

# PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL PERGERAKAN ROBOT ARTIKULASI 5 DERAJAT KEBEBASAN BERBASIS WEB

Gandjar Kiswanto, Hendra Prima S.

Laboratorium Teknologi Manufaktur dan Otomasi  
Departemen Teknik Mesin  
Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Depok, 16424 - Indonesia  
Ph : +62217270032  
e-mail : [gandjar\\_kiswanto@eng.ui.ac.id](mailto:gandjar_kiswanto@eng.ui.ac.id)

## Abstrak

*Abstrak—Penelitian ini merancang sebuah sistem yang mampu mengontrol sebuah robot artikulasi dengan lima derajat kebebasan dari jarak jauh melalui media internet yang berbasiskan aplikasi web. Dalam penelitian ini digunakan sebuah komputer yang bertindak sebagai server yang dilengkapi dengan dua buah web camera untuk memantau kondisi dan pergerakan robot dan juga sebuah mikrokontroler pengontrol robot sebagai pemroses dan pengontrol masukan untuk menggerakkan robot. Melalui sebuah web browser pada komputer yang bertindak sebagai client, sistem pada komputer server diakses oleh pengguna dan menampilkan sebuah antarmuka yang dirancang sebagai panel kontrol robot.*

**Kata Kunci—:** Kontrol robot, Aplikasi web

## I. ENDAHULUAN

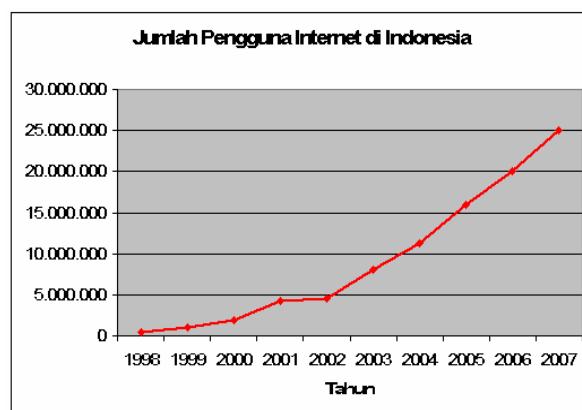
Penggunaan robot didalam dunia perindustrian semakin luas, hal ini terjadi seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan barang – barang yang berkualitas. Hal ini disebabkan karena kelebihan dari robot yang mampu bekerja lebih banyak dan lebih konsisten dibandingkan manusia. Perkembangan dunia robotika didukung dengan kemajuan teknologi didalam bidang mekanikal, elektronika dan teknologi informasi. Teknologi tersebut kemudian diaplikasi pada berbagai macam tipe robot untuk meningkatkan kecerdasan, daya tahan, dan akurasi dari robot – robot tersebut.

Salah satu dasar pengembangan robot adalah memberikan pertolongan kepada manusia untuk melakukan pekerjaan yang sulit dan membahayakan. Beberapa industri yang menuntut tingkat kepresisan yang tinggi, sehingga tidak menggunakan lagi manusia sebagai pekerjanya namun robot sebagai pekerja didalam pabrik. Hal ini menuntut pengembangan robot yang mampu memenuhi permintaan manusia. Salah satu kebutuhan tersebut adalah pengendalian robot dari jarak jauh. Pengendalian robot dari jarak jauh sangat dibutuhkan untuk mempermudah manusia memonitor pekerjaan robot dan mengoreksi pekerjaan robot pada pabrik – pabrik yang tidak lagi menggunakan manusia sebagai pekerjanya.

Metode pengendalian robot dari jarak jauh pada penelitian ini menggunakan jaringan internet. Pengendalian menggunakan internet ini didasari karena

perkembangan teknologi sekarang yang banyak menggunakan internet sebagai media pengiriman informasi. Keterbatasan ruang dan waktu untuk bekerja dan berpindah tempat juga menjadi alasan yang kuat untuk mengembangkan pengendalian berbasis internet. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendalian robot industri dari jarak jauh dalam rangka pengembangan *intelligent manufacturing system* di Laboratorium Teknologi Manufaktur dan Otomasi Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.

Penggunaan internet sebagai sarana pertukaran informasi dan data di Indonesia juga semakin meningkat. Sesuai dengan data statistik dari APJII (Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia) pengguna internet di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun seperti terlihat pada grafik berikut :

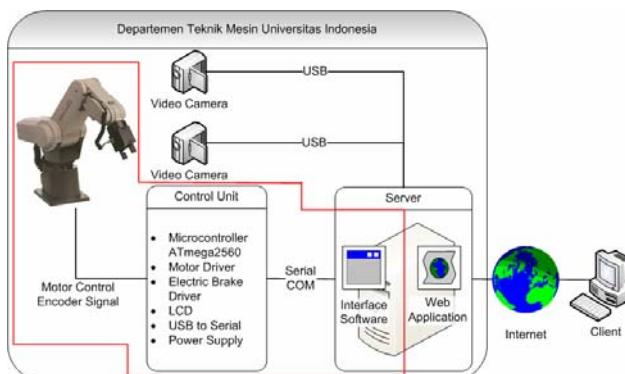


**Gambar 1.** Jumlah Pengguna Internet di Indonesia Tahun 1998 – 2007 [1]

Peningkatan penggunaan internet di Indonesia inilah yang menjadi alasan penelitian kendali berbasis internet perlu dikembangkan dan diaplikasikan dalam dunia perindustrian di Indonesia.

## II. PERANCANGAN PENGENDALIAN ROBOT BERBASIS WEB

Sebuah sistem dikembangkan untuk mengendalikan lengan robot dengan 5 (lima) derajat kebebasan dari jarak jauh melalui internet. Untuk dapat memenuhi kriteria pengendalian berbasis jaringan internet, sistem harus memiliki fasilitas yang dapat mewakili panel kontrol dan juga harus dilengkapi dengan fasilitas pemantauan proses pergerakan robot secara visual agar pengguna dapat dengan mudah mempergunakan sistem tersebut. Sistem pengendalian berbasis jaringan internet ini mempunyai rancangan sistem seperti berikut :

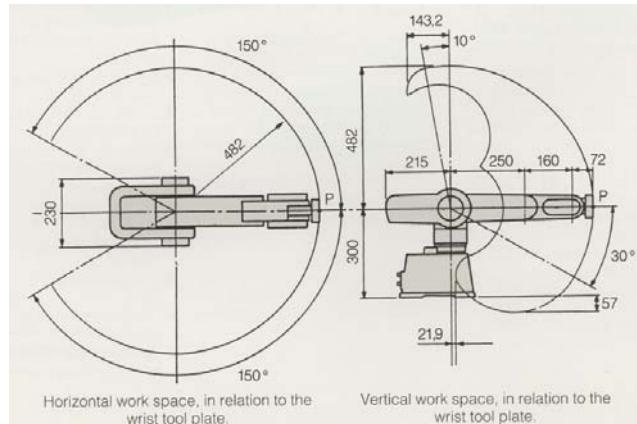


**Gambar 2.** Rancangan Sistem Keseluruhan

Pengendalian robot berbasis web yang dirancang ini menggunakan komunikasi data antara jaringan internet, komputer, dan *microcontroller* untuk menggerakkan robot dari jarak jauh. Data yang dikirim adalah data pergerakan robot artikulasi dengan 5 derajat kebebasan yaitu robot Mitsubishi Movemaster RV-M1.

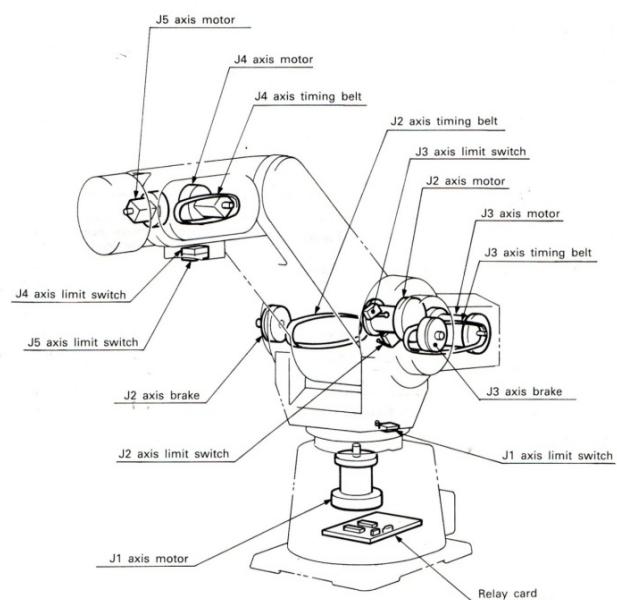
## III. SISTEM MEKANIKAL ROBOT

Desain mekanikal robot yang dipakai dalam penelitian ini merupakan jenis robot *manipulator* dengan tipe Artikulasi. Setiap robot manipulator mempunyai keterbatasan dalam melakukan pergerakan bergantung pada desain mekanikalnya sendiri. Keterbatasan pergerakan ini dapat didata dengan membuat diagram pergerakan robot atau biasa disebut dengan *working space* diagram.



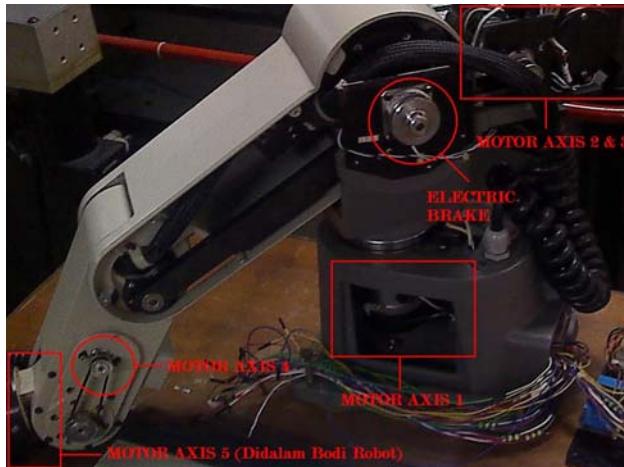
**Gambar 3.** Working Space Mitsubishi Movemaster RV-M1

Robot movemaster RV-M1 memiliki sistem penggerak yang cukup sederhana pada masing – masing *axis*-nya, namun sistem penggerak ini cukup akurat untuk menggerakkan robot ke posisi yang diinginkan. Terdapat motor DC pada masing-masing *axis* serta electric brake pada *axis* 2 dan 3.



**Gambar 4.** Desain Sistem Penggerak Mitsubishi Movemaster RV-M1





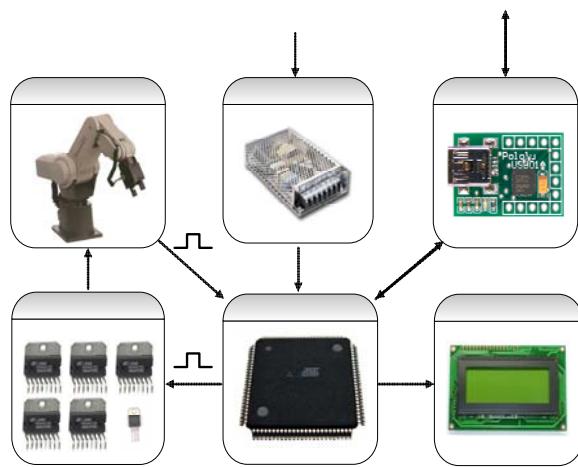
Gambar 5. Sistem Penggerak Mitsubishi Movemaster RV-M1



Gambar 7. Perangkat Keras *Control Unit*

#### IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT KERAS SISTEM PENGENDALI

Berdasarkan tinjauan sistem mekanikal maka dilakukan pengembangan perangkat keras untuk pengendalian robot berbasis *web* ini. Perangkat keras yang digunakan dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengendalian sistem mekanik. Sebelum melakukan produksi, dilakukan desain rangkaian elektronik berdasarkan perangkat *input* dan *output* yang akan dikendalikan. Robot movemaster RV-M1 mempunyai perangkat *input* berupa sensor encoder dan limit switch pada masing-masing *axis*. Sehingga dirancang suatu sistem kontrol digital yang menggunakan *microcontroller*. Rancangan perangkat keras tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6. Rancangan Sistem Pengendali

Seluruh perangkat elektronik diatas kemudian di rangkai sehingga menjadi sebuah perangkat keras *control unit* dari robot movemaster RV-M1.

#### V. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK SISTEM PENGENDALI

Perangkat lunak pada sebuah sistem pengendali berfungsi untuk mengatur informasi antara *input*, proses dan *output* dari sistem yang dikendalikan. Microcontroller diprogram dengan algoritma yang disesuaikan dengan *software interface* ke PC. Program pada microcontroller harus mampu menerima dan mengirim data ke komputer dan harus mampu mengontrol perangkat keras lainnya yang terhubung ke robot. Berikut adalah algoritma yang dirancang untuk perangkat lunak sistem pengendali :

**Algorithm :**

START

- 1) Setting microcontroller.
- 2) Menyalakan lampu indikator (robot siap menerima perintah).
- 3) Menunggu perintah dari komputer server
- 4) IF perintah dari server = nilai perintah default, lakukan pergerakan posisi default.
- 5) IF perintah dari server = nilai perintah manual, lakukan pergerakan manual.
- 6) IF perintah dari server = nilai perintah web, lakukan pergerakan berbasis web.
- 7) IF perintah dari server = nilai berhenti, berhenti menerima perintah

END



## VI. PENGEMBANGAN SISTEM KOMUNIKASI DENGAN WEB SERVER

Sistem komunikasi dengan *web server* dibuat untuk mengambil data dari dihasilkan *web server* yang merupakan data perintah dari *client*. Sistem komunikasi dibuat dengan menggunakan *interface software* yang *install* pada komputer *server*. Program ini harus mampu mengambil data yang dihasilkan oleh *web server* dan mengirim data tersebut ke *microcontroller* untuk menggerakkan robot. Berikut adalah algoritma *interface software* yang dirancang untuk komunikasi komputer *server* dengan *microcontroller*.

**Algorithm :**

```

START
1) Menunggu perintah dari user
2) IF Perintah dari user = perintah manual, lakukan aktifkan mode manual
3) IF Perintah dari user = perintah web, lakukan aktifkan mode web.
4) Membuka PORT komunikasi komputer server.
5) Mengirim data ke microcontroller secara serial.
6) Menutup PORT komunikasi.
END
    
```

Data yang diambil oleh program *interface software* adalah data yang terdapat pada sebuah *text file* yang dihasilkan oleh *web server*. Data yang terdapat pada *text file* ini merupakan data pergerakan masing-masing *axis*.

File Edit Format View Help		
180	0	180
180	0	45
180	0	45
180	255	45
180	0	90

DATA AXIS 1  
DATA AXIS 2  
DATA AXIS 3  
DATA AXIS 4  
DATA AXIS 5

Gambar 8. Paket Data Didalam File .txt

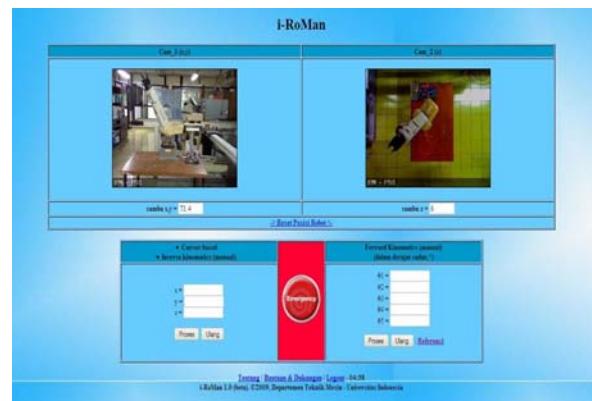
File Edit Format View Help		
180	0	180
180	0	45
180	0	45
180	255	45
180	0	90

SUDUT  
ARAH : UNTUK AXIS 1 & 5  
255 = KIRI 255 = NAIK  
0 = KANAN 0 = TURUN  
DUTY CYCLE

Gambar 9. Fungsi Masing-Masing Data Didalam File .txt

## VII. WEB SERVER

Pada komputer *server* dikembangkan aplikasi GUI(*Graphical User Interface*) yang mewakili panel kontrol robot. Gambar dibawah adalah bentuk *user interface* yang ditampilkan dilayar *browser*.



Gambar 10. Halaman Kontrol Utama Pada Web

Terdapat 2 metode pergerakan robot yaitu *cursor based inverse kinematics* dan *forward kinematic*. Digunakan 2 kamera *webcam* yang memonitor pergerakan robot secara *real-time* untuk membantu *user* yang berada jauh dari robot. User dapat mengaktifasi mode *emergency* apabila terdapat kondisi yang membahayakan atau dapat merusak robot. Dari layar *web* inilah kemudian diproses keluaran berupa file .txt pada komputer *server*, file tersebut yang akan diproses oleh *software interface* pada komputer *server* dan kemudian diteruskan ke kontrol unit untuk menggerakkan robot.

## VIII. PENGUJIAN SISTEM



Gambar 11. Pengujian Pergerakan Axis 1





Gambar 12. Pengujian Pergerakan Axis 2



Gambar 14. Pengujian Pergerakan Axis 4

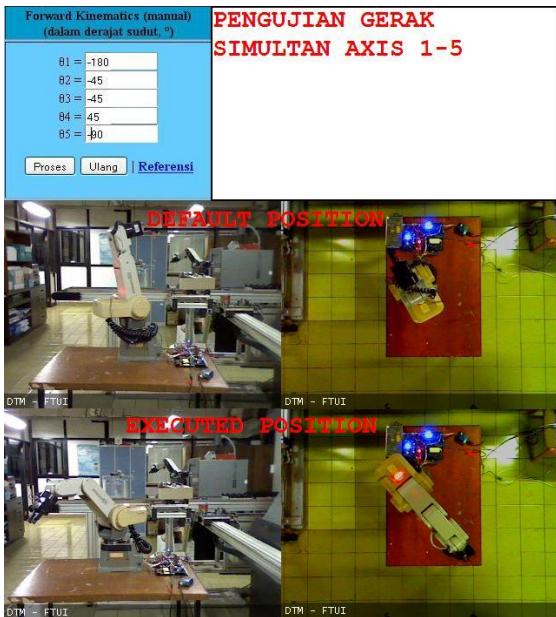


Gambar 13. Pengujian Pergerakan Axis 3



Gambar 15. Pengujian Pergerakan Axis 5





Gambar 16. Pengujian Pergerakan Simultan

Data yang dikirim antara *web server* dan *microcontroller* dapat dimonitor dari layar tampilan software. Berikut adalah contoh data yang dibaca software dan dikirim ke *microcontroller*.

```
C:\DOCUME~1\HENDRA~1\Desktop\DRIVERRV.EXE
Movement File Found!
Press ENTER to exit
Movement File Executed
180 0 180
180 0 45
180 0 45
180 255 45
180 0 90
Sending Web Command
File removed
```

Gambar 17. Proses Verifikasi Data

Setelah uji 1000 kali proses pembacaan dan pengiriman data, tidak terjadi kesalahan maupun *error* pada *software*. Arah pergerakan robot dan perhitungan *encoder* sudah tepat. Untuk pengujian akurasi data dari *microcontroller* ke robot dilakukan dengan menampilkan data perhitungan *encoder* pada LCD setelah robot bergerak. Berikut adalah data yang berhasil diambil dari robot :

1. Axis 1 : memiliki kalibrasi sudut  $1^\circ = 57$  pulsa *encoder*. Dengan pergerakan robot  $-180^\circ$ , data

*encoder* yang didapat sebesar 10374 pulsa. Sehingga didapat error pergerakan sebesar  $\pm 2^\circ$ .

2. Axis 2 : memiliki kalibrasi sudut  $1^\circ = 101$  pulsa *encoder*. Dengan pergerakan robot  $-45^\circ$ , data *encoder* yang didapat sebesar 5050 pulsa. Sehingga didapat error pergerakan sebesar  $\pm 5^\circ$ .
3. Axis 3 : memiliki kalibrasi sudut  $1^\circ = 67$  pulsa *encoder*. Dengan pergerakan robot  $-45^\circ$ , data *encoder* yang didapat sebesar 3216 pulsa. Sehingga didapat error pergerakan sebesar  $\pm 3^\circ$ .
4. Axis 4 : memiliki kalibrasi sudut  $1^\circ = 50$  pulsa *encoder*. Dengan pergerakan robot  $45^\circ$ , data *encoder* yang didapat sebesar 2350 pulsa. Sehingga didapat error pergerakan sebesar  $\pm 2^\circ$ .
5. Axis 5 : memiliki kalibrasi sudut  $1^\circ = 30$  pulsa *encoder*. Dengan pergerakan robot  $90^\circ$ , data *encoder* yang didapat sebesar 2730 pulsa. Sehingga didapat error pergerakan sebesar  $\pm 1^\circ$ .

Adanya error ini disebabkan karena robot dipengaruhi oleh gaya-gaya yang didapat oleh robot seperti inersia pada sistem mekanikal robot. Error ini dapat dikurangi dengan menambahkan algoritma kendali kecepatan motor yang adaptif.

## IX. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang diambil daripelitian pengembangan sistem kontrol robot 5 derajat kebebasan berbasis web :

1. Pengendalian robot berbasis *web* sangat bergantung pada akurasi data yang diterima dan dikirim antara masing – masing sistem.
2. Pengendalian robot secara digital memungkinkan berbagai macam algoritma kendali untuk dikembangkan dalam pengendalian robot.
3. Sistem kendali robot berbasis *web* dapat diterapkan pada aplikasi industri yang membutuhkan pemantauan pergerakan robot.
4. Sistem *emergency* dalam pengendalian robot berbasis *web* ini harus dikembangkan secara optimal untuk menjamin keamanan sistem elektronik dan mekanikal.

## X. SARAN PENELITIAN LEBIH LANJUT

Untuk pengembangan robot lebih lanjut disarankan untuk melakukan beberapa perubahan untuk meningkatkan kinerja sistem, yaitu :

1. Motor driver L298 dapat ditingkatkan kemampuannya dengan memberikan heatsink atau dengan menggantinya dengan driver motor yang memiliki daya tahan lebih.



2. Meningkatkan kecepatan proses data dengan memakai microcontroller dengan kecepatan lebih tinggi.
3. Control unit dapat dibuat menjadi *single board* saja untuk mengurangi pemakaian kabel sehingga dapat mengurangi resiko kesalahan teknis akibat putusnya kabel.
4. Pemakaian pulsa *encoder* fasa B & Z akan meningkatkan akurasi robot.

## XI. REFERENSI

- [1] APJII(December 2007). Perkembangan Jumlah Pelanggan & Pemakai Internet (kumalatif). 19 February 2009. <http://www.apjii.or.id>
- [2] ISO 8373(1994). Manipulating Industrial Robot. 20 July 2009.  
<http://www.dirak.dk/Portals/0/Robotter/robotdef.pdf>
- [3] Mitsubishi. (1998). Movemaster RV-M1 Instruction Manual. Japan
- [4] DigiKey. (2003). ATmega2560 Microcontroller Package. April 27, 2009. [www.digikey.com](http://www.digikey.com)
- [5] Society of Robots. (November 30, 2008). Pulse Width Modulation Tutorial. June 2009.  
[http://www.societyofrobots.com/member\\_tutorials/node/29](http://www.societyofrobots.com/member_tutorials/node/29)
- [6] Quantum Devices. (March 27, 2009). What is meant by Rotary Incremental Encoder Index Pulse “gating”? . July 10, 2009.  
<http://quantumdevices.wordpress.com/2009/03/27/what-is-meant-by-rotary-incremental-encoder-gating>
- [7] Wankhede, Mahesh. (2007). Switch On I/O Ports. August 20, 2009.  
<http://www.freewebs.com/maheshwankhede/ports.html>
- [8] ATMEL. ATMega2560 Microcontroller PDF. April 3, 2009.  
[http://www.atmel.com/dyn/products/product\\_card.asp?family\\_id=607&family\\_name=AVR+8%2DBit+RISC+&part\\_id=2014](http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?family_id=607&family_name=AVR+8%2DBit+RISC+&part_id=2014)
- [9] Ucables. (2006). 16mhz Smd Crystal Oscillator. December 21, 2009. <http://ucables.com/ref/16MHZ-SMD-CRYSTAL-OSC-R46887>
- [10] ST. L298D Datasheet. August 23, 2009.  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/T/I/P/1/TIP122.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/T/I/P/1/TIP122.shtml)
- [11] Sains, Insan (2008). H-Bridge Driver : Kontrol Arah Motor. January 22, 2009.  
<http://insansainsprojects.wordpress.com/2008/06/05/h-bridge-driver-kontrol-arah-motor>
- [12] ST. TIP122 Datasheet. June 8, 2009.  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/T/I/P/1/TIP122.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/T/I/P/1/TIP122.shtml)
- [13] Lumax Incorporated. LCM-S01604DSR Datasheet, May 19, 2009.  
<http://www.lumex.com/products.aspx?id=11>
- [14] Pololu. USB to Serial Adaptor. March 27, 2009.  
<http://www.pololu.com/catalog/product/391>
- [15] Meanwell. S-100F PSU Datasheet. February 20, 2009.  
<http://www.meanwell.com/search/s-100f/default.htm>
- [16] Dietel & Dietel. (2003). How to Program in C. 3rd edition. New Jersey: Prentice Hall.
- [17] Codevision. Codevision AVR C compilier. January 10, 2009. <http://www.hpinfotech.ro/html/cvavr.htm>



