

## SODAR ULTRASONIK UNTUK *MONITORING* KONDISI RUANG DENGAN KOMUNIKASI NIRKABEL

Abdullah Pujakusuma E., Akuwan Saleh, Rahardhita Widyatra S.

*Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi*

*Departemen Teknik Elektro*

*Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*

*Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya 60111*

*Tel: (031) 594 7280; Fax: (031) 594 6114*

*Email: pudja.mansyurin@yahoo.com,akuwan@eepis-its.edu, widi@eepis-its.edu*

---

### **Abstrak**

Kebanyakan sistem *monitoring* keamanan konvensional hanya dapat bekerja dalam kondisi tertentu, misalnya saat terdapat cahaya saja atau sebaliknya. Selain itu keterbatasan arah gerak sistem menyebabkan pengawasan ruang tidak menyeluruh. Untuk mengatasi hal tersebut, dibuatlah sistem SODAR ultrasonik sebagai pendeteksi keberadaan dan pergerakan objek dalam ruangan. Dan mampu berkerja dalam kondisi apapun, walau tanpa dipengaruhi intensitas cahaya.

Prinsip kerjanya adalah dengan memutar dua buah sensor ultrasonik sejauh  $180^\circ$  secara bolak-balik untuk men-*scanning* seluruh ruang. Sensor akan mengukur jarak objek setiap perubahan sudut  $3^\circ$ . Data hasil pengukuran akan dikirim ke program *plotter* pada komputer dengankomunikasi nirkabel. *Plotter* akan menampilkan koordinat tersebut dalam bentuk grafik polar yang mempresentasikan kondisi riil ruang. Sehingga diharapkan keterbatasan pada sistem monitoring keamanan konvensional dapat teratasi.

Berdasarkan pengukuran sensor ultrasonik ini dapat melakukan *scanning* dengan baik untuk jarak di bawah 200cm, dengan pantulan terbaik terjadi pada objek padat. Ketebalan yang dapat diukur minimal 4cm. Penggunaan *waveguide* dapat membantu memfokuskan pancaran sensor dengan jarak simpangan rata-rata sebesar 1,75cm. Hasil *plotting* SODAR dapat mempresentasikan bentuk ruang, termasuk objek halangan di dalamnya. Selain itu objek gerak juga dapat dideteksi.

Kata kunci : SODAR ultrasonik, komunikasi nirkabel XBee, mikrokontroller ATmega8535

---

## 1. Pendahuluan

Seperti diketahui, bahwa pada era modern ini masyarakat semakin sadar akan pentingnya pengawasan benda dan ruang, baik itu untuk keperluan *monitoring* atau keamanan. Kesalahan dalam mempresentasikan kondisi riil ruang atau objek bukan sepenuhnya kesalahan manusia, bisa juga diakibatkan adanya kelemahan pada sistem *monitoring* yang digunakan. Kebanyakan sistem *monitoring* konvensional tidak dapat bekerja pada kondisi ruang yang berubah-ubah. Seperti halnya kamera *CCTV* yang akan berhenti bekerja ketika gelap, atau sebaliknya sensor infra merah yang justru akan terganggu saat terkena cahaya. Keterbatasan arah gerak alat juga mengakibatkan *scanning* ruang tidak merata, yang akhirnya menyebabkan beberapa area tidak dapat diamati (*blank spot*). Akibatnya pencuri pun akan leluasa keluar-masuk ruang tanpa terdeteksi.

Oleh karena itu dibutuhkanlah suatu sistem *monitoring* yang dapat men-*scanning* kondisi ruang secara merata dan *realtime*, serta sensor yang mampu bekerja dalam kondisi apapun (terang ataupun gelap). Agar lebih mudah dan praktis, *monitoring* ruang seharusnya juga dapat dilakukan dari jarak jauh, tanpa harus berada di ruang yang diamati. Dengan demikian diharapkan alat ini dapat memperbaiki kelemahan pada sistem *monitoring* konvensional sebelumnya, sehingga kesalahan dalam mempresentasikan kondisi ruang dapat diminimalisir.

## 2. Metode

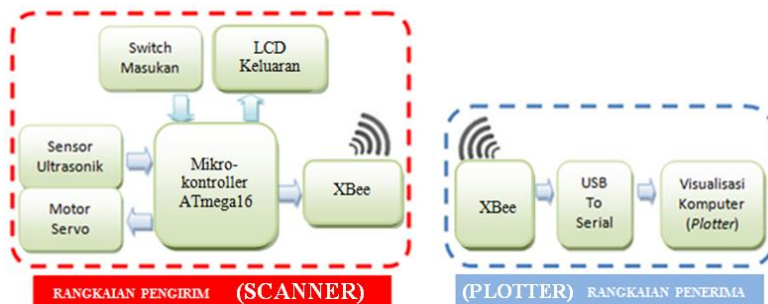
### 2.1 Peralatan

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan dengan perangkat pendukung yang meliputi:

1. Perangkat Keras (Hardware)
  - MinSys ATmega8535
  - Sensor Ultrasonik HC-SR04
  - Modul Nirkabel Xbee
  - Komputer Pentium IV (Intel)
2. Perangkat Lunak (Software)
  - ISIS Profesional (Protheus) v.7.8
  - EAGLE v.6.5.0
  - Microsoft Visual Studio 2010
  - WINAVR 20100110
  - Khazama USB Downloader

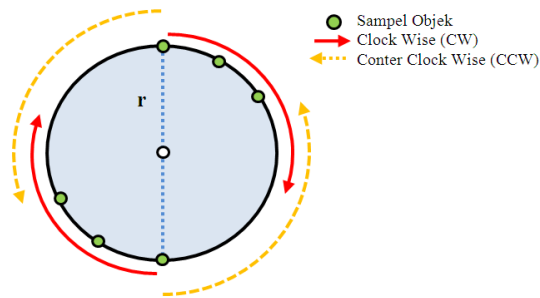
### 2.2 Blok Diagram Sistem

Sistem ini dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu *Scanner (hardware)* dan *Plotter (software)*. *Scanner* terdiri dari modul I/O (keluaran LCD dan masukan *Push Button*), modul sensor ultrasonik dan motor servo, dan modul nirkabel Xbee. Secara umum konfigurasi dari rancang bangun sistem SODAR ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem

Bagian *Scanner* akan bekerja men-*scanning* dan mengukur objek sekitar. Penjelasan lebih lanjut mengenai prinsip kerja *Scanner* ultrasonik ini dapat dilihat pada Gambar 2.



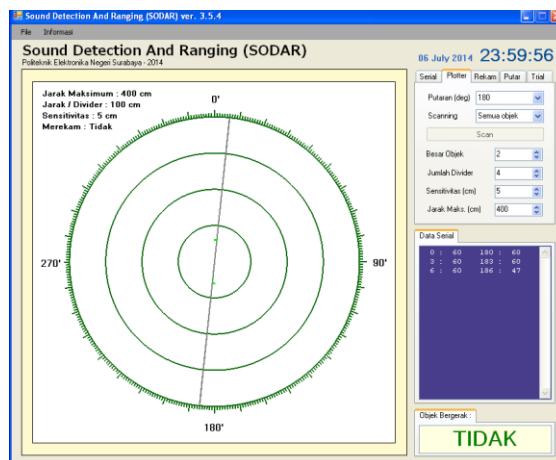
Gambar 2. Prinsip kerja *Scanner*

Penjelasan sistem secara umum pada Gambar 2 adalah sebagai berikut:

1. Pertama-tama *user* menentukan konfigurasi mode yang akan digunakan, melalui *Plotter*. Selanjutnya data tersebut akan dikirim ke *Scanner* untuk memulai *scanning*.
2. Motor servo akan memutar sensor ultrasonik sejauh  $3^\circ$  dengan arah CW/CCW, dan di saat bersamaan sensor akan mengukur jarak tiap objek di depannya (sample).
3. Data (sample) yang diperoleh akan dikirim ke *Plotter* untuk diproses. Dimana pemrosesan tersebut meliputi *filtering* (menghilangkan hasil pengukuran yang salah) dan pendeteksi objek bergerak.
4. Hasil proses tersebut akan ditampilkan pada GUI *Plotter* yang mempresentasikan kondisi ruang.

*Scanner* merupakan bagian yang sangat fatal dari sistem SODAR ultrasonik ini. Sebab selain harus men-*scanning* seluruh sudut ruang, periode *scanning* juga haruslah cepat, sehingga pengawasan dapat mendekati *realtime*. Proses ini terbantu dengan adanya 2 buah sensor, sehingga waktu yang diperlukan untuk 1 periode *scanning* hanyalah  $\frac{1}{2}$  kali dibandingkan jika menggunakan 1 buah sensor.

Sedangkan untuk bagian *Plotter* berfungsi untuk menampilkan data dari *Scanner* pada grafik polar, sehingga dapat mempresentasikan keadaan ruang.



Gambar 3. Tampilan awal program *Plotter*

### 3. Hasil

#### 3.1 Pengukuran Kinerja Sensor Ultrasonik

- **Pengukuran Berdasarkan Jenis Bahan Objejk**

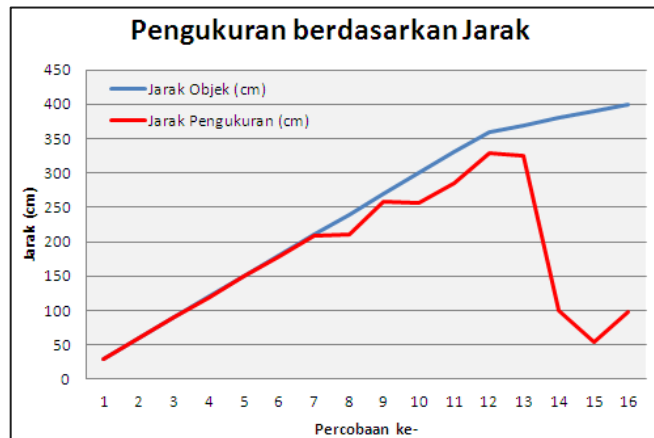
Pada beberapa jenis bahan di Tabel 1, gelombang ultrasonik masih dipantulkan dengan baik. *Error* terbesar terjadi pada objek handuk yang terbuat dari kain, dengan nilai *error* hanya 2.72 %. Sedangkan pada objek padat seperti besi dan tembok, gelombang ultrasonik dapat dipantulkan sempurna, dengan nilai *error* sebesar 0 %. Dalam pengukuran selanjutnya, objek yang akan digunakan adalah objek padat, karena mampu memantulkan gelombang ultrasonik dengan baik.

Tabel 1. Hasil pengukuran berdasarkan Jenis Bahan

Jenis Objek	Jarak Objek (cm)	Jarak Pengukuran (cm)	Error (%)
Besi	100	100.00	0.00
Kayu	100	99.57	0.43
Kaca	100	100.31	0.31
Plastik	100	101.64	1.64
Kertas (Buku)	100	99.20	0.80
Tembok	100	100.00	0.00
Kain (Handuk)	100	102.72	2.72

- **Pengukuran Jarak Maksimum Sensor**

Grafik hasil pengukuran jarak oleh sensor dibandingkan dengan jarak objek secara nyata dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa sampai jarak 200 cm sensor masih dapat mengukur dengan baik. Sedangkan untuk jarak 200 cm ke atas, hasil pengukuran mulai kacau. Pada jarak 240 cm, *error* yang didapat sebesar 11,93 %. Nilai *error* tersebut semakin membesar dengan seiring bertambah jauhnya jarak objek yang diukur. Pada jarak 380cm ke atas, hasil pengukuran yang didapat berbeda jauh, dengan nilai *error* sebesar 73,83 %.

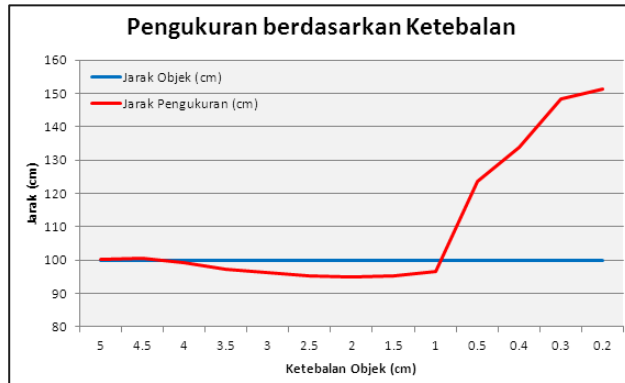


Gambar 4. Hasil pengukuran berdasarkan jarak

Pola pancaran sensor HC-SR04 yang digunakan memiliki *beamwidth* sekitar 30°. Hal ini menyebabkan pancaran gelombang ultrasonik menjadi tidak terfokus. Jika ada objek yang saling berdekatan, maka objek yang paling dekatlah yang terlebih dahulu memantulkan gelombang ultrasonik.

- **Pengukuran Berdasarkan Ketebalan Objek**

Pada Gambar 4 terlihat bahwa untuk objek dengan ketebalan di atas 4cm dapat diukur dengan baik oleh sensor. Tetapi ketebalan kurang dari nilai tersebut membuat pembacaan data menjadi kacau. Hal ini dikarenakan intensitas gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali semakin berkurang, dan banyak yang diloloskan akibat dari permukaan objek yang mengecil. Ketebalan di bawah 1cm sudah tidak dapat lagi ditolerir oleh sensor, yaitu dengan nilai *error* sebesar 23,51% untuk ketebalan 0,5cm. Dan tentunya semakin jauh jarak objek, maka semakin besar pula ketebalan minimum objek agar bisa diukur.

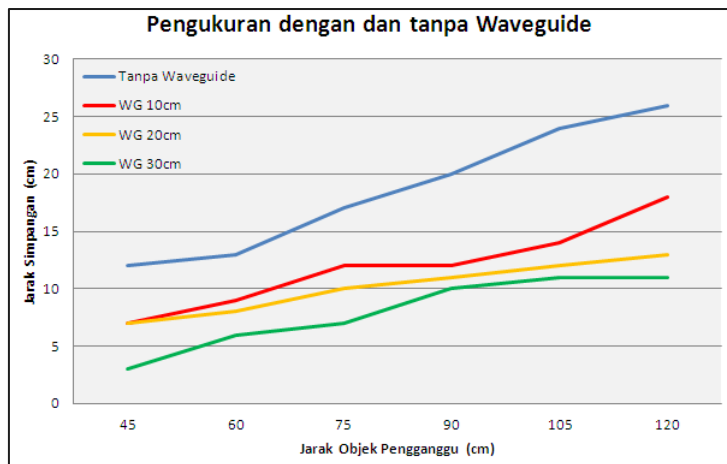


Gambar 5. Hasil pengukuran berdasarkan ketebalan

- **Pengamatan Beamwidth Sensor**

Pengukuran ini ditujukan untuk mengetahui jarak simpangan minimum objek pengganggu ketika sensor dipasang *waveguide* ataupun tidak. Bahan yang digunakan sebagai *waveguide* berupa kertas karton yang dilipat melingkar dan dipasang pada *transducer TX* dari sensor.

Percobaan ini dilakukan dengan cara memindah objek pengganggu dari 45cm – 120 cm dari sensor, sedangkan objek yang diukur tetap pada jarak 150cm. Pada setiap perpindahan, dilakukan pengukuran untuk sensor dengan dan tanpa *waveguide*. Jarak simpangan minimum objek pengganggu dicari sampai sensor dapat mengukur objek yang dikehendaki, yaitu 150cm.

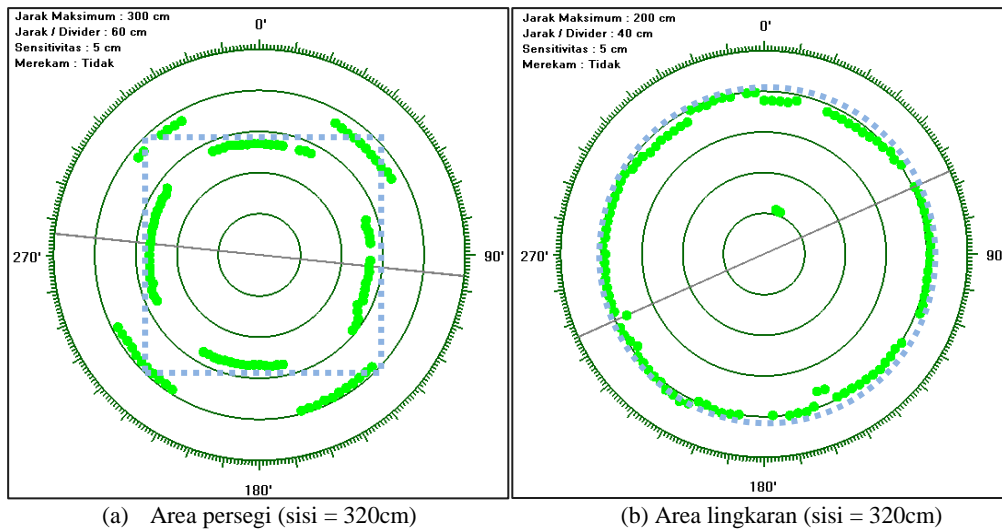


Gambar 6. Hasil pengukuran dengan dan tanpa *waveguide*

Berdasarkan hasil pengukuran pada Gambar 6, terlihat bahwa semakin jauh jarak objek pengganggu dari sensor, maka jarak simpangan minimum semakin membesar. Hal ini sesuai dengan pola pancaran sensor HC-SR04. Pengukuran menggunakan *waveguide* dapat mengurangi jarak simpangan dari objek pengganggu. Dapat disimpulkan bahwa semakin panjang *waveguide* yang digunakan, pancaran sensor menjadi lebih terfokus (*beamwidth* mengecil).

### 3.2 Scanning Tanpa Halangan Objek

Pengujian ini dilakukan dengan cara menggabungkan seluruh sub modul menjadi satu bagian. Termasuk program *Plotter* pada komputer juga dikoneksikan. Gambar 7 merupakan hasil *plotting* untuk ruang persegi dan lingkaran tanpa ada objek apapun.



Gambar 7. Scanning area tanpa objek

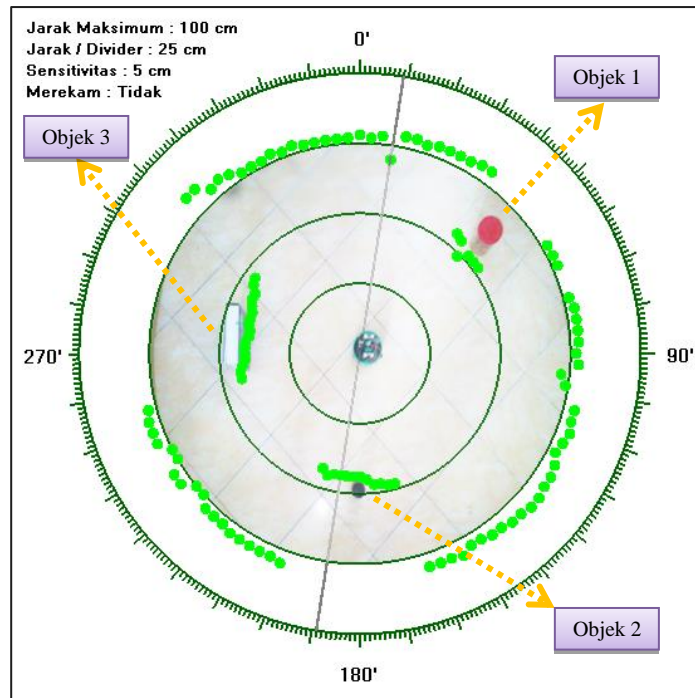
Hasil pengukuran tidak selalu sempurna, seperti halnya pada Gambar 7a di sudut  $90^\circ$ , tidak terdapat titik sample. Hal ini dikarenakan jarak yang terukur di sudut tersebut berbeda dengan sudut di sekitarnya, yaitu selisih sekitar 63cm. Algoritma yang digunakan untuk menentukan sample ditampilkan atau tidak adalah dengan membandingkan sudut yang diukur dengan sudut sebelum ( $87^\circ$ ) dan sesudahnya ( $93^\circ$ ). Minimal harus ada dua sample dengan selisih jarak keduanya di bawah sensitivitas untuk memastikan bahwa itu merupakan objek, bukan kesalahan pengukuran sensor. Jarak maksimum persegi untuk sudut  $45^\circ$  adalah 221cm, sedangkan secara teori menggunakan persamaan pitagoras adalah sebesar 226,27, dengan *error* 2.4%.

*Scanning* area lingkaran pada Gambar 4.21 jika dibandingkan dengan Gambar 4.19 cenderung lebih jelek. Hal ini dikarenakan diameter yang digunakan semakin jauh, yaitu sebesar 320cm. Terlihat pada sudut  $18^\circ$  ada objek yang terdeteksi di jarak 45cm, padahal area yang diukur kosong (tidak ada objek). Sample tersebut ada karena terjadi kesalahan pengukuran oleh sensor ultrasonik.

### 3.3 Scanning Dengan Halangan Objek

Pengujian dilakukan dengan meletakkan beberapa objek di dalam area persegi dan lingkaran seperti pada Gambar 7 sebelumnya. Objek yang diletakkan sebanyak 3 buah dengan posisi dan jarak yang

berbeda. Gambar 8 menjelaskan hasil *plotting* beserta ilustrasi posisi objek secara nyata. Foto objek tersebut diikutsertakan untuk mempermudah dalam analisa.



Gambar 8. Scanning area lingkaran dengan halangan (d = 160cm)

Terlihat bahwa hasil *plotting* objek lebih lebar (banyak titik) daripada objek sebenarnya, hal ini dikarenakan *beamwidth* sensor yang masih melebar, walaupun dalam pengukuran di atas sudah menggunakan bantuan *waveguide* 10cm.

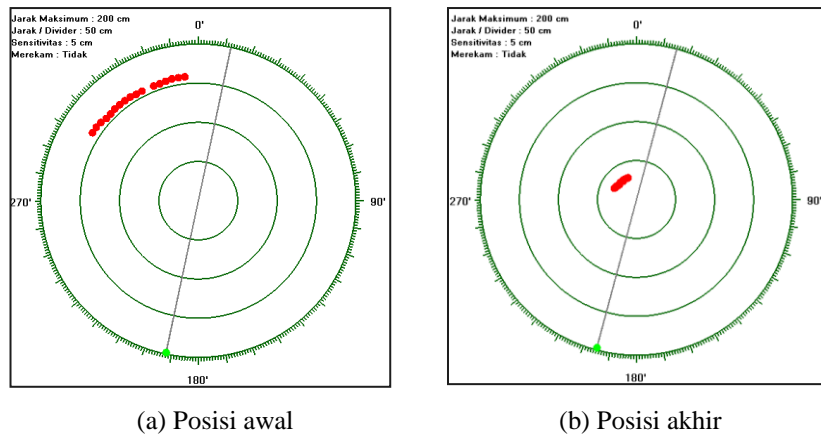
Informasi mengenai posisi dan jarak tiap objek pada Gambar 8 dapat dilihat pada Tabel 2. Dimana objek 1 memiliki lebar permukaan yang kecil sekitar 5cm, dan objek 3 (buku) memiliki lebar permukaan terbesar, yaitu 16cm. Informasi sudut dan jarak pengukuran diambil dari rata-rata.

Tabel 2. Informasi Objek pada Area Lingkaran (d = 160cm)

Objek	Sudut (°)		Jarak (cm)		Selisih	
	Nyata	Pengukuran	Nyata	Pengukuran	Sudut (°)	Jarak (cm)
1	45	48	50	52,1	3	2,1
2	180	177	40	41,6	3	1,6
3	280	288	45	45,2	8	0,2

### 3.3 Scanning Dengan Objek Bergerak

Pengukuran ini dilakukan dengan cara menempatkan sebuah objek pada posisi tertentu, kemudian memindahkannya. Mula – mula objek diletakan pada sudut 0° dengan jarak 110cm dari sensor, lebih jelasnya koordinat objek tersebut dapat dilihat pada Gambar 9a.



Gambar 9. Pendeteksian pada objek bergerak mendekat

Selanjutnya objek tersebut dipindah ke sudut  $270^\circ$  dengan jarak lebih dekat, yaitu 90cm. Saat *scanning* berikutnya dilakukan, maka hasilnya seperti terlihat pada Gambar 9b. Berdasarkan pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sistem bisa mengenali perpindahan objek.

#### 4. Diskusi

Pada aplikasi ini SODAR ultrasonic memiliki kelebihan dalam *scanning* dan *plotting* objek yang mempresentasikan kondisi ruang, yang bisa bekerja dengan baik dalam keadaan terang ataupun gelap. Selain kelebihan yang dimiliki aplikasi ini, adapun kekurangannya yaitu kurang presisi dalam pengukuran jarak dan *plotting* bentuk objek. Hal tersebut dikarenakan sensor ultrasonic yang digunakan masih memiliki *beamwidth* yang lebar, walaupun setelah menggunakan *waveguide*.

#### 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa sistem, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor ultrasonic dapat mengukur jarak dan posisi objek dengan baik sampai 200cm, lebih dari itu akurasi sensor akan berkurang.
2. Ketebalan atau luas permukaan objek minimum yang dapat diukur oleh sensor ultrasonic dengan baik adalah 4cm untuk jarak 100cm.
3. Alat bantu *waveguide* dapat membantu memfokuskan pancaran sensor ultrasonic, dengan semakin panjang *waveguide* maka pancaran semakin terfokus (*beamwidth* menyempit).
4. Hampir semua jenis bahan objek dapat memantulkan gelombang ultrasonic dengan baik, terutama objek padat seperti besi dan tembok.
5. Program *Plotter* yang dibuat mampu menampilkan data hasil *scanning* yang mempresentasikan objek sekitar.

#### Referensi

- [1] Ardi Winoto, 2010, Mikrokontroler AVR Atmega8/32/ 16/8535 dan Pemrograman dengan Bahasa C pada WINAVR, Informatika, Bandung.
- [2] Edward Angel, 2005, OpenGL A Primer, Pearson Education Inc, Canada.
- [3] Hamda, M., 2001, Penggunaan Sensor Ultrasonic Dalam Pengukuran Jarak, Departemen Fisika, ITB.
- [4] Alerich, W. N., 1984, Electrical Motor Control, Delmar Publisher, Canada.