

PENGENDALIAN ROBOT MOBILE BERBASIS WEB DAN INTERNET PROTOCOL MELALUI JARINGAN WIFI

Thomas Agung S, S.T.,M.T.¹, Sarono Widodo, S.T, M.Kom¹,
Ridha Faisal Supriatna²

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang, 50275
Email: ¹thomas_agung_s@gmail.com, ²sar_wede@yahoo.com, ³ridhafaisal90@gmail.com

Abstrak

Robot modular nirkabel berbasis web terdiri dari tiga unit modul, yaitu modul utama, modul pengolah data, dan modul penggerak. Konsep ini memungkinkan terciptanya suatu sistem robot yang terintegrasi dan mempunyai fleksibilitas baik dari segi modifikasi perangkat keras maupun perangkat lunak khususnya untuk proses pengolahan data. Robot ini ditujukan sebagai media dalam proses pengambilan benda/target dan kontrol oleh pengguna melalui jaringan berbasis web. Pada Tugas Akhir ini penulis fokus pada sistem penggerak, kontrol penggerak dan monitoring melalui web yang merupakan bagian pada modul utama. Modul utama terdiri dari mainboard robot untuk menempatkan sistem operasi, web server dan webcam server. Sebagai prototipe telah dirancang sistem yang terdiri dari roda berbentuk roda tank sebagai penggerak utama robot, kamera dan lengan robot bermotor servo. Kamera digunakan untuk memonitor medan yang dilaluinya. Kesemua gerakan robot seperti gerakan maju, mundur, belok kiri, belok kanan dan berhenti serta gerakan kamera dan lengan sepenuhnya dikontrol dengan melalui web jaringan WiFi

Kata kunci : kendali, robot, mikrokontroler, wireless

Abstract

A modular and wireless robot consists of three modules ie: main module, processing module, and activator module. The concept realizes an integrated and flexible system in both aspects of hardware modification and software especially for data processing. The robot is intended as a media for intake of object and control through network over web. In this Final Work, the author focuses on the mechanical system, its control and monitoring over web which is a part of main module. The main module consists of the robot's mainboard containing the operating system, web service and another supporting softwares. As a prototype, a system with wheel in form of tank wheel as main activator of robot, camera and robot arm with motor servo. A camera is also attached to monitor the surrounding area. All the robot movement be like movement forward, backward, turn to left, turn to right and stop and also camera movement and arm is fully controlled with web through WiFi network.

Keywords: controlling, robot, mikrokontroler, wireless

1. Pendahuluan

Hingga saat ini perkembangan di dunia teknologi informasi dan robotika terlihat sangat cepat berkembang. Di lain sisi sistem otomasi juga berkembang pesat. Otomasi biasa digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan menghindari kesalahan yang tidak dikehendaki khususnya pada industri modern. Otomasi juga memegang peranan penting dalam beberapa proses manufaktur yang membutuhkan presisi tinggi. Di samping itu, sistem otomasi dengan menggunakan aplikasi robot juga menjadi umum dalam industri manufaktur dimana keselamatan menjadi hal yang utama, misalnya pada eksplorasi tambang, pembangkit tenaga nuklir, mendeteksi kebocoran gas berbahaya,

penjinak bom dan lain - lain. Bisa diambil contoh akhir-akhir ini gempar dengan adanya teror bom paket. Dikarenakan kurangnya perangkat otomatis seperti robot untuk menjinakkan bom tersebut, akhirnya manusia yang menjadi korbannya[1].

Aplikasi robot mobile nirkabel berbasis web merupakan salah satu bentuk aplikasi dan implementasi berkembangnya kemajuan teknologi informasi dan robotika. Robot dapat digunakan untuk melakukan tugas – tugas, khususnya di tempat berbahaya, untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan dan mengirimkannya kepada para pengguna yang terletak jauh dari tempat tersebut [2].

Dengan ini, penulis memperkenalkan suatu perangkat dinamis berbentuk robot, yang bisa di kendalikan berbasis web menggunakan WiFi sebagai media komunikasi. Dimana robot dapat diakses secara wireless dari jarak jauh untuk penggunaan tertentu. Dari hasil pengamatan yang dilakukan bahwa kebutuhan terhadap perangkat dinamis sangat diperlukan, khususnya untuk pekerjaan-pekerjaan di tempat berbahaya dan tujuan khusus lain yang tidak memungkinkan seseorang berinteraksi langsung dengan obyek yang sedang dikerjakan atau diamati. Sehingga dengan adanya robot WiFi berbasis web ini, nantinya dapat melakukan dan menggantikan tugas-tugas seseorang atau pengguna dalam hal pengerjaan, pengumpulan data, pengontrolan serta monitoring melalui jaringan baik local maupun internet.

2. Dasar Teori

2.1 Robot

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Namun belakangan ini robot mulai memasuki pasaran konsumen di bidang hiburan, dan alat pembantu rumah tangga, seperti robot *humanoid* Asimo dari Honda, robot penyedot debu, dan robot pemotong rumput[3].

Mobile Robot adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain. Robot *mobile* ini sangat disukai bagi orang yang mulai mempelajari robot. Hal ini karena membuat robot *mobile* tidak memerlukan kerja fisik yang berat. Untuk dapat membuat sebuah robot *mobile* minimal diperlukan pengetahuan tentang mikrokontroler dan sensor – sensor elektronik. Base robot *mobile* dapat mudah dibuat dengan menggunakan *plywood* atau triplek, akrilik sampai menggunakan logam (aluminium). Robot mobil dapat dibuat sebagai pengikut garis (*Line Follower*) atau pengikut dinding (*Wall Follower*) ataupun pengikut cahaya[4].

2.2 Komunikasi Wireless dan Jaringan Nirkabel

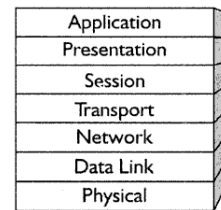
Seperti yang telah diketahui bahwa istilah Jaringan Nirkabel atau *Wireless LAN* adalah teknologi jaringan yang tidak menggunakan perangkat kabel yang umumnya dijumpai di dalam sebuah jaringan komputer dewasa ini. Teknologi ini sesuai dengan namanya *wireless* yang artinya tanpa kabel, memanfaatkan gelombang radio untuk melakukan interaksi atau komunikasi antar unit komputer. Perangkat *wireless* bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. *Wireless LAN* pada dasarnya adalah sebuah perangkat radio komunikasi data yang mampu menghubungkan antar komputer atau sebuah komputer ke sebuah *local area network* (LAN) ataupun sebaliknya. Tentunya *Wireless LAN* dapat digunakan juga untuk menghubungkan antar

LAN, sehingga memungkinkan adanya *resource sharing* (penggunaan bersama) pada setiap komputer yang terhubung. Jaringan tanpa kabel sebenarnya tidak sesulit sistem *cable network* bahkan lebih mudah. Sistem jaringan WIFI atau *Wireless* tidak memerlukan penghubung *cable network*.

2.3 Open Systems Interconnection (OSI)

Model referensi OSI merupakan model konseptual yang terdiri dari tujuh layer, dimana setiap layernya mempunyai fungsi jaringan yang spesifik dan saling mendukung satu sama lain. Model ini telah dikembangkan oleh badan yang mengurus permasalahan standarisasi, yaitu *International Organization for Standardization (IOS)* di tahun 1984, dan hingga saat ini telah menjadi model arsitektur jaringan acuan dalam komunikasi antar komputer.

Model OSI membagi beberapa pekerjaan perpindahan informasi antara jaringan komputer ke dalam beberapa buah grup kecil yang lebih mudah diatur atau *manageable*. Setiap layer pada dasarnya dapat berdiri sendiri secara independen dalam implementasinya, akan tetapi tetap menyatu dalam fungsinya (berbeda-beda tetapi tetap satu fungsi yang saling mendukung). Dengan kemampuan ini, masing-masing layer dapat dikembangkan secara independen tanpa mempengaruhi layer yang lain[5].



Gambar 2.1 OSI Layer

2.4 Mikrokontroler

Umumnya pada suatu robot sudah dipastikan terdapat komponen mikrokontroler yang berisi algoritma program untuk memberikan logika pendeteksian berupa tingkah laku dari robot tersebut baik berupa pergerakan mekanis maupun perubahan visual. Untuk melakukan pergerakan mekanis tersebut dibutuhkan suatu pemacu gerak seperti motor dan beberapa kombinasi roda gir[6].

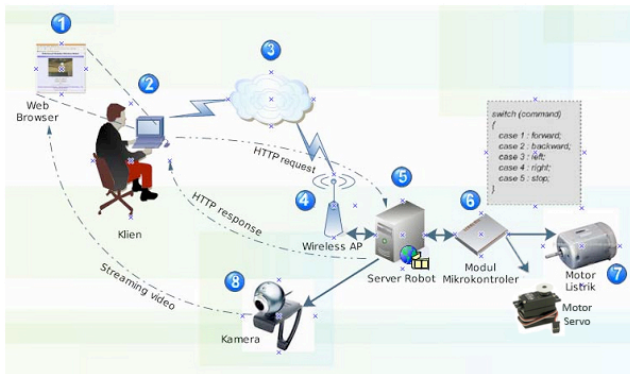
Mikrokontroler digunakan sebagai penghubung antara server dengan berbagai komponen baik berupa kontrol penggerak roda ataupun pembacaan data dari berbagai sensor. Pada perancangan sistem penggerak model atau prototipe robot nirkabel ini digunakan mikrokontroler seri ATmega16 yang berfungsi sebagai pengendali gerak[7].

3. Perancangan dan Pembuatan

3.1 Prinsip Kerja Sistem secara Umum

Konsep dari robot nirkabel berbasis web terdiri dari tiga unit modul,

1. Modul utama (main module) yang menyusun PC Robot yaitu Hardisk, Processor, Motherboard, dan RAM
2. Modul pengolah data (processing module) yaitu mikrokontroler, driver motor DC, dan Servo Controller.
3. Modul penggerak yaitu Motor DC, servo pada kamera dan servo pada lengan robot.



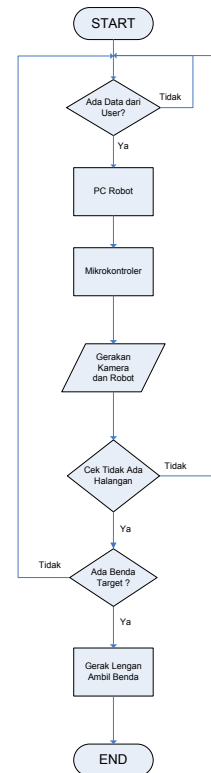
Gambar 1 : Prinsip Kerja Robot Secara Umum

Pada gambar 1 mempresentasikan alur proses sistem, pada poin (1) disisi klien (2) mengakses Web Browser, setelah membuka interface web untuk kontrol robot, dengan alamat url server robot (5) <http://10.100.100.3> atau <http://ROBOT-WIFI/TAndroid> maka server akan memberikan respon menampilkan halaman web sebagai respon atas permintaan pengguna yang menggunakan koneksi melalui *wireless access point* (4). Melalui interface web, dan selama masih dapat diakses (online / tidak putus), klien dapat melakukan kontrol terhadap robot dengan menekan tombol – tombol seperti yang ditampilkan pada halaman web.

Ketika klien menekan tombol maka perambah internet atau web browser (1) akan mengirimkan permintaan berupa *http request* ke server robot (5). Setelah server menerima permintaan tersebut maka server akan merespon dengan mengeksekusi script control port parallel pada server, kemudian memberikan perintah ke modul mikrokontroler (6) untuk mentranslasikan setiap perintah yang telah ditentukan untuk menghasilkan aksi berupa gerak maju, mundur, kekiri, kekanan, berhenti, maupun gerakan servo sesuai tombol yang ditekan oleh klien pada perambah internet atau web browser.

3.2 Flowchart Sistem

Secara garis besar flowchart sistem robot terlihat pada Gambar 2



Gambar 2 : Flowchart Sistem Robot

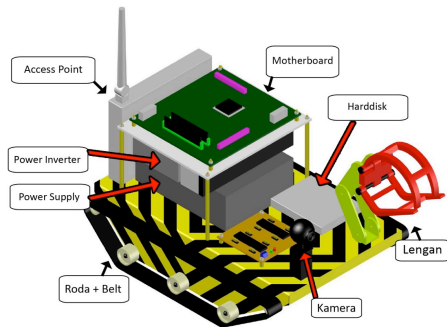
Pada Gambar 2 menjelaskan alur sistem kerja robot. Pertama sistem robot akan mengecek apakah ada data yang dikirimkan oleh user, jika belum ada diterima maka robot belum bergerak selama belum ada data yang masuk dan kembali mengecek ada tidaknya data. Setelah menerima data selanjutnya data diproses oleh PC robot yang kemudian dikirimkan melalui port paralel menuju mikrokontroler, kemudian dari mikrokontroler menginstruksikan driver motor DC dan motor servo untuk bergerak sesuai instruksi atau data yang telah dikirim oleh user. Proses selanjutnya adalah mengecek adakah halangan didepan robot, jika ada maka alur kembali ke pengiriman data untuk instruksi menghindari halangan tersebut. Jika tidak ada halangan, kemudian cek adakah benda target, jika tidak ada, maka sama alur akan kembali ke pengiriman data untuk instruksi mencari benda target. Jika benda target ada di hadapan robot maka proses akan menggerakkan lengan robot untuk mengambil benda.

3.3 Perancangan Perangkat Keras

Untuk pembahasan mengenai perangkat keras, terlebih dahulu akan diuraikan mengenai desain rancangan robot, cara kerja, serta penjelasan masing – masing komponen.

3.3.1 Rancangan Robot

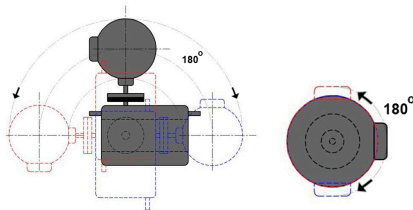
Rancangan keseluruhan robot ditunjukkan gambar 3.



Gambar 3 : Rancangan Robot

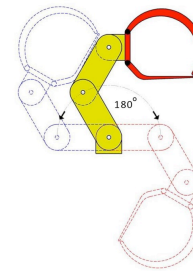
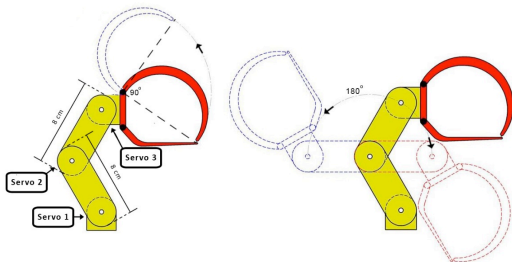
Model atau prototipe robot mobile nirkabel ini dipasang sepuluh buah roda, yang dibentuk model tank masing-masing 5 buah roda dihubungkan dengan *timing belt*. Komponen roda dibuat dari plastik, yang merupakan gir bekas mesin fotocopy kemudian diberi bantalan dan ring agar roda tidak selip saat berputar. Ukuran roda tank yang bersentuhan dengan tanah berdiameter 4 cm dan 5 cm sedangkan roda tank yang berada diatas berdiameter 4 cm dan roda yang terhubung dengan motor DC berdiameter 2 cm.

3.3.2 Rancangan Kamera dan Lengan Robot



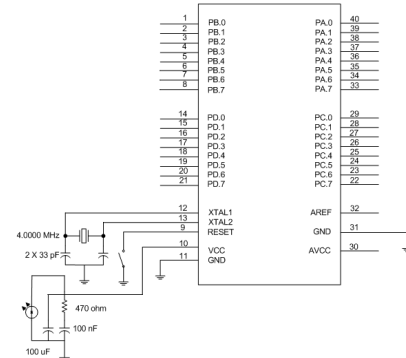
Gambar 4 : Gerakan Servo Webcam Robot Tampak Samping dan Atas

Sebagai penggerak kamera menggunakan motor servo berjumlah 2 buah dengan arah putaran 180 derajat seperti ditunjukkan gambar 4. Servo 1 menggerakkan kamera untuk menunduk ke bawah maupun mendongak ke atas, dan servo 2 menggerakkan kamera untuk menoleh ke kiri dan ke kanan. Sedangkan untuk lengan robot seperti ditunjukkan gambar 3.5 terdiri dari 3 buah motor dengan arah putaran yang sama yaitu 180 derajat. Servo 1 dan servo 2 berfungsi untuk melipat siku atau sendi lengan, dan servo 3 untuk membuka jepitan untuk mengambil benda.



Gambar 5 : Gerakan Servo Lengan Robot

3.3.3 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler



Gambar 6 Sistem Minimum Atmega 16

Pada gambar rangkaian diatas terdapat dua kapasitor yang terhubung paralel yang memiliki nilai 30 pF dan sebuah kristal 12 Mz. Rangkaian ini berfungsi sebagai pembangkit osilator untuk mikrokontroler Atmega 16. Reset terdapat pada pin 9 yang berfungsi untuk memberikan kondisi mikrokontroler menjadi kondisi awal secara manual jika tombol reset ditekan. Tegangan yang digunakan pada mikrokontroler Atmega 16 adalah sebesar +5 VDC, yang dimasukkan ke pin 10 sebagai masukan Vcc.

3.4 Pembuatan dan Perakitan

3.4.1 Kerangka dan Roda Robot



Gambar 7 Kerangka Utama Robot

Kerangka robot seperti ditunjukkan gambar 7 dibuat dari Aluminium. Gir belakang dibuat berdiameter 15mm yang berfungsi sebagai pemutar utama belt pada robot yang terhubung langsung dengan motor DC, dan gir bawah berjumlah 3 buah yang depan dan belakang berdiameter 5 cm dan gir yang tengah berdiameter 4 cm.

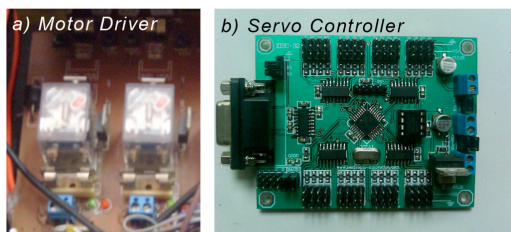
3.4.2 Kamera dan Lengan Robot

Motor servo untuk penggerak kamera berjumlah 2 buah yang disusun dengan direkatkan menggunakan lem alteco dan lem tembak. Untuk lengan robot terdiri dari 3 buah motor servo, dengan konstruksi yang dibuat dengan bahan acrylic. Tangan robot untuk penjepit memanfaatkan tangan penjepit dari mainan bekas dengan sedikit modifikasi seperti ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8 Pemasangan Kamera dan Lengan pada Robot

3.4.3 Driver Motor DC dan Servo Controller



Gambar 9 Driver Motor DC dan Servo Controller

Pada sistem penggerak robot kali ini menggunakan relay sebagai driver motor seperti ditunjukkan gambar 3.9 (*kiri*) dan dioda – dioda untuk melindungi sirkuit dari keluaran arus balik. Rangkaian ini dapat mengontrol dua motor DC secara langsung untuk berputar searah atau berlawanan jarum jam, dengan input yang dihasilkan dari mikrokontroler ATmega 16. Untuk mengontrol satu motor DC dibutuhkan 2 buah pin pada Port yang digunakan.

Sedangkan kelima motor servo yang digunakan robot dikontrol oleh XISC-32 merk Xentronic seperti ditunjukkan gambar 9. (*kanan*) Modul ini dapat mengontrol hingga 31 servo sekaligus secara bersamaan, yang nantinya modul ini akan terhubung dengan mikrokontroler.

3.4.4 Access Point

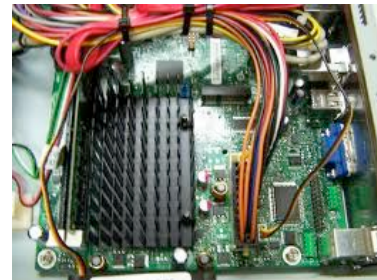
Untuk komunikasi jarak jauh digunakan media koneksi *wireless* dipersyaratkan mendukung komunikasi TCP/IP jarak jauh, yaitu menggunakan *access point* merk ASUS tipe WL-520GU seperti gambar 10. Agar bisa terkoneksi dengan motherboard robot *access point* dihubungkan dengan kabel UTP straight.



Gambar 10 Access Point ASUS WL-520GU

3.4.5 Harddisk, Power Inverter, dan Power Supply

Untuk media penyimpanan sistem operasi menggunakan harddisk 80 GB. Pertimbangan ini dikarenakan mengingat nilai ekonomis dibanding media penyimpanan yang lain. Komponen lain untuk konversi tegangan dari DC ke power DC yang dibutuhkan sebuah motherboard adalah power inverter 12 VDC to 220 VAC. Power supply yang digunakan adalah power supply 400W setelah dapat tegangan AC dari inverter, power supply mencatu motherboard. Gambar 11 menunjukkan power supply yang sudah terpasang di motherboard.



Gambar 11 Pemasangan Power Supply pada Motherboard

3.4.6 Pembuatan Program

3.4.6.1 Program Mikrokontroler

Penulisan program dilaksanakan setelah diagram alir selesai dirancang

a. Inisialisasi LCD

Secara umum proses inisialisasi LCD meliputi pengenalan konfigurasi port dan merupakan tampilan dari sistem.

Potongan program inisialisasi LCD sebagai berikut :

```
// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x1B ;PORTA
#endasm
#include <lcd.h>
// LCD module initialization
lcd_init(16);
```

b. Kontrol Motor DC dan Motor Servo

Setelah dilakukan inisialisasi LCD, untuk aktuator robot yaitu motor DC dan motor servo perlu diprogram agar dapat dikendalikan oleh port parallel dari motherboard.

Adapun potongan program kendali motor DC sebagai berikut :

```
kontrol=PINB&0b11110000;
switch(kontrol)
{
case 0b01110000 : maju(); break;
case 0b10110000 : mundur(); break;
case 0b11010000 : kanan(); break;
case 0b11100000 : kiri(); break;
```

```
default : stop();
}
```

Berikut adalah potongan program motor servo :

```
if (d3==1)
{
if (d0==1) {lengan3_atas(); goto loop;}

if (d1==1) {
if(d2==1){lengan2_atas(); goto loop;}
else {lengan1_atas(); goto loop;}
}
if (d2==1){
if(d1==1)lengan2_atas(); goto loop;}
else {kamera_kanan(); goto loop;}
}
else {kamera_atas(); goto loop;}
}
```

3..4.6.2 Program Kontrol Port Paralel via Web

Agar port paralel bias dikendalikan dari web dan langsung berkomunikasi dengan mikrokontroler maka dibutuhkan tambahan program dan plugin pada web. Berikut potongan program kontrolnya :

```
function x_portstatus() {
sajax_do_call("portstatus",
x_portstatus.arguments);}

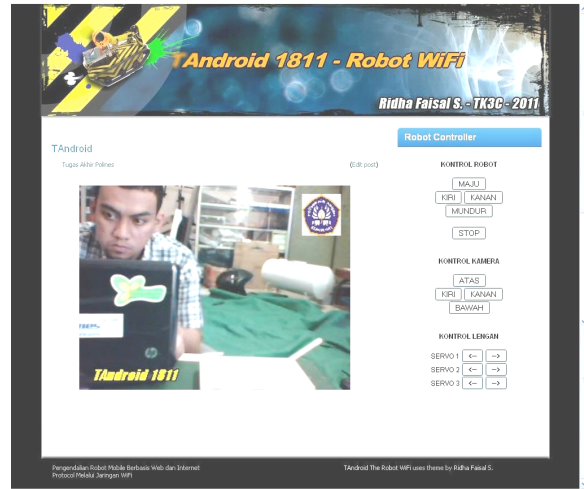
function x_portcontrol() {
sajax_do_call("portcontrol",
x_portcontrol.arguments);}

function do_portcontrol(bit,value) {
x_portcontrol(bit,value,do_portcontrol_cb);}
```

```
<script language="JavaScript">
<!--
do_portstatus();
// -->
</script>
```

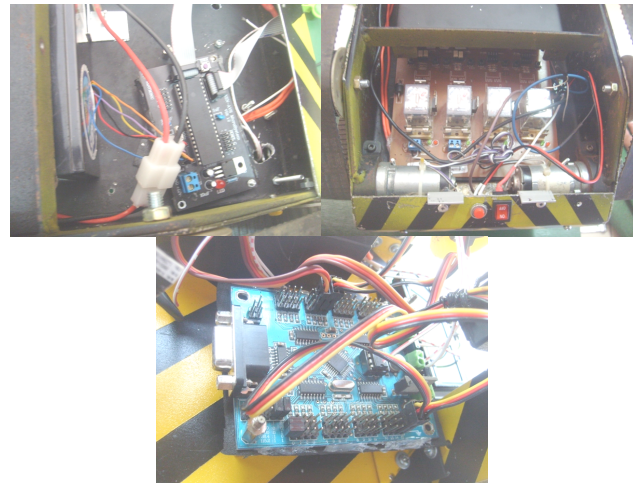
3.5 Tampilan Alat

Adapun tampilan web dari robot yang akan muncul saat user mengakses robot via WiFi seperti ditunjukkan gambar 12



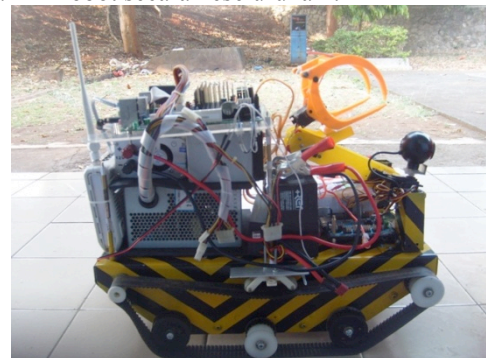
Gambar 12 Tampilan Web Robot

Adapun hasil jadi robot yang siap untuk dikendalikan terlihat pada gambar 13



Gambar 13 : Mikrokontroler, Driver motor DC, dan Servo controller sudah terpasang di robot

Gambar 14 robot secara keseluruhan :



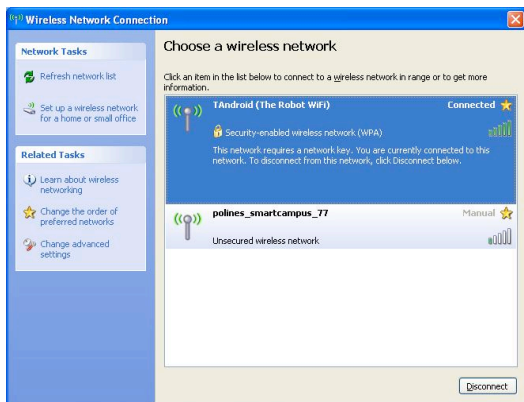
Gambar 14 Hasil Jadi Robot Keseluruhan

4. Hasil dan Pengujian

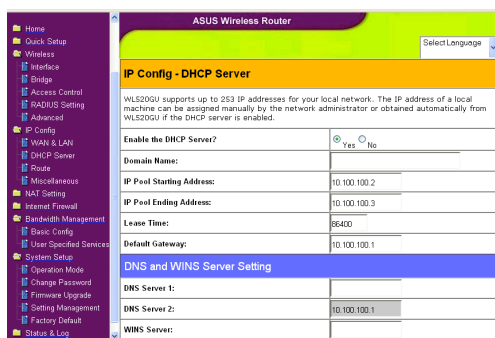
Dikarenakan robot ini pengendalian utamanya melalui WiFi, maka untuk dapat mengontrol robot ini harus menggunakan laptop atau komputer yang memiliki

wireless. Langkah pengkoneksian laptop dengan *Access Point Robot WiFi* sebagai berikut :

1. Nyalakan wireless pada laptop atau komputer yang akan digunakan untuk mengakses robot.
2. Nyalakan Robot hingga LED indikator menyala seperti ditunjukkan dan deteksi WiFi yang ada, koneksikan dengan *Access Point Robot* yang bernama “TAndroid (The Robot WiFi)” seperti ditunjukkan gambar 15 dengan terlebih dahulu setting IP agar DHCP.
3. Cek IP yang diperoleh, pastikan mendapat IP 10.100.100.2, user yang terhubung pasti akan memperoleh IP 10.100.100.2 dikarenakan jaringan ini menggunakan pembatasan DHCP IP Pool seperti ditunjukkan gambar 4.2 dimana hanya akan ada 2 perangkat saja yang terkoneksi yaitu robot dan user. Hal ini untuk mencegah pengendalian robot oleh 2 user yang terhubung sekaligus yang dapat membuat penerima data pada robot akan error. Disamping itu *access point* robot diberi password WPA untuk menambah sekuritas dalam pengendalian robot.

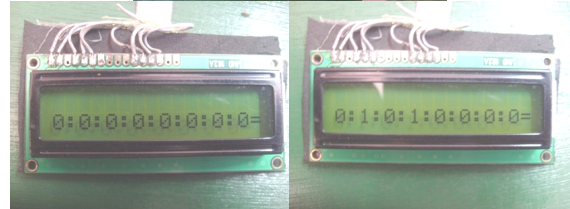
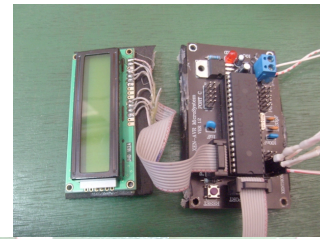


Gambar 15 Pengkoneksian Laptop dengan *Access Point Robot*



Gambar 16 Setting DHCP IP Pool pada *Access Point*

Setelah melakukan pengujian terhadap sistem kerja alat, maka diperoleh hasil pengujian seperti gambar 17, gambar 18, gambar 19. Dengan data di tabel 1.

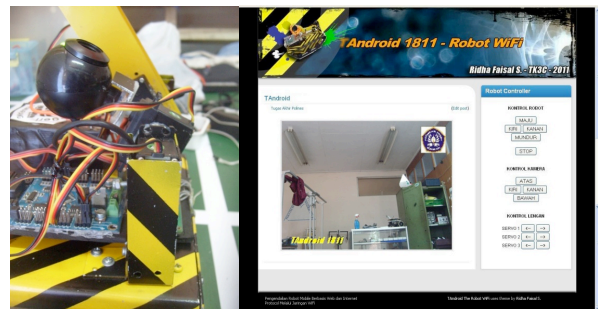


Gambar 17 Pengujian Pengiriman Data Port Paralel ke Mikrokontroler

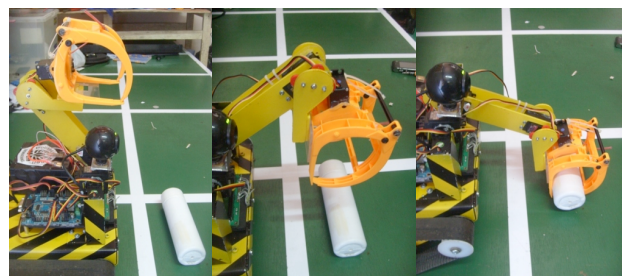
Kemudian proses berikutnya pengujian gerakan robot, kamera dan lengan, gerakan-gerakan robot yang akan dikendalikan dapat dilihat pada tabel 1 berikut. Dimana data yang dikirimkan berupa data biner 8 bit.

Tabel 1 Data Gerakan Robot

Data dalam Biner	Gerakan Robot
0000 0000	Berhenti
0000 0001	Maju
0000 0010	Mundur
0000 0100	Kiri
0000 1000	Kanan
0001 0000	Kontrol Kamera
0010 0000	Kontrol Servo 1
1010 0000	Kontrol Servo 2
1011 0000	Kontrol Servo 3



Gambar 18 Gerakan Kamera dan Hasil Capturanya



Gambar 19 Gerakan Lengan Robot Mengambil Benda

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat adalah sebagai berikut :

1. Sistem penggerak perangkat dinamis dalam bentuk robot yang dapat di kontrol dan di kendalikan melalui web dan media komunikasinya menggunakan jaringan WiFi.
2. Benda/target yang dituju dapat diambil oleh robot dengan memanfaatkan kombinasi gerakan kamera, lengan robot, dan gerakan navigasi robot yang dikontrol sepenuhnya oleh user melalui web.

5.2 Saran

Setelah pembuatan model atau prototipe sistem penggerak berbasis web ini, penulis memberikan beberapa saran kepada diri penulis pribadi atau pembaca mengenai sistem ini, yaitu :

1. Dikarenakan belum adanya balancing putaran motor DC, hal ini menyebabkan proses gerak maju robot terkadang melenceng atau tidak lurus. Untuk tahap pengembangan selanjutnya dapat ditambahkan sirkuit balancing.
2. Untuk meningkatkan nilai estetika maka perlu adanya desain Robot yang lebih teliti dan tanpa mengurangi fungsi dari komponen yang di harapkan.
3. Untuk meningkatkan mobilitas dan tahan lamanya robot dalam bernavigasi perlu adanya penambahan atau pemilihan alternatif baterai yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiharto, Widodo. 2009 . “Kendali Cerdas Berbasis SMS/Web/TCP-IP”, PT Elex Media Komputindo : Jakarta
- [2] Budiharto, Widodo. 2010 . “Robot Tank dan Navigasi Cerdas”, PT Elex Media Komputindo : Jakarta
- [3] Hantoro, Gunadi Dwi.2009.”WiFi (Wireless LAN) Jaringan Komputer Tanpa Kabel”. Informatika : Bandung.
- [4] Kurniawan, Dayat.2009.”ATMega 16 Dan Aplikasinya”. PT. Elexmedia Komputindo : Jakarta.
- [5] Wahana Komputer.2003.”Konsep Jaringan Komputer dan Pengembangannya”. Salemba Infotek : Jakarta.
- [6] LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). “LIPI Modular & Networked Robot (LMNR)”. <http://robot.teori.fisika.lipi.go.id/>
- [7] Tomi Engdahl. “Parallel port interfacing made easy: Simple circuits and programs to show how to use PC parallel port output capabilities”. http://www.epanorama.net/circuits/parallel_output.html, tanggal unduh : 18 Desember 2010