

SIMULASI MODEL SENSOR SONAR UNTUK KEPERLUAN SISTEM NAVIGASI ROBOT MOBILE

Iwan Setiawan

iwan@elektro.ft.undip.ac.id

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstrak

Dalam banyak aplikasi, sensor sonar adalah sensor yang umum digunakan untuk menentukan jarak sebuah objek. Pada dasarnya sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang suara, dimana dalam hal ini variable yang diukur adalah waktu pemantulan sejak gelombang tersebut dipancarkan. Tidak seperti sensor jarak lain seperti inframerah atau sensor laser, sensor sonar ini memiliki jangkauan deteksi yang relative luas. Sehingga dengan demikian untuk jarak deteksi yang didapat, kita tidak dapat menentukan lokasi objek secara tepat pada daerah deteksi tersebut tanpa menggunakan pengolahan lanjutan.

Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk memodelkan sensor ini adalah dengan menggunakan teori probabilitas. Cara ini pertama kali diusulkan oleh Elfes untuk keperluan navigasi robot mobile yang dibangunnya.

Kata Kunci: Sonar, Probabilitas, Metoda Elfes

I. PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi penting pemanfaatan sensor sonar adalah pada bidang robot mobile. Agar dapat bernavigasi secara *autonomous*, sebuah robot mobile yang cerdas tentunya harus mampu mengenali keadaan lingkungan dimana robot tersebut beroperasi. misal robot mobile yang dirancang harus memiliki kemampuan mendeteksi objek-objek penghalang yang bersifat statis maupun dinamis. Untuk tujuan tersebut maka sebuah robot mobile harus dilengkapi dengan sensor yang dapat memetakan lingkungan sekelilingnya secara *real time*.

Salah satu sensor yang banyak digunakan untuk hal diatas adalah sensor sonar atau ultrasound. Hal ini terkait dengan kemampuan jangkauan deteksinya yang relative jauh, tingkat radiasi yang aman serta harga relative murah. Tapi disamping kelebihan-kelebihan tersebut, secara praktis ada beberapa keterbatasan dan permasalahan penting dalam menginterpretasikan data hasil pembacaan sonar ini, diantaranya adalah[1][2][3]:

-Sensitifitas deteksi dari sensor sangat tergantung dari besar sudut yang dibentuk oleh sensor dengan bidang refleksi (objek): jika sudut yang dibentuk

terlalu besar maka sinyal tidak akan terpantul ke penerima, sehingga dimungkinkan objek tidak akan terdeteksi oleh sensor.

Semakin jauh jarak objek yang terdeteksi, maka posisi objek tersebut semakin tidak diketahui secara pasti. Hal ini terkait dengan bidang deteksi yang berbentuk kerucut dengan pusat pada sensor tersebut.

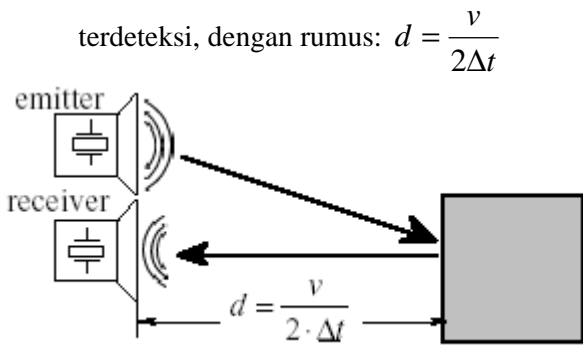
-Jika objek yang dideteksi berukuran besar dan berbentuk tidak beraturan atau jumlahnya banyak, maka dimungkinkan terjadi pantulan-pantulan, sehingga jarak yang terdeteksi oleh sensor tidak merefleksikan jarak objek yang sebenarnya.

Berkaitan dengan permasalahan-permasalahan tersebut, maka kita tidak dapat secara langsung menginterpretasikan data jarak yang dihasilkan sensor sonar secara langsung tanpa pengolahan awal (misal untuk mengetahui secara tepat posisi atau dimensi dari objek yang terdeteksi).

Salah satu solusi untuk permasalahan diatas pada dasarnya dapat didekati dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Elfes dan kawan-kawan di Laboratorium Robot Mobile, Institut Robotika Carnegie Mellon University (CMU). Metode ini pada dasarnya bertumpu pada teori probabilitas: Untuk memetakan lingkungan dengan menggunakan sensor sonar, Elfes membagi wilayah operasi (robot) menjadi area-area berukuran kecil (*grid-grid*), Berdasarkan hasil pembacaan dari beberapa buah sensor sonar dari posisi yang berbeda dan digabungkan dengan teknik pembaharuan data, maka setiap grid pada area yang akan dipetakan pada akhirnya akan memiliki nilai probabilitas pemetaan berikut : area dengan probabilitas kosong (*empty*), area dengan probabilitas terisi objek (*occupied*), area dengan probabilitas tidak diketahui(*unknown*).

Sensor sonar pada dasarnya bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang ultrasonic, berikut ini adalah hal yang dilakukan oleh sensor untuk mendeteksi keberadaan sebuah objek[5].

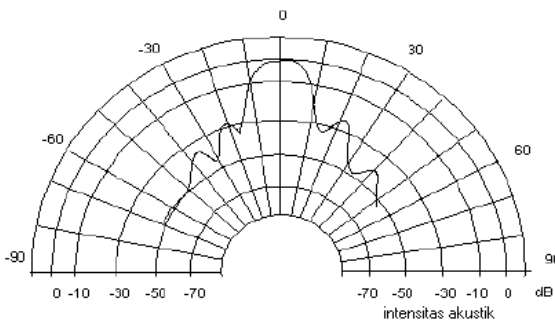
1. Sensor memancarkan sinyal ultrasound dengan frekuensi sekitar 50 KHz. (Kecepatan sinyal suara, $V = 0.3 \text{ m/ms}$)
2. Sensor mendeteksi waktu pantulan lewat receiver sejak sinyal tersebut dipancarkan (Δt)
3. Sensor menghitung jarak objek yang



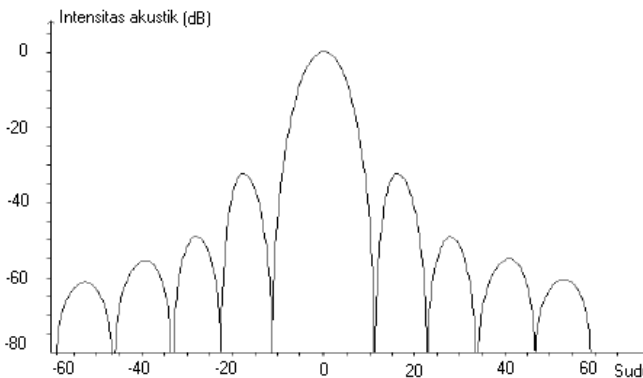
Gambar 1. Sensor sonar bekerja berdasarkan prinsip pemantulan

II. MODEL SONAR

Model sonar pada dasarnya adalah cara bagaimana data jarak hasil pembacaan sensor diinterpretasikan[3]. Tidak seperti sensor jenis lain (misal Laser atau sumber infrared) yang hanya mendeteksi wilayah yang sangat sempit (focus), pancaran gelombang sonar bersifat menyebar dan membentuk area deteksi berbentuk kerucut. Gambar 2 dan 3 berikut berturut-turut memperlihatkan pola tipikal radiasi intensitas akustik dari sensor sonar Polaroid



Gambar 2. Pola tipikal intensitas akustik untuk sensor sonar Polaroid

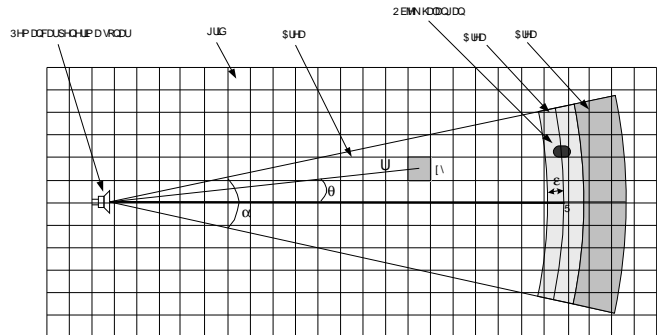


Gambar 3. Pola radiasi akustik untuk sensor sonar Polaroid

Berdasarkan kedua gambar tersebut, maka secara umum jangkauan sudut deteksi untuk sensor sonar ini besarnya kurang lebih 30° [4].

III. SIMULASI DAN ANALISA

Pada tahap ini akan dilakukan serangkaian uji simulasi model sonar dengan metode Elfes. Simulasi akan dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak Matlab. Model yang akan disimulasikan terlihat seperti gambar 1. dibawah ini



Gambar 4. Model sonar yang dipetakan pada bidang dua dimensi
 Dalam hal ini:

- R : Jarak yang terukur oleh sensor sonar
- ϵ : Error pengukuran sensor sonar (1%)
- α : Lebar bidang radiasi sensor sonar (30°)
- θ : Sudut antara sumbu utama sensor dengan grid (titik) yang akan dipetakan.

-Area dengan probabilitas kosong-tidak ada obyek(area 1): Area ini terletak didalam bidang kerucut radiasi sonar ($r < R - \epsilon$ dan $\theta \leq \alpha/2$)

$$P_E(x, y) = E(r).E(\theta) \tag{1}$$

dengan

$$E(r) = 1 - \left(\frac{r - R_{min}}{R - \epsilon - R_{min}} \right)^2, \text{ untuk } R_{min} \leq r \leq R - \epsilon$$

$$E(r) = 0, \text{ lainnya} \tag{2}$$

$$E(\theta) = 1 - (2\theta / \alpha)^2, \text{ untuk } \theta \in [-\alpha/2, \alpha/2] \tag{3}$$

-Area dengan probabilitas terisi obyek(area 2): Area ini terletak didalam bidang deteksi sonar ($r \in [R - \epsilon, R + \epsilon]$ dan $\theta \leq \alpha/2$)

$$P_o(x, y) = O(r).O(\theta) \tag{4}$$

dengan

$$O(r) = 1 - ((r - R) / \epsilon)^2, \text{ untuk } r \in [R - \epsilon, R + \epsilon]$$

(5)

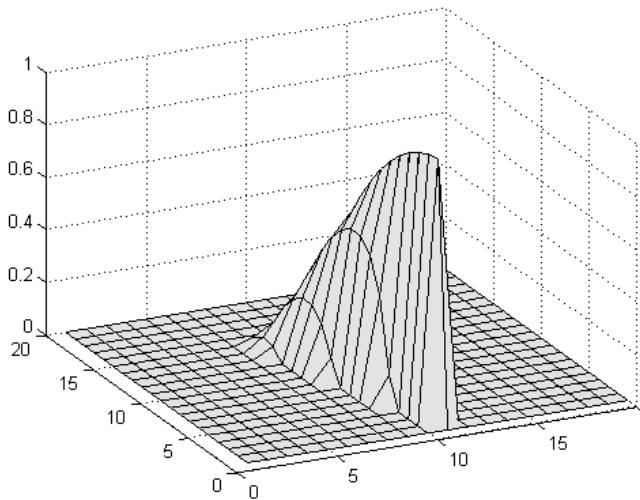
$O(r) = 0$, lainnya

$$O(\theta) = 1 - (2\theta / \alpha)^2, \text{ untuk } \theta \in [-\alpha/2, \alpha/2]$$

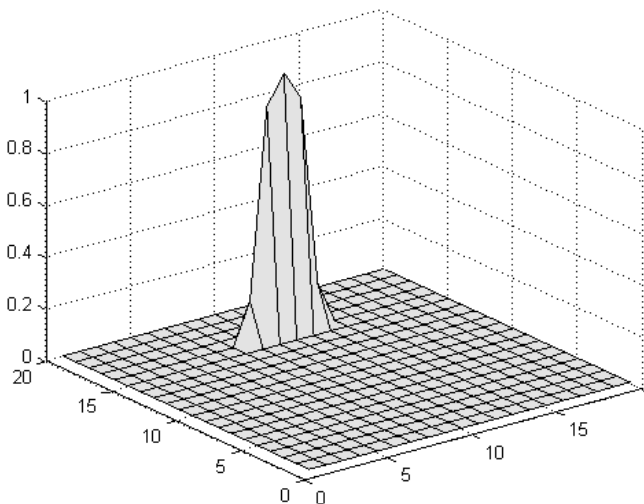
(6)

-Area dengan probabilitas ketercakupan tidak diketahui (area 3): area ini terletak diluar area deteksi sensor sonar.

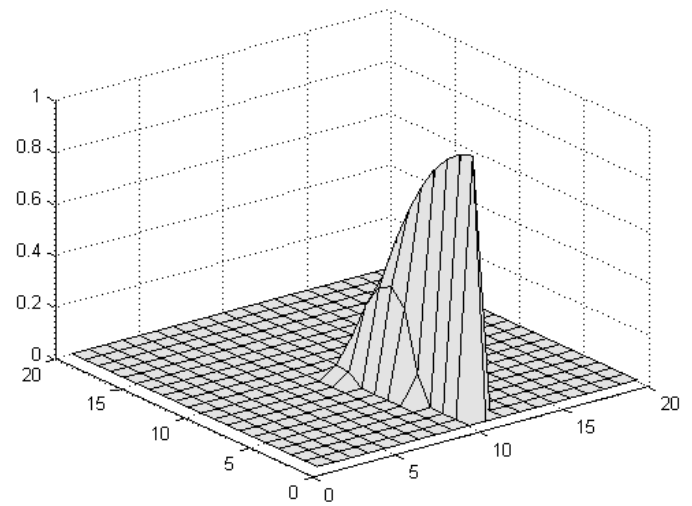
Hasil simulasi Matlab berikut ini memperlihatkan visualisasi dari area-area deteksi berdasarkan ketercakupan:



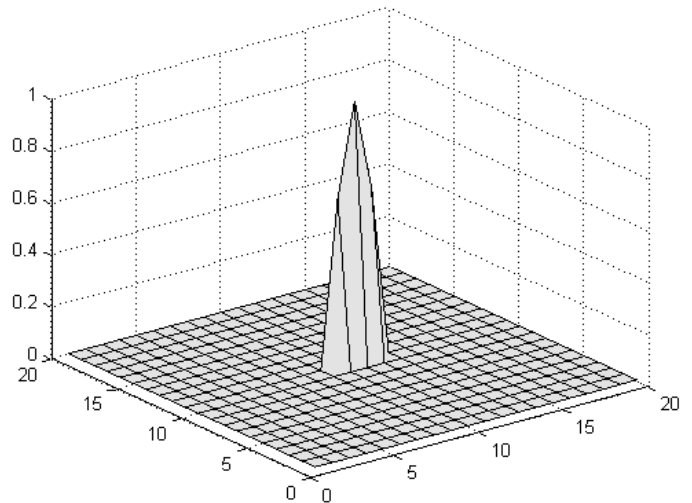
Gambar 5. Probabilitas Kosong pada area dengan jarak deteksi sensor 1.5 meter (ternormalisasi)



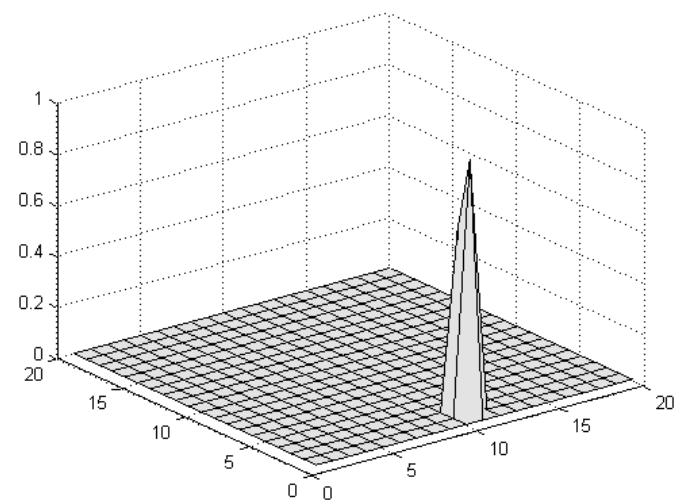
Gambar 6. Probabilitas Terisi pada area dengan jarak deteksi sensor 1.5 meter (ternormalisasi)



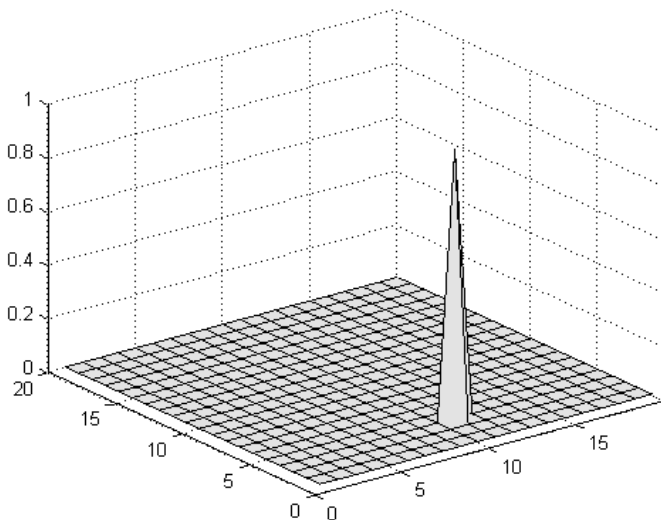
Gambar 7. Probabilitas Kosong pada area dengan jarak deteksi sensor 0.75 meter (ternormalisasi)



Gambar 8. Probabilitas Terisi pada area dengan jarak deteksi sensor 0.75 meter (ternormalisasi)



Gambar 9. Probabilitas Kosong pada area dengan jarak deteksi sensor 0.3 meter (ternormalisasi)



Gambar 10. Probabilitas Kosong pada area dengan jarak deteksi sensor 0.3 meter (ternormalisasi)

Berdasarkan hasil-hasil simulasi tersebut terlihat bahwa untuk jarak deteksi sensor dengan nilai tertentu, probabilitas kosong- tidak terisi objek akan semakin membesar untuk jarak-jarak yang berdekatan dengan sensor, sedangkan probabilitas terisi objek hanya terdapat pada daerah deteksi dengan nilai probabilitas tertinggi terletak pada pusat atau tegak lurus dengan sensor.

IV. KESIMPULAN

1. Penggunaan teori probabilitas untuk sonar adalah salah satu cara untuk memodelkan ketidakpastian dari posisi objek yang dideteksi
2. Area diluar daerah deteksi sonar berdasarkan model yang digunakan akan selalu memiliki nilai Probabilitas nol.
3. Untuk jarak deteksi tertentu, nilai probabilitas kosong akan semakin besar dan sempit pada area yang berdekatan dengan sonar

V. SARAN

Hasil penelitian ini dapat dikembangkan untuk memetakan suatu lokasi atau daerah dengan menggunakan Peta Sonar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alberto Elfes, “Sonar-Based Real-World Mapping and Navigation”, IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. RA-3, No. 3, June 1987
- [2] Humberto Martinez Barbera, “A Distributed

Architecture for Intelegant Control in Autonomous Mobile Robots”, Doctoral Thesis University of Murcia, 2001

[3] Shane O’Sullivan, dkk., “A Quantitive Evaluation Of Sonar Models and Mathematical Update methods for Map Building with Mobile Robots”,

[3] Zou Yi, “Multi-Ultrasonic Sensor Fusion for Mobile Robot in Confined Space”, Master Thesis Nanyang Technological University, 2001

[4] Housheng Hu, Jhon Q. Gan, “Sensors and data Fusion Algoritms in Mobile Robots”, Technical Report: CSM 422, University of Essex, Januari 2005

[5] Chang H, dkk, “Topological Map Building using Using Local Grid Map in Unknown Environment”, Firra Robot Congress, Seoul Korea 2002

[6] Bill Trigs, “Model-Based Sonar Localisation for Mobile Robot”, Proc. Of International Workshop of Intelegant Robotic Systems, Poland July 1993