banyak EMF. Seperti kembalinya polaritas EMF terhadap tegangan suplai, pengurangan beban mengakibatkan kurang arus dan kecepatan yang dihasilkanpun konstan.

Kecepatan Motor DC *Shunt* dapat dikendalikan melalui 2 cara :

1. Dengan mengatur jumlah arus yang masuk ke kumparan *shunt*.

2. Dengan mengatur jumlah arus yang masuk ke bagian rotor.

Sementara tegangan disuplai ke rotor secara konstan, tegangan yang disuplai ke kumparan *shunt* bervariasi dari pengaturan beberapa rheostat yang terhubung seri atau menggunakan pengendali arus SCR. Teknik yang sama diterapkan untuk mengatur arus pada rotor. Tapi ketika terjadi peningkatan arus pada rotor, rheostat yang digunakan untuk mengendalikan rotor biasanya jauh lebih besar disbanding menggunakan kendali pada kumparan *shunt*. Umumnya, motor diklasifikasikan dengan nilai tegangan dan kecepatan tertentu. Namun, ketika motor DC *shunt* beroperasi di bawah tegangan yang penuh, torsi yang dihasilkan pula semakin kecil.

#### **4. Kelebihan dan Kelemahan Motor *Shunt***

Kelebihan dari motor DC *shunt* diantaranya adalah :

1. Tidak terlalu membutuhkan banyak ruangan karena diameter kawat kecil.
2. Regulasi kecepatan motor terhadap perubahan torka beban lebih stabil, hanya memerlukan satu sumber DC.
3. Hanya membutuhkan satu sumber DC.

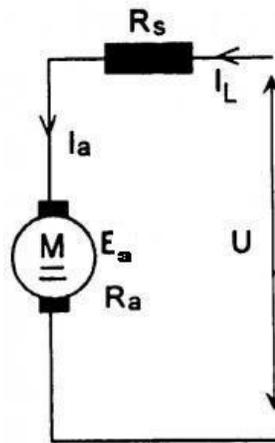
Kelemahan motor DC *shunt* diantaranya adalah :

1. Daya keluaran yang dihasilkan kecil karena arus penguatnya kecil.
2. Torsi yang dihasilkan relatif kecil.

3. Kecepatan motor dan torsi beban relatif sulit untuk dikendalikan.

### b. Motor seri

Pada *motor seri* dapat memberi momen yang besar pada waktu *start* dengan arus *start* yang rendah. Juga dapat memberi perubahan kecepatan/beban dengan arus yang kecil dibandingkan dengan motor tipe lain, akan tetapi kecepatan menjadi besar bila beban rendah atau tanpa beban dan hal ini sangat berbahaya. Dengan mengetahui sifat ini dapat dipilih motor seri untuk daerah perubahan kecepatan yang luas, misalnya untuk traksi, pengangkat dan lain-lain.



Gambar 2.6. Gambar Rangkaian Motor Seri [8]

Dengan melihat rangkaian pada gambar 2.6, dapat diketahui nilai dari motor seri dengan melihat persamaan dibawah ini,

$$I_L = I_a \quad (2.6)$$

$$V_{sr} = I_L R_{sr} \text{ (tegangan pada kumparan seri)} \quad (2.7)$$

$$P_a = E_a \times I_a \text{ (daya armatur)} \quad (2.8)$$

$$E_a = V_t - I_L R_{sr} - I_a R_{sr} V_{sr} \quad (2.9)$$

Kelebihan dari motor DC seri diantaranya adalah :

1. Daya output yang dihasilkan besar.
2. Rangkaian eksitasinya sederhana.

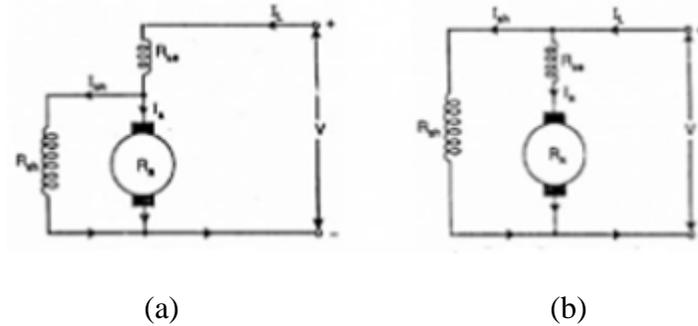
Kelemahan dari motor DC seri diantaranya adalah :

1. Arus beban yang diminta sangatlah besar sesuai dengan beban yang dipikulnya.
2. Jika tegangan inputnya tidak stabil maka flux magnet yang dihasilkan oleh kumparan seri tidak stabil juga, sehingga daya output tidak stabil juga.

### c. Motor kompon

*Motor kompon* mempunyai sifat diantara *motor seri* dan *shunt*, tergantung mana yang kuat lilitannya (kumparan *seri* atau *shunt*-nya) namun pada umumnya mempunyai *moment start* yang besar, sehingga seperti pada motor seri perubahan kecepatan sekitar 25 % terhadap kecepatan tanpa beban.

Misalnya untuk pemakaian pompa plunger, pemecah, bulldozer, elevator dan lain-lain.



Gambar 2.7.(a). Gambar rangkaian motor kompon panjang

(b). Gambar rangkaian motor kompon pendek [4]

Dengan melihat rangkaian pada gambar 2.7, dapat diketahui nilai dari motor kompon dengan melihat persamaan dibawah ini,

Untuk rangkaian pendek:

$$I_L = I_a + I_{sh} \quad (2.10)$$

$$V_{sh} = V_t V_{sr} \text{ (tegangan shunt) } \quad (2.11)$$

$$P_a = E_a I_a \text{ ( daya armatur ) } \quad (2.12)$$

$$E_a = V_t - I_L R_{sr} - I_a R_a V_s \quad (2.13)$$

Untuk rangkaian panjang

$$I_L = I_a + I_{sh} \quad (2.14)$$

$$V_{sh} = V_t \quad (2.15)$$

$$P_a = E_a I_a \text{ ( daya armatur )} \quad (2.16)$$

$$E_a = V_t - I_a R_{sr} - I_a R_a V_s \quad (2.17)$$

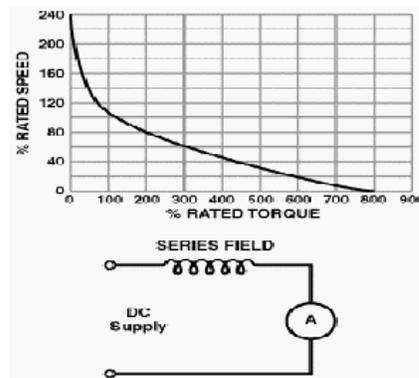
Pada tugas akhir ini akan menggunakan motor DC jenis motor hubung *shunt*.

#### **d. Motor DC Penguatan Seri**

Dalam motor seri, gulungan medan dihubungkan secara seri dengan gulungan stator (A) seperti ditunjukkan dalam gambar 2.8. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus stator. Berikut tentang kecepatan motor seri :

- a. Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM
- b. Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali.

Motor-motor seri sesuai untuk penggunaan yang memerlukan *torque* penyalan awal yang tinggi, seperti derek dan alat pengangkat hoist (lihat Gambar 2.8).



Gambar 2.8. Karakteristik Motor DC Berpenguatan Seri [4]

Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- a. Tegangan stator, meningkatkan tegangan stator akan meningkatkan kecepatan.
- b. Arus medan, menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, tetapi pada penggunaannya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya, sebab resiko percikan api pada sikatnya.

Hubungan antara kecepatan, fluks medan dan tegangan stator ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$E = K \cdot \Phi \cdot N \quad (2.18)$$

$$T = K \cdot \Phi \cdot I_a \quad (2.19)$$

Dimana:

$E$  = Gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal stator(volt)

$\Phi$  = Flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

$N$  = Kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

$T$  = torsi elektromagnetik

$I_a$  = Arus stator

$K$  = Konstanta persamaan

Untuk menghitung kecepatan motor DC digunakan rumus dibawah ini :

$$N = \frac{V_t - I_a R_a}{K \Phi} \quad (2.20)$$

Dimana :

$N$  = Kecepatan Motor (rpm)

$V_t$  = Tegangan Jangkar (V)

$I_a$  = Arus Jangkar

$R_a$  = Tahanan Jangkar

$\Phi$  = Fluks

$K$  = Konstanta[3]

## 5. Torsi Pada Motor DC

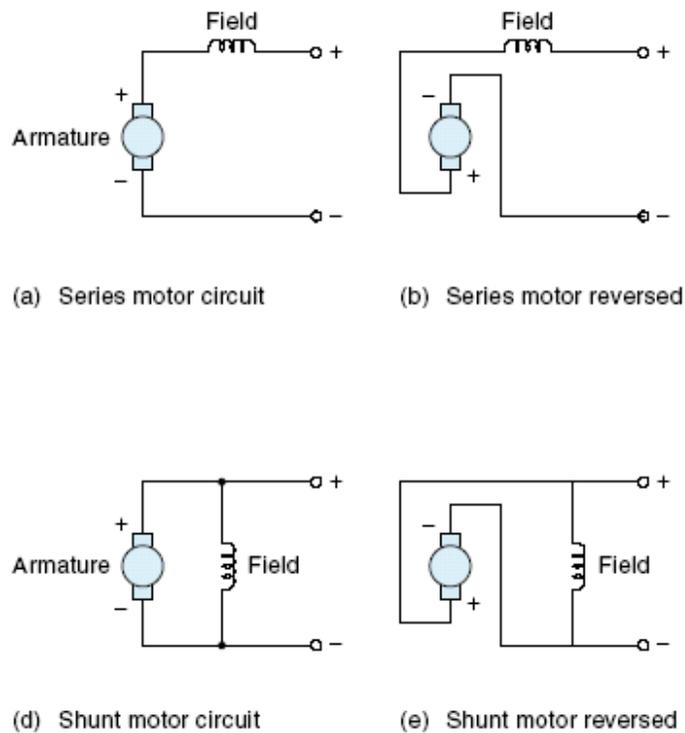
Torsi motor didefinisikan sebagai aksi dari suatu gaya pada motor yang dapat mempengaruhi beban untuk ikut bergerak. Ketika sumber tegangan dihubungkan pada sikat (*brush*), maka arus yang mengalir masuk ke kutub positif *brush*, melalui komutator dan kumparan armatur, serta keluar melalui daerah kutub negatif dari sikat.

Pada saat yang bersamaan, arus juga mengalir melalui kumparan medan magnet yang memperkuat gaya keatas agar dapat mendorong konduktor. Sedangkan torsi yang dibangkitkan pada motor DC merupakan gabungan aksi dari fluks medan ( $\Phi$ ), arus armatur ( $I_a$ ) yang menghasilkan medan magnet di daerah sekitar konduktor, oleh karena itu diperoleh persamaan torsi ( $T$ ) sebagai berikut :

$$T = k \Phi I_a \quad (2.21)$$

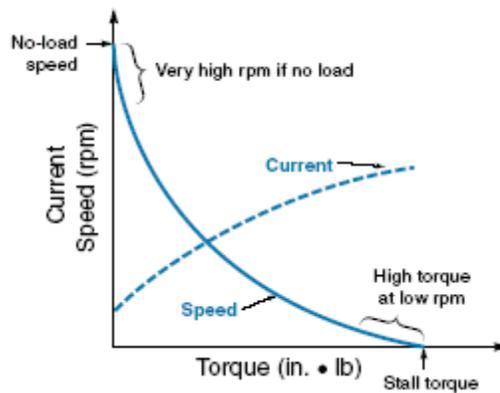
Pada motor lilitan seri , lilitan armatur dan lilitan medan dibuat seri sehingga torsi awal motor menjadi sangat besar contohnya adalah motor starter mobil. Torsi terbesar terjadi pada saat beban sangat besar dan

motor tidak dapat bergerak. Torsi maksimum ini disebut torsi diam (*Stall Torque*). Beberapa sistem pengaturan dirancang untuk menggerakkan motor pada kondisistall torsi misal untuk membuat penggerak lengan robot dari posisi diam. Karena posisi diam membutuhkan torsi yang sangat besar.



Gambar 2.9. Gambar Jenis –Jenis Rangkaian Motor DC [3]

Pada saat tidak ada beban motor lilitan seri akan menghasilkan putaran yang sangat besar yang disebut laju tanpa beban (*no-load*) . Pada beberapa motor yang besar bila tidak ada beban akan mudah rusak karena terjadi laju putaran yang sangat besar.



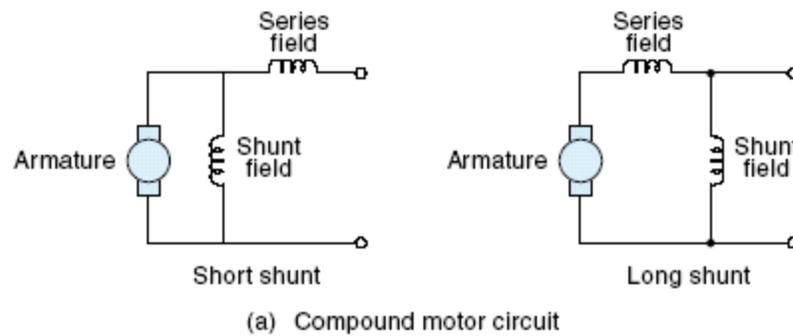
Gambar 2.10. Gambar Kurva Perbandingan Torsi dengan Kecepatan

Motor [8]

Pada motor lilitan *shunt* (*shunt-wound* motor), lilitan armatur dan lilitan medan dihubungkan secara paralel, akibatnya arus medan tidak berpengaruh pada perubahan arus suplai dan hanya terpengaruh oleh tegangan suplai. *Shunt-wound* motor digunakan untuk keperluan dengan laju yang relatif konstan misalnya pada kipas angin, blower, ban berjalan (*conveyor belt*). Motor lilitan *shunt* memiliki *stall torque* dan *no-load speed* yang rendah dibandingkan motor lilitan seri.

Motor lilitan gabungan (*compound-wound* motor) menggabungkan kelebihan dari seri dan *shunt* motor. Jenis ini ada dua yaitu *short shunt* dan *long shunt*. Lilitan seri membuat motor memiliki torsi awal yang besar, setelah berjalan gaya gerak listrik kembali (CEMF) mengurangi tegangan pada lilitan seri sehingga lilitan *shunt* lebih dominan dan terjadi

*self-regulation speed* yang menyebabkan laju putar motor menjadi konstan.



Gambar 2.11. Gambar Rangkaian Motor Lilitan Gabungan [8]

### C. SENSOR INFRARED MODUL ARDUINO



Gambar 2.12. Gambar Sensor Infrared Modul Arduino[2]

Sensor infrared modul arduino adalah sensor dengan kemampuan untuk beradaptasi dengan cahaya lingkungan yang memiliki sepasang pemancar inframerah dan tabung penerima,serta memancarkan tabung sinar inframerah dan terpancar pada frekuensi tertentu. Ketika arah terdeteksi sebuah hambatan (refleksi permukaan), inframerah tercermin kembali dan diterima oleh tabung penerima. Tombol potensiometer digunakan untuk mengatur jarak deteksi, jarak jangkauan efektifnya dari 2 sampai 80cm, dengan tegangan operasi 3.3V-5V. Deteksi kisaran sensor dapat diatur melalui potensiometer, dengan gangguan sedikit, perakitan mudah, mudah digunakan untuk berbagai fitur, perakitan hitam dan putih line tracking dan lain-lain. Ketika modul mendeteksi hambatan di depan sinyal, lampu indikator hijau pada papan sirkuit akan menyala, saat port OUT keluaran sinyal tingkat rendah, modul mendeteksi jarak ke 60cm, sudut deteksi 35 °, untuk meningkatkan deteksi jarak dilakukan dengan menyesuaikan potensiometer searah jarum jam pada potensiometer. Modul sensor output port OUT dapat dihubungkan langsung dengan single-chip IO, Dengan lubang sekrup 3 mm, penyetelan deteksi jarak akan mudah, ukuran papan: 3.1CM x 1,5 cm. Spesifikasi antarmuka modul (3-wire)

1 VCC eksternal 3.3V-5V (dapat langsung dihubungkan ke mikrokontroler 5V dan 3V)

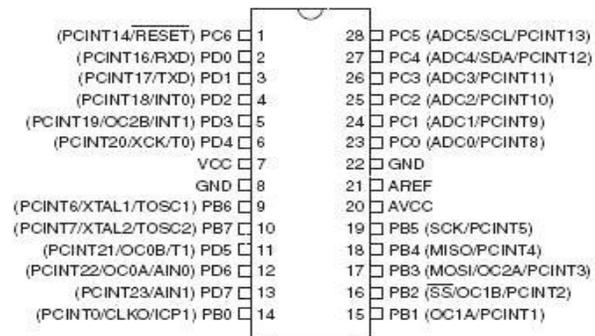
2 GND eksternal GND

3 OUT papan digital output antarmuka (0 dan 1)

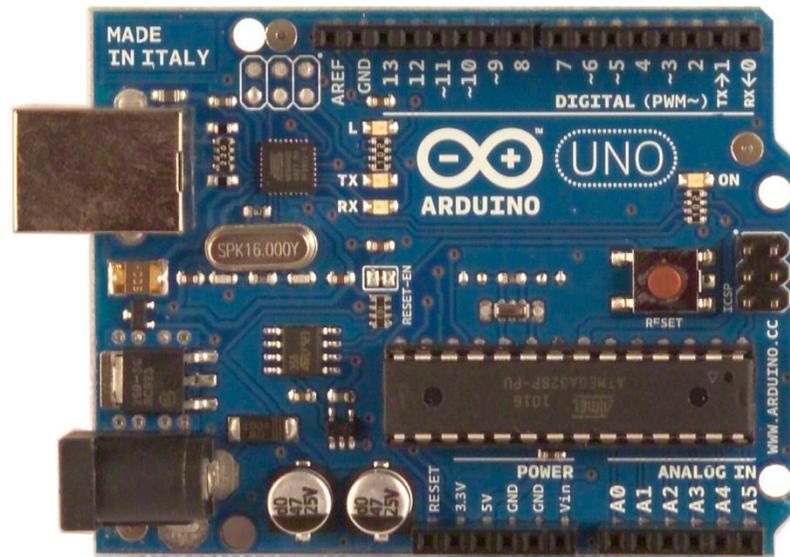
## D. MIKROKONTROLLER ARDUINO 328

### 1. Konfigurasi Pin ATmega328

ATMega328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATMega8 ini antara lain ATMega8535, ATMega16, ATMega32, ATmega328, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin *input/output*), peripheral (USART, *timer*, *counter*, dll). Dari segi ukuran fisik, ATMega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler diatas. Namun untuk segi memori dan periperial lainnya ATMega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan periperialnya relatif sama dengan ATMega8535, ATMega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler diatas.



Gambar 2.13. Gambar Pin Mikrokontroler Arduino328 [1]



Gambar 2.14. Gambar Mikrokontroler Arduino 328 [1]

ATMega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai *input/output* digital atau difungsikan sebagai periperall lainnya.

#### 1. PortB

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

- a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.
- b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
- c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
- d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
- e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock* external untuk *timer*.
- f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroler.

## 2. PortC

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

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

### 3. PortD

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

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

## 2. Fitur ATmega328

ATMega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mana setiap proses

eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain:

1. Memiliki *EEPROM* (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena *EEPROM* tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
2. Memiliki *SRAM* (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.
3. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya *PWM* (*Pulse Width Modulation*) output.
4. 32 x 8-bit register serba guna.
5. Dengan *clock* 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.
6. 32 KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai *bootloader*.
7. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*. [1]

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu Dan Penelitian**

Penelitian dan perancangan tugas akhir dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung.

#### **B. Alat dan Bahan**

Adapun peralatan yang digunakan adalah :

1. Komputer (PC)
2. Solder
3. Timah
4. Bor
5. Downloader AVR untuk mikrokontroler Arduino 328
6. Kabel
7. Belt

Komponen-komponen utama yang dibutuhkan adalah :

1. Motor DC
2. Sensor Infrared Modul Arduino
3. Mikrokontroler Arduino 328
4. Power Supply

Adapun komponen pendukung untuk perancangan ini adalah :

1. Alumunium
2. Akrilik

### **C. Metode Penelitian**

Pada penyelesaian tugas akhir ini ada beberapa langkah kerja yang dilakukan antara lain:

#### 1. Studi literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi baik dari buku, jurnal, bahan dari internet maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini, diantaranya adalah:

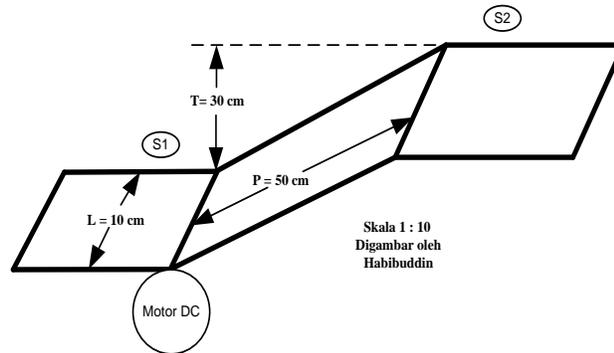
1. Motor DC dan torsi motor DC
2. Mikrokontroler Arduino 328
3. Sensor Infrared Modul Arduino
4. Bahasa Pemrograman
5. Pengendalian otomatis eskalator

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari bahan-bahan ajar, internet, dan juga dari hasil penelitian sebelumnya yang membahas tentang sistem ini.

#### 2. Perancangan blok diagram rangkaian sistem kendali

Secara umum Perancangan Sistem pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini :

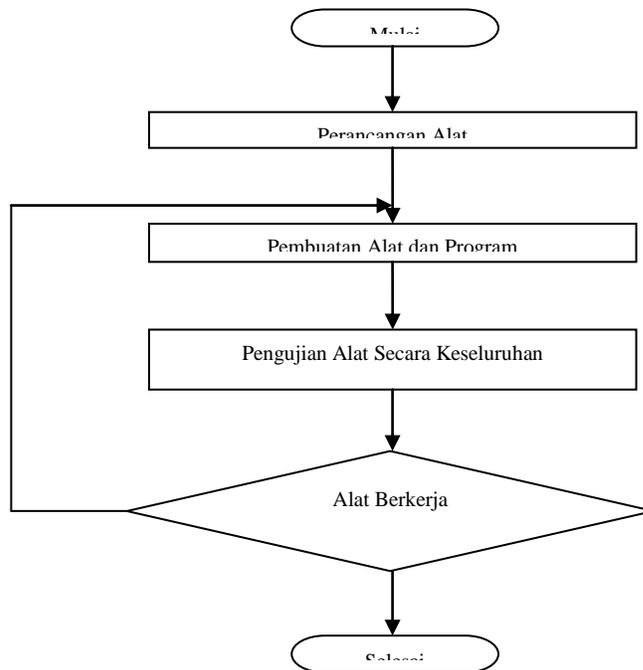
a. Gambar Dimensi Alat



Gambar 3.1 Gambar Dimensi Alat [9]

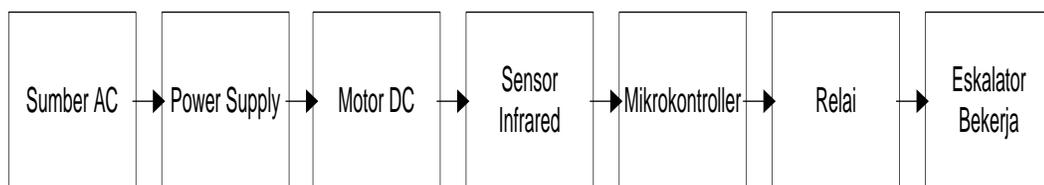
Lebar eskalator dibuat 10 cm dengan tinggi 30 cm dan panjang 50 cm , jarak antara sensor atas dan bawah 44,5 cm, diameter motor dc 6cm, dan diameter *roller* 6cm.

## b. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

## c. Blok Diagram

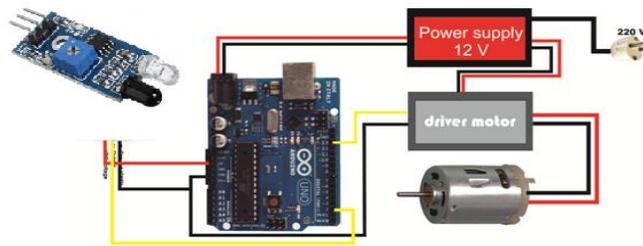


Gambar 3.3 Blok Diagram Bangun Alat

1. Blok *power supply* merupakan sumber tegangan untuk blok-blok lainnya yang memerlukan sumber arus searah ( DC )
2. Blok sensor infrared bekerja berdasarkan dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari pancaran sinar infra merah pasif. ketika seseorang berjalan melewati sensor, sensor akan menangkap pancaran sinar inframerah pasif yang dipancarkan oleh tubuh manusia sehingga menghasilkan output berlogika 1 yang akan menjadi input untuk mikrokontroler.
3. Blok mikrokontroler adalah bagian kontrol utama dari sistem operasi eskalator, mikrokontroler akan memproses masukan yang didapatkan dari sensor infrared sesuai dengan program yang dibuat. Setelah diproses maka mikrokontroler akan menghasilkan keluaran yang akan menjadi masukan pada blok motor DC.
4. Blok motor DC merupakan sebagai penggerak eskalator. Adapun prinsip kerja dari eskalator ini yaitu ketika seseorang berjalan melewati sensor, sensor akan menangkap pancaran sinar inframerah pasif yang dipancarkan oleh tubuh manusia dan bereaksi menghasilkan arus listrik karena adanya energi panas yang dibawa oleh sinar inframerah pasif tersebut sehingga menghasilkan output berlogika 1. Output yang dihasilkan oleh sensor akan diteruskan ke mikrokontroler, Mikrokontroler akan memproses masukannya sesuai dengan perintah pemogramannya sebelum menghasilkan nilai keluaran. Jika mikrokontroler menghasilkan nilai

keluran, maka akan jadi masukan untuk motor DC sehingga motor DC akan bekerja dan eskalator akan bergerak.

d. Gambar Perancangan Alat



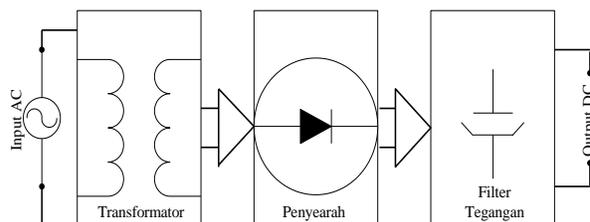
Gambar .3.4 Gambar Perancangan Alat

Dari sumber tegangan power supply akan mengkonversikan tegangan arus bolak balik (AC) ke tegangan searah (DC). Tegangan yang dihasilkan power supply akan masuk ke mikrokontroler sehingga mikrokontroler bekerja, lalu sensor infrared yang sudah terhubung dengan mikrokontroler akan bernilai high atau (1) dan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler melalui port 2 untuk diproses, kemudian mikrokontroler akan mengirimkan sinyal kembali melalui port 13 ke driver motor sehingga motor akan bergerak sesuai dengan program yang sudah diolah di mikrokontroler.

## 5. Catu Daya (power supply)

Catu daya adalah suatu sistem yang dapat bekerja mengkonversikan tegangan arus bolak balik (AC) ke tegangan searah (DC) pada nilai tertentu. Pada dasarnya setiap sistem atau perangkat elektronika seperti tape, radio, televisi, bahkan sebuah komputer memerlukan sebuah sumber tegangan arus searah atau *direct current* (DC). Tentu saja untuk keperluan tersebut dapat digunakan sebuah baterai sebagai peralatan yang efektif dan sesuai. Pada sistem yang lebih besar, dimana tegangan atau daya yang lebih besar dibutuhkan, baterai sangat sulit dan mahal untuk digunakan. Oleh karena itu, diperlukan peralatan lain yang lebih baik dan mudah untuk digunakan sebagai sumber tegangan dan dapat disesuaikan untuk kebutuhan pemakaian.

Hal tersebut dapat diatasi dengan cara mengkonversi tegangan arus bolak-balik ( AC ) ke tegangan arus searah ( DC ) pada nilai tertentu. Pekerjaan tersebut telah dilakukan oleh suatu sistem yang dinamakan catu daya ( power supply ). Secara umum sebuah catu daya terbagi atas tiga blok utama yaitu blok transformator, blok penyearah dan blok filter tegangan seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.5. Gambar Blok diagram catu daya [5]

#### **D. Pembuatan Alat**

Pada penelitian ini pembuatan alat dilakukan di laboratorium Sistem Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dan selanjutnya dilakukanlah suatu perancangan alat dengan berpedoman pada blok diagram perancangan serta dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Pembuatan kerangka eskalator.
- b. Pembuatan program dengan menggunakan mikrokontroler Arduino 328.

#### **E. Pengujian Alat**

Pada tahapan terakhir penelitian Rancang Bangun Alat Eskalator Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino 328 ini dilakukanlah suatu pengujian dan analisa data dengan langkah-langkah pengujian yakni melakukan pengujian pada setiap bagian dari perancangan serta pengujian pada pemrograman, adapun tujuan dari pengujian tersebut adalah untuk mengetahui apakah suatu alat tersebut bekerja sesuai dengan fungsinya serta dapat menganalisa perbandingannya dengan eskalator pada umumnya.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Kesimpulan**

Dari perancangan dan pembuatan alat eskalator otomatis dengan menggunakan mikrokontroler arduino 328, dapat ditarik kesimpulan:

1. Prototipe eskalator otomatis ini mampu menghemat daya listrik yang digunakan dibandingkan bila eskalator bekerja terus-menerus.
2. Prototipe eskalator otomatis secara otomatis dapat menghentikan operasinya bila tidak terdapat pengguna atau benda pada eskalator.
3. Prototipe eskalator yang telah dibuat hanya sanggup saat diberikan beban 0,1 kg sampai 0,6 kg, saat diberikan beban 0,7 kg dan 1 kg putaran motor semakin melambat.
4. Prototipe ini sangat baik digunakan di tempat yang jarang pengunjung contohnya di hotel, museum, dan lain-lain.

### **B. Saran**

1. Penggunaan sensor yang digunakan harus lebih presisi dalam membaca sinyal yang bergerak agar kesalahan pembacaan sensor tidak terjadi.

2. Kapasitas motor yang digunakan harus lebih besar untuk beban yang lebih besar agar eskalator masih tetap bekerja dengan optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Winoto, Ardi Mikrokontroller AVR ATmega 8/32//16/8535 dan Pemogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR.2008.
- [2] Alistia, R.B. 12 september 2008. Cara Kerja Sensor Infrared  
<http://bagusrifqyalistia.wordpress.com/2008/09/12/cara-kerja-sensor-infrared/>
- [3] Kassakian, J. G., M. Schlecht, and G. C. Verghese. Principle of Power Electronics. Reading. Mass.: Addison-Wesley Publishing Co.,Inc.,1991.
- [4] Kusko, A.,Solid State DC Motor Drives. Cambridge, Mass.; The MIT Press.,1969.
- [5] Steven, R.E.,Electrical Machines and Power Electronics. Wakingham, Berkshire, England : Van Nostrand Reinhold Ltd.,1983.
- [6] Rashid, M.H.,Spice for Power Electronics and Electric Power. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1993.
- [7] Williams, B.W., Power Electronics,Devices,Drivers and Applications. New York: Halsted Press.
- [8] Pearman, R.A., Power Electronics: Solid State Motor Control. Reston, Va.: Reston Publishing Co., Inc.,1971.
- [9] Kusuma, Yuriadi. Sistem Mekanikal Gedung.
- [10] Manurung, H. 2010. *Perancangan sistem kendali on / off automatic pada escalator*, Politeknik Negeri Pontianak.