

# PROCEEDING

SEMINAR NASIONAL **PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO**

“Peningkatan Mutu Pendidikan Kejuruan Mengacu  
Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI)”

Yogyakarta, 19 Oktober 2013



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
LOGO DAN NOMOR TERBIT .....	vii
TEMA DAN TUJUAN SEMINAR .....	viii
SUSUNAN PANITIA .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xii
SAMBUTAN KETUA PENYELENGGARA .....	xiii
SAMBUTAN DEKAN FT UNY .....	xv
DAFTAR MAKALAH :	
<b>A. Makalah Utama</b>	
1. Evolution of E-Learning to M-Learning .....	1
<i>Assoc. Prof. Dr. Wan Fatimah Wan Ahmad</i>	
Dept. of Computer & Information Sciences Universiti Teknologi Petronas	
<b>B. Bidang Pendidikan dan Media Pembelajaran</b>	
1. Teknologi Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran dalam Mata Kuliah Kimia Dasar.....	11
<i>Lia Kamelia</i>	
Dosen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung	
2. Penilaian Berbasis Portofolio sebagai Suplemen Sistem Evaluasi Pendidikan Kejuruan.....	21
<i>Zamtinah dan Moh. Khairudin</i>	
Dosen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta	
3. Kelayakan Trainer Mikrokontroler AT Mega 40 PIN Sebagai Media Pembelajaran Mata Diklat Pemrograman Mikrokontroler di SMK .....	32

*Moh. Khairudin*

Dosen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri  
Yogyakarta

5. Hubungan Efikasi Diri, Stereotip Gender dan Pola Asuh Orang Tua dengan  
Pemilihan Karier Siswa SMK Bina Teknologi Purwokerto..... 49

*Dewi Murniati dan Nur Kholis*

6. Meta Evaluasi sebagai Strategi Perbaikan Mutu pada Pendidikan Kejuruan  
..... 59

*Pramudi Utomo*

7. Pengembangan Model Sekolah Bermutu Total (Total Quality School) di SMK  
untuk Peningkatan Mutu Pendidikan Kejuruan ..... 254

*Giri Wiyono*

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri  
Yogyakarta

### **C. Bidang Aplikasi ICT**

1. Rancang Bangun Prototipe Portal MUI Online (Studi kasus : MUI Kecamatan  
Ujungberung) ..... 70

*Adam Faroqi*

2. Sistem Informasi Evaluasi Diri Sekolah Menengah Kejuruan Berbasis Web Sebagai Sarana Pembangunan Program Unggulan Berbasis Potensi Lokal ..... 80  
*Muhamad Ali*  
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT Universitas Negeri Yogyakarta
3. Integrasi Sistem Scada WEB – DCS Berbasis Networking PLC Dilengkapi Sistem Auto Recovery dan Auto Redundant dengan Menggunakan Multiple Communication Device..... 92  
Musthofa Fahmi<sup>1</sup> dan Ryan Yudha Adhitya<sup>2</sup>  
1,2. Prodi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik
4. Rancang Bangun Prototype Simulasi Haji Berbasis Virtual Environment Menggunakan Non Commercial Engine ..... 105  
*Rina Mardiati*  
Universitas Isam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

**D. Bidang Kendali**

1. Rancang Bangun Monitor Radiasi Reaktor Kartini Menggunakan Labview ..... 113  
*Adi Abimanyu, Achmad Fahrul Aji, Muhammad Khoiri, Jumari*  
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional
2. Pengolahan Citra Digital pada Sensor Kamera Sebagai Pengendali Arah Gerak Robot Line Follower..... 124  
*Didik Hariyanto*  
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT Universitas Negeri Yogyakarta
3. Pengujian Fault Coverage pada Rangkaian ISCAS-89 s641 dengan Menggunakan Metode Scan Design ..... 131  
*Edi Mulyana*  
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

4. Rancang Bangun Remote Controlled Line Follower Robot Untuk Rute dengan Persimpangan Kompleks..... 146  
*Nanang Ismail*  
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung
5. Pengaturan Kecepatan Gerak Kursi Roda dengan Memanfaatkan Sinyal Bioimpedansi Tubuh ..... 156  
*Juli Sardi*  
Pasca Sarjana Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November

**E. Bidang Tenaga**

1. Implementasi Multilevel Inverter Jenis DC Terpisah sebagai Antarmuka Panel Surya..... 166  
*Grace Lordi Elma Waruwu dan Leonardus. H. Pratomo*  
Prog.Di Teknik Elektro- Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Soegijapranana Semarang
2. Teknik Pembangkitan Gelombang Sinus PWM Untuk Inverter Daya Tiga Fase ..... 175  
*Francisca H.C, Hari Sutikno, dan Setya Ardhi*  
Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
3. Desain dan Implementasi Maksimum Power Point Tracker Sebagai Pengisi Baterai Berbasis Deteksi Daya dan Tegangan Pada Modul Surya ..... 184  
*Ludovicus Satya. H. B dan Leonardus. H. Pratomo*  
Prog.Di Teknik Elektro- Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranana Semarang
4. Buck Boost Chopper Sebagai MPPT dengan Kontrol Digital Berbasis AT Mega 8535..... 194  
*Matheus Catur Septiantor dan Leonardus. H. Pratomo*  
Program Studi Teknik Elektro - Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata

5. Pentanahan dan Pengaman Sistem 70 KV di Pulau Jawa Ditinjau dari Aspek Pembelajaran ..... 205  
*Soepriyo dan Zamtinah*  
Ketua Umum DPP Gema PDKB  
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT Universitas Negeri Yogyakarta
6. Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Angin dan Surya) di Pantai Baru Pandansimo Bantul Yoryakarta ..... 226  
Tri Suhartanto<sup>1</sup>, Suharyanto<sup>2</sup>, T. Haryono<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada
7. Energi Listrik Mandiri Yang Ramah Lingkungan..... 239  
Tri Watiningsih<sup>1</sup>, Kholistianingsih<sup>2</sup>, Pingit Broto Atmadi<sup>3</sup>  
Fakutas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

## PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PADA SENSOR KAMERA SEBAGAI PENGENDALI ARAH GERAK ROBOT *LINE FOLLOWER*

**Didik Hariyanto**

[didik\\_hr@uny.ac.id](mailto:didik_hr@uny.ac.id)

[didik\\_hr@staff.uny.ac.id](mailto:didik_hr@staff.uny.ac.id)

Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY

**Abstrak:** Sistem yang dibuat merupakan gabungan antara *hardware* dan *software* yang bertujuan untuk mengendalikan arah gerak robot *line follower* berdasarkan data-data citra yang dihasilkan dari sensor kamera.

Pengembangan sistem didasarkan pada metode rancang bangun *hardware* dan *software*. Dimana tahap awal yang dilakukan adalah analisis, yang terdiri dari analisis kebutuhan pemakai, analisis kerja dan analisis teknologi. Tahap selanjutnya adalah perancangan atau desain yang meliputi desain blok diagram, desain rangkaian elektronik dan desain diagram alir program (*flowchart*). Setelah itu dilakukan tahap menterjemahkan modul-modul hasil desain dengan menggunakan bahasa pemrograman ke dalam bentuk aplikasi atau biasa disebut *coding/implementation*. Tahap terakhir adalah pengujian sistem dengan menggunakan sistem pengujian *Black Box Testing*.

Dari hasil pengujian dengan teknik *Black Box Testing*, didapatkan hasil: a) Robot berhasil mengikuti jalur dengan jenis lintasan diantaranya adalah lintasan lurus, lintasan berkelak-kelok, lintasan melengkung  $\frac{1}{2}$  lingkaran, dan lintasan berbelok ke kiri ataupun ke kanan dari sudut  $90^\circ$  kebawah; b) Untuk belokan dengan derajat diatas  $90^\circ$  baik itu berbelok ke kiri maupun ke kanan, robot tidak berhasil untuk mengikutinya; c) Robot belum mampu mengendalikan arah gerak robot dengan menggunakan warna background yang bervariasi, bukan sekedar warna hitam melainkan juga warna hijau, biru, dan merah.

**Keywords:** pengolahan citra digital, sensor kamera, robot, *line follower*

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi, khususnya di bidang komputer telah sedemikian pesatnya dan sudah memberikan manfaat yang besar ke segala bidang kehidupan. Bidang komputer sendiri terdiri dari dua bagian besar, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Baik itu *hardware* maupun *software* telah mengalami perkembangan dan memberikan manfaat yang besar bagi seluruh sektor kehidupan manusia.

Salah satu perkembangan di bidang *software* yang menarik untuk dicermati adalah pemanfaatan multimedia dan aplikasinya yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai bidang pekerjaan maupun pendidikan. Multimedia sendiri merupakan gabungan dari berbagai macam media, yang diantaranya adalah teks, suara, citra atau gambar, animasi dan lain sebagainya.

Citra atau gambar yang merupakan salah satu komponen penting dalam multimedia sangat berperan dalam bidang komputer terutama dalam hal menyajikan suatu informasi dalam bentuk gambar atau visual. Penyajian informasi dalam bentuk gambar akan didapatkan manfaat yang lebih dan dapat menggantikan berbaris-baris susunan kalimat bila disajikan dalam bentuk teks. Citra dapat menyajikan ciri unik atau informasi khusus yang merupakan representasi dari obyek yang ada di dalamnya. Dengan menggunakan sifat citra yang dapat merepresentasikan suatu obyek, maka dapat dimanfaatkan sebagai suatu alat untuk melakukan tugas-tugas tertentu dengan menggunakan citra sebagai masukan atau input sistem. Sebelum dapat digunakan secara langsung, citra harus diolah terlebih dahulu agar supaya komputer sebagai pengambil keputusan dapat memahaminya. Teknik seperti ini sering disebut dengan pengolahan citra (*image processing*).

Banyak sekali permasalahan yang membutuhkan citra sebagai masukan atau input sistem dikarenakan keterbatasan manusia dalam hal kecepatan pemrosesan suatu algoritma, masalah waktu, faktor emosi dan sebagainya. Salah satu sistem yang membutuhkan citra sebagai masukannya adalah pada proses kendali robot.

Teknologi robot dewasa ini berkembang dengan pesat. Banyak bidang pekerjaan yang semula dikerjakan oleh manusia, perlahan namun pasti sudah sebagian besar yang digantikan oleh robot. Robot mampu mengerjakan suatu pekerjaan dengan tingkat presisi yang sangat tinggi dan tidak mempunyai kelemahan pada hal emosi, sehingga robot mampu bekerja secara terus-menerus tanpa mengenal rasa lelah, suntuk, pusing dan sebagainya.

Di Indonesia, dimulai dari tingkat sekolah menengah pertama sampai pada tingkat mahasiswa, banyak sekali dipertandingkan kompetisi robot *line follower*. Kompetisi robot *line follower* adalah pembuatan robot yang mempunyai kemampuan untuk mengikuti jalur garis berwarna pada sebuah bidang permukaan. Robot *line follower* yang dirancangbangun harus bisa melakukan gerakan mengikuti jalur garis dengan tepat dan cepat, pemenang diambil berdasarkan ketepatan robot mengikuti jalur garis serta kecepatan dalam menyelesaikan satu putaran atau lebih sesuai dengan peraturan yang dibuat.

Teknologi pada robot *line follower* biasanya memanfaatkan sensor photo reflector, yang dipasang dua atau lebih dibagian depan bawah robot. Jumlah photo reflector yang dipasang mempengaruhi pola gerak dari robot, semakin banyak sensor photo reflector yang digunakan akan semakin halus pola gerakan robot. Namun di sisi lain, penggunaan sensor yang banyak akan menjadikan algoritma pemrograman robot menjadi semakin rumit yang berujung proses komputasi pada mikrokontroler yang digunakan akan semakin berat.

Salah satu alternatif penggunaan sensor adalah sensor kamera. Sensor kamera dapat menghasilkan citra atau gambar yang dapat merepresentasikan jalur garis dari lintasan robot. Penggunaan sensor kamera layaknya mata bagi robot dalam melihat dan menjadikan masukan bagi pengambilan keputusan arah gerak robot. Dengan menggunakan pengolahan citra yang tepat akan mampu memberikan pola citra yang baik dan bagus untuk pengendalian robot.

Kemampuan robot yang mampu mengidentifikasi jalur garis bukan hanya dibutuhkan dalam lomba tersebut, namun di dunia industri juga sudah mulai diperhitungkan dan dipergunakan untuk keperluan-keperluan khusus yang berkaitan dengan citra.

Berdasar uraian tersebut diatas, dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa kemampuan robot dalam hal mengidentifikasi jalur garis dan kemudian digunakan untuk mengendalikan arah gerak robot merupakan hal yang sangat penting dalam usahanya untuk membantu pekerjaan manusia. Kemampuan untuk mengidentifikasi jalur garis lintasan tersebut dicoba untuk diimplementasikan dalam bentuk prototipe *hardware* dan *software* dalam tulisan ini.

## PENGANTAR PENGOLAHAN CITRA

Citra (*image*) istilah lain untuk gambar, sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Ada sebuah peribahasa yang berbunyi “sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata” (*a picture is more than a thousand words*). Maksudnya tentu sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak daripada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (*tekstual*) (Munir : 2004).

Citra bergerak (*moving images*) adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun (sekuensial) sehingga memberi kesan pada mata kita sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra di dalam rangkaian itu disebut frame. Gambar-gambar yang tampak pada film layar lebar atau televisi pada hakekatnya terdiri atas ratusan sampai ribuan frame.

Sebuah citra dibentuk dari kumpulan piksel-piksel yang disusun dalam larik dua-dimensi. Indeks baris dan kolom ( $x,y$ ) dari sebuah piksel dinyatakan dalam bilangan bulat. Piksel  $(0,0)$  terletak pada sudut kiri atas pada citra, indeks  $x$  bergerak ke kanan dan indeks  $y$  bergerak ke bawah. Konvensi ini dipakai merujuk pada cara penulisan larik yang digunakan dalam pemrograman komputer (Gonzales : 2002).

Pengolahan citra (*image processing*) merupakan suatu sistem di mana proses dilakukan dengan masukan berupa citra (*image*) dan hasilnya juga berupa citra (*image*). Pada awalnya pengolahan citra ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses komputer, serta munculnya ilmu-ilmu komputasi yang memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra, maka *image processing* tidak dapat dilepaskan dengan bidang *computer vision* (Basuki : 2005).

Pada awalnya robot *line follower* berjalan mengikuti garis dengan menggunakan sensor photo reflector, yang dipasang dua atau lebih dibagian depan bawah robot. Jumlah photo reflector yang dipasang mempengaruhi pola gerak dari robot, semakin banyak sensor photo reflector yang digunakan akan semakin halus pola gerakan robot. Namun di sisi lain, penggunaan sensor yang banyak akan menjadikan algoritma pemrograman robot menjadi semakin rumit yang berujung proses komputasi pada mikrokontroler yang digunakan akan semakin berat.

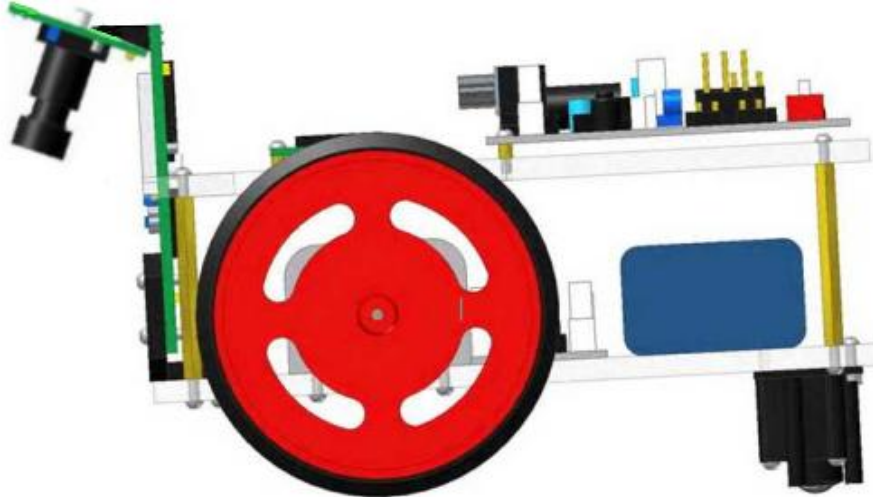
Seiring dengan perkembangan teknologi sensor, robot *line follower* sangat dimungkinkan untuk menggunakan sensor kamera (*image sensor*) agar resolusi pembacaan garis lebih tinggi, sehingga menjadikan gerakan robot lebih akurat. Penggunaan sensor kamera masih sangat jarang digunakan sehubungan dengan algoritma yang lebih sulit dan rentannya sensor kamera terhadap pengaruh pencahayaan. Namun, dengan adanya perkembangan sensor kamera yang lebih baik dan dukungan teknis terhadap fungsi-fungsi khusus pada sensor, akan didapatkan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan menggunakan sensor photo reflector.

## PENGEMBANGAN SISTEM

Pengembangan sistem dalam tulisan ini menggunakan metode rancang bangun (Pressman : 2002). Adapun tahapan yang harus dilalui adalah :

### 1. Perakitan Hardware

Komponen utama dari sistem ini berupa perangkat CMUCam 3, yang mana pada CMUCam ini pada dasarnya terdiri dari sensor kamera dan terdapat sebuah mikrokontroler. Sensor kamera berupa Omnivision CMOS sensor, sedangkan mikrokontroler yang terpasang adalah ARM7TDMI (Philips NXP LPC2106). Supply yang digunakan oleh sistem ini sebesar antara 5,5 s/d 10 Volt DC atau bisa menggunakan baterai seri AA sebanyak 4 buah.



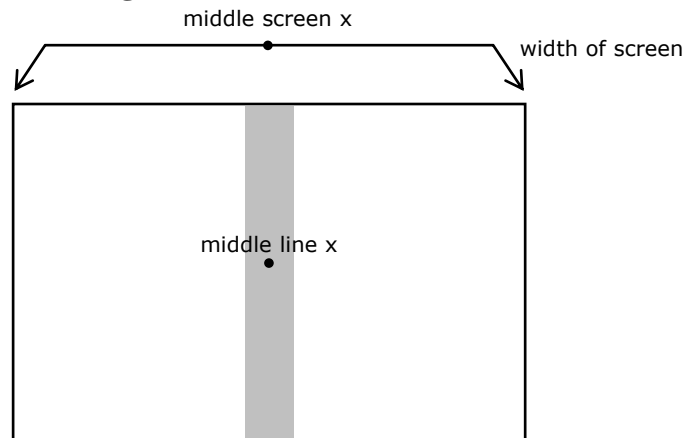
Gambar 1. Disain Perakitan *Hardware*  
(oleh Kuncoro Ariyo Wibowo, mahasiswa D3 T. Elektro angkatan 2007)

### 2. Instalasi Software

Dibutuhkan beberapa *software* dalam pengembangan sistem ini, diantaranya adalah:

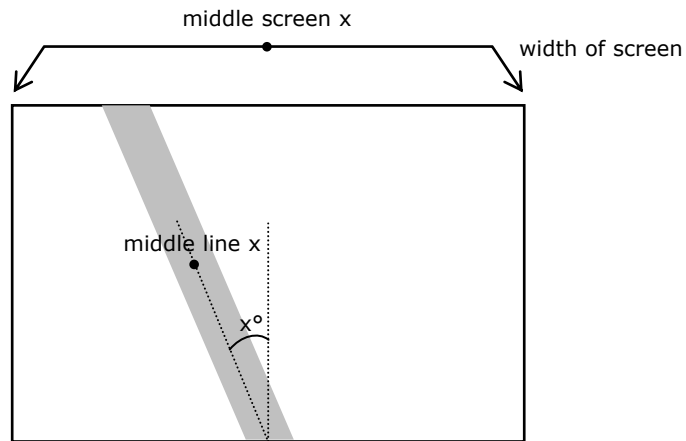
- a. software untuk proses *coding*  
Software yang bisa digunakan untuk proses *coding* adalah semua *software* yang bisa digunakan untuk pengolahan kata, dalam hal ini, yang digunakan adalah Wordpad.
- b. Cygwin  
*Software* ini digunakan untuk proses merubah file *coding* menjadi file dengan ekstensi hex agar supaya file hex tersebut bisa di-*download* pada mikrokontroler yang terpasang pada modul CMUCam.
- c. flash.isp.utility.lpc2000  
*Software* yang digunakan untuk men-*download* program yang berupa file hex dari komputer ke mikrokontroler.
- d. dotnetfx35setup  
*Software* ini adalah “.NET runtime environment” dari microsoft yang digunakan untuk menjalankan *software* CMUcam3 Frame Grabber.
- e. CMUcam3 Frame Grabber  
Pada ujicoba ini, *software* Frame Grabber digunakan untuk melihat hasil capture dari sensor kamera dan mendapatkan data-data nilai RGB dari masing-masing pixel data gambar.

### 3. Rancangan Algoritma Program



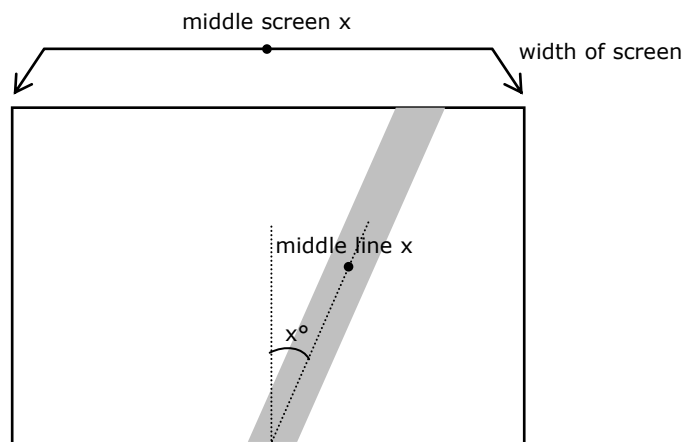
if (middle line x = middle screen x) then moving through

Gambar 2. Rancangan Algoritma untuk Jalan Lurus



if (middle line x < middle screen x) then turn left

Gambar 3. Rancangan Algoritma untuk Belok Kiri



if (middle line x > middle screen x) then turn right

Gambar 4. Rancangan Algoritma untuk Belok Kanan

#### 4. Coding/Programming

Proses coding/programming adalah proses menerjemahkan desain diagram alir sistem ke dalam bentuk bahasa program sesuai dengan tujuan dari kerja sistem yang akan dibuat. Proses *coding* pada tahapan ini menggunakan bantuan *software* Wordpad. Setelah program dibuat, maka program di-*compile* terlebih dahulu agar menjadi file hex dan kemudian di-*download* ke dalam memori mikrokontroler.

#### 5. Testing

Ujicoba program dengan cara memanfaatkan sebuah karpet dengan background berwarna hitam dan kemudian membuat garis dengan lebar 2,5 cm berwarna putih. Garis yang dibuat merupakan jalur yang nantinya akan dijadikan panduan bagi robot untuk berjalan. Konfigurasi jalur yang dibuat sesuai dengan jenis lintasan yang disebutkan dalam tabel 1. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan robot sesuai dengan variasi jenis lintasan yang ada di dalam tabel, kemudian mencatat perilaku robot apakah berhasil mengikuti jenis lintasan yang dimaksud atau tidak. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dan kemudian didapatkan prosentase keberhasilan untuk masing-masing jenis lintasan seperti terlihat di dalam tabel 1.

Tabel 1. Tabel Pengujian Robot Line Follower

No	Jenis Lintasan	Hasil Pengujian (pengujian sebanyak 10 x)										Prosentase Keberhasilan
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Lintasan Lurus	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
2	Lintasan Berkelak-kelok	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
3	Lintasan Melengkung ½ Lingkaran	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
4	Lintasan Berbelok ke Kiri 30°	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
5	Lintasan Berbelok ke Kiri 60°	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
6	Lintasan Berbelok ke Kiri 90°	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
7	Lintasan Berbelok ke Kiri 120°	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0%
8	Lintasan Berbelok ke Kiri 150°	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0%
9	Lintasan Berbelok ke Kanan 30°	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
10	Lintasan Berbelok ke Kanan 60°	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
11	Lintasan Berbelok ke Kanan 90°	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
12	Lintasan Berbelok ke Kanan 120°	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0%
13	Lintasan Berbelok ke Kanan 150°	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0%

Catatan :

√ : robot berhasil mengikuti jalur lintasan

×

#### 6. Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian pada tabel 1 dapat dilihat bahwa, performa robot saat mengikuti jalur yang sudah ditetapkan bervariasi. Robot berhasil mengikuti jalur dengan jenis lintasan diantaranya adalah 1) lintasan lurus, 2) lintasan berkelak-kelok, 3) lintasan melengkung ½ lingkaran, 4) lintasan berbelok ke kiri ataupun ke kanan 30°, 5) lintasan berbelok ke kiri ataupun ke kanan 60°, 6) lintasan berbelok ke kiri ataupun ke kanan 90°, dengan tingkat keberhasilan 100%.

Untuk belokan dengan derajat 120° dan 150° baik itu berbelok ke kiri maupun ke kanan, robot tidak berhasil untuk mengikutinya. Hal ini terjadi dikarenakan oleh penggunaan algoritma pemrograman yang tidak bisa mengantisipasi jenis lintasan tersebut.

Robot yang dibuat belum mampu untuk digunakan pada lintasan dengan warna background yang bervariasi, ini disebabkan oleh penggunaan algoritma yang masih sederhana sehingga perlu pengembangan algoritma lebih kompleks.

## PENUTUP

Dari hasil pengujian dengan teknik *Black Box Testing*, didapatkan hasil: a) robot berhasil mengikuti jalur dengan jenis lintasan diantaranya adalah lintasan lurus, lintasan berkelak-kelok, lintasan melengkung  $\frac{1}{2}$  lingkaran, dan lintasan berbelok ke kiri ataupun ke kanan dari sudut  $90^\circ$  kebawah; b) untuk belokan dengan derajat diatas  $90^\circ$  baik itu berbelok ke kiri maupun ke kanan, robot tidak berhasil untuk mengikutinya;

Beberapa kekurangan yang masih belum bisa diatasi adalah: a) penggunaan algoritma yang belum mampu untuk digunakan mengantisipasi berbagai variasi derajat belokan; b) robot belum mampu mengendalikan arah gerak robot dengan menggunakan warna background yang bervariasi, bukan sekedar warna hitam melainkan juga warna hijau, biru, dan merah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, B. & Firdausy, K. "*Teknik Pengolahan Citra Digital menggunakan Delphi*". Ardi Publishing, Yogyakarta. 2005.
- Ahmad, Usman. "*Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*". Graha Ilmu, Yogyakarta. 2005.
- Basuki, Akhmad & F. Palandi, Jozua & Fatchurrochman. "*Pengolahan Citra Digital menggunakan Visual Basic*". Graha Ilmu, Yogyakarta. 2005.
- Ghanbari, M., "*Video Coding an Introduction to Standard Codecs*". The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom. 1999.
- Gonzales, R.C. & Woods, R.E., "*Digital Image Processing*". Prentice Hall PTR, New Jersey, 2002.
- Jogiyanto HM, 1989. "*Analisis dan Desain*". Yogyakarta : Andi Offset.
- Munir, Rinaldi. "*Pengolahan Citra Digital dengan Pendetakan Algoritmik*". Informatika Bandung, Bandung. 2004.
- Murni, Aniati. "*Pengantar Pengolahan Citra*". P.T. Elex Media Komputindo & Pusat Antar Universitas Ilmu Komputer Universitas Indonesia, Jakarta. 1992.
- Nalwan, Agustinus. "*Pengolahan Gambar Secara Digital*". P.T. Elex Media Komputindo, Jakarta. 1997.
- Pressman SR, 2002. "*Software Engineering*". Singapore : McGraw-Hill.
- Rao, K.R, Bojkovic, Z.S., & Milovanovic, D.A., "*Multimedia Communication Systems : Techniques, Standards, and Networks*". Prentice Hall PTR, New Jersey, 2002.
- [www.digi-ware.com](http://www.digi-ware.com), "*produk katalog CMUCam 3*". diakses pada Maret 2010.
- Sigit, R., Basuki, A., Ramadijanti, N. & Pramadihanto, D. "*Step by Step Pengolahan Citra Digital*". Andi Offset, Yogyakarta. 2005.



Jurusan Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
official websites : [www.elektro.uny.ac.id](http://www.elektro.uny.ac.id)