

MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR

APLIKASI MIKROKONTROLER ATMEL 90S8515 SEBAGAI PENGATUR PADA ROBOT PENYELEKSI DAN PEMINDAH BARANG

Andes Indrayanto¹, Sumardi², Iwan Setiawan³

Abstrak - Pada era teknologi sekarang ini perkembangan disegala bidang dengan basis teknologi sangatlah pesat. Berbagai penemuan dan perkembangan teknologi telah menjadikan banyak sekali perubahan – perubahan bagi berbagai macam tatanan kehidupan yang berkembang dimasyarakat. Kemajuan ini membantu memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaan yang dulu dianggap sulit bahkan hamper mustahil untuk dilakukan. Salah satunya adalah dibidang kontrol dengan ditemukannya mikrokontroler sebagai alat bantu pengendali yang otomatis.

Melalui tugas akhir ini penulis akan menggunakan mikrokontroler ATMEL 90S8515 sebagai salah satu dari beberapa produk keluaran ATMEL untuk mengatur dan menjalankan gerak mekanis dari tangan robot dengan metode on/off kontroler. Penulis menggunakan bahasa pemrograman C sebagai bahasa pemrograman untuk mikrokontroler ATMEL 90S8515.

Lengan robot ini dirancang untuk menyeleksi dan memindahkan barang berdasarkan ukuran tinggi. Dimana barang yang diangkat berupa logam yang memiliki sifat magnetis. Dari hasil pengujian secara keseluruhan maka dapat disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik, hal ini terlihat dari hasil pengujian yang meliputi proses penyeleksian dan pemindahan barang berhasil dilakukan dengan baik.

Kata kunci: ATMEL 90S8515, lengan robot,.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.

Pada era globalisasi seperti saat ini, dimana persaingan pasar sudah sangat terbuka, hanyalah yang mampu bersaing yang dapat bertahan. Faktor kualitas menjadi jawaban. Industri yang lebih berkualitas dialah yang akan memenangkan persaingan. Sehingga suatu industri harus mampu menekan biaya produksi dan mengoptimalkan produksi.

Dalam industri yang berskala besar kegiatan produksinya sudah dilakukan secara otomatis yaitu dengan menggunakan robot yang bergerak otonom. Sebagai salah satu elemen dari proses manufaktur, kita dapat menggunakan robot sebagai bagian integral dari lingkungan industri modern. Apa yang mencirikan robot adalah kecanggihannya dan kemampuan adaptasinya. Bersamaan dengan kemunculan robot pintar, menjadikan robot menempati posisi sentral dalam evolusi sistem manufaktur yang fleksibel dan maju. Kecanggihan dan kepintaran robot yang kompleks terdiri dari kemampuan untuk mengolah informasi dari indera (sensor) dan kemampuan untuk melakukan aksi/tindakan juga kecerdasan untuk mengambil keputusan.

Salah satu bentuk robot bergerak otonom yang dirancang untuk industri adalah robot pengikut garis seperti dalam penelitian yang dilakukan Raharjo dan Sutopo (2004). Robot ini dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler AT89C51 dan sensor berupa *infrared*.

Dalam tugas akhir ini penulis juga mencoba untuk merancang sebuah lengan robot bergerak yang dapat menyeleksi dan memindah barang yang dapat dikendalikan dengan mikrokontroler AT90S8515 dengan sensor berupa *infrared* dan *limit switch*. Lengan robot ini juga dirancang sebagai salah satu aplikasi teknologi yang dapat digunakan dalam dunia industri.

1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada pembuatan Tugas Akhir ini adalah membuat lengan robot penyeleksi dan pemindah barang berdasarkan ukuran tinggi menggunakan mikrokontroler ATMEL 90S8515.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini, sistem yang akan dibuat dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- Perangkat keras yang digunakan menggunakan mikrokontroler ATMEL 90S8515 dan tidak membahas arsitektur dan kinerja mikrokontroler ATMEL 90S8515.
- Sistem kontrol yang digunakan adalah sistem kontrol *on-off* dengan ikal tertutup.
- Lengan robot ini hanya dapat mendeteksi dua jenis barang yang berbeda tinggi rendahnya dengan ukuran yang telah ditentukan.
- Lengan robot ini memiliki batas kemampuan dalam memindahkan benda (tidak dapat memindahkan benda yang terlalu berat).
- Proses pemindahan barang dilakukan satu-persatu dari konveyor penyedia ke konveyor penerima kemudian ke konveyor pengumpul.
- Perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman C.
- Lengan robot ini hanya bekerja untuk memindahkan barang dari satu konveyor penyedia ke konveyor penerima yang telah ditentukan.

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

² Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

³ Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

II. DASAR TEORI

2.1 Robot

Perkembangan teknologi saat ini mulai bergeser kearah otomatisasi robot yang memiliki kecerdasan tinggi dengan campur tangan manusia yang semakin kecil. Untuk dapat bekerja secara otomatis maka suatu robot harus mempunyai 3 buah komponen yaitu input (data masukan yang akan diolah), kecerdasan (suatu algoritma yang menangani pengambilan keputusan yang didasarkan pada masukan) dan output (keputusan yang yang diambil).

Istilah robot berasal dari kata *robota* (bahasa Czech) yang berarti bekerja. Kamus Webster mendefinisikan robot sebagai “perangkat otomatis yang menunjukkan fungsi yang dapat dilakukan manusia”. *Robot Institute of America* mendeskripsikan istilah robot sebagai berikut : “Suatu robot adalah manipulator multi fungsi yang dirancang untuk memindahkan benda, peralatan atau perangkat khusus dengan pergerakan yang dapat diprogram secara variabel untuk menunjukkan berbagai macam tugas”.

Salah satu jenis robot yang sangat populer dan paling sederhana adalah sistem lengan robot (*robot arm system*). Sistem ini mengadopsi pergerakan lengan manusia, yang terdiri dari pangkal bahu, lengan, sendi dan telapak tangan. Pada dunia industri sistem ini banyak dipakai untuk memindahkan benda dari satu tempat ke tempat lain.

Suatu lengan robot (*arm robot*) terdiri dari rangkaian benda tegar, yaitu :

1. Bagian dasar (*base*).
2. Batang lengan (*link*).
3. Sendi (*joint*).
4. Piranti yang dipasang pada lengan robot (*end-effector*), yang dapat berupa pencengkeram (*gripper*) dan peralatan (*tool*).

Derajat kebebasan adalah banyaknya arah independen yang menyebabkan *end-effector* dari sebuah lengan robot dapat bergerak. Setiap pasangan *joint* dan *link* menyatakan 1 derajat kebebasan. Jika ada N pasangan *joint* dan *link* maka ada N derajat kebebasan dengan *link* ke-0 yang melekat pada *base* tidak dipertimbangkan sebagai bagian dari lengan robot.

2.2 Mikrokontroler AT90S8515

Sebuah mikrokontroler adalah suatu kombinasi dari mikroprosesor, piranti I/O (Input/Output) dan memori yang terdiri atas ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Access Memory*) dalam bentuk keping tunggal (*single chip*). Mikrokontroler AT90S8515 adalah mikrokontroler 8 bit buatan Atmel dengan 8 K Byte System Programmable Flash dengan teknologi memori tak sumirna (*nonvolatile*), dengan kepadatan tinggi, dan kompatibel dengan pin out dan set intruksi standar industri MCS51 INTEL.

Keistimewaan AT90S8515 adalah sebagai berikut:

- a. Arsitektur RISC
- b. 118 instruksi sebagian besar satu siklus instruksi.
- c. 32x8 register kerja serbaguna
- d. 8 MIPS (*Mega Instructions per Second*) pada 8 MHz.
- e. 8 Kbytes *In-System Programmable Flash* (1000 siklus hapus/tulis)
- f. 512 bytes RAM
- g. 512 bytes *In-System Programmable EEPROM* (100.000 siklus hapus/tulis)

- h. Pewaktu *Watchdog* terprogram dengan Osilator dalam chip.
- i. Sumber interupsi internal dan eksternal.
- j. 32 jalur I/O terprogram.

Program ditempatkan di ISP (*In-System Programmable*/terprogram dalam sistem) *Flash Memory*. Memori data terdiri dari 32 x8 bit register serbaguna, 64x8 bit register I/O, 512x8 bit internal RAM, dan 64 Kx8 bit RAM eksternal.

AT90S8515 mempunyai kapasitas memori program sebesar 8 Kbytes. Karena semua format instruksi berupa kata (*word*) 16-32 bit maka format memori program ini adalah 4Kx16 bit. Memori *Flash* ini dirancang untuk dapat di hapus dan tulis sebanyak seribu kali. Program *Counter* (PC)-nya sepanjang 12 bit sehingga mampu mengakses hingga 4096 lokasi memori.

2.3 Motor DC

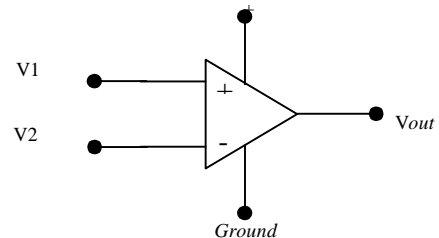
Motor listrik adalah sebuah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip dasarnya adalah jika sebuah penghantar yang dialiri listrik diletakkan dalam medan magnet, maka pada kawat tersebut akan bekerja suatu gaya yang mempunyai arah seperti ditunjukkan oleh kaidah tangan kiri *Fleming*.

2.4 Photodiode

Sambungan *pn* dari suatu dioda sangat sensitif terhadap radiasi EM (Elektromagnetik) yang mungkin merusak sambungan. Sensitivitasnya biasanya berupa suatu perubahan karakteristik $I - V$ dari sambungan sebagai akibat dari perubahan dalam arus. Dioda khusus yang dipergunakan sebagai photodetektor memiliki sambungan yang dapat menerima gelombang radiasi EM yang datang. Keuntungan yang paling utama dari detektor tersebut adalah respon waktunya yang sangat cepat. Piranti tersebut bisa dipergunakan dalam aplikasi penyensoran dan pengukuran dengan kecepatan tinggi atau pada komunikasi.

2.5 Op-Amp Sebagai Komparator

Rangkaian komparator dengan menggunakan penguat operasional (*Op - Amp*) seperti terlihat pada Gambar 2.1 merupakan rangkaian yang bekerja dengan membandingkan tegangan masukan pada kedua masukan penguat operasional.



Gambar 2.1 Penguat Operasional sebagai Komparator

Prinsip kerja dari komparator seperti Gambar 2.1 di atas adalah bila tegangan masukan pada masukan tak membalik (V1) lebih besar dari tegangan masukan pada masukan membalik (V2), maka

tegangan keluaran akan tinggi mendekati + Vcc. Sebaliknya bila tegangan masukan pada masukan membalik (V2) lebih besar dari tegangan masukan pada masukan tak membalik (V1), maka tegangan keluaran akan rendah mendekati 0 Volt. Bila tegangan di kedua masukan sama maka tegangan keluaran juga rendah mendekati 0 Volt.

2.6 Transistor

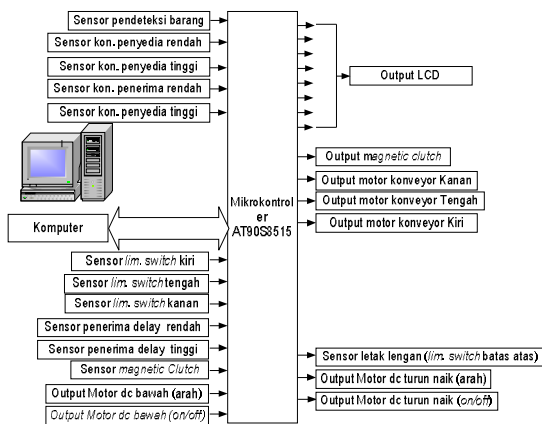
Transistor dapat difungsikan sebagai sakelar elektronik, yaitu dengan memberikan bias agar transistor bekerja pada daerah jenuh dan daerah mati (*cut off*). Pada daerah jenuh transistor seakan – akan berfungsi sebagai sakelar tertutup, dan saat berada pada daerah mati transistor berfungsi sebagai sakelar yang terbuka.

2.7 LCD (Liquid Crystal Display)

Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu alat yang digunakan sebagai tampilan. Modul LCD sangat banyak macamnya baik ditinjau dari dari perusahaan pembuatnya maupun dari ukurannya. Pada umumnya LCD dibuat sudah menjadi satu dengan penghasil karakter (*character generator*) dan sistem pengaturannya (*system controller*). Walaupun berbeda-beda perusahaan pembuatnya maupun ukurannya tetapi pada dasarnya sistem pengaturannya memiliki standard yang sama. Pengaturan LCD dapat dilakukan dengan menggunakan 4 atau 8 jalur data, keuntungan menggunakan 4 bit data adalah menghemat jalur data tetapi akan memakan 2 kali memori program.

III. PERANCANGAN ALAT

Blok diagram perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok diagram perancangan sistem

Berdasarkan Gambar 3.1 penjelasan masing-masing dari blok diagram adalah sebagai berikut :

1. Sensor ; sensor yang digunakan di sini adalah sensor *infrared* dan sensor *limit switch*.
2. Komputer digunakan dalam pembuatan program berbasis bahasa C.
3. ATMEL AVR AT90S8515 ; yaitu sebuah pengendali/pemroses utama dari keseluruhan masukan dari pengkondisi sinyal.

4. LCD (*Liquid Crystal Display*); yaitu tampilan untuk melihat proses penyeleksian dan pemindahan secara sederhana.
5. *Driver* ; rangkaian *driver* digunakan untuk menguatkan arus yang akan menggerakkan motor DC satu atau dua arah serta *magnetic clutch*.

3.1 Sensor Infrared

Sensor berguna untuk mendeteksi suatu keadaan tertentu. Sensor yang digunakan di sini menggunakan prinsip kerja dari photodiode. Photodiode dapat berfungsi sebagai sakelar dengan memanfaatkan *infrared* yang mengenainya. Terdapat dua bagian penting dari sensor *infrared* ini yaitu bagian pemancar dan bagian penerima dari *infrared*.

Pemancar *infrared* merupakan komponen yang dapat memancarkan *infrared*. *Infrared* dapat digunakan baik untuk memancarkan data maupun sinyal suara. Keduanya membutuhkan sinyal *carrier* untuk membawa sinyal data maupun sinyal suara tersebut hingga sampai pada penerima. LED *infrared* dapat digunakan sebagai komponen pemancar.

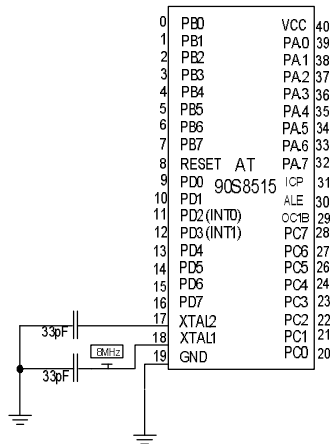
Penerima *infrared* merupakan komponen yang dapat menerima *infrared*. Komponen ini peka terhadap cahaya dan berupa diode (photodiode) atau transistor (phototransistor).

3.2 Sensor Limit switch

Prinsip kerja dari sensor ini adalah sebagai berikut; saat saklar dalam kondisi tertutup (belum ditekan) keluaran rangkaian terhubung langsung dengan *ground* dan akan diproses oleh PC dalam logika rendah. Saat saklar tertekan akan membuat saklar terbuka dan keluaran rangkaian mendekati +5V yang berarti dalam logika tinggi. Pada saat penekanan saklar akan timbul getaran mekanis yang disebut efek *bouncing* sehingga timbul tegangan tak stabil pada keluaran. Untuk menstabilkan tegangan tersebut dipasang kapasitor sebagai peredam (*debouncing*). Resistor digunakan sebagai pembatas arus.

3.3 Sistem Minimum AT90S8515

Semua mikrokontroler memiliki sebuah sistem minimum sebagai pendukung kinerjanya, sistem ini berbeda pula untuk sebuah keluarga mikrokontroler yang berbeda. Mikrokontroler AT90S8515 dirancang sebagai *single chip*, sehingga dalam perancangannya cukup dibutuhkan rangkaian pembangkit *clock* yang terdiri dari crystal tala dan kapasitor (crystal yang digunakan dapat berukuran dari 0 Mhz sampai 8 Mhz).



Gambar 3.2 Sistem minimum AT90S8515

IV. PENGUJIAN ALAT

4.1 Pengujian Sistem Minimum AT90S8515-LCD

Pengujian sistem minimum AT90S8515-LCD dilakukan untuk mengetahui apakah AT90S8515 telah berfungsi dengan baik. Port yang digunakan untuk LCD ini adalah port A. Pengujian dilakukan dengan cara menuliskan karakter “Andes Indrayanto” pada LCD. Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan muncul karakter ANDES INDRAYANTO pada layar LCD yang menunjukkan pengujian telah berhasil.

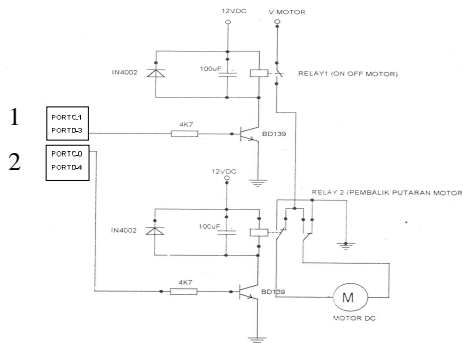
4.2 Pengujian Rangkaian Penggerak Motor DC Satu Arah

Untuk mengetahui apakah rangkaian penggerak motor dc satu arah telah bekerja dengan baik maka dilakukan pengujian dengan memberikan logika input pada rangkaian penggerak motor dc satu arah dan hasilnya dapat dilihat pada kondisi motor dan LED indikator . Hasil pengujian rangkaian penggerak motor dc satu arah terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian rangkaian penggerak motor dc satu arah.

Logika masukan	Motor	LED
0	Diam	Padam
1	Berputar	Menyala

4.3 Pengujian Rangkaian Penggerak Motor DC Dua Arah



Gambar 4.1 Rangkaian uji penggerak motor DC dua arah.

Untuk mengetahui apakah rangkaian penggerak motor dc dua arah telah bekerja dengan baik maka dilakukan pengujian dengan memberikan logika pada kaki 1 dan 2 pada rangkaian penggerak motor dc dua arah. Adapun rangkaian uji motor DC dua arah ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Adapun hasil pengujian dari rangkaian penggerak motor dc dua arah terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian rangkaian penggerak motor dc dua arah.

1	2	Motor
0	0	Berhenti
0	1	Berputar ke kiri
1	0	Berhenti
1	1	Berputar ke kanan

4.4 Pengujian Rangkaian Sensor Infrared

Untuk mengetahui apakah rangkaian sensor infrared tersebut telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan maka dilakukan pengujian dengan menggunakan LCD sebagai tampilannya apakah sensor infrared telah bekerja dengan baik pada saat kondisi terhalang oleh barang. Sensor yang diambil sebagai contoh adalah pada PINB.0, PINB.1 dan PINB.2

Tabel 4.3 Data hasil pengujian sensor infrared

Kondisi infrared	Tampilan Lcd			Logika
	PINB.0	PINB.1	PINB.2	
Tidak terhalang barang	-	-	-	0
Terhalang barang	“ADA BARA NG B0”	“ADA BARA NG B1”	“ADA BARA NG B2”	1

4.5 Pengujian Rangkaian Sensor Limit Switch

Untuk mengetahui apakah rangkaian sensor limit switch telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan maka dilakukan pengujian rangkaian sensor limit switch. Pengujian dilakukan dengan menekan limit switch dan pada saat yang sama tegangan keluaran yang akan menuju mikrokontroler diukur

Dari hasil pengujian limit switch dapat diketahui bahwa pada saat limit switch ketika tidak ditekan, tegangan keluarannya sebesar 5,02 volt. Hal ini disebabkan karena masukan dari kaki mikrokontroler langsung terhubung Vcc sehingga logika yang dideteksi mikrokontroler akan high. Sedangkan pada saat limit switch ditekan maka tegangan keluaran rangkaian sensor limit switch sebesar 0,0974V, hal ini disebabkan karena keluaran rangkaian sensor limit switch terhubung dengan ground, sehingga logika keluaran yang dideteksi mikrokontroler adalah logika low. Dengan hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa rangkaian limit switch telah bekerja dengan baik.

4.6 Pengujian Program Pada Konveyor Penyedia Barang

Pengujian pada konveyor penyedia ini meliputi proses hidup matinya motor dc pada konveyor penyedia, seleksi barang untuk menentukan jenis barang dan proses naik turunnya lengan robot. Berdasarkan program pengujian maka pada saat PINB.0=1 dan PINB.2=0 maka motor dc pada konveyor penyedia akan hidup. Kemudian pada saat PINB.2=1 yaitu ketika terhalang oleh barang akan membuat motor dc menjadi mati. Setelah itu akan dimulai proses pengambilan barang oleh lengan robot yang diawali dengan turunnya lengan robot. Pada saat PIND.2=1 karena terhalang barang maka proses turunnya lengan robot ini akan terhenti. Setelah itu naik lagi sampai PINC.2 =1 sebagai sensor batas atas akan membuat proses naiknya lengan robot ini akan terhenti.

Hasil dari pengujian jenis barang pada konveyor penyedia dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.4 Hasil pengujian pada konveyor penyedia barang.

Percobaan	Jenis Barang	Proses Pengujian
1	Tinggi	Berhasil
2	Tinggi	Berhasil
3	Tinggi	Berhasil
4	Tinggi	Berhasil
5	Rendah	Berhasil
6	Rendah	Berhasil
7	Rendah	Berhasil
8	Rendah	Berhasil

4.7 Pengujian Program Konveyor Penerima Barang Untuk Gerakan Kekan, Ketengah, Kekiri Dan Turun-Naik

Dari Tabel 4.5 tampak bahwa semua proses berlangsung secara berurutan. Proses pada konveyor penerima ini dimulai dengan pendeteksian jenis barang lalu gerakan turun naik lengan robot, penempelan barang oleh *magnetic clutch* kemudian perpindahan lengan robot kekanan atau kekiri sesuai jenis barang dimana jika barang jenis tinggi lengan bergerak kekanan dan jika barang jenis rendah lengan kekiri. Proses perpindahan kekanan, kekiri, ketengah dan naik ini menggunakan *limit switch* sebagai sensor batasnya. PINB.5 sebagai batas kiri, PINB.6 sebagai batas tengah, PINB.7 sebagai batas kanan dan PINC.2 sebagai batas atas pada gerakan naiknya lengan robot.

Tabel 4.5 Hasil pengujian pada konveyor penerima barang.

Jenis Barang	Uji Turun Naik	Uji Gerak Kekan	Uji Gerak Ketengah 1	Uji Gerak Kekiri	Uji Gerak Ketengah 2
Tinggi	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Tinggi	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Tinggi	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Tinggi	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Rendah	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Rendah	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Rendah	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Rendah	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa Tugas Akhir yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Lengan robot penyeleksi dan pemindah barang berdasarkan ukuran tinggi menggunakan mikrokontroler AT90S8515 dapat berfungsi dengan baik.
2. Tegangan keluaran sensor *limit switch* ketika ditekan adalah 0,097V karena keluaran rangkaian langsung terhubung *ground* dan pada saat tidak ditekan sebesar 5,02V.
3. Proses penyeleksian barang pada konveyor penyedia berhasil dilakukan dengan tidak ada kesalahan.
4. Proses pemindahan oleh Lengan robot berhasil dilakukan dengan tidak ada kesalahan.

5.2 Saran

Agar sistem yang didapat lebih baik, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan lebih lanjut penggunaan komputer dapat digantikan dengan sistem mikrokontroler.
2. Perbaikan pada sistem mekanik yang kurang presisi dan kurang sempurna sehingga pengambilan dan penempatan barang semakin akurat.
3. Perbaikan pada sensor *infrared* yang rentan terhadap gangguan yang berasal dari luar berupa pergeseran dan sinar matahari yang mempengaruhi penerima dan pemancar *infrared* sehingga diharapkan gangguan dapat ditekan seminimal mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Jogyanto, H., *Konsep Dasar Pemrograman Bahasa C*, Edisi Kedua, ANDI, Yogyakarta, 2000.
- [2]. Khadiq, A., *Aplikasi Mikrokontroler Atmel AT90S8515 Sebagai Pengatur Pada Mesin Tetas Ayam*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Undip, Semarang, 2005.
- [3]. Kadir, A., *Pemrograman Dasar Turbo C untuk IBM PC*, ANDI, Yogyakarta, 1997.
- [4]. Kernighan, B.W. & Ritchie, D.M., *The C Programming Language, Second Edition*, Prentice Hall, New Jersey, 1988.
- [5]. K.S. Fu, R.C. Gonzalez & G.S.G. Lee, *Robotics : Control, Sensing, Vision, and Intelligence*, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1988.
- [6]. Mahadmadi, F., *Embeded C Pada Mikrokontroler AVR AT90S8515*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Undip, Semarang, 2003.
- [7]. Malvino, P.A., *Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
- [8]. Malvino, P.A., *Prinsip-prinsip Elektronika*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984.
- [9]. Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik*, Jilid I, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1997.
- [10]. Raharjo, S.B., Sutopo, B., *Robot Pengikut Garis Berbasis Mikrokontroler AT89C51 Menggunakan Sensor Infra Merah*, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta, 2004.
- [11]. Rusmadi, D., *Digital & Rangkaian*, PIONIR JAYA, Bandung, 2004.
- [12]. Sutisna, U., *Aplikasi Mikrokontroler AT89C51 Untuk Keamanan Ruangan Pada Rumah Cerdas*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Undip, Semarang, 2004.
- [13]. Wardoyo, R., *Lengan Robot Penyeleksi dan Pemindah Barang Berdasarkan Ukuran Panjang Berbasis PC*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Undip, Semarang, 2004.
- [14]. Zuhul, *Dasar Tenaga Listrik*, ITB, Bandung, 1991.
- [15]. _ _ _ _ _ , *8-bit AVR Instruction Set*, <http://www.atmel.com>, Februari 2003.
- [16]. _ _ _ _ _ , *CodeVisionAVR Version1.0.1.7 User Manuat*, <http://www.hpinfotech.ru>, Maret 2003.



Andes Indrayanto, lahir di Banyumas, pada saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro dengan konsentrasi Kontrol.

Mengetahui dan Mengesahkan,

Pembimbing I

Pembimbing II

Sumardi, ST, MT
NIP. 132 125 670

Iwan Setiawan, ST, MT
NIP. 132 283 183