

Pengendalian Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler AT89C51 Menggunakan Transduser Ultrasonik

Muh Nurdinsidiq¹, Bambang Sutopo²

¹Penulis, Mahasiswa S-1 Jurusan Teknik Elektro UGM

²Dosen Pembimbing, Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektro UGM

ABSTRACT

Ability to avoid an obstacle is required by robot that works in frequently disturbed path.

Arm robot can use ultrasonic transducer as an obstacle detector. The distance between the obstacle and robot is gotten by measuring the strength of the reflected burst of ultrasonic sound. The result of distance measurement is used by microcontroller to decide direction and velocity of robot movement. The velocity of robot movement is controlled by microcontroller with suitable Pulse Width Modulation signal.

Observation shows that ultrasonic transducer can detect an cylindrical obstacle in a half circle path with radius 25 cm. The outer path obstacle can be detected earlier but the inner path obstacle only detected in range 10 cm from sensor. The robot work area which can get an obstacle is about 75% of the entire robot work area.

INTISARI

Kemampuan menghindari halangan diperlukan oleh sebuah robot yang bekerja pada lintasan yang sering terganggu.

Lengan robot dapat dilengkapi dengan transduser ultrasonik sebagai detektor halangan. Jarak halangan dapat diketahui dengan mengukur kekuatan gelombang ultrasonik yang dipantulkan oleh halangan. Hasil pengukuran jarak halangan digunakan oleh mikrokontroler untuk menentukan arah serta kecepatan gerakan yang dikerjakan oleh robot. Kecepatan gerakan robot dikendalikan oleh mikrokontroler dengan cara mengeluarkan isyarat PWM yang sesuai.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa transduser ultrasonik dapat mendeteksi halangan yang berbentuk silinder pada lintasan robot yang berbentuk setengah lingkaran dengan jari-jari sekitar 25 cm. Halangan di sisi luar lintasan dapat dikenali oleh sensor sejak awal sedangkan halangan di sisi dalam lintasan terdeteksi setelah jarak sensor dengan halangan 10 cm. Daerah kerja robot yang diperbolehkan mendapat sebuah halangan adalah sekitar 75% dari daerah kerja seluruhnya.

Kata kunci : lengan robot, AT89C51, transduser ultrasonik

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi robotika telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi. Saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas produksi berbagai pabrik. Teknologi robotika juga telah menjangkau sisi hiburan dan pendidikan bagi manusia.

Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor pada robot tersebut. Makalah ini memaparkan salah satu sudut teknologi robotika yaitu teknologi robot yang memiliki kemampuan menghindari halangan (*obstacle avoidance robot*). Kemampuan menghindari halangan dapat diberikan pada sebuah robot dengan berbagai cara seperti menggunakan kamera atau menggunakan detektor halangan.

Penggunaan kamera sebagai sensor akan meningkatkan kemampuan robot untuk menentukan posisi sebuah obyek (Nurbianto, 2001). Namun penggunaan kamera dengan sistem pengolahan citra secara digital akan menambah beban komputasi bagi mikrokontroler sehingga kemampuan robot mengalami penurunan pada sisi yang lain seperti pada kecepatan proses.

Makalah ini memaparkan penggunaan transduser ultrasonik sebagai detektor halangan dalam pengendalian sebuah lengan robot. Penggunaan transduser ultrasonik sebagai pengukur jarak halangan dapat dilakukan dengan dua metode. Metoda yang pertama adalah dengan mengukur selang waktu pengiriman dan penerimaan gema ultrasonik. Metoda kedua adalah dengan mengukur kekuatan sinyal pantulan.

Pengukuran jarak dengan metoda mengukur selang waktu penerimaan gema ultrasonik akan menghasilkan pengukuran yang cukup presisi (Firmansyah, 2000). Namun penggunaan metoda ini menuntut pengguna untuk mengatur nilai ambang yang menentukan batas minimal kekuatan gema ultrasonik ketika halangan telah terdeteksi melalui sebuah potensiometer yang nilainya sering bergeser akibat bertambahnya umur sensor. Pengukuran dengan metoda ini juga menuntut mikrokontroler untuk melakukan proses menunggu datangnya gelombang pantulan. Waktu menunggu ini akan cukup mengganggu bagi mikrokontroler yang diberi beban tugas yang cukup kompleks seperti mengendalikan gerakan robot.

Metoda penentuan jarak halangan melalui pengukuran tingkat kekuatan gelombang pantulan memberikan beberapa keuntungan. Pada metode ini mikrokontroler tidak perlu melakukan proses menunggu gelombang pantulan tetapi cukup menunggu proses konversi data kekuatan sinyal dari analog ke digital. Pengguna juga tidak perlu mengeset potensiometer secara manual. Kelemahan metode ini adalah data hasil pengukuran yang didapatkan kurang presisi.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

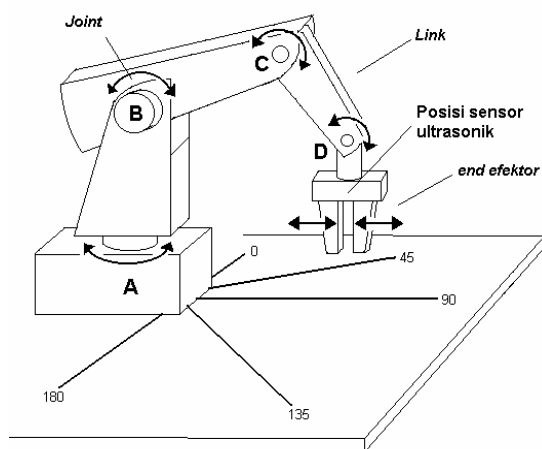
1. Studi literatur mengenai penggunaan transduser ultrasonik, pengendalian motor DC serta penggunaan mikrokontroler AT89C51.
2. Merancang serta menguji rangkaian pengirim serta penerima gelombang ultrasonik sebagai sensor jarak halangan.
3. Merancang serta menguji rangkaian penggerak motor DC yang merupakan aktuator robot.
4. Merancang serta menguji sistem minimal mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali sistem secara keseluruhan.
5. Merancang perangkat lunak yang berfungsi untuk membangkitkan pulsa PWM serta mengendalikan gerakan robot secara keseluruhan.
6. Menguji kinerja sistem secara keseluruhan serta mengambil data dari hasil perancangan.
7. Menganalisa hasil dan membuat kesimpulan.

3. Hasil Implementasi dan Pembahasan

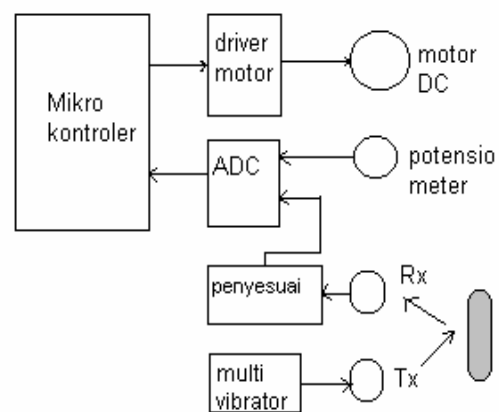
3.1 Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang menggunakan lengan robot ROB3 sebagai basisnya. Lengan robot ROB3 digerakkan oleh enam buah motor DC. Posisi sudut setiap poros diketahui melalui potensiometer. Sebagai penggerak motor dirancang rangkaian driver yang tersusun atas IC L293D serta driver yang tersusun atas transistor darlington TIP 120 dan TIP 125. Untuk membangkitkan frekuensi ultrasonik digunakan rangkaian multivibrator dari IC 555. Gelombang pantulan yang diterima

oleh transduser penerima mengalami proses penyesuaian isyarat melalui untai penguat, penyearah serta filter. Keluaran untai penyesuai isyarat serta keluaran potensiometer diubah menjadi digital oleh IC ADC0809. Mikrokontroler menggunakan data-data tersebut untuk menentukan bentuk gerakan serta kecepatan gerakan yang dilakukan oleh robot. Setiap motor digerakkan oleh isyarat *Pulse Width Modulation* yang dihasilkan Mikrokontroler. Gambar 1 menunjukkan skema lengan robot ROB3. Gambar 2 menunjukkan diagram kotak sistem pengendalinya.



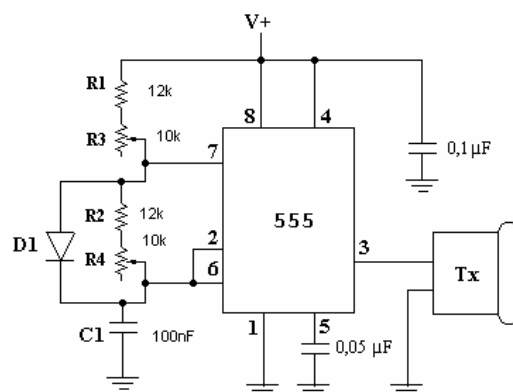
Gambar 1 Skema Lengan Robot ROB3



Gambar 2 Diagram kotak sistem

A. Pemancar Gelombang Ultrasonik

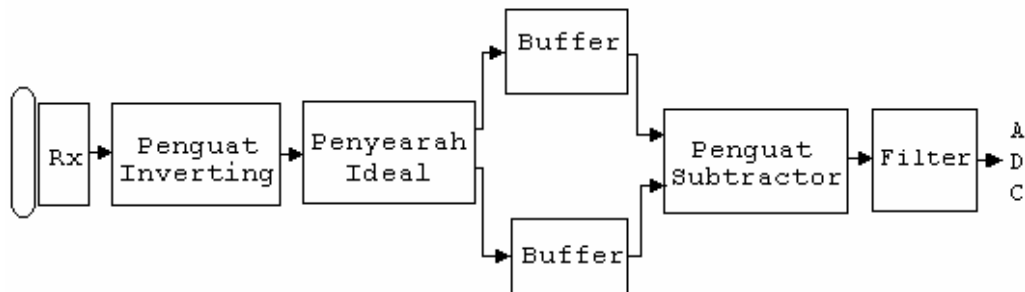
Pemancar gelombang ultrasonik disusun oleh sebuah transduser ultrasonik yang diberi gelombang kotak dengan frekuensi sekitar 40 KHz. Gelombang kotak dihasilkan oleh untai multivibrator yang disusun oleh IC 555 yang bekerja secara astable. Rangkaian pemancar ultrasonik ditunjukkan gambar 3.



Gambar 3. Untai pemancar ultrasonik

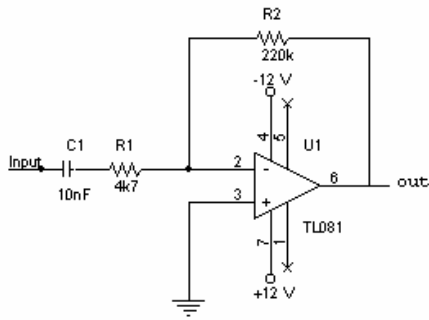
B. Penerima Gelombang Ultrasonik

Metode pengukuran jarak halangan yang digunakan adalah dengan mengukur kekuatan sinyal pantulan. Gelombang pantulan ditangkap dengan sebuah transduser penerima. Transduser penerima mengeluarkan isyarat sinus yang amplitudonya tergantung dari jarak halangan dengan transduser. Untai penerima Gelombang ultrasonik berfungsi memperkuat, menyearahkan serta menapis keluaran transduser penerima sebelum dikirim ke ADC. Penyearahan isyarat dilakukan oleh untai penyearah presisi yang dibantu dengan dua buah untai buffer serta sebuah penguat subtractor untuk memperoleh penyearahan gelombang penuh. Untai penyesuai isyarat akan memberikan penguatan total sekitar 150 kali dan jarak halangan terjauh yang masih terdeteksi adalah sekitar 100 cm. Gambar 4 menunjukkan blok diagram penyesuai isyarat.

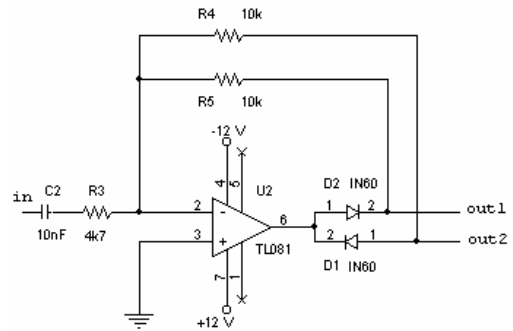


Gambar 4 Diagram kotak untai penyesuai isyarat

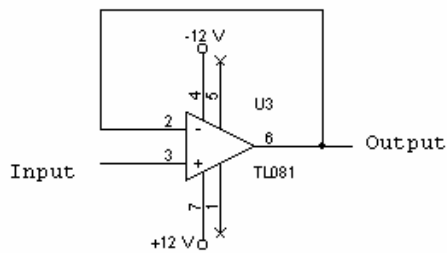
Penguat inverting bertugas sebagai penguat pertama dengan nilai penguatan sekitar 46 kali. Untai penyearah presisi yang dirancang memiliki penguatan sekitar 2 kali. Untai pengurang mempunyai penguatan 1,5 kali. Untai filter pelewat rendah orde dua dirancang memiliki nilai frekuensi *cut-off* sekitar 60 Hz untuk menyesuaikan dengan kebutuhan. Keluaran untai penyesuai isyarat adalah isyarat DC yang siap diubah menjadi digital. Gambar 5 sampai dengan 9 masing-masing menunjukkan untai penguat *inverting*, penyearah presisi, buffer, penguat *subtractor* serta filter yang digunakan dalam penelitian ini.



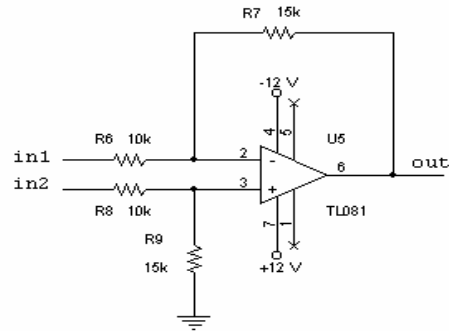
Gambar 5 Penguat inverting



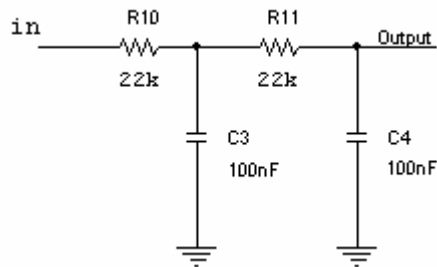
Gambar 6 Penyearah presisi dua dioda



Gambar 7 Buffer tegangan



Gambar 8 Penguat subtractor



Gambar 9 Filter pelewat rendah orde 2

D. Untai ADC

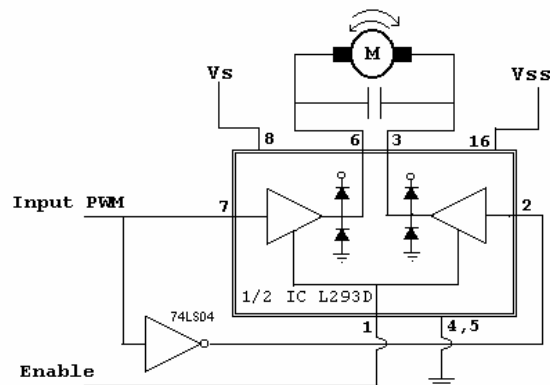
Untai ADC digunakan untuk mengubah keluaran potensiometer menjadi data digital serta untuk mengubah keluaran penyesuai isyarat transducer ultrasonik menjadi data digital. IC ADC0809 memiliki delapan kanal input analog. Enam kanal input ADC0809 digunakan untuk potensiometer dan satu kanal input digunakan untuk keluaran transducer ultrasonik. Proses pengaksesan kanal ADC dilakukan satu persatu secara bergantian sesuai kebutuhan. Pengendalian ADC oleh mikrokontroler dilakukan melalui sinyal READ, WRITE serta CS.

E. Sistem Minimal AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 mempunyai tugas mengendalikan seluruh sistem. Mikrokontroler juga bertugas menerima program dalam format heksadesimal dari komputer dan menyimpannya di RAM eksternal. Sistem minimal mikrokontroler dilengkapi dengan PPI 8255 untuk menambah port keluaran. Mikrokontroler membangkitkan sinyal PWM untuk menggerakkan motor serta sinyal-sinyal pengendali ADC dan driver motor. Mikrokontroler menerima data digital dari ADC0809 yang berasal dari sensor potensiometer dan transduser ultrasonik.

F. Driver Motor IC L293D

Sebuah IC L293D berisi empat buah push-pull. Setiap dua buah push-pull dapat digunakan sebagai sebuah untai H-bridge dan dapat diaktifkan dengan sebuah sinyal enable. Dalam penelitian ini digunakan metode DC Chopper kelas E sehingga untai yang dirancang ditunjukkan gambar 10. IC L293D mampu beroperasi pada tegangan 4,5 V sampai 36 V. Besarnya arus yang dapat ditarik adalah 600mA pada kondisi normal serta 1,2 A pada arus puncak (sesaat).

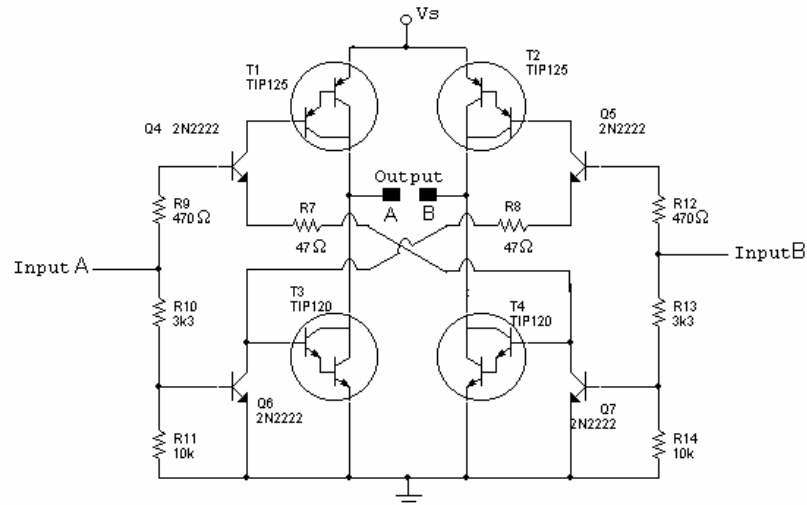


Gambar 10 Driver motor dengan L293D

G. Driver Motor Transistor TIP 120 dan TIP 125

IC L293D hanya mampu menyediakan arus sekitar 600 mA secara kontinyu sehingga untuk motor yang menarik arus diatas nilai tersebut dirancang untai H-bridge dengan transistor darlington sebagai basisnya. Gambar 11 menunjukkan

rancangan driver motor dengan transistor TIP 120 dan TIP 125. Untai ini dapat menyediakan arus sampai sekitar 5 A. Frekuensi kerjanya di bawah 300 Hz.

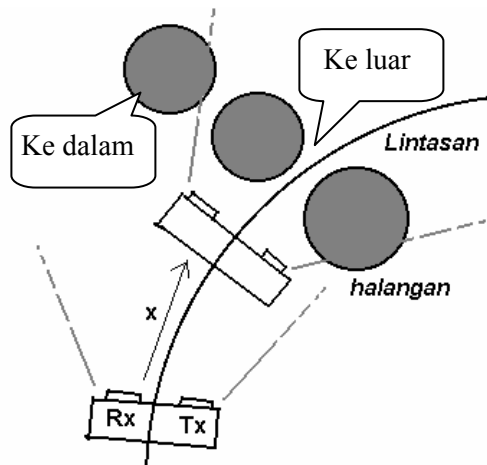


Gambar 11 Driver motor dengan TIP 120 dan TIP 125

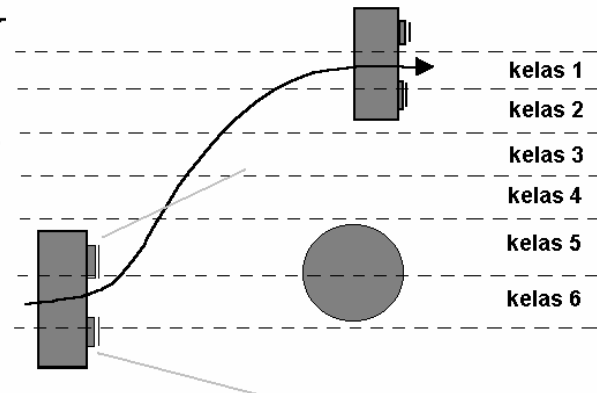
3.2 Skenario Menghindari Halangan

Lengan robot diprogram untuk bergerak dengan posisi tertentu pada lintasan yang berbentuk setengah lingkaran. Ketika bergerak di lintasan tersebut lengan robot melakukan deteksi halangan dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik ke arah depan.

Ketika robot mulai merasakan keberadaan halangan, maka robot melakukan proses pengambilan keputusan untuk bergerak melengkung ke arah luar atau merapat ke arah dalam. Lintasan robot yang berbentuk setengah lingkaran digunakan robot untuk mengambil keputusan ini. Robot tetap bergerak ke arah depan beberapa centimeter untuk merubah arah hadap sensor. Jika setelah bergerak sedikit ke depan ternyata keluaran sensor ultrasonik membesar maka robot menganggap bahwa halangan terletak di depan sensor atau di daerah sebelah dalam lintasan sehingga diputuskan gerakan melengkung ke luar. Jika setelah bergerak sedikit ke depan ternyata keluaran sensor ultrasonik mengecil maka robot menganggap bahwa halangan terletak di luar lintasan sehingga diputuskan gerakan merapat ke dalam. Hal ini diilustrasikan oleh gambar 12.



Gambar 12 Pengambilan keputusan

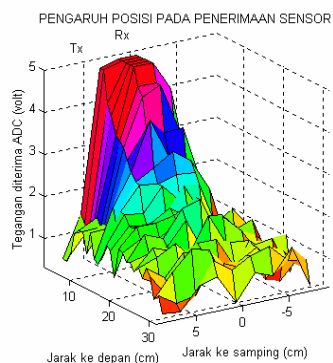


Gambar 13 Pencarian posisi tak berhalangan

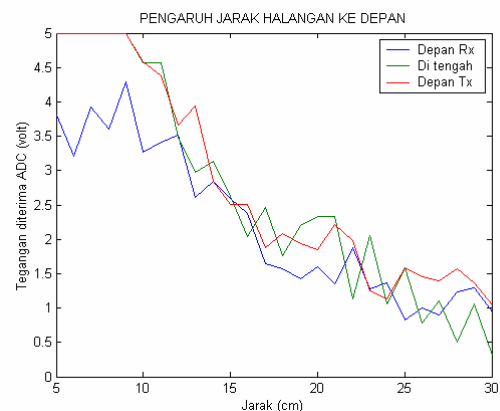
Setelah menentukan arah selanjutnya robot melakukan proses pencarian posisi bebas halangan. Proses pencarian posisi ini dilakukan dengan selalu mendeteksi keluaran sensor ultrasonik yang diharapkan selalu mengecil. Dalam proses ini keluaran sensor ultrasonik dikelompokkan dalam kelas-kelas yang menunjukkan kekuatan sinyalnya. Gambar 13 menunjukkan ilustrasi proses tersebut.

3.3 Hasil Pengamatan

Jarak antara halangan dengan robot diperkirakan dengan mengukur kekuatan sinyal pantulan. Gambar 13 menunjukkan hasil pengukuran sinyal pantulan yang diterima oleh ADC. Dari gambar tersebut diketahui bahwa semakin jauh posisi halangan maka kekuatan sinyal pantulan semakin lemah. Gambar 14 menunjukkan kecenderungan melemahnya sinyal pantulan akibat jauhnya posisi halangan.

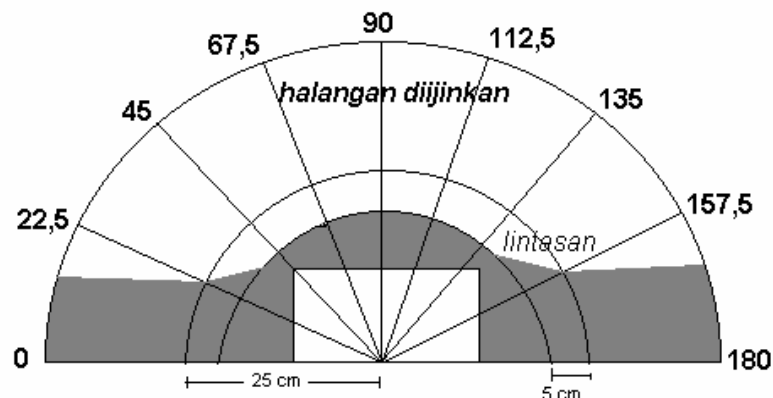


Gambar 13 Pengaruh posisi halangan



Gambar 14 Pengaruh jarak halangan

Dengan memanfaatkan hasil keluaran transduser ultrasonik diatas dan menggunakan metode menghindari halangan yang telah ditentukan maka dapat diketahui bahwa lengan robot ROB3 dapat menghindari halangan pada daerah-daerah tertentu di bidang kerja yang ditunjukkan gambar 15.



Gambar 15 Daerah halangan yang dapat dihindari

4. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa kekuatan sinyal pantulan yang diterima transduser ultrasonik dipengaruhi jarak halangan sehingga dapat digunakan sebagai referensi jarak. Jarak terjauh yang bisa dikenali sekitar 85 cm dan jarak terdekatnya sekitar 3 cm. Pengukuran jarak dengan metoda ini menghasilkan data yang kurang presisi. Namun demikian transduser ultrasonik dapat digunakan sebagai detektor halangan pada sebuah lengan robot yang lintasannya berbentuk setengah lingkaran berjari-jari 25 cm pada sekitar 75% dari seluruh daerah kerja robot. Halangan di sisi luar lintasan dapat dikenali oleh sensor sejak awal sedangkan halangan di sisi dalam lintasan terdeteksi setelah jaraknya 10 cm.

Daftar Pustaka

- Firmansyah, Eka**, 2001, *Pengukuran Jarak dengan Gelombang Ultrasonik memanfaatkan mikrokontroler 68HC11AIFN*, Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak diterbitkan).
- Nurbianto, Jupri**, 2001, *Sistem Kendali Lengan Robot Menggunakan Sensor Kamera*, Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak diterbitkan).