

KONTROL MOTOR DC PENGGERAK RODA PADA ROBOT CERDAS

Titis Aribowo, Heru Wahyu Herwanto

Abstrak: Dalam Kontes Robot Cerdas Indonesia divisi Senior Beroda, sebuah robot dituntut untuk dapat bergerak menyusuri lapangan pertandingan yang merupakan miniatur dari suatu gedung dimana didalamnya terdapat lorong dan ruangan. Robot didesain sedemikian rupa sehingga memiliki kemampuan menjelajahi lapangan pertandingan dan menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan. Untuk itu robot membutuhkan motor yang nantinya dapat membantu robot dalam melakukan *navigasi*. Motor akan menjalankan perintah sesuai data yang telah diterima oleh sensor jarak. Perancangan ini merupakan implementasi aktuator yang digunakan pada robot cerdas pemadam api yaitu terletak pada kedua motor yang digunakan untuk bernavigasi dengan menggunakan sistem PWM motor akan dikendalikan oleh mikrokontroler Atmega 16 dengan membangkitkan sinyal PWM untuk menjalankan motor. Prinsip kerja kontrol motor DC sebagai penggerak roda pada robot cerdas adalah dengan memasukan data PWM ke mikrokontroler Atmega 16 untuk dijalankan motor secara otomatis meliputi putar kanan dan putar kiri dari PWM rendah ke PWM puncak serta dapat dikomunikasikan secara serial dengan sensor jarak. Hasil akhir dari perencanaan ini adalah motor dapat menjalankan instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler dan hasil akan ditampilkan dengan menggunakan LCD.

Kata Kunci: PWM, Mikrokontroler Atmega16, LCD

Robot merupakan salah satu media dalam rangka memajukan teknologi dan informasi yang menjadi acuan dari berbagai elemen misalnya dunia industri, dunia pendidikan dan pertahanan. Hal ini dimaksudkan agar lebih mengoptimalkan daya kreatifitas manusia dan meringankan beban manusia dalam menjalani berbagai aspek kehidupan karena semua sebagai pekerjaan dapat digantikan oleh robot yang telah diciptakan.

Manusia memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan fisik, sehingga dalam aktivitasnya memiliki batas-batas yang tertentu pula. Hal itu akan berpengaruh langsung pada tingkat efisiensi kerja manusia. Dalam usaha meningkatkan efisiensi kerja manusia, dewasa ini banyak dipikirkan kemungkinan penggunaan sistem-sistem baru pengganti tenaga manusia. Diantaranya kemajuan di bidang industri banyak memberi solusi bagi masalah ini, terutama dalam hal kecepatan, ketelitian dan kekuatan

(power). Dalam hal kebersihan, banyak alat-alat pembersih yang dulunya dikerjakan secara manual, sekarang diganti dengan robot. Contoh mesin penyedot debu, mesin pemotong rumput. Tapi walaupun sudah digantikan oleh tenaga mesin dalam melakukan pekerjaan tersebut terkesan masih enggan. Hal ini disebabkan karena kurang menariknya alat-alat yang telah diciptakan dan hanya dalam bentuk yang kurang menarik, sehingga mempengaruhi efektivitas dari kegunaan alat-alat itu sendiri.

Dunia robotik di era teknologi dan informasi belakangan ini mengalami kemajuan yang pesat hal ini dibuktikan dengan semakin maraknya ajang robotik baik di tingkat nasional maupun internasional dengan diadakannya perlombaan, seminar dan lokakarya baik di tingkat universitas maupun tingkatan nasional. Hal ini membuktikan bahwa robotik adalah sebuah teknologi yang menjadi prioritas di kalangan pelajar dan mahasiswa.

Mahasiswa sebagai pelajar di tingkat-an paling atas dan sebagai agen pembaha-ruan diharapkan mampu mengembangkan kreatifitasnya dan mengaplikasikan ilmu yang didapatkan kedalam dunia robotik yang semakin hari semakin diminati oleh kalangan pelajar dan kalangan pencinta teknologi maju karena

dunia robotik mampu mengganti-kan kerja yang seharusnya dikerjakan manusia mampu dikerjakan oleh robot dengan harapan mampu mengurangi beban manusia dan lebih mempercepat penyelesaian pekerjaan.

Selaras dengan perkembangan teknologi *modern* dewasa ini, khususnya dalam dunia teknologi robot banyak negara maju (Amerika, Jerman, Inggris, dan Jepang) berlomba-lomba untuk men-ciptakan robot dengan keistimewaan-keisti-mewaan khusus. Pembuatan robot dengan keistimewaan khusus ini sangat berkaitan erat dengan adanya kebutu-han dalam industri *modern* yang menuntut adanya suatu alat dengan ke-mampuan tinggi yang dapat me-nylesaikan pekerjaan yang tidak mampu diselesaikan oleh manusia.

Sebagai contoh upaya untuk mengem-bangkan dan menerapkan teknologi el-ektronika adalah dengan diada-kannya suatu kontes robotika yaitu, me-madamkan nyala api suatu lilin. Dalam kontes ini, robot diharapkan mampu menemukan lokasi nyala api suatu lilin dan sekaligus memadamkannya. Oleh karena itu, peningkatan tingkat kecer-dasan robot melalui sensor-sensor yang digunakan serta kontrol yang pengaturannya menggunakan bahasa pemrograman bahasa C yang sesuai akan banyak menghasilkan gerakan ro-bot yang cukup bervariasi, yaitu gerak maju, gerak mundur, gerak belok kanan, gerak belok kiri dan gerak mekanik untuk memadamkan lilin.

Perencanaan dan pembuatan alat pen-

gontrol motor DC dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16 ini dimanfaat-kan untuk kepentingan pembela-jarantingkat Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Ma-lang, serta dapat digunakan sebagai ba-han praktek untuk mengajar sehingga mahasiswa lebih tertarik untuk memper-dalam tentang dunia robotika.

Dalam pembuatan dan perancangan ini diberikan beberapa batasan masalah agar nanti dalam pengerjaanya dapat seoptimal mungkin, adapun batasan ma-salahnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem ini dilengkapi dengan *display LCD* untuk menampilkan data yang diberikan pada motor DC ,
2. Sistem ini dibuat dengan menggunakan bahasa pem-rograman C,
3. Mikrokontroler yang digunakan pa-da sistem adalah *AT mega 16*.

METODE

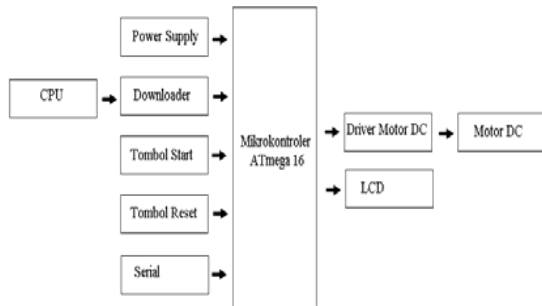
Dalam perancangan dan pembuatan robot cerdas ini, dilakukan beberapa tahapan agar lebih mudah dalam pengerjaannya. Adapun tahapan-tahapan tersebut terdiri dari beberapa blok yang ma-sing-masing blok memiliki fungsi dalam proses informasi.

Diagram Blok Sistem

Gambar blok diagram alat yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1, Fungsi dari masing-masing blok antara lain:

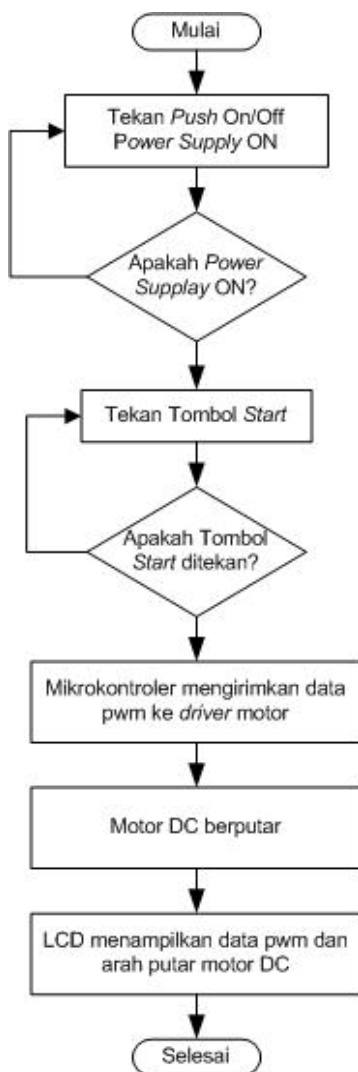
1. *Power supply* digunakan untuk mem-beri tegangan kerja pada alat.
2. *Downloader* digunakan untuk me-masukan program kedalam alat.
3. Tombol *start* digunakan untuk meng-aktifkan sistem.
4. Motor DC keluaran dari data PW yang dimasukkan
5. Tombol *reset* digunakan untuk me-*reset* program kembali ke awal.

6. Mikrokontroler Atmega16 digunakan untuk pengendali keseluruhan sistem.
7. LCD digunakan untuk menampilkan data hasil sensor.



Gambar 1. Diagram Blok Alat

Adapun diagram alir alat dapat dilihat pada Gambar 2.

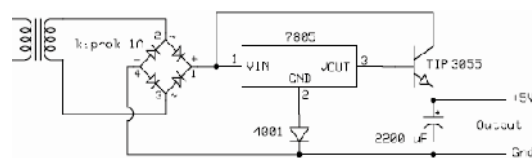


Gambar 2. Diagram Alir Alat

Dari diagram alir pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa sistem akan aktif jika *push ON supply* telah ditekan kemudian menekan tombol *start* motor akan berputar sesuai data PWM dan arah putar yang dimasukkan pada mikrokontroler kemudian mikrokontroler mengirimkan data PWM dan arah putar ke LCD kemudian data tersebut akan ditampilkan oleh LCD.

Perancangan Rangkaian Power Suplay

Rangkaian *power supply* berfungsi untuk men-*supply* daya pada rangkaian sistem sehingga sistem dapat bekerja. Tujuannya adalah memberikan *supply* tegangan yang dibutuhkan mikrokontroler sebesar 4,5 volt-5,5 volt, sedangkan tegangan yang dibutuhkan dengan arus sebesar 30mA-50mA. Sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh sistem, maka dirancang rangkaian *power supply* yang dapat memenuhi kebutuhan sistem sehingga sistem dapat bekerja. Gambar rangkaian *power supply* pada alat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Power Supply

Kiprok yang digunakan sebesar 1 ampere, gunanya adalah sebagai penyearah tegangan. Keluaran positif dari kiprok dihubungkan dengan kaki *input* dari *regulator* 7805. *Regulator* 7805 mengeluarkan tegangan sebesar +5 volt.

Perancangan Rangkaian Minimum Sistem dan Reset

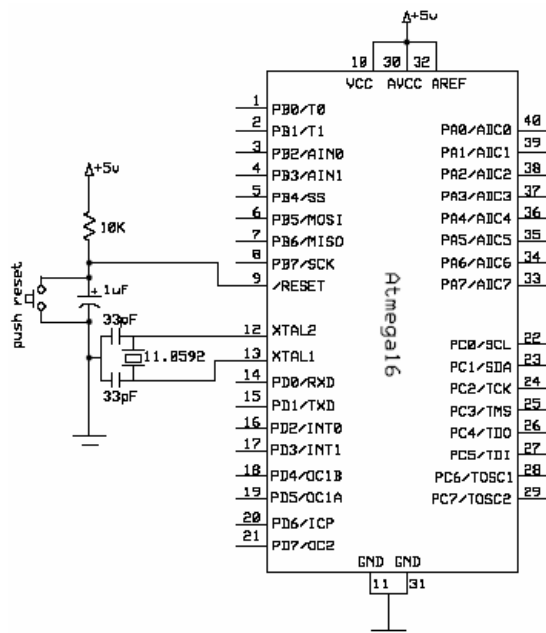
Mikrokontroler pada alat ini digunakan sebagai kendali utama untuk menjalankan sistem, mikrokontroler

yang digu-nakan adalah mikrokontroler AVR buatan atmel, Mikrokontroler AVR ini dipilih karena:

- Mudah didapat di pasaran,
- Kecepatan eksekusi instruksi lebih cepat dibanding tipe MCS51,
- Fitur pendukung yang lengkap misalnya *Timer*, penampil LCD, dll,
- Dukungan *software* yang dapat digunakan seperti pemrograman C,

Atmega16 cukup dapat menjalankan sistem sesuai dengan kebutuhan. Frekuensi *clock* atau *crystal* yang digunakan adalah 11,0592 Mhz sebagai pembangkit sinyalnya, dengan kapasitor *resonator* sebesar 33pF.

Gambar rangkaian minimum sistem dan *reset* pada alat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Minimum Sistem dan Rangkaian Reset

Pin reset pada mikrokontroler ATMEL AVR adalah aktiv *low*, jika sebuah sinyal *low* diaplikasikan pada *pin* ini, maka mikrokontroler akan di-*reset*. Tujuan dilakukan *pe-reset-an* adalah:

- Untuk ‘melepas’ semua *pin* (kecuali *pin-pin crystal*) untuk masuk ke keadaan *tri-state*, menginisialisasi

semua *register I/O*, dan me-*reset* program *counter*.

- Untuk memasuki mode pemrograman mikrokontroler kembali ke awal.

Jalur *reset* memiliki resistor *pull-up internal* berukuran 100K-500K *ohm*. Secara teori, resistor *pull-up* tersebut berfungsi menahan *pin reset* pada logika *high* dan tidak mengambang. Pada lingkungan dengan *noise* yang tinggi, makaresistor *pull-up internal* saja tidaklah cukup. Adanya *spike* dapat menyebabkan munculnya sinyal *reset* yang tidak dii-nginkan. Oleh karena itu perlu adanya rangkaian *eksternal* yang secara aktif menjaga kondisi *pin reset* tetap *high* kecuali dilakukan *reset*.

Resistor *pull-up* dapat berukuran sembarang, akan tetapi sebaiknya tidak lebih besar dari ukuran resistor *pull-up internal*. Nilai ukuran yang dapat digunakan adalah antara 4K7 *ohm* hingga 10K *ohm* (*AVR-Rangkaian Reset, Blog at WordPress.com. diakses 15 juli 2009*)

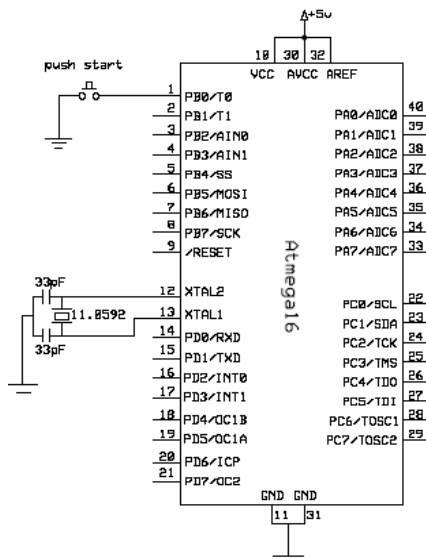
Untuk dapat lebih meredam *noise* dan *spike*, maka ditambahkan kapasitor dengan ukuran 1µF. Mikrokontroler AVR memiliki *filter low-pass internal* yang berfungsi meredam *noise* dan *spike*, namun itu saja tidak cukup untuk meredam *noise*. Tombol *reset* dirangkai dengan *Pin* nomor 9 pada mikrokontroler Atmega16.

Perancangan Tombol Start

Tombol *start* pada alat digunakan untuk mengaktifkan sistem, *Pin* yang digunakan sebagai tombol *start* pada mikrokontroler ATMEL AVR adalah aktif *low*, artinya jika *pin* yang digunakan sebagai tombol *start* dari mikrokontroler menuju *ground* maka sistem akan aktif.

Tombol *start* dirangkai dengan *Pin B.O* mikrokontroler dan *ground*. Prinsip

kerjanya adalah jika tombol *start* ditekan maka *pin* B.O akan terhubung dengan *ground* sehingga *pin* B.O berlogika *low*. Tombol *start* cukup ditekan sesaat untuk mengaktifkan sistem. Gambar rangkaian tombol *start* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Tombol Start

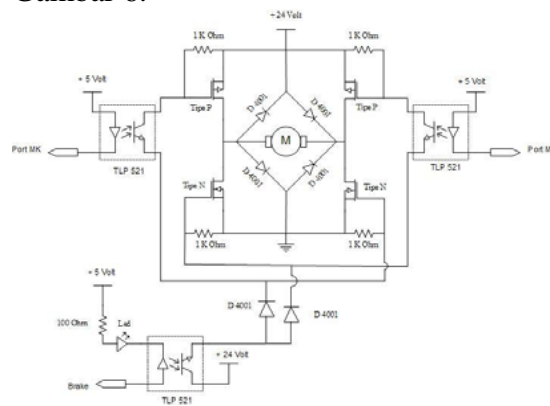
Perancangan Driver Motor DC

Motor DC banyak digunakan sebagai penggerak dalam berbagai peralatan, baik kecil maupun besar, lambat maupun cepat. Ia juga banyak dipakai karena dapat disesuaikan untuk secara ideal menerima pulsa digital untuk kendali kecepatan. Cara pengendalian motor DC ini bisa secara **PWM**. Pemilihan cara pengendalian akan tergantung dari kebutuhan terhadap gerakan motor DC itu sendiri

Sesuai dengan namanya, motor DC didayai dengan tegangan DC (*direct current* = arus searah). Dengan demikian putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga berubah. Motor DC juga terdapat tegangan kerja yang bervariasi, ada yang memiliki tegangan 3V, 6V, 12V dan 24V. Pada alat ini menggunakan tegangan 24 volt karena dapat menaikkan pwm semaksimal mungkin agar putaran motor stabil dan dapat berputar dengan cepat.

Untuk mengontrol motor DC yang

bersifat *solid-state* dapat dipakai rangkaian menggunakan transistor. Transistor disusun sedemikian rupa hingga membentuk huruf H atau yang disebut H-bridge transistor, H-bridge transistor tersusun dari 4 buah transistor dengan memanfaatkan fungsi transistor sebagai saklar, yaitu titik *cut off* dan titik saturasi. Pemilihan transistor yang dipilih dapat mengalirkan arus yang diperlukan oleh motor DC. Rangkaian untuk mengatur motor DC dengan menggunakan transistor atau H-bridge transistor dapat dilihat Gambar 6.



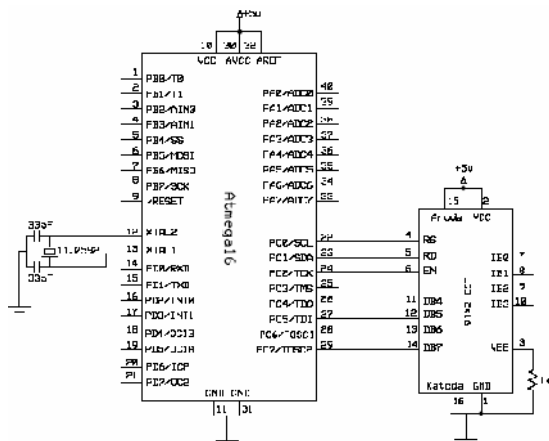
Gambar 6. Rangkaian Driver Motor DC

Perancangan Rangkaian LCD

LCD digunakan untuk menampilkan data jarak hasil sensor yang dilakukan oleh SRFO4 ultrasonik. LCD yang digunakan adalah LCD dengan tipe 2x16 buatan seiko, LCD ini dapat menampilkan 16 karakter sebanyak 2 baris. LCD tipe ini dipilih karena cukup untuk menampilkan data dari sensor ultrasonik pada sistem.

Pada *pin* 3 LCD dihubungkan dengan resistor sebesar 1K ohm dengan *ground* yang bertujuan sebagai kontras warna huruf atau angka yang akan ditampilkan di LCD. Sedangkan *pin* 15 LCD (*Anoda*) dihubungkan dengan *ground* dan *pin* 16 LCD (*Katoda*) dihubungkan dengan VCC yang bertujuan untuk menyalakan lampu atau *backlight* pada LCD. Gambar rancangan rangkaian LCD dapat

dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian LCD 2x16

Pin LCD yang dikoneksikan dengan mikrokontroler Atmega16 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koneksi pin LCD dengan Atmega16

LCD konektor	AVR Atmega16
RS (pin4)	Pin C.0
RD (pin 5)	Pin C.1
EN (pin 6)	Pin C.2
DB4 (pin 11)	Pin C.4
DB5 (pin 12)	Pin C.5
DB6 (pin 13)	Pin C.6
DB7 (pin 14)	Pin C.7

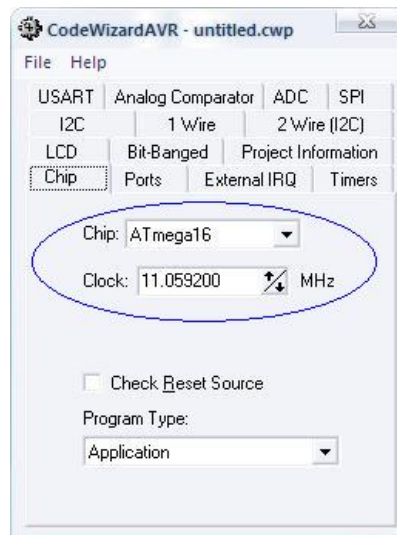
(Sumber: CodeVisionAVR C Compiler Help, LCD Function)

Perancangan dan Pembuatan Software

Tahap awal dalam pembuatan software adalah inisialisasi dari mikrokontroler. Seperti pemilihan pin yang akan digunakan untuk input atau output, mode-mode interrupt seperti serial, timer/ counter dengan software CodeVisionAVR dan dengan fasilitas CodeWizard.

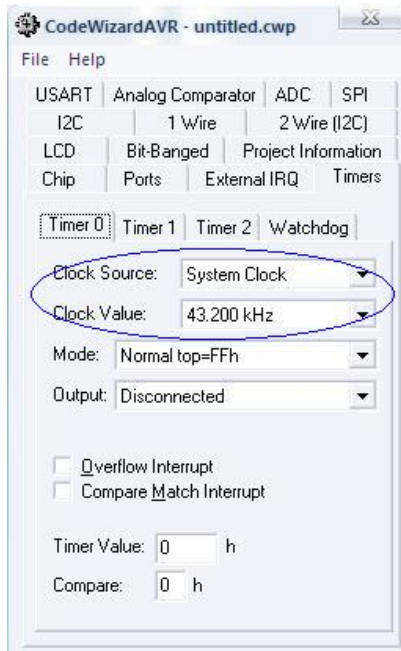
Chip atau jenis IC yang digunakan adalah Atmega16 dengan frekuensi clock atau crystal yang digunakan adalah 11.0592 Mhz. Langkah-langkah untuk pengaturannya adalah setelah membuka program CodeVisionAVR pilih File-New, pada kotak dialog create new file pilih file type Project kemudian tekan ok, pada kotak dialog confirm pilih yes-dan se-

lanjutnya muncul kotak dialog CodeWizardAVR atau menggunakan shortcutshift+F2. Pilih chip yang digunakan kemudian tentukan frekuensinya. Pengaturan chip dan clock dapat dilihat seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Inisialisasi chip dan clock

Timer 0 digunakan sebagai counter untuk mendeteksi data dari sensor ultrasonik. Langkah-langkah untuk pengaturannya adalah setelah membuka program CodeVisionAVR pilih File-New-Project pada kotak dialog CodeWizartAVR pilih Timers- pilih Timer 0-kemudian pilih system clock pada clock source dan pilih 43.200 kHz pada clock value. Pengaturan timer 0 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Inisialisasi Timer 0

Setelah dilakukan inisialisasi timer 0, pada project kerja akan muncul program seperti pada Gambar 10. Program tersebut adalah hasil inisialisasi timer 0 pada CodeWizartAVR.

```
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 43.200 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OCO output: Disconnected
TCCR0=0x04;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
```

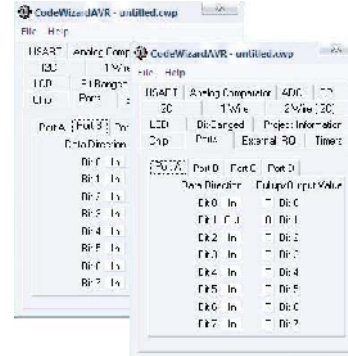
Gambar 10. Program Inisialisasi Timer 0

Inisialisasi port I/O terdapat 2 bagian yaitu port direction dan pullup/output value. Port direction adalah port difungsikan sebagai input atau output, Pullup/ output value adalah kondisi normal pada pin port ada 3 kondisi yaitu 0,1 atau high impedans. Langkah-langkah untuk pengaturannya adalah pilih menu ports pada CodeWizartAVR kemudiantentukan port-port yang digunakan sebagai input atau output dan memberikan kondisi normalnya. Port yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Port I/O Mikrokontroler Atmega16

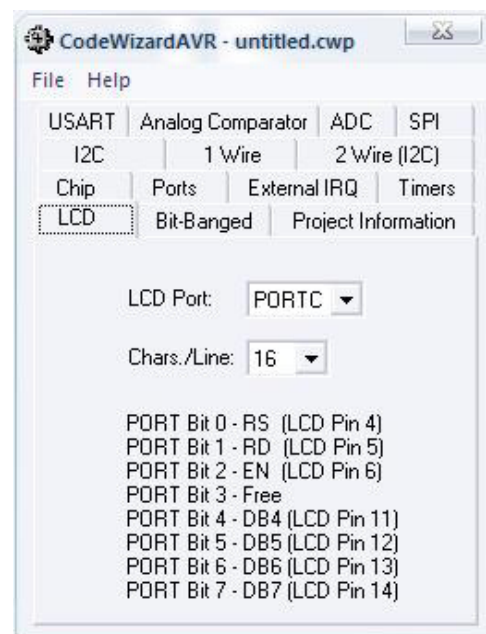
Atmega16	Data Direction	Output Value	Fungsi
PORT B.0	In	P	Tombol Start
PORT A.0	Out	T	PWM
PORT A.1	Out	0	Direktion
PORT A.2	Out	T	Brake

Inisialisasi port pada CodeWizartAVR sesuai dengan Tabel 2. Inisialisasi port I/O dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Inisialisasi Port I/O

Inisialisasi LCD tidak perlu melalui inisialisasi port, karena didalam CodeVisionAVR telah tersedia penginisialisasian LCD sehingga lebih mudah dalam pemrogramannya. Langkah-langkah untuk pengaturannya adalah pilih menu LCD pada CodeWizartAVR kemudian tentukan port mana yang akan digunakan sebagai LCD. Inisialisasi LCD dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Inisialisasi LCD

Dalam penelitian ini *port* yang digunakan sebagai keluaran LCD adalah *port C*, sehingga pengaturan pada *Code-WizardAVR* adalah *port C*. Setelah dilakukan inisialisasi LCD, pada *project* kerja akan muncul program seperti pada Gambar 13.

```
#include <lcd.h>

// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x15
#endasm

// LCD module initialization
lcd_init(16);
```

Gambar 13. Program Inisialisasi LCD

HASIL

Hasil dan Analisis Pengujian Rangkaian Power Supply

Hasil pengujian rangkaian *power supply* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Rangkaian Power Supply

V trafo (input)	V _{output} 7805	V _{output} 3055	I _{output} 7805	I _{output} 3055
8	5,5	4,8	0,51ma	50 ma
7.5	5,5	4,8	0,51ma	50 ma
9	5,5	4,8	0,51ma	50 ma
12	5,5	4.8	0,51ma	50 ma

Dari hasil pengujian rangkaian *power supply* pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa tegangan keluaran dari transistor 3055 adalah 4,8 volt. Besar tegangan keluaran transistor 3055 dapat mencukupi konsumsi tegangan sistem. Besar arus keluaran transistor 3055 sesuai dengan konsumsi arus yang dibutuhkan minimum sistem

Hasil dan Analisis Pengujian Keseluruhan Sistem

Hasil pengujian keseluruhan sistem, dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Data input PWM/ putar kanan	V output	I output
50	6 Volt	0.2 ampere
100	9 Volt	0.23 ampere
150	10.5 Volt	0.23 ampere
200	11 Volt	0.23 ampere
250	12 Volt	0.24 ampere

Dari Tabel 4 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan akan Mempengaruhi komsumsi tegangan yang dibutuhkan. Pada data PWM rendah sampai data PWM puncak, hal ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan daya yang diberikan ke motor untuk menjalankan putaran motor. Sedangkan untuk arus yang mengalir adalah sama dari PWM rendah ke PWM tinggi, tetapi dari hasil pengujian tidak sesuai yang diharapkan, yaitu pada data PWM 50 yang seharusnya adalah 0.23 amper menjadi 0.20 amper dan data PWM 250 yang seharusnya adalah 0.23 amper menjadi 0.24 amper, Hal ini terjadi karena spesifikasi dari motor tidak ideal yang diharapkan sehingga menyebabkan sedikit perbedaan dalam pengukuran.

Hasil Pengujian Pada Osiloskop



Sinyal pada pwm 50



Sinyal pada pwm 100



Sinyal pada pwm 150



Sinyal pada pwm 2500

Gambar 14. Sinyal pengujian PWM

Dari Gambar 14 dapat ditarik kesimpulan data PWM yang telah dimasukkan ke dalam mikrokontroler akan mempengaruhi besar tegangan yang akan dikonsumsi oleh motor, dengan menggunakan logika aktif low (0) digambarkan pada Osiloskop adalah sinyal yang bawah. pada sinyal PWM 50 sampai 250 mengalami perubahan panjang gelombang pada logika aktif low (0) yang akan mempengaruhi kecepatan motor semakin panjang sinyal low semakin cepat putaran pada motor.

KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja dari sistem yang dibuat:

1. Proses pengontrolan motor DC dengan memasukan data PWM pada mikrokontroler dapat dijalankan oleh motor DC sesuai data yang dimasukkan baik nilai PWM rendah sampai nilai PWM tinggi dan mengubah arah putar motor DC, tinggi rendahnya nilai PWM mempengaruhi konsumsi tegangan yang dibutuhkan oleh motor DC untuk mengoptimalkan putaran motor, sedangkan untuk arus adalah sama tergantung spesifikasi dari motor.
2. LCD dapat menampilkan data yang diberikan ke mikrokontroler sesuai dengan program yang telah dibuat

dengan menggunakan bahasa C untuk ditampilkan

3. Dari semua intruksi yang diberikan oleh mikrokontroler dan dijalankan oleh motor DC baik secara tetap atau berubah-ubah nilai dari data yang diberikan seperti naik-turunnya PWM dan arah putar motor dapat diketahui dari LCD yang telah diprogram.

DAFTAR RUJUKAN

- Atmel Corporation. 2009 "Mikrokontroler Atmega16 www.atmel.com/8-bit AVR microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash/ ATmega16. diakses 02 juli 2009
- Miles, Pete Build. 2008 "Your Own Combat Robot" www.8051projects.net/pulse-width-modulation/introduction.php. diakses 15 oktober 2009)
- Shinano Corporation.2007 "Datasheet Motor DC" www.shinano.com . diakses 22 november 2009
- Thomas, Braunl. 2008 "Embedded Robotics" www.8051projects.net/pulse-width-modulation/introduction.php. diakses 15 oktober 2009)
- Tim penulis PRASIMAX. 2008 " PWM" www.PRASIMAXMIKRON123ONLINE.com diakses 22 Juni 2009
- Tim penulis sato media. 2008 "robot Avoidance" www.satomedia.com/robot diakses pada 22 Juli 2009
- Topway Instruments. Liquid Crystal Display Modules Datasheet LCD LMB-162A

