

Makalah Seminar Tugas Akhir
PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL NAVIGASI KURSI RODA CERDAS
MENGGUNAKAN ARSITEKTUR *SUBSUMPTION* STUDI KASUS
DOOR PASSING* DAN *CORRIDOR FOLLOWING

Rano Gusman Namara^[1], Iwan Setiawan, ST, MT^[2], Darjat, ST, MT^[2]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

ABSTRAK

Ketika beberapa individu dengan keterbatasan gerakan dapat terbantu dengan kursi roda standar, beberapa individu dengan keterbatasan gerakan lainnya mengalami kesulitan atau mustahil untuk dapat mengoperasikan kursi roda standar. Untuk mengakomodasi populasi ini, beberapa peneliti telah mempergunakan teknologi yang mula-mula dikembangkan untuk mobile robot untuk menciptakan smart wheelchair (kursi roda cerdas), yang mengurangi kebutuhan fisik, keterampilan, dan keterampilan yang diperlukan untuk mengoperasikan kursi roda standar.

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan, merancang dan mengaplikasikan sistem kontrol untuk kursi roda cerdas sehingga dapat dikendalikan menggunakan joystick, dapat menghindari halangan/rintangan, dapat melewati pintu/koridor dan dapat melakukan beberapa aksi lain dengan kesalahan yang minimal. Sistem pengendalian kursi roda cerdas ini menggunakan arsitektur *subsumption*. Arsitektur *subsumption* menyederhanakan perilaku kecerdasan yang kompleks menjadi beberapa perilaku sederhana.. Pada kursi roda ini digunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ada tidaknya halangan, dan sensor arus untuk mendeteksi terjadinya benturan/tubrukan.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa posisi dan arah sensor ultrasonik berpengaruh terhadap pendeteksian benda yang berada di depan kursi roda. Kursi roda dapat dikendalikan dengan menggunakan joystick, gerakan kursi roda sesuai dengan perubahan nilai pada joystick. Kursi roda dapat mendeteksi adanya halangan dan dapat bergerak menghindari halangan tersebut. Kursi roda dapat mendeteksi koridor/pintu dan dapat melewatinya. Kursi roda dapat mendeteksi adanya benturan/tubrukan dengan suatu benda, kemudian melepaskan/melarikan diri dengan bergerak mundur.

Kata kunci : Kursi Roda Cerdas, Arsitektur *Subsumption*, Joystick, Sensor Ultrasonik

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kursi roda adalah alat bantu yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan menggunakan kaki, baik dikarenakan oleh penyakit, cedera, maupun cacat. Ketika beberapa individu dengan keterbatasan gerakan dapat terbantu dengan kursi roda standar, beberapa individu dengan keterbatasan gerakan lainnya mengalami kesulitan atau mustahil untuk dapat mengoperasikan kursi roda standar. Untuk mengakomodasi populasi ini, beberapa peneliti telah mempergunakan teknologi yang mula-mula dikembangkan untuk *mobile robot* untuk menciptakan *smart wheelchair* (kursi roda cerdas), yang mengurangi kebutuhan fisik, keterampilan, dan keterampilan yang diperlukan untuk mengoperasikan kursi roda standar. Kursi roda cerdas didisain untuk menyediakan kemudahan bagi pemakainya, seperti memastikan bepergian tanpa bentrokan/tubrukan, membantu kinerja dari tugas spesifik (misalnya, melewati pintu masuk), dan atau secara otomatis mengantarkan pemakai ke lokasi tertentu.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk merencanakan, merancang dan mengaplikasikan sistem kontrol untuk kursi roda cerdas sehingga dapat dikendalikan menggunakan joystick, dapat menghindari halangan atau rintangan, dan dapat melewati pintu/koridor dengan kesalahan yang minimal.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada Tugas Akhir yaitu:

1. Ruang gerak kursi roda berada pada daerah yang datar.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AVR ATmega8535 dan ATmega162
3. Bahasa pemrograman yang digunakan bahasa C yang diadaptasikan pada *software* Code Vision AVR.
4. Sensor yang digunakan sensor ultrasonik yang diproduksi oleh Parallax.
5. Digunakan 5 buah sensor ultrasonik, sehingga terdapat keterbatasan dalam pendeteksian halangan.
6. *Range* pendeteksian antara 10cm-100cm.
7. Sistem pengendalian kursi roda cerdas menggunakan kendali reaktif dengan arsitektur *subsumption*.
8. Kursi roda cerdas yang dibuat menggunakan penggerak jenis diferensial.
9. Pengendalian kecepatan motor DC dilakukan melalui PWM.
10. Tidak membahas mekanik kursi roda.

II DASAR TEORI

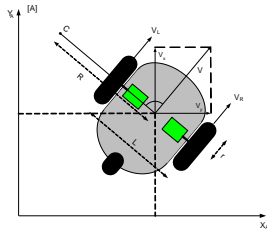
2.1 Kinematika Kursi Roda Penggerak Diferensial

Kursi roda tipe penggerak diferensial memiliki 2 buah roda penggerak yang terpisah (kanan dan kiri). Sehingga kedua roda ini berfungsi sebagai penggerak sekaligus sebagai kemudi kursi roda. Sebagai penyeimbang umumnya kursi roda ini dilengkapi

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

juga dengan satu atau dua buah roda castor yang ditempatkan dibagian belakang kursi roda tersebut



Gambar 2.1 Posisi dan Orientasi *Mobile Robot* dalam Sistem Koordinat Cartesian.

Secara matematis kecepatan linier dan kecepatan angular robot mobil dirumuskan sesuai persamaan (2.1).

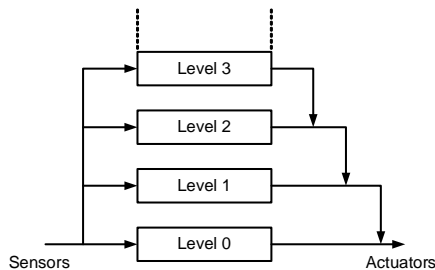
$$\begin{bmatrix} V(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{L} & -\frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R(t) \\ V_L(t) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) diatas pada dasarnya memperlihatkan relasi kinematika langsung antara kecepatan linier roda-roda robot terhadap kecepatan linier dan angular robotnya, sedangkan Persamaan (2.2) berikut memperlihatkan relasi sebaliknya (Kinematika Balik).

$$\begin{bmatrix} V_R(t) \\ V_L(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{L}{2} \\ 1 & -\frac{L}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

2.2 Arsitektur *Subsumption*

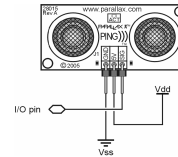
Arsitektur *subsumption* pada awalnya dikembangkan oleh Brook tahun 1986, menyediakan metode untuk menyusun sistem reaktif dari bawah ke atas menggunakan himpunan lapisan aturan-aturan. *Behavior* (perilaku) lapisan bawah menjadi perilaku paling mendasar dan memiliki prioritas tertinggi. Untuk mengurangi kompleksitas, interaksi antar *behavior* dibuat minimal. Idenya adalah tiap *behavior* berfungsi secara simultan/bersamaan tapi tidak serempak dengan tidak adanya ketergantungan antar *behavior*. Ketidaktergantungan mengurangi interfensi antar *behavior* dan mencegah meningkatnya kompleksitas.



Gambar 2.2 Arsitektur *subsumption*.

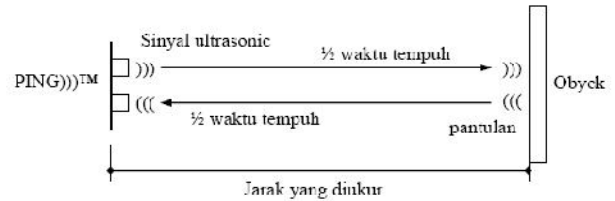
2.3 Sensor Jarak

Sensor yang digunakan adalah “PING)))TM *Ultrasonic Range Finder*”, buatan Parallax. Sensor jarak ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sensor PING)))TM *Ultrasonic Range Finder*.

Agar sensor ini dapat digunakan untuk mengukur jarak dibutuhkan sebuah mikrokontroler untuk mengukur waktu tempuh sinyal ultrasonik dari sensor, memantul pada benda yang akan diukur, dan diterima kembali oleh sensor. Ilustrasi cara kerja sensor ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Ilustrasi cara kerja PING)))TM.

2.4 Joystick

Sebuah *joystick* pada dasarnya terdiri dari dua buah potensio dimana potensio pertama akan berputar saat *joystick* digerakkan ke kiri dan kanan dan potensio kedua akan berputar saat *joystick* digerakkan ke atas dan bawah. Keluaran dari potensio menghasilkan tegangan analog yang berubah sebanding dengan gerakan putaran potensio yang merupakan hasil gerakan *joystick*.

III PERANCANGAN SISTEM

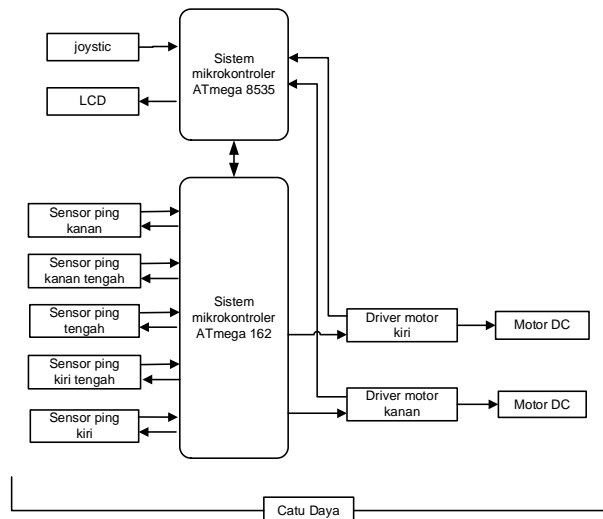
3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras dari sistem kursi roda cerdas yang akan dibangun meliputi sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 dan ATmega162, *joystick*, sensor PING)))TM, LCD, *driver* motor DC. Secara umum perancangan sistem yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Tiap-tiap bagian dari diagram blok sistem di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Sensor jarak PING)))TM merupakan sensor yang akan mendeteksi jarak kursi roda terhadap halangan/rintangannya yang ada di depannya.
2. *Joystick* digunakan sebagai alat pengendali kursi roda cerdas, gerakan kursi roda akan mengikuti perubahan posisi dari *joystick*. Pembacaan *joystick* dilakukan oleh sistem mikrokontroler ATmega8535.
3. LCD (*Liquid Crystal Display*) dan *driver* LCD berfungsi sebagai media tampilan selama proses pengendalian berlangsung.
4. *Driver* motor berfungsi untuk menjalankan motor DC. *Driver* ini menerima masukan PWM yang berasal dari sistem mikrokontroler ATmega162. *Driver* motor ini dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban.
5. Motor DC berfungsi sebagai sistem kemudi kursi roda cerdas.

6. Catu daya berfungsi sebagai suplai sistem keseluruhan.
7. Mikrokontroler AVR ATmega8535 dan ATmega162 yang berfungsi sebagai pengendali pada sistem kursi roda cerdas ini yang diprogram dengan menggunakan bahasa C.



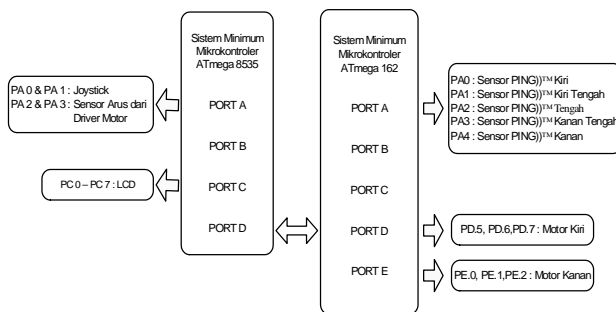
Gambar 3.1 Blok diagram sistem

3.1.1 Sistem Minimum AVR ATmega8535

Mikrokontroler AVR ATmega162 berfungsi sebagai pengendali utama. Pengendali reaktif arsitektur *subsumption* ditanamkan ke dalam mikrokontroler melalui senarai *program* yang sudah di *compile*.

Timer 0 digunakan untuk mencacah jarak yang terukur oleh sensor PING)))TM dan *timer 1* difungsikan sebagai PWM mode *phase correct* untuk membangkitkan sinyal PWM sebagai sinyal kontrol yang berfungsi untuk mengatur pemberian tegangan ke motor DC. Sistem Mikrokontroler ATmega 8535 dan ATmega162 dihubungkan melalui jalur komunikasi serial dengan konekter RJ11.

Mikrokontroler AVR ATmega8535 berfungsi sebagai pembaca perubahan posisi pada *joystick* dengan menggunakan ADC internal di PORTA dan membaca keluaran sensor arus dari *driver* motor. *Port C* digunakan sebagai tampilan LCD.



Gambar 3.2 Alokasi port pada sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 dan ATmega162

3.1.2 Driver Motor

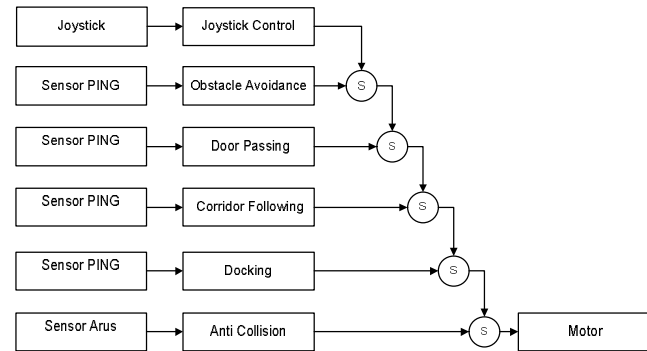
Driver motor digunakan untuk menguatkan arus keluaran dari mikrokontroler untuk menggerakkan motor

DC. Pada Tugas Akhir ini digunakan *driver* motor EMS (*Embedded Module Series*) 5 A H-Bridge yang memungkinkan untuk menjalankan motor dengan arus sampai dengan 5 A pada tegangan 5 volt sampai 40 volt. *Driver* motor ini dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban yang dapat mengetahui besar arus yang dilewatkan oleh H-Bridge.

3.2 Perancangan Software

Sistem pengendalian kursi roda cerdas ini menggunakan arsitektur *subsumption*. Arsitektur *Subsumption* adalah suatu cara menyederhanakan perilaku kecerdasan yang kompleks menjadi beberapa perilaku sederhana, yang tersusun menjadi lapisan-lapisan.

Blok diagram pengendalian secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Blok diagram arsitektur *subsumption*

Level terbawah (level 0), *anti collision* mendeteksi adanya benturan atau tabrakan antara kursi roda dengan objek lain, level ini membuat kursi roda melarikan diri atau melepaskan diri dari objek tersebut. Level kesatu, *Docking* mendeteksi adanya benda persis di depan kursi roda, *Docking* aktif jika sensor jarak tengah/depan mendeteksi adanya halangan kurang dari satu meter kemudian kursi roda akan merapat terhadap halangan tersebut. Level kedua, *Corridor Following* mendeteksi adanya koridor, *Corridor Following* aktif jika sensor jarak kiri dan kanan keduanya mendeteksi halangan/benda kurang dari 50cm maka kursi roda akan mengikuti koridor tersebut seperti tingkah *wall following*. Level ketiga, *Door Passing* mendeteksi adanya pintu, *Door Passing* aktif jika sensor jarak kiri dan kanan tengah keduanya mendeteksi adanya halangan kurang dari 80cm. Level keempat, *Obstacle Avoidance* mendeteksi adanya halangan yang berada di kiri atau kanan dengan menggunakan sensor jarak dan menghindarinya. Level kelima, *joystick control* mendeteksi adanya perubahan posisi pada *joystick* untuk mengendalikan gerakan kursi roda.

Simbol S pada blok diagram di atas menunjukkan tanda *arbitration*. Tanda *arbitration* memutuskan level mana yang digunakan mengontrol motor sebagai aktuator. Simbol S (*Suppression*) berarti mengganti sinyal masukan dengan sinyal masukan dari level yang lebih rendah.

3.2.1 Program Utama

Program utama dari perancangan kursi roda cerdas ini meliputi enam subrutin program utama, yaitu *anti collision*, *docking*, *corridor following*, *door passing*, *obstacle avoidance*, dan *joystick control*. Penjelasan dari tiap subrutin program utama adalah sebagai berikut.

1. *Anti Collision*

Merupakan subrutin program untuk membuat kursi roda melepaskan diri atau melarikan diri dari suatu objek yang berada didepannya apabila terdeteksi adanya benturan/tabrakan dengan objek tersebut.

2. *Docking*

Merupakan subrutin program untuk membuat kursi roda bisa merapat terhadap suatu objek yang berada didepannya apabila terdeteksi adanya objek persis di depan kursi roda tersebut.

3. *Corridor Following*

Merupakan subrutin program yang berisi perintah untuk dapat mengikuti koridor. *Corridor Following* aktif jika sensor ping kiri (s_0) dan sensor ping kanan (s_4) keduanya mendeteksi halangan/benda ≥ 5 cm dan ≤ 50 maka kursi roda akan mengikuti koridor tersebut seperti tingkah *wall following*.

4. *Door Passing*

Merupakan subrutin program yang berisi perintah untuk melewati pintu. *Door Passing* aktif jika sensor ping kiri tengah (s_1) dan sensor ping kanan tengah (s_3) keduanya mendeteksi adanya halangan kurang dari sama dengan 80.

5. *Obstacle avoidance*

Merupakan subrutin program yang berisi perintah untuk mengatur kursi roda agar bergerak menghindari halangan yang berada di depannya. *Obstacle avoidance* akan aktif jika benda yang terdeteksi berada di depan kiri atau depan kanan kursi roda.

6. *Joystick control*

Merupakan subrutin program yang berisi perintah untuk mengatur gerakan kursi roda agar sesuai dengan gerakan *joystick*.

3.2.2.1 *Anti Collision*

Sensor yang digunakan adalah dua buah sensor arus dari *driver* motor, satu untuk mendeteksi besarnya arus pada motor kiri dan satu lagi untuk motor kanan.

Ketika arus motor kanan atau kiri melebihi dari batas yang ditentukan (4,75 A), ATmega162 akan menghasilkan sinyal kontrol *anti collision*.

Ketika terdeteksi adanya benturan atau tubrukan dengan objek yang berada didepannya, subrutin *escape* akan membuat kursi roda berhenti selama 1 detik, dan kemudian mundur selama 1 detik.

3.2.2.2 *Docking*

Ketika kecepatan linier $v > -1$ dan jarak sensor *range* tengah (s_2) kurang atau sama dengan satu meter maka aksi *docking* akan aktif dan membuat kecepatan linier v kursi roda berkurang sesuai persamaan (3.1) di bawah ini.

$$v = s_2 \times v/100 \quad (3.1)$$

dan jika jarak halangan yang terdeteksi oleh s_1 atau s_3 lebih kecil atau sama dengan jarak minimal sebesar 15 cm maka v dan w akan diset nol, kemudian jika sensor *range* tengah (s_2) kurang atau sama dengan 40 cm maka v akan diset nol.

3.2.2.3 *Corridor Following*

Saat aksi *Corridor Following*, kursi roda akan mengikuti koridor seperti tingkah *wall following*, untuk melakukan ini kursi roda diberi nilai referensi yang nanti akan mengatur besar kecepatan angular w . Nilai referensi diperoleh dari persamaan (3.2)

$$ref = \frac{(s_0+s_4)}{2} \quad (3.2)$$

Jika kecepatan linier $v \neq 0$ maka nilai w yang akan mengatur kecepatan roda kiri dan kanan diperoleh dari persamaan (3.3).

$$w = gain \times error \quad (3.3)$$

Dimana *error* diperoleh dari persamaan (3.4).

$$error = ref - s_4 \quad (3.4)$$

Ketika kecepatan linier $v > 10$, dan kemudian $s_1 \leq 30$ maka kecepatan linear v akan berkurang sesuai dengan persamaan (3.5).

$$v = s_1 \times v/30 \quad (3.5)$$

Atau jika $s_3 \leq 30$ maka kecepatan linear v akan berkurang sesuai dengan persamaan (3.6).

$$v = s_3 \times v/30 \quad (3.6)$$

Pengurangan nilai v bertujuan untuk menghindari tabrakan saat ada halangan di dalam koridor. Ketika nilai $v=0$ maka nilai w_j akan diset menjadi nol, ini bertujuan untuk menghilangkan kecepatan angular w yang diberikan oleh pembacaan dari *joystick* saat kursi roda berada di dalam koridor.

3.2.2.4 *Door Passing*

Jika kecepatan linier $v > -1$, dan ada pintu terdeteksi maka kecepatan linier v kursi roda berkurang sesuai persamaan (3.7) di bawah ini.

$$v = \frac{\frac{s_1+s_3}{2} \times v}{80} \quad (3.7)$$

Pengurangan nilai v saat mendekati pintu bertujuan untuk menghindari tabrakan saat kursi roda terlalu dekat dengan bibir pintu. Ketika nilai $s_1 \leq 25$ cm atau $s_2 \leq 25$ cm, ini mengindikasikan bahwa jarak bibir pintu terlalu dekat maka nilai v akan diset menjadi nol. Ketika $w > 0$ dan $s_1 \leq 20$ cm atau ketika $w < 0$ dan $s_3 \leq 20$ cm, maka nilai v dan w akan diset menjadi nol. Ini bertujuan untuk menghindari tabrakan saat melewati pintu.

3.2.2.5 *Obstacle Avoidance*

Obstacle Avoidance merupakan aksi menghindari yang dilakukan oleh kursi roda apabila terdapat rintangan pada jarak tertentu yang menghalangi kursi roda.

Untuk menghasilkan sinyal kontrol supaya kursi roda menghindar digunakan persamaan (3.8) berikut ini.

$$\begin{aligned}
 wL &= K / s1 \\
 wR &= K / s3 \\
 wO &= wR - wL \\
 w &= wJ + wO
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

keterangan :

- K = konstanta penguat sinyal kontrol
- wO = kecepatan angular dari hasil pengolahan sensor jarak (s1 dan s3)
- wJ = kecepatan angular dari hasil pembacaan joystick
- w = kecepatan angular kursi roda

Persamaan (3.8) di atas didapat dari proses *trial and error* untuk mendapatkan respon berupa sinyal kontrol untuk aksi menghindari yang tepat, yaitu semakin dekat halangan maka dibutuhkan sinyal kontrol yang semakin besar.

Kemudian sinyal kontrol yang didapatkan dimasukkan dalam persamaan (3.9) di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 v_{mtr_kiri} &= v - w; \\
 v_{mtr_kanan} &= v + w;
 \end{aligned}
 \tag{3.9}$$

Dari persamaan (3.9) di atas, jika terdapat halangan dan jarak yang terdeteksi sensor kiri lebih dekat ($s_0 < s_1$), maka wL lebih besar dari wR , sehingga w akan bernilai negatif (bila $wJ=0$), maka kecepatan roda kiri akan bertambah atau robot menghindari ke arah kanan.

3.2.2.6 Joystick Control

Hasil pembacaan joystick, v digunakan sebagai masukan kecepatan linear dan w sebagai masukan kecepatan angular, yang kemudian diolah sebagai masukan untuk menentukan kecepatan roda kanan (v motor kanan) dan roda kiri (v motor kiri) sesuai persamaan (3.9). Apabila w bernilai positif, maka sinyal kontrol roda kanan akan bertambah besar dan sinyal kontrol roda kiri akan berkurang, sehingga robot berbelok ke arah kiri.

IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Perangkat Keras

4.1.1 Pengujian Driver Motor DC

Hasil pengujian driver motor dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Driver motor

Nilai OCR1A	Nilai OCR1B	V _{kehasan channel 1} (volt) terukur	V _{kehasan channel 2} (volt) terukur	V _{kehasan} (volt) Perhitungan
100	100	3,94	3,87	2,35
150	150	4,96	4,86	3,52
200	200	5,99	5,89	4,70
250	250	7,00	6,90	5,87
300	300	7,96	7,84	7,05
350	350	9,06	8,94	8,22
400	400	10,0	9,87	9,39
450	450	10,9	10,8	10,57
511	511	12,2	12,0	12

Pengujian driver motor DC menggunakan tegangan 12 V. Dari tabel 4.1 di atas terlihat bahwa semakin besar nilai OCR1A dan OCR1B yang diberikan maka akan semakin besar tegangan yang dihasilkan.

4.1.2 Pengujian Sensor PING))TM

Data hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran jarak dengan menggunakan PING))TM.

No.	Jarak Terukur (cm)	Jarak Terdeteksi PING))TM				
		PING))TM kiri (cm)	PING))TM kiri tengah (cm)	PING))TM tengah (cm)	PING))TM kanan tengah (cm)	PING))TM kanan (cm)
1	10	10,6	10,4	10,6	10,2	10,3
2	20	20,2	20,6	20,5	19,9	19,7
3	30	30,6	30,4	30,5	30,2	30,1
4	40	40,5	40,1	40,5	40,2	40,4
5	50	50,7	50,3	50,6	50,2	50,5
6	60	60,8	60,5	60,3	60,3	60,7
7	70	70,8	70,7	70,5	70,6	70,5
8	80	80,6	80,5	80,4	80,8	80,8
9	90	90,9	90,8	90,8	90,6	90,9
10	100	100,7	100,5	100,8	100,4	100,9

4.2 Pengujian Tingkah Laku Kursi Roda Cerdas

Pengujian meliputi tingkah laku kursi roda cerdas tanpa halangan dan dengan halangan.

4.2.1 Pengujian Tingkah Laku Kursi Roda Cerdas Tanpa Halangan

Pengujian dilakukan dengan merubah posisi joystick, dan membandingkan nilai PWM kanan dan kiri kursi roda cerdas dengan hasil perhitungan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

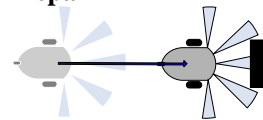
Dari Tabel 4.3, didapatkan nilai PWM hasil pengujian sama dengan hasil perhitungan, tanda (-) menunjukkan roda berputar mundur.

Tabel 4.3 Hasil pengujian tingkah laku kursi roda cerdas tanpa halangan.

Joystick		Duty cycle Hasil Pengujian (%)		Duty cycle Hasil Perhitungan (%)	
v	w	PWM Kiri	PWM Kanan	PWM Kiri	PWM Kanan
0	0	0	0	0	0
100	0	100	100	100	100
100	100	0	100	0	100
0	100	(-)100	100	(-)100	100
-100	100	(-)100	0	(-)100	0
-100	0	(-)100	(-)100	(-)100	(-)100
-100	-100	0	(-)100	0	(-)100
0	-100	100	(-)100	100	(-)100
100	-100	100	0	100	0

4.2.2 Pengujian Tingkah Laku Kursi Roda Cerdas dengan Halangan

4.2.2.1 Pengujian Tingkah Laku dengan Halangan Berada di Depan



Gambar 4.1 Hasil pengujian tingkah laku dengan halangan berada di depan

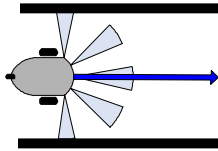
Tabel 4.4 Hasil pengujian tingkah laku kursi roda cerdas dengan halangan berada di depan

Joystick		Jarak Terdeteksi PING))TM Tengah (cm)	v Pengujian	v Perhitungan
v	w			
100	0	100	100	100
100	0	80	80	80
100	0	60	60	60
100	0	40	0	0
100	0	20	0	0

Dari Tabel 4.4 di atas dapat dilihat bahwa semakin kecil jarak kursi roda dengan halangan yang berada di depannya, kecepatan kursi roda (v) akan semakin berkurang dan berhenti ketika jarak dari halangan kurang dari 40 cm.

4.2.2.2 Pengujian Tingkah Laku dengan Halangan Berada di Samping Kiri dan Kanan Menyerupai Koridor (*Corridor Following*)

Gambar 4.2 menunjukkan pengujian tingkah laku dengan halangan berada di samping kiri dan kanan menyerupai koridor.



Gambar 4.2 Hasil pengujian tingkah laku dengan halangan berada di samping kiri dan kanan menyerupai koridor.

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sebuah halangan di kanan dan kiri dengan jarak yang berbeda, dan membandingkan nilai kecepatan linier (v) kursi roda cerdas dengan hasil perhitungan. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian tingkah laku kursi roda cerdas dengan halangan berada di samping kiri dan kanan menyerupai koridor.

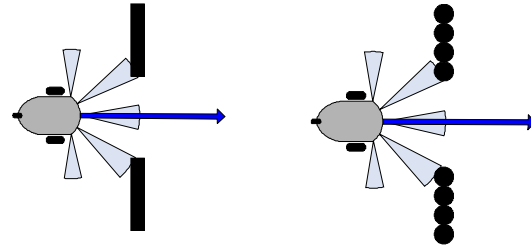
Joystick		Jarak Halangan Terdeteksi (cm)		Ref-erensi (cm)		Error (Referensi-Halangan di Kanan)		W=2xError	
v	w	Kiri	Kanan	Pengu- jian	Perhitu- ngan	Pengu- jian	Perhitu- ngan	Pengu- jian	Perhitu- ngan
100	0	15	50	33	32,5	-17	-17,5	-34	-35
100	0	15	40	28	27,5	-12	-12,5	-24	-25
100	0	15	30	23	22,5	-7	-7,5	-14	-15
100	0	15	20	18	17,5	-2	-2,5	-4	-5
100	0	15	15	15	15	0	0	0	0
100	0	20	15	17	17,5	2	2,5	4	5
100	0	30	15	22	22,5	7	7,5	14	15
100	0	40	15	27	27,5	12	12,5	24	25
100	0	50	15	32	32,5	17	17,5	34	35
100	0	30	30	30	30	0	0	0	0

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai w berubah sesuai dengan nilai $error$ yang diperoleh, sehingga kursi roda dapat mengikuti koridor. Nilai yang diperoleh dari pengujian sedikit berbeda dengan nilai perhitungan, hal ini disebabkan oleh terjadinya pembulatan perhitungan dalam pemrograman. Lebar koridor yang dapat dideteksi kursi roda terbatas, yaitu minimal 110 cm dan maksimal 150 cm.

4.2.2.3 Pengujian Tingkah Laku dengan Halangan Berada di Samping Kiri dan Kanan Agak Kedepan Menyerupai Pintu (*Door Passing*)

Halangan yang digunakan dalam pengujian *Door Passing* ini ada dua jenis, yang pertama halangan berbentuk kotak, dan yang kedua halangan berbentuk silinder ini bertujuan untuk memperluas jangkauan pendeteksian sensor.

berbentuk silinder ini bertujuan untuk memperluas jangkauan pendeteksian sensor.



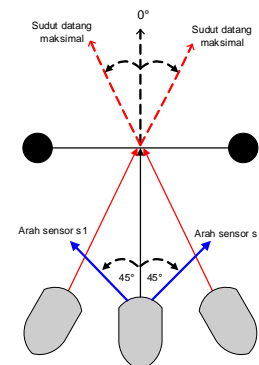
Gambar 4.3 Hasil pengujian tingkah laku dengan halangan berada di samping kiri dan kanan agak kedepan menyerupai pintu.

Pengujian dilakukan dengan merubah jarak halangan, dan membandingkan nilai kecepatan linier (v) kursi roda cerdas dengan hasil perhitungan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengujian tingkah laku kursi roda cerdas dengan halangan berada di samping kiri dan kanan agak kedepan menyerupai pintu.

Joystick		Jarak Halangan Terdeteksi (cm)		v Pengujian	v Perhitungan
v	w	Kiri Tengah	Kanan Tengah		
100	0	80	80	99	100
100	0	70	70	86	87,5
100	0	60	60	74	75
100	0	50	50	61	62,5
100	0	40	40	49	50
100	0	30	30	37	37,5
100	0	25	25	0	0
100	0	20	20	0	0
100	0	80	70	92	93,75
100	0	80	60	86	87,5
100	0	80	50	80	81,25
100	0	80	40	74	75
100	0	80	30	68	68,75
100	0	80	25	0	0
100	0	80	20	0	0
100	0	80	10	0	0

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa semakin kecil jarak kursi roda dengan halangan yang dibaca sensor kiri tengah dan sensor kanan tengah, kecepatan kursi roda (v) akan semakin berkurang dan berhenti ketika jarak dari halangan 25 cm. Lebar pintu minimal yang dapat dilewati kursi roda adalah 110 cm. Untuk pendeteksian pintu oleh kursi roda terbatas pada sudut datang kursi roda terhadap pintu, dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Sudut datang kursi roda terhadap pintu.

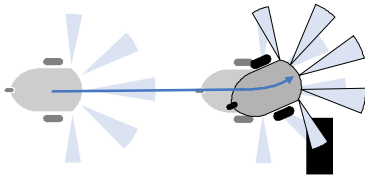
Berdasarkan pengujian didapatkan sudut maksimal yang masih dapat dideteksi kursi roda sebagai pintu.

Tabel 4.7 Hasil pengujian sudut datang maksimal kursi roda terhadap pintu.

Lebar Pintu (cm)	Jarak kursi roda ke tengah bidang pintu (cm)	Sudut datang maksimal (°)	
		Halangan Kotak	Halangan Silinder
110	15	0	20
110	30	-	26
110	40	-	14
110	50	-	2

Dari tabel 4.7 diatas dapat dilihat bahwa sudut datang maksimal pendeteksian pintu untuk halangan berbentuk kotak sangat kecil yaitu 0° untuk jarak pintu 15 cm, sedangkan untuk jarak pintu 30 cm, 40 cm dan 50 cm, kursi roda sama sekali tidak dapat mendeteksi pintu dari sudut manapun, karena sinyal pantulan dari halangan berbentuk kotak tidak diterima oleh kedua receiver sensor s1 dan s3, ini disebabkan oleh range sudut pendeteksian sensor pada bidang datar kecil. Sehingga sudut datang maksimal kursi roda terhadap pintu yang tersusun dari silinder lebih besar.

4.2.2.4 Pengujian Tingkah Laku dengan Halangan Berada di Samping



Gambar 4.5 Hasil pengujian tingkah laku dengan halangan berada di samping

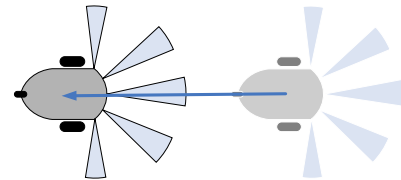
Gambar 4.5 menunjukkan kursi roda dapat mendeteksi adanya halangan di sebelah kanan dan ketika jarak dari halangan kurang dari 50 cm, kursi roda bergerak menghindari halangan dengan berbelok ke arah kiri. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Hasil pengujian tingkah laku kursi roda cerdas dengan halangan berada di samping

Joystick		Jarak Terdeteksi (cm)	w Pengujian		w Perhitungan	
v	w		Halangan di Kiri Tengah	Halangan di Kanan Tengah	Halangan di Kiri Tengah	Halangan di Kanan Tengah
100	0	50	-25	25	-25	25
100	0	40	-37	37	-37	37
100	0	30	-58	58	-58	58
100	0	20	-100	100	-100	100
100	0	15	0	0	0	0
100	0	10	0	0	0	0

Dari Tabel 4.8 di atas dapat dilihat bahwa semakin kecil jarak halangan yang terdeteksi maka nilai kecepatan angular (w) akan semakin besar.

4.2.3 Pengujian Tingkah Laku Anti Collision



Gambar 4.6 Pengujian tingkah laku anti collision

Gambar 4.6 di atas menunjukkan tingkah laku anti collision. Ketika terjadi benturan/tubrukan, sensor arus akan mendeteksi arus motor kanan atau kiri melebihi dari batas yang ditentukan (4,75 A), sehingga kursi roda akan melarikan diri atau melepaskan diri dengan berhenti selama 1 detik, dan kemudian mundur selama 1 detik

V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kursi roda cerdas dapat dikendalikan dengan menggunakan joystick. Gerakan kursi roda sesuai dengan perubahan nilai pada joystick, jika di sekitar kursi roda tidak terdeteksi adanya halangan.
2. Kursi roda cerdas dapat mendeteksi adanya halangan yang berada di depan, dan ketika bergerak maju, kecepatan kursi roda akan berkurang, kemudian berhenti apabila jarak kursi roda dari halangan kurang dari sama dengan 40 cm, tingkah laku ini dinamakan sebagai docking.
3. Kursi roda cerdas dapat mendeteksi adanya halangan di sebelah kiri dan kanan, ketika jarak kedua halangan sebelah kiri dan kanan 5 cm dan jarak halangan tersebut 50 cm, kursi roda akan menganggap halangan tersebut sebagai koridor, dan mengikuti koridor tersebut seperti tingkah wall following, tingkah laku ini dinamakan corridor following.
4. Kursi roda cerdas dapat mendeteksi adanya halangan di samping sebelah kanan dan kiri agak kedepan, ketika jarak dari kedua halangan 80 cm, kursi roda menganggap halangan tersebut sebagai pintu, kecepatan kursi roda akan berkurang, Kursi roda akan melewati pintu jika , tingkah laku ini dinamakan sebagai door passing.
5. Kursi roda cerdas dapat mendeteksi adanya halangan di samping sebelah kanan dan atau kiri agak kedepan, ketika jarak dari salah satu halangan(kiri tengah atau kanan tengah) 50 cm dan jarak halangan lainnya 80 cm, kursi roda dapat bergerak menghindari halangan tersebut, tingkah laku ini dinamakan sebagai obstacle avoidance.
6. Kursi roda cerdas dapat mendeteksi adanya benturan/tabrakan dengan benda di depannya

menggunakan sensor arus, sehingga kursi roda akan melarikan diri atau melepaskan diri dengan berhenti selama 1 detik, dan kemudian mundur selama 1 detik, tingkah laku ini dinamakan sebagai *anti collision*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Penambahan sensor jarak pada kursi roda cerdas ini akan memperluas *range* pendeteksian benda yang akan dijejak.
2. Penambahan sensor *limit switch* pada sekeliling kursi roda dapat mendeteksi letak terjadinya benturan/tubrukan.
3. Pengontrolan kursi roda cerdas akan semakin bagus dengan menambahkan sensor kecepatan pada kedua roda kursi roda cerdas.
4. Kursi roda cerdas ini dapat dikembangkan dengan menambahkan kemampuan tingkah laku yang lain seperti otomatis mengantarkan pemakai ke posisi tertentu (*go to goal*) atau bergerak mengikuti tembok (*wall follower*).
5. Kursi roda cerdas ini dapat dikembangkan untuk dikendalikan menggunakan media lain selain *joystick*, seperti dengan menggunakan suara atau gerakan otot.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrea, Bonci, L. Sauro, M. Andrea, dan V. Massimo "Navigation system for a smart wheelchair". Journal of Zhejiang University SCIENCE. 2004.
- [2] Bogoni, Luca, "Subsumption Architecture and Discrete Event Systems: A Comparison", Department of Computer and Information Science University of Pennsylvania, Philadelphia, 1993.
- [3] Brooks, R. A., "A robust layered control system for a mobile robot. IEEE Journal of Robotics and Automation", 2, 14–23, 1986.
- [4] Harper, Christopher J. dan Alan F. T. Winfield, "Designing Intelligent Control Systems for Safety Critical Applications", University of the West of England, Inggris.
- [5] Heryanto, M.Ary dan Wisnu Adi P., "Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535", Penerbit Andi, Yogyakarta, 2008.
- [6] Kadir, Abdul, Pemrograman C++, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2003.
- [7] Prasetyo, Rudy, "Implementasi Sistem Kontrol Navigasi Reaktif Subsumption Pada Kursi Roda Cerdas", Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.

- [8] Setiawan, Iwan, *Simulasi Model Sensor Sonar Untuk Keperluan Sistem Navigasi*, Universitas Diponegoro. 2006.
- [9] Simpson, Richard, E. L. Presti, I. Nourbakhsh, dan D. Miller, "The Smart Wheelchair Component System", Journal of Rehabilitation Research and Development, 41, 38, 429-442, 2004.
- [10] Simpson, Richard, E. L. Presti, S. Hayashi, S. Guo, D. Ding, W. Ammer, V. Sharma dan R. Cooper, "A prototype power assist wheelchair that provides for obstacle detection and avoidance for those with visual impairments", Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2005.
- [11] -----, ATmega8535 Data Sheet, <http://www.atmel.com>.
- [12] -----, Atmega162 Data Sheet, <http://www.atmel.com>.
- [13] -----, PING)))™ Ultrasonic Distance Sensor Data Sheet, <http://www.parallax.com>.

Rano Gusman Namara (L2F004502)



Lahir di Bonjol, 8 September 1985. Saat ini sedang melanjutkan studi pendidikan strata I di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Konsentrasi Kontrol.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Iwan Setiawan, ST, MT

NIP. 132 283 183

Tanggal: _____

Darjat, ST, MT

NIP. 132 231 135

Tanggal: _____