

Implementasi Sistem Robot Beroda Dengan Lengan Sebagai Fungsi Pembersih Kaca

I. Usuman, W. Prijodiprodjo, E. Ardiansyah dan P. Asmarasejati

Abstrak— Selama ini kesibukan setiap individu yang semakin meningkat membuat kebersihan rumah seringkali terlupakan sehingga perlu dibuat suatu robot berbentuk lengan robot (*robot arm*) untuk pembersih kaca menggunakan skema *active force control* dan *behaviour based control*. Manfaat dari penelitian ini adalah Robot yang dihasilkan jika dikembangkan dapat membantu meringankan pekerjaan pembersihan kaca jendela, pintu, penyekat ruang dan sebagainya di lingkup rumah tangga maupun bagi para petugas pembersih (*cleaning service*). Robot lengan ini dibuat dengan memperhatikan efek beban pada lengan termasuk mengurangi gangguan pada torsi dengan menggunakan skema *active force control*.

Dari hasil penelitian yang diperoleh robot lengan dibuat dengan 4 DOF (*Degree Of Freedom*) yaitu 4 derajat kebebasan yang dapat membersihkan kaca secara naik dan turun, serta kesamping kiri dan kanan. Diharapkan robot ini dapat mempermudah pekerjaan manusia untuk membersihkan kaca.

Kata Kunci— robot pembersih kaca, *Active Force Control*, *robot arm*, lengan robot, DOF (*Degree Of Freedom*).

1. PENDAHULUAN

Semakin hari seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi yang semakin canggih, robot bukan lagi merupakan hal yang baru. Saat ini sistem robot banyak diteliti dan dikembangkan dalam upaya menyesuaikan manfaat robot dalam kehidupan manusia.

Ilona Usuman, Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada. *E-mail address*: ilona@ugm.ac.id

Widodo Prijodiprodjo, Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.

Elfin Ardiansyah, Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.

Prima Asmarasejati, Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.

Sistem robotika terdiri atas beberapa bagian yang saling terkait satu sama lain yaitu sensor yang berfungsi sebagai unsur masukan (*input*), kemudian unsur kendali / kontrol, yang pada masa kini sering menggunakan mikroprosesor atau mikrokontroler, dan bagian elektromekanik atau yang sering disebut sebagai penggerak (*actuator*) robot yang merupakan unsur luaran (*output*) robot.

Unsur luaran, yang menggunakan sarana elektromekanik, kebanyakan berupa motor. Sekalipun banyak jenis / macam motor yang dapat digunakan dalam sistem robot namun pada umumnya yang banyak dijumpai adalah motor DC. Unsur kendali pada robot, terutama dalam kelompok robot cerdas, memerlukan kemampuan persepsi. Berdasarkan persepsi yang diterima / dialami, robot dapat memberi tanggapan pada keadaan / kondisi lingkungan. Tanggapan tersebut dapat berupa perilaku yang diharapkan tepat untuk menyesuaikan diri dalam menghadapi lingkungan. Pemikiran ini, dalam perkembangannya, dapat diterapkan dalam upaya untuk membuat alat / mesin yang mempunyai kemampuan keterampilan dan kecerdasan, yaitu membuat robot yang dapat berbuat atau bertingkah laku seperti manusia.

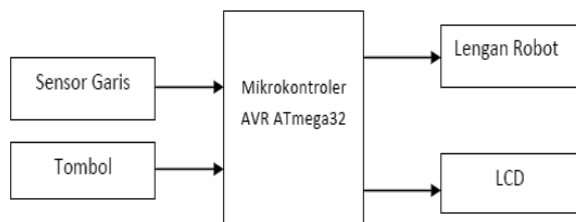
Seperti diketahui pula perkembangan kehidupan masyarakat akhir-akhir ini menunjukkan meningkatnya kesibukan masing-masing individu di dalam upaya peningkatan kesejahteraannya. Terkait dengan hal tersebut upaya menjaga kebersihan rumah menjadi terbengkalai, sementara itu untuk memanfaatkan tenaga pembersih (*cleaning service*) terkendala dengan beberapa kemungkinan waktunya tidak sesuai, biaya tidak terjangkau atau tenaga di rumah tidak tersedia atau tidak kuasa mengerjakan pembersihan

Hal tersebut dapat diatasi dengan adanya tenaga bantuan yang tidak terkendala waktu,

misalnya dengan tersedianya mesin / robot pembersih. Alat / mesin untuk penyedot debu (*vacuum cleaner*) telah tersedia sejak lama di pasaran, tetapi alat untuk pembersih kaca jendela, pintu dan sebagainya belum ada.

2. PERANCANGAN SISTEM ROBOT

Perancangan perangkat keras sistem ini terdiri dari beberapa bagian, yakni mekanik, sistem minimum mikrokontroler AVR ATMEGA32, sensor garis, penampil LCD 2x16, tombol menu, dan baterai sebagai power supply untuk keseluruhan sistem. Robot ini merupakan sebuah prototipe robot yang ukurannya masih relatif kecil dan hanya dapat membersihkan kaca yang tempatnya sudah ditentukan, tetapi tidak menutup kemungkinan untuk membuat mekanik yang lebih besar dengan sistem elektronik yang sama dan sistem kontrol yang sama pula. Secara umum robot ini memiliki blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1.

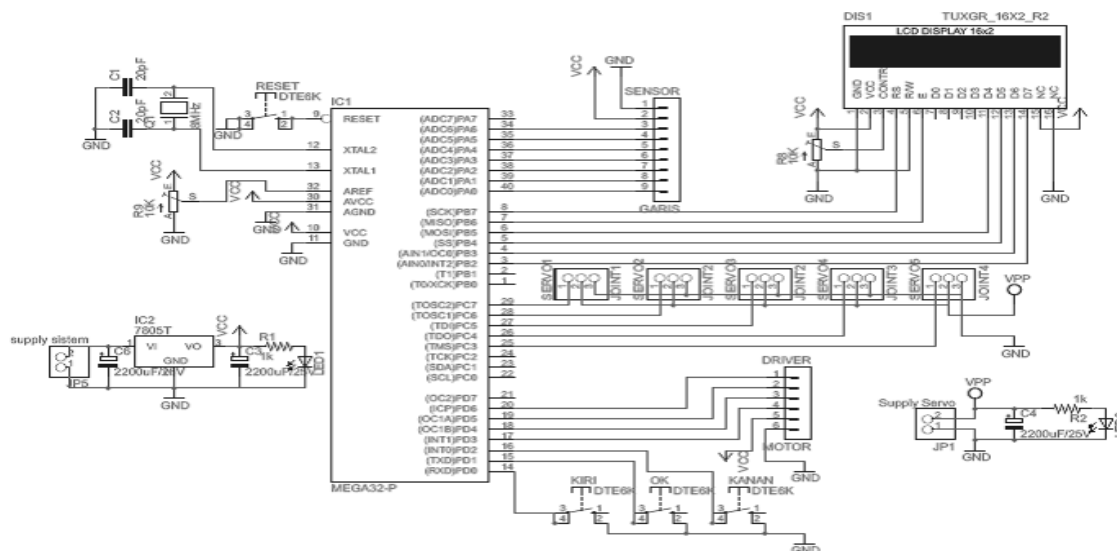


Gambar 1. Diagram blok siste

Dari diagram blok gambar 1. dapat dilihat apa saja yang menjadi masukan dan keluaran pada sistem. Mikrokontroler AVR ATmega32 sebagai sistem kendali untuk semua *device* baik untuk keluaran maupun masukan yang ada pada sistem. Adapun untuk masukannya adalah tombol dan sensor garis. Tombol pada sistem berfungsi untuk mengatur settingan yang ada pada sistem keseluruhan robot, sensor garis berfungsi untuk robot bergerak mengikuti garis. Untuk keluaran terdapat LCD 16x2 yang berfungsi sebagai display pada sistem, servo motor penggerak utama untuk robot lengan.

3. RANGKAIAN SKEMATIK ROBOT PEMBERSIH KACA

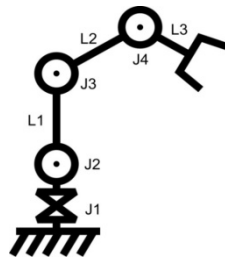
Robot ini hanya menggunakan satu buah *chip* pengontrol yaitu mikrokontroler ATmega32. Mikrokontroler ATmega32 merupakan chip IC terdiri dari 40 pin. Mikrokontroler ini memiliki 32 pin I/O dan digunakan sebagai jalur masukan dan keluaran semua sistem elektronika pada robot ini. Mikrokontroler ini memiliki kapasitas memori *flash* yang cukup untuk menampung semua program untuk system ini yaitu 32kbyte. Keunggulan dari mikrokontroler ini yaitu memiliki fasilitas ADC (*Analog to Digital Converter*) sebagai masukan sinyal sensor garis. Gambar rangkaian elektronik minimum sistem dapat dipaparkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian skematik robot pembersih kaca

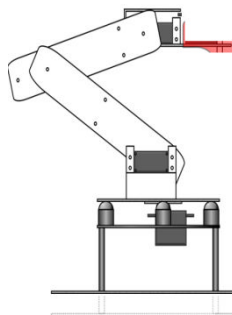
4. MEKANIK LENGAN ROBOT

Robot lengan ini tersusun atas 5 buah servo, yakni empat buah servo (HS-5645MG) dan satu buah servo (HS-311). empat buah servo tersebut memiliki torsi yang lebih besar karena beban yang ditanggung juga lebih besar. Satu buah sebagai tumpuan keseluruhan lengan, dua buah untuk mengangkat ruas lengan utama (digabung menjadi satu) dan satu buah untuk mengangkat lengan yang terdapat alat pembersih kaca. Sedangkan servo dengan torsi lebih kecil hanya digunakan pada bagian pembersih kacanya. Rancangan bentuk robot lengan dalam *Free Body Diagram* (FBD) tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan robot lengan dalam Free Body Diagram (FBD)

Kerangka robot lengan ini terdiri atas empat joint (J1, J2, J3, J4) dan tiga lengan (L1, L2, L3). J1 berputar secara horisontal, sedangkan J2, J3, dan J4 berputar secara vertikal. J1, J2, J3 menggunakan servo dengan torsi 10 kg sedangkan J4 menggunakan servo dengan torsi 3 kg karena beban yang diangkat tidak terlalu berat, khusus untuk J2, digunakan dua buah servo. Posisi alat pembersih kaca berada pada ujung lengan L3 dan menggunakan berat 3kg. Bahan yang digunakan untuk membuat konstruksi lengan ini adalah berupa aluminium dengan tebal 2 mm dan beberapa mur dan baut. Secara sederhana, mekanik robot dapat dilustrasikan pada Gambar 4.

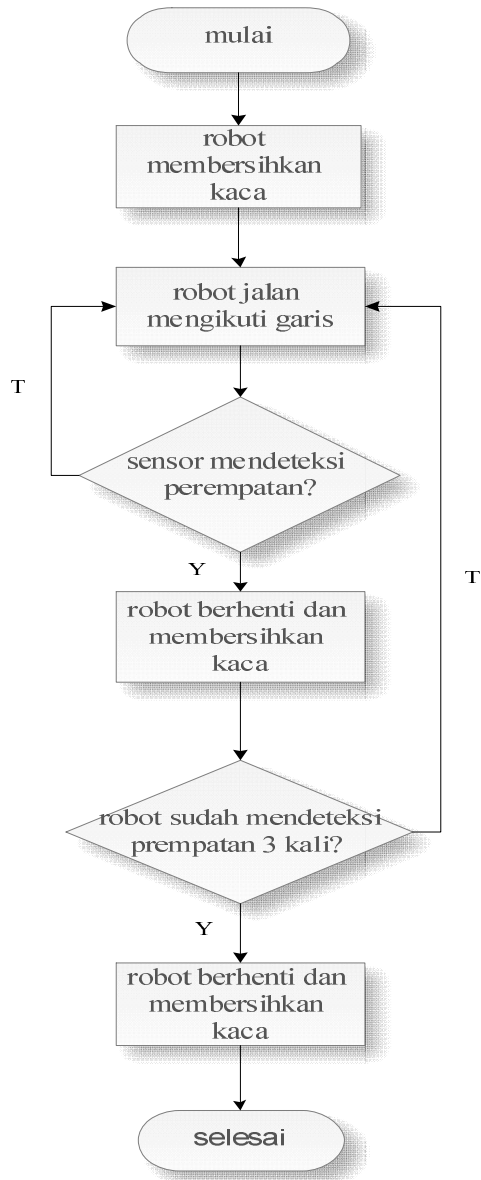


Gambar 4. Mekanik lengan robot

5. PERANCANGAN SISTEM PERGERAKAN ROBOT

Tahapan proses robot melakukan pembersihan kaca adalah:

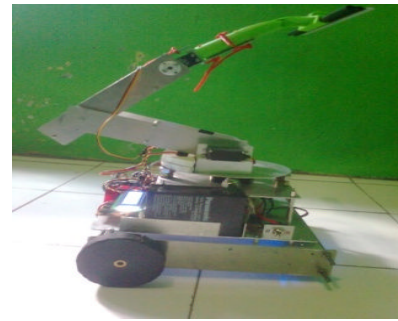
1. Pada awalnya posisi lengan menghadap depan dengan jarak kaca disebelah kiri robot dengan jarak dari garis hitam ± 30 cm.
2. Lengan robot akan menghadap kearah kaca dengan memutar *joint* 1 dari lengan robot.
3. Memanggil sub servo naik, dengan posisi lengan robot dalam keadaan naik.
4. lengan *joint* 2 akan mendekati kaca, setelah itu masuk ke sub servo bersih disaat robot melakukan pembersihan kaca.
5. Pembersihan hanya dilakukan sekali saja, setelah selesai membersihkan masuk ke sub servo turun dan servo dalam keadaan posisi awal kecuali untuk *joint* 1 yang tetap.
6. Robot berjalan kedepan dengan mengikuti garis yang tersedia sampai batas yang ditentukan, yaitu perempatan pada garis yang berjarak ± 15 cm antar pembatas. Setelah sampai robot melakukan langkah 3, 4, dan 5.
7. Robot akan berjalan lagi sampai batas yang ditentukan lagi. disini pembatas dibuat sebanyak 3 buah. Jadi setelah robot berhenti sebanyak 3 kali maka robot akan berhenti membersihkan dan posisi servo kembali keposisi awal semuanya, termasuk untuk *joint* 1.
8. Gerakan lengan pada saat membersihkan kaca adalah bergerak ke kiri dan ke kanan, selanjutnya ke atas bawah secara bergantian.



Gambar 5. Flowchart sistem robot

6. PENGUJIAN DAN ANALISIS KINERJA SERVO

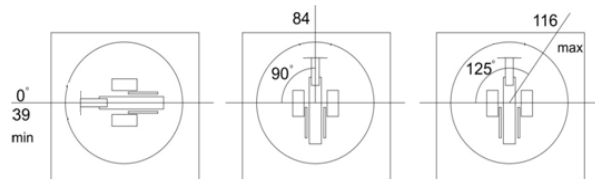
Pengujian kinerja dilakukan dengan mengamati lengan robot terhadap tiap pemberian nilai servo pada program. Pemberian nilai yang berbeda-beda akan mempengaruhi posisi (sudut) tiap-tiap bagian lengan. Untuk gambar keseluruhan lengan robot dengan 4 derajat kebebasan dapat dilihat pada Gambar 7 dimana untuk *joint* 1 bergerak horizontal sedangkan untuk *joint* 1, *joint* 2 dan *joint* 3 bergerak vertikal.



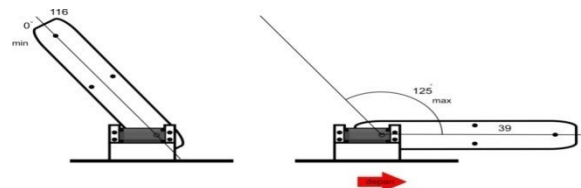
Gambar 6. Robot lengan dengan 4 derajat kebebasan

Ilustrasi pemberian nilai servo untuk tiap *joint*:

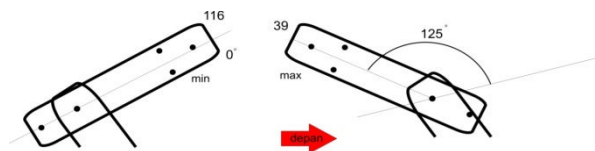
• Joint 1



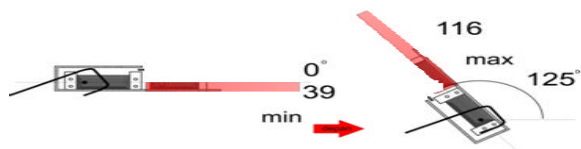
• Joint 2



• Joint 3



• Joint 4



Gambar 7. Ilustrasi pemberian nilai servo untuk tiap *joint*.

Dari Gambar 7 maka dapat dilihat untuk masing-masing pergerakan pada tiap *joint* beserta nilai yang digunakan pada program untuk mengatur sudut servo. Untuk *joint* 1, *joint* 2 dan *joint* 3 menggunakan servo torsi 10 kg, servo ini tidak dapat bergerak dari sudut 0° sampai 180°,

melainkan hanya dapat bergerak dari sudut 0° sampai 125° saja. Hal ini disebabkan tipe servo itu sendiri yang memang tidak dapat bergerak hingga 180° . Sedangkan untuk servo yang digunakan pada *joint* 4 adalah servo dengan torsi 4 kg, servo yang digunakan pada *joint* 4 ini memiliki torsi yang lebih kecil dibandingkan dengan *joint* yang lainnya, ini disebabkan karena pada *joint* ini hanya mengangkat beban yang lebih ringan, yaitu alat pembersih kaca. Servo ini berbeda dengan servo yang lainnya, karena servo ini dapat bergerak dari sudut 0° sampai 180° . Tetapi dalam sistem ini tetap dibuat sudut maksimal 125° saja agar seragam dengan servo lainnya dan mempermudah dalam proses pengontrolannya.

7. PENGUJIAN DAN HASIL DARI KESELURUHAN SISTEM

Proses awal dari sistem robot ini adalah menguji lengan robot dengan 4 derajat kebebasan yang terdiri dari lima motor servo untuk membersihkan objek sebuah kaca. Foto robot saat membersihkan kaca terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Robot saat membersihkan kaca

Pada awal robot diaktifkan, maka robot akan langsung membersihkan kaca yang berada disebelah kirinya, seperti tampak pada gambar 8. Kecepatan lengan robot ini pada waktu membersihkan dapat diatur, tergantung dari kecepatan perputaran servo berpindah dari posisi sekarang menuju posisi tujuan sangat bergantung pada pemberian nilai waktu tunda yang digunakan pada program. Pemberian waktu tunda

ini ditunjukkan pada potongan sub program dibawah ini:

```

Select Case Jointx
Case 1 : Servo(1) =
Posisi_sekarang(1)
Waitms 8
Case 2 : Servo(2) =
Posisi_sekarang(2)
Servo(3) =
Posisi_sekarang(2)
Waitms 8
Case 3 : Servo(4) =
Posisi_sekarang(3)
Waitms 15
Case 4 : Servo(5) =
Posisi_sekarang(4)
Waitms 15
End Select

```

Dapat dilihat pemberian waktu tunda untuk pergerakan *joint* 1 dan *joint* 2 sebesar 8 ms dan untuk pergerakan *joint* 3 dan *joint* 4 adalah 15 ms, apabila diinginkan proses pembersihan yang lebih cepat, dengan memperkecil waktu tunda untuk masing-masing *joint*, dan sebaliknya jika ingin diperlambat dengan cara memperbesar waktu tundanya. Sedangkan untuk pergerakan dari masing-masing *joint* ketika membersihkan kaca, langkahnya adalah:

1. *Joint* 1 akan bergerak 90° kearah kaca yang berada disebalah kiri dari robot.
2. *Joint* 2, *joint* 3 dan *joint* 4 bergerak mendekat kearah kaca dan alat pembersih kaca yang berada pada lengan terakhir dari lengan robot menempel pada kaca, seperti yang terlihat pada gambar 9.
3. Terakhir adalah pergerakan membersihkan kaca, pada proses ini hanya *joint* 3 dan *joint* 4 yang bergerak, *joint* 3 bergerak kearah bawah dan *joint* 4 bergerak perlahan-lahan kearah atas.

Percobaan selanjutnya adalah menguji jalan robot setelah proses pembersihan pertama. Robot bergerak mengikuti garis hitam berwarna dasar warna putih yang terletak dihadapan kaca dengan

jarak ± 30 cm seperti pada gambar 9. Pada garis hitam tersebut terdapat tiga buah perempatan yang berfungsi sebagai tempat pemberhentian robot untuk melakukan proses pembersihan kaca lagi, dengan jarak masing-masing perempatan adalah 15 cm. Dari hasil percobaan ini, diperoleh waktu tugas pembersihan kaca sebanyak 4 kali pembersihan selama 1 menit. Sedangkan untuk ukuran kaca yang dapat dibersihkan adalah, proses pembersihan pertama robot dapat membersihkan kaca dengan panjang 18 cm dan lebar 31 cm, proses pembersihan kedua panjang 18 cm dan lebar 33 cm, proses pembersihan ketiga panjang 18 cm dan lebar 33 cm, proses pembersihan terakhir panjang 18 cm dan lebar 32 cm. Dari hasil yang diperoleh, maka robot lengan pembersih kaca ini dapat membersihkan kaca dengan ukuran panjang 72 cm dan lebar 32,25 cm.



Gambar 9. Jalur robot dan kaca yang akan dibersihkan

8. KESIMPULAN

Robot lengan pembersih kaca ini dapat menyelesaikan tugasnya, yaitu melakukan proses pembersihan kaca sebanyak empat kali memakan waktu selama 1 menit. Proses pembersihan kaca pada percobaan ini tidak terlalu sempurna, contoh robot tidak dapat membersihkan hingga bagian bawah kaca, ini disebabkan karena mekanik robot yang terlalu tinggi. Gerakan robot lengan dalam proses pembersihan kaca hampir sama dengan gerakan lengan manusia, hanya saja derajat kebebasan pada lengan robot ini terbatas sehingga

gerakannya tidak sesempurna dengan gerakan lengan manusia.

Pergerakan untuk masing-masing *joint* pada robot lengan ini berjalan sesuai dengan yang diinginkan, untuk *joint 1*, *joint 2* dan *joint 3* dapat bergerak dari 0° sampai 125° . Sedangkan untuk *joint 4* dapat bergerak dari 0° sampai 180° . Perbedaan ini disebabkan karena tipe servo yang digunakan berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Connell, J. H., 1989, A Behaviour-based Arm Controller. IEEE Transactions on robotics and automation, Vol. 5 No. 6, December 1989.
- [2] Mailah, M, dan Shiung, J, C, W, 2001., Control Of A Robot Arm Using Iterative Learning Algorithm With A Stopping Criterion, *Jurnal Teknologi*, 37(A) Dis. 2002: 55–72.
- [3] Nakauchi, Y, Nishida, Y, Shono, T, Mori, Y, 1997., Robot Arm Control System By Emergent Behaviour Based Architecture. Proceedings of the 2nd Asian Control Conference, Seoul. July 22-25, 1997, Seoul.
- [4] Pitawarno, Endra, 2006, *Robotika : Design, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Penerbit ANDI, Surabaya.
- [5] Simmons, G. dan Demiris, Y., 2005, Optimal robot arm control using the minimum variance model. *Journal of Robotic Systems*. Proc. IEEE 677 – 690.
- [6] Wase, Lars; Nilsson, Mats; Holmertz, Nils, Erik; Anderson, Jan-Erik; Sjoblom, Christer; Oscarsson, Mattias , 2002, Gripper Device, Robot Arm, and Milking Robot. Proceeding IEEE.