

ISSN 1829-989X

# J U R N A L

# Edukasi@ Elektro

Forum Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro | Vol. 3 No. 3 Mei 2007



Diterbitkan oleh :  
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT - UNY

Jurnal E@E	Volume 3	Nomor 3	Halaman 152-228	Yogyakarta Mei 2007	ISSN 1829-989X
---------------	----------	---------	--------------------	------------------------	-------------------

# Jurnal

# Edukasi@Elektro

Forum Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro

ISSN 1829-989X

---

Terbit tiga kali setahun (Januari, Mei, dan Oktober)  
Diterbitkan sejak Oktober 2004 oleh Jurusan Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

**Ketua Penyunting**

Haryanto

**Wakil Ketua Penyunting**

Ilerlambang Sigit Pramono

**Penyunting Pelaksana**

Muhamad Ali

Deny Budi Hertanto

Sunaryo Sunarto

Samsul Hadi

Zamtinah

Socharto

Edy Supriyadi

**Penelaah (Mitra Bestari)**

Djemari Mardapi (UNY)

Adhi Susanto (UGM)

Supriyo (Udiklat PLN)

Sri Anitah W. (UNS)

Soetarno Joyoatmojo (UNS)

**Pelaksana Tata Usaha**

Dwi Ratnawati

Karman

**Alamat Penyunting dan Tata Usaha:** Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT, UNY, Kampus Karangmalang, Yogyakarta-55281, Tlp.(0274) 548161, E-mail :jurnal@elektro-uny.net

Redaksi menerima tulisan ilmiah berupa kajian pendidikan teknik elektro, yang meliputi naskah hasil penelitian/tinjauan hasil penelitian maupun kajian pustaka yang ditambah pemikiran dalam penerapan pada kasus tertentu yang belum dan tidak akan dipublikasikan pada media lain. Pemuatan naskah tidak selalu mencerminkan sikap dan pendirian redaksi.

B<sub>4</sub>

**JURNAL Edukasi@Elektro**  
**Forum Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro**  
**ISSN 1829-989X**  
**Volume 3, Nomor 3, Mei 2007**

---

---

**DAFTAR ISI**

Evaluasi Kurikulum 2002 Program Studi SI Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta Menggunakan Model CIPP <i>Hartoyo, Edy Supriyadi (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	152 - 161
Upaya Meningkatkan Prestasi Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Elektronika Daya dengan Memanfaatkan Multimedia-Interaktif <i>Istanto W. Djatmiko, Ilmawan Mustaqim (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	162 - 174
Modul Pembelajaran Alternatif Menggunakan PLC Berbasis Mikrokontroler 89S8252 <i>Suprpto (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	175 - 183
Pengembangan Media Pembelajaran Perancangan Fuzzy Logic Controller Model Mamdani <i>Gde Agus Maryana, Haryanto, Herlambang Sigit (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	184 - 191
Pengembangan Media Promosi Program Studi Teknik Elektro FT UNY Dengan Memanfaatkan Teknologi Multimedia <i>Mutaqin, Didik Hariyanto (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	192 - 201
Pengembangan Modul Praktikum Robotika untuk Pengenalan Pola Ruang dengan Metode <i>Edge Detection</i> <i>Totok Heru TM., Yuwono Indro H, Didik Hariyanto (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	202 - 210
Bimbingan Individual untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa dalam Perkuliahan Gambar Teknik <i>Nurhening Yuniarti (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	211 - 217
Pengembangan Pembelajaran Kontekstual sebagai Upaya Peningkatan Mutu Pembelajaran di Sekolah <i>Edy Supriyadi (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	218 - 228

**PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM ROBOTIKA  
UNTUK PENGENALAN POLA RUANG  
DENGAN METODE *EDGE DETECTION***

**Totok Heru T.M.,**

totok\_ygy@yahoo.com

**Yuwono Indro H.,**

yuwono\_indro\_h@yahoo.com

**Didik Hariyanto**

didik\_hr@uny.ac.id, didik.orka@lycos.com

Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

**Abstract:** This research aim to 1) developing system of pattern recognition by using image processing for reduce mistake of analog and digital electronics circuit; 2) giving contribution in science and technological development, specially in computer informatics system, that is in analyze of pattern recognition method by using web camera. This research step must to do are picture has taken then minimized and imposed by image processing covering grayscale process, noise reduce, threshold and edge detection. Output from this process become to input for pattern recognition process what processed using by chain code method. Result from that process then processed to determine command for turn left, turn right or straight on and also to detect of fire in image. On this step is done the examination to get data. Conclusion of this research are 1) system development of robot by using web camera as censor of hardware and also software conducted by research and development, with web camera main circuit, CPU, minimum microcontroller system and motor drive; 2) system still can make correct decision at strong range of light between 10 lux up to 7000 lux; 3) from result of testing, the difference between performance of system and manually measurement got average 1,71%; 4) robot can detect flame in various place and time test; 5) robot can move straight on match with mapping planned and going back to home base, though don't always walk precisely in middle position.

**Kata kunci:** robot, *edge detection*

Fakta bahwa hampir seluruh sistem di dunia ini secara fitrah telah menerapkan sistem kontrol untuk mengatur keseimbangan besaran tertentu. Misalkan dalam sistem biologis manusia, untuk mengatur keseimbangan alam dan sebagainya. Termasuk sistem yang dibuat oleh manusia banyak yang memerlukan sistem kontrol. Sistem kontrol diperlukan untuk menjaga suatu besaran-besaran atau nilai-nilai tertentu agar senantiasa sesuai dengan yang diinginkan, mengatur perilaku suatu sistem agar mengikuti kaidah yang diinginkan, dan menjaga keseimbangan suatu sistem tertentu. Contoh aplikasi sistem kontrol yaitu pada kecepatan putar motor dalam pemutar kaset atau disk, pengaturan suhu ruangan, pengaturan tegangan dalam sistem catu daya, menjaga keseimbangan navigasi (*steering*) dalam suatu wahana gerak. Bentuk sistem kontrol ada dua, yaitu sistem kontrol analog dan sistem kontrol digital. Sistem kontrol digital yang banyak dikembangkan saat ini adalah yang berbasis kecerdasan buatan (kontrol cerdas).

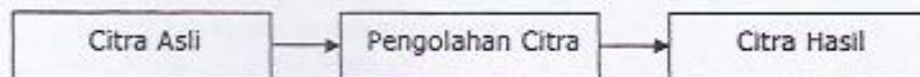
Pengertian dari kontrol cerdas adalah sistem kontrol yang menggunakan sistem kecerdasan buatan sebagai *controller/compensator* dan biasanya sistem kontrol ini dalam bentuk kontrol digital. Sistem kecerdasan buatan dianggap sebagai sistem yang memiliki kemampuan toleransi yang tinggi terhadap berbagai *plan*, tanpa perlu memiliki pengetahuan yang cukup kuat mengenai karakteristik *plan* tersebut. Cukup pengetahuan mengenai sifat atau cara kerja atau perilaku dari *plan*. Contoh dari kecerdasan buatan adalah *Fuzzy Logic* (Logika Fuzzy), *Artificial Neural Network* (Jaringan Syaraf Tiruan), dan *Genetic Algorithm* (Algoritma Genetika).

Pada pengembangan robot dengan menggunakan komponen elektronika analog banyak peralatan yang diperlukan untuk menyensor lingkungan robot. Masing-masing komponen mempunyai fungsi tertentu dan harganya relatif mahal terutama pada sensornya. Pengembangan robot dengan penglihatan *webcam* menjadi salah satu alternatif untuk menjembatani mahalnya sensor dan kegunaan sensor untuk satu tujuan saja.

Pada robot otomatis dengan menggunakan *web camera* terdapat beberapa hasil *capture* ruang yang menuntut untuk diberikan suatu keputusan untuk terus lurus, serong kiri, serong kanan dan belok kiri, belok kanan ataupun lurus pada perempatan. Dari sisi kecepatan motor untuk memperoleh kontrol yang handal diperlukan suatu keputusan untuk kecepataannya. Jika hasil *capturing* kondisi robot serong maka perlu diluruskan, sedangkan saat lurus dan hasil *capturing* tidak menunjukkan adanya pertigaan atau perempatan maka diperlukan kecepatan motor harus paling tinggi. Saat *capturing* menunjukkan adanya pertigaan ataupun perempatan maka robot harus berjalan lebih lambat.

#### Pengolahan Citra

Bidang pengolahan citra merupakan suatu bidang yang mengolah suatu citra dengan mengenakan suatu proses filter terhadap citra tersebut. Filter adalah jenis pengolahan citra yang akan dilakukan pada gambar asli. Tujuan utama pengolahan citra adalah mengolah setiap citra sedemikian rupa sehingga informasi yang akan diberikan akan terlihat dengan jelas. Apa yang dilakukan dalam pengolahan citra dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Deskripsi Penerapan Pengolahan Citra

#### Pendeteksian Tepi (*edge detection*)

Peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) bertujuan menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan dengan citra semula. Dalam pengolahan citra, suatu analisis citra bertujuan mengidentifikasi parameter-parameter yang diasosiasikan dengan ciri (*feature*), untuk objek didalam citra.

1. Pendeteksian tepi dengan operator gradien pertama. Dari operator gradien yang telah dijelaskan secara singkat tadi, ada beberapa operator gradien pertama yang lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi tepi diantaranya adalah : 1) Operator gradien selisih-terpusat (*center-difference*), 2) Operator Sobel, 3) Operator Prewitt, 4) Operator Roberts, 5) Operator Canny.
2. Pendeteksian tepi dengan operator turunan kedua. Operator turunan kedua disebut juga operator Laplace. Operator Laplace mendeteksi tepi lebih akurat khususnya pada tepi yang curam. Pada tepi yang curam, turunan keduanya mempunyai persilangan nol (*zero-crossing*), yaitu titik dimana terdapat penggantian tanda nilai

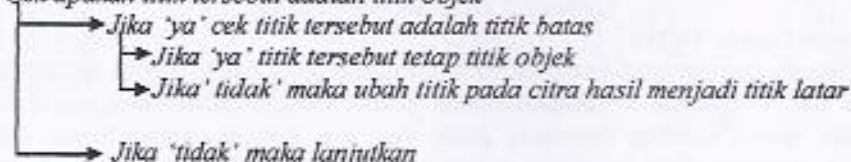
turunan kedua, sedangkan pada tepi tidak terdapat silangan yang nol. Persilangan merupakan lokasi tepi yang akurat.

3. Pencarian batas/kontur. Operasi ini digunakan untuk menentukan batas/kontur dari segmen objek. Operasi ini ditentukan oleh titik-titik objek, yaitu apabila titik objek itu bukan titik batas maka titik itu diubah menjadi titik latar, sedangkan titik-titik batas harus dipertahankan. Perlu diperhatikan bahwa operasi morfologi perlu dilakukan secara serempak untuk semua titik dalam citra. Jadi yang dijadikan pijakan untuk pemeriksaan pada operasi ini adalah titik-titik pada citra aslinya. Sedangkan perubahan dilakukan terhadap titik-titik pada citra hasil. Untuk mengetahui apakah suatu titik objek adalah titik batas atau tidak dilakukan dengan cara memeriksa semua titik tetangganya. Apabila ada salah satu saja dari semua tetangga tersebut yang merupakan titik latar. Maka titik tersebut adalah titik batas. Secara khusus, versi digital atas algoritma perunutatan kontur dapat didefinisikan secara sederhana dan tepat, yang berbeda untuk gambaran analog, sebagai berikut :

*Set citra hasil sama dengan citra asal*

*Untuk semua titik dalam citra asal*

*Cek apakah titik tersebut adalah titik objek*



## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian *Research and Development*. Langkah-langkah yang diambil meliputi : (1) analisis kebutuhan yaitu: pengumpulan informasi yang berfungsi sebagai *need assessment*, (2) perancangan model dan pengujian *feasibilitas* model dalam skala kecil, (3) persiapan dan pembuatan model untuk diimplementasikan, (4) pengujian model dalam skala terbatas, (5) revisi produk pertama, (6) pengujian dalam situasi yang sesungguhnya dan evaluasi, (7) revisi produk akhir, deseminasi dan publikasi hasil penelitian.

Analisis kebutuhan pada robot yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sensor robot untuk sensor jarak ke dinding lorong, sensor pertigaan dan perempatan, dan sensor api dengan mengoptimalkan pengenalan pola ruang pada pengolahan citra.
2. Robot dapat dijalankan mulai dari *home base* menyusuri lorong tanpa menyentuh dinding.
3. Robot memasuki setiap ruangan yang dilewati dan mengecek keberadaan api
4. Robot akan berjalan sesuai dengan *mapping* program sampai kembali lagi ke *home*.
5. Robot akan mematikan api jika ditemukan indikator api pada ruangan.

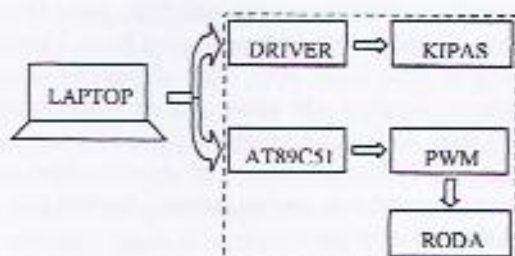
Proses pengembangan *software* mengikuti tahap-tahap yang dikemukakan oleh Pressman, (2002) yaitu, meliputi kegiatan: mendefinisikan masalah, mendesain algoritma, membuat kode program, menguji dan menemukan beberapa tipe kesalahan untuk memperbaikinya (*debugging*), mengimplementasikan program.

Pengumpulan data penelitian ini terdiri dari 3 bagian yaitu data pengembangan *software* hasil *capturing webcam*, data pengaruh keputusan deteksi tepi (*edge detection*) terhadap kecepatan robot dan yang terakhir yaitu unjuk kerja robot berdasarkan masukan dari komputer.

## HASIL

### Perancangan Diagram Blok

Sistem yang dibangun terdiri dari perangkat komputer (*laptop*) yang berfungsi sebagai pengendali/operator dan perangkat hardware robot yang berupa kendaraan beroda dan kendali kipas.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

### Perancangan Layout Robot

Bentuk dan tata letak komponen yang terdapat pada robot, tampak terlihat pada Gambar 3 dan 4. Gambar 3 memperlihatkan posisi *webcam* dalam mengambil sudut perpotongan antara dinding berwarna putih dan alas dengan warna hitam. Sudut perpotongan tersebut akan dijadikan masukan bagi komputer dengan menggunakan algoritma *edge detection* sebagai pengendali arah gerak robot. Gambar 4 memperlihatkan tata letak komponen robot dilihat dari sisi atas. Robot diletakkan pada sebuah papan akrilik dengan tebal 5 mm berbentuk bundar dengan diameter 30 cm. Disamping kiri dan kanan ditempatkan roda penggerak arah robot dan ditunjang roda bebas pada sisi depan dan belakang.



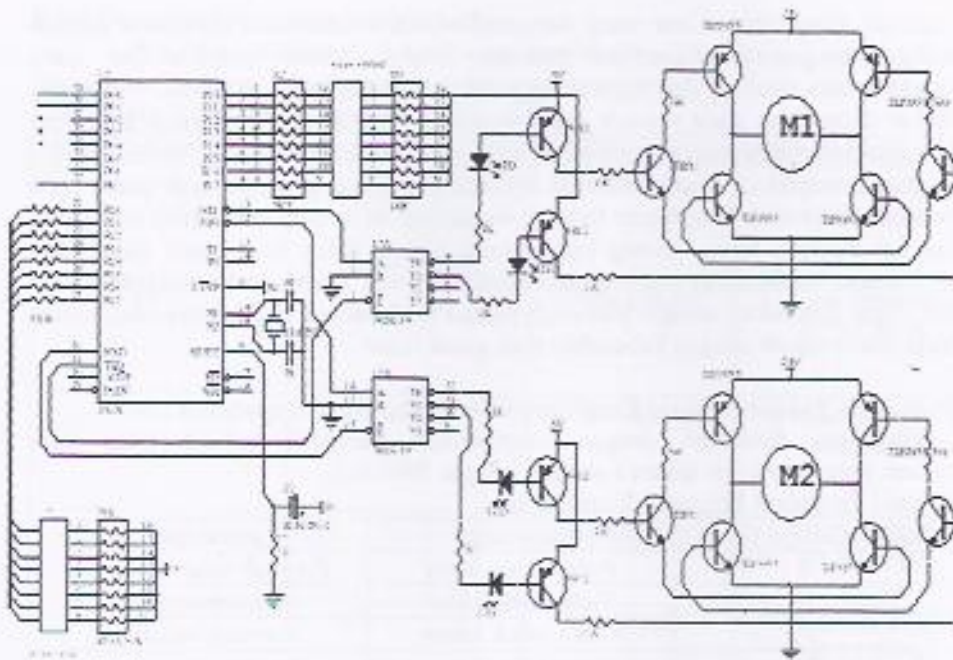
Gambar 3. Layout Robot Tampak Depan



Gambar 4. Layout Robot Tampak Atas

### Perancangan dan Pembuatan Rangkaian Elektronik Robot

Robot dikendalikan dengan sistem mikrokontroler AT89S51 sebagai pengendali arah putar roda kiri dan kanan. Sistem mikrokontroler digunakan untuk memproses instruksi dan data yang masuk dari komputer. *Power supply* digunakan untuk mencatu sumber daya yang digunakan oleh robot sehingga robot dapat berjalan dengan semestinya. *Driver* motor sebagai alat yang bekerja sesuai dengan keluaran pin mikrokontroler ke rangkaian untuk memutar motor penggerak robot sesuai dengan data yang keluar dari pena dengan arah gerakan motor.



Gambar 5. Gambar Rangkaian Elektronik Robot

#### Pembuatan Hardware Robot

Bagian utama dari mekanisme berjalan robot adalah roda yang dikopel satu poros dengan motor, sehingga mampu menghasilkan sebuah mekanik yang mampu bergerak dengan menggerakkan kedua motor tersebut. Gambar 6 dan 7 memperlihatkan hasil pembuatan hardware robot.



Gambar 6. Robot Tampak Depan



Gambar 7. Robot Tampak Samping

#### Perancangan dan Pembuatan Program Aplikasi (Software)

Pembuatan program aplikasi (*software*) pengendali arah gerak robot dan pencari nyala titik api didasarkan pada proses pengolahan citra (*image processing*) dengan menggunakan SDK (*Software Development Kit*) Borland Delphi 7.0. Untuk keperluan *capturing* citra yang digunakan sebagai masukan bagi sistem dipergunakan sebuah komponen "VideoLab v2.1" dari

Masukan bagi sistem berupa citra hasil *capturing* dari sebuah *webcam* berukuran 320x240 pixel. Citra tersebut kemudian diubah ukurannya melalui proses penskalaan menjadi ukuran 160x120 pixel. Proses pengecilan dimensi citra dimaksudkan untuk mempercepat proses komputasi. Proses selanjutnya adalah pengubahan model warna



RGB menjadi *Grayscale*. Citra yang berupa *Grayscale* kemudian diberikan operasi *thresholding* dengan menggunakan metode *iteratif*. Proses pendeteksian garis perpotongan antara dinding dan alas menggunakan metode *edge detection*. Penentuan sudut belok didasarkan pada metode *pattern recognition*. Sedangkan untuk pencarian nyala titik api didasarkan pada metode HSI (*Hue, Saturation, Intensity*).

Program aplikasi microcontroller digunakan sebagai pengatur arah gerak roda kiri dan kanan dari robot. Pengaturan tersebut dimaksudkan untuk memperoleh arah robot pada kondisi berjalan lurus, serong kiri, serong kanan, belok kiri, belok kanan dan mundur. Dengan berdasarkan metode pembangkitan pulsa PWM, maka mikrokontroler AT89S51 dapat digunakan sebagai pencacah pulsa PWM dengan siklus kerja (*duty cycle*) yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan arah gerak robot.

#### Hasil Pengujian Pengaruh Kuat Penyinaran Terhadap Hasil Keputusan

Pengujian dilakukan dengan memberikan pengaruh cahaya pada kuat pencahayaan yang bervariasi antara 5 sampai dengan 7000 lux.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pengaruh Kuat Cahaya

Citra	Kuat Cahaya (Lux)	Keputusan	Keterangan
1	5	Robot jalan lurus	Perintah tidak sesuai
2	10	Robot belok kiri	Perintah sesuai
3	20	Robot belok kanan	Perintah sesuai
4	35	Robot jalan lurus	Perintah sesuai
5	50	Robot jalan lurus	Perintah sesuai
6	60	Robot jalan lurus	Perintah sesuai
7	500	Robot belok kiri	Perintah sesuai
8	1000	Robot belok kiri	Perintah sesuai
9	1500	Robot belok kiri	Perintah sesuai
10	2000	Robot belok kiri	Perintah sesuai
11	2500	Robot belok kiri	Perintah sesuai
12	3000	Robot belok kiri	Perintah sesuai
13	940	Robot belok kanan	Perintah sesuai
14	4667	Robot belok kanan	Perintah sesuai
15	6417	Robot belok kanan	Perintah sesuai
16	7000	Robot belok kanan	Perintah sesuai

#### Hasil Pengujian Sudut Belok

Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan antara pengukuran sudut belok antara hasil program dengan pengukuran yang dilakukan secara manual.









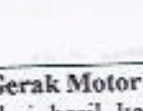
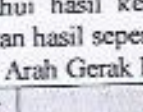
Tabel 2. Hasil Pengujian Sudut Belok

Citra	Hasil program (derajat)	Hasil manual (derajat)	Selisih	
			derajat	(%)
1	16,66°	13°	3,66°	4,07
2	4,46°	3°	1,46°	1,62
3	0,36°	0°	0,36°	0,4
4	9,52°	8°	1,52°	1,69
5	12,49°	10°	2,49°	2,77
6	14,77°	15°	0,23°	0,25
7	11,31°	14°	2,69°	2,99
8	1,11°	0°	1,11°	1,23
9	0,37°	0°	0,37°	0,41

### Hasil Pengujian Pendeteksian Nyala Api

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan lilin dengan nyala api maupun tanpa nyala api dengan kuat pencahayaan yang bervariasi.

Tabel 3. Hasil Pengujian Deteksi Nyala Api

Kuat Cahaya (Lux)	Citra	Keputusan	Tempat & Waktu
5		Tidak ada api	Dalam ruangan 08.25 WIB
1410		Tidak ada api	Luar ruangan 07.55 WIB
4667		Tidak ada api	Luar ruangan 06.55 WIB
6417		Tidak ada api	Luar ruangan 07.17 WIB
80		Ada api	Dalam ruangan 09.00 WIB
80		Ada api	Dalam ruangan 09.02 WIB
95		Ada api	Dalam ruangan 09.05 WIB
6815		Ada api	Luar ruangan 10.10 WIB
-		Ada api	Luar ruangan 10.30 WIB
-		Ada api	Dalam ruangan -

### Hasil Pengujian Arah Gerak Motor

Untuk mengetahui hasil kerja dari arah gerak motor pada sisi output dari *microcontroller* didapatkan hasil seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Arah Gerak Motor

No	Pembacaan Sensor			Kondisi Motor		Gerak Robot
	P3.1	P3.2	P3.3	Motor Kiri	Motor Kanan	
1	0	0	0	Mundur	Mundur	Mundur
2	1	0	0	Maju	Mundur	Balik Kanan 180°
3	0	1	0	Maju	Diam	Belok Kanan 90°
4	1	1	0	Diam	Maju	Belok Kiri 90°
5	0	0	1	Maju	Maju agak lambat	Serong Kanan
6	1	0	1	Maju lambat	Maju	Serong Kiri
7	0	1	1	Maju	Maju	Maju
8	1	1	1	Diam	Diam	Diam

### Hasil Pengujian Kecepatan Putar Motor

Pengujian untuk mengetahui kecepatan putar motor dengan menggunakan alat ukur RPM Meter. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kecepatan putar motor kiri dan kanan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kecepatan Putar Motor

No	Nilai Pada Data Pointer	Kec. Motor Kiri (rpm)	Kec. Motor Kanan (rpm)	Keterangan
1	000h ; 000h	0	0	Robot diam
2	0f0h ; 0f0h	84	84	Robot Mundur
3	0ffh ; 0d0h	80	56	Robot Belok Kanan 180°
4	0f0h ; 0ffh	80	84	Robot Belok Kiri 180°
5	0ffh ; 01fh	80	0	Robot Belok Kanan 90°
6	01fh ; 0ffh	0	84	Robot Belok Kiri 90°
7	0ffh ; 0afh	80	54	Robot Serong Kanan
8	0cfh ; 0ffh	64	84	Robot Serong Kiri
9	0ffh ; 0dfh	80	80	Robot maju

### Pembahasan

#### Pengembangan Hardware

Pada pengembangan hardware robot dengan webcam ini, diperoleh banyak efisiensi dibandingkan dengan pengembangan hardware dengan menggunakan rangkaian elektronika analog maupun rangkaian elektronika digital karena dengan menggunakan webcam sebagai sensor dapat menggantikan beberapa fungsi sensor sesuai dengan kebutuhan. Namun demikian kelemahan pada penggunaan webcam sebagai sensor adalah pada pemrosesan citra harus menggunakan CPU dengan kemampuan kecepatan yang relatif tinggi.

Dari hasil pengamatan kemampuan gerakan motor ada ketidak-seimbangan kecepatan putar motor kiri dan motor kanan. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan nilai yang berbeda untuk PWM pada motor tersebut sehingga dapat diperoleh nilai kecepatan yang seimbang.

Kemampuan robot untuk berputar 180 derajat menunjukkan kemampuan yang cukup bagus dengan tidak berubah titik tengahnya. Dengan koordinasi motor kanan yang bergerak maju dan motor kiri yang bergerak mundur diperoleh gerakan robot yang memutar pada titik tengah.

Untuk kecepatan maju robot masih sangat tergantung pada kemampuan pengolahan citra secara riil time, secara hardware robot dapat lebih dipercepat namun demikian kemampuan pengambilan keputusan berdasarkan hasil capturing masih terlambat sehingga bila dipaksakan maka robot akan sering menabrak dinding.

#### Pengaruh Kuat Cahaya terhadap Keputusan Program

Dari hasil pengujian pengaruh kuat cahaya terhadap hasil keputusan program dapat diketahui bahwa pada range kuat cahaya 10 lux sampai dengan 7000 lux, program aplikasi ini dapat menghasilkan keputusan yang sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya, yaitu dapat menentukan posisi robot untuk membelok kiri-kanan atau berjalan lurus. Sedangkan pada kuat cahaya 5 lux, program aplikasi ini belum mampu menghasilkan hasil keputusan yang sesuai dengan kondisi lapangan yang sesungguhnya. Hal ini disebabkan pada kuat cahaya 5 lux pengambilan citra akan nampak banyak titik-titik hitam sehingga sangat mengganggu proses pengolahan citra berikutnya.

### Pengujian Sudut Belok

Pada hasil pengujian sudut belok dapat diketahui bahwa terdapat selisih pembacaan sudut dalam derajat antara hasil program dengan pembacaan secara manual. Selisih terbesar yang dihasilkan antara pembacaan secara program dibandingkan pembacaan secara manual adalah 1,71 %. Selisih pembacaan ini relatif masih cukup besar tetapi mengingat karena resiko dari robot ini masih kecil sehingga dengan kesalahan pembacaan sebesar 1,71 % robot tidak akan menabrak dinding pembatas.

### Pengujian Pendeteksian Api

Hasil pengujian pendeteksian api dapat diketahui bahwa program aplikasi yang dibangun dapat melakukan pendeteksian api secara baik untuk 10 item pengujian dengan variasi kuat cahaya dan tempat pengambilan gambar.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Pengembangan sistem robot dengan menggunakan *webcam* sebagai sensor baik *hardware* maupun *software* dilakukan melalui tahapan *research and development*, dengan rangkaian utama *webcam*, CPU, sistem minimum Mikrokontroler dan driver Motor.
2. Dari hasil pengujian arah gerak/navigasi robot berdasar hasil keputusan program, dapat diketahui bahwa sistem masih bisa menghasilkan keputusan yang tepat pada range kuat cahaya antara 10 lux sampai dengan 7000 lux.
3. Dari hasil pengujian sudut belok, didapatkan selisih pembacaan hasil sistem dengan pembacaan secara manual sebesar rata-rata 1,71 %.
4. Dengan berbagai variasi kuat cahaya yang dijadikan masukan, robot dapat mendeteksi adanya nyala api dengan baik.

### Saran

1. Perlu dikembangkan program aplikasi pengolahan citra berbasis *webcam* sebagai kendali robot yang lebih *robust* terhadap kuat cahaya.
2. Perlu penelitian yang lebih mendalam tentang kecepatan *image processing* dengan kecepatan berjalan robot agar lebih selaras.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chabris, C.F., 1991, "*Artificial Intelligence & Turbo C*", Japan: Toppan Company Ltd.
- Pressman, R.S. 2002, "*Software Engineering: A Practitioner's Approach*", USA: Mc Graw-Hill Book Company Inc.
- Setiawan, K., 2003, "*Paradigma Sistem Cerdas*", Surabaya: Bayu Media Pub.
- Sigit, 2005, "*Step by Step Pengenalan Citra*", Yogyakarta: Andi Offset.
- Sri Kusumadewi, 2003, "*Artificial Intelligence, Teknik dan Aplikasinya*", Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suparman, 1991, "*Mengenal Artificial Intelligence*", Yogyakarta: Andi Offset.
- ....., Desember 2006, "*Manual VideoLab*",
- ....., Desember 2006, "*Manual Delphi 7.0*",
- ....., November 2006, "*A fast edge detection chip for robot vision systems*",