

Implementasi Kalman Filter Pada Sensor Jarak Berbasis Ultrasonik

Hendawan Soebhakti, Rifqi Amalya Fatekha

Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Batam

Email : hendawan@polibatam.ac.id

Abstract - Measurement of distance becomes a major requirement in a mobile robot navigation system. By knowing the distance to the object, robot can move to avoid the object. In this study, we use Ultrasonic Range Finder (Ping) as the distance sensor. The distance measurement with this sensor is still fluctuating. The Kalman filter is used to reduce the level of fluctuations in the measured data. The results showed a decrease in levels fluctuate with the standard deviation fell from 21.9442 to 22.2431 or decreased by 1,344%.

Keyword : Distance Measurement, ultrasonic sensor, Kalman filter.

Abstrak – Pengukuran jarak menjadi kebutuhan utama pada sistem navigasi mobile robot. Dengan mengetahui jarak terhadap objek, maka robot dapat bermanuver menghindari objek tersebut. Pada penelitian ini digunakan sensor jarak ultrasonik yaitu Ping Ultrasonic Range Finder. Hasil pengukuran dengan sensor ini menghasilkan data jarak yang masih fluktuatif. Pada penelitian ini digunakan Kalman filter untuk mengurangi tingkat fluktuasi data hasil pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan tingkat fluktuatif dengan standard deviasi turun dari 22.2431 menjadi 21.9442 atau turun sebesar 1.344 %.

Kata kunci : Pengukuran jarak, sensor ultrasonik, Kalman filter.

I. PENDAHULUAN

Mengetahui jarak objek terhadap robot merupakan kemampuan dasar pada sistem navigasi robot. Dengan mengetahui jarak maka robot dapat melakukan manuver untuk menghindari objek. Banyak sensor yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran objek, diantaranya menggunakan laser, infrared dan ultrasonik.

Dalam salah satu penelitian disebutkan bahwa sensor jarak dengan ultrasonik memiliki kelemahan [1]. Hasil pengukurannya seringkali tidak pasti karena karakteristik sebaran area deteksi yang lebar sehingga tidak pasti posisi objek yang diukur yang mana. Jika dipasang lebih dari satu maka kemungkinan terjadi interferensi antar sensor ultrasonik juga tinggi, ini akan menyebabkan kesalahan pembacaan jarak. Sudut refleksi yang terlalu besar juga menyebabkan suara ultrasonik yang dikirimkan tidak terpantul dengan sempurna, akibatnya pembacaan jarak menjadi tidak akurat. Pengukuran jarak juga bisa dilakukan dengan menggunakan dua buah kamera (*stereo camera*) [2] namun dengan kondisi pencahayaan ruangan yang sudah diatur supaya tidak mempengaruhi hasil pengukuran jarak.

Pada penelitian ini akan dilakukan implementasi algoritma Kalman filter untuk meminimalisir kesalahan pengukuran (*error measurement*) yang dihasilkan oleh sensor jarak ultrasonik

II. SENSOR JARAK ULTRASONIK

Pada penelitian ini digunakan sensor jarak ultrasonik yaitu *Ping Ultrasonic Range Finder* seperti tampak pada Gambar 1. Sensor ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. Output sensor berupa pulsa yang

lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsanya bervariasi dari 115 μ s sampai 18,5 ms



Gambar 1. *Ultrasonic Range Finder*

Pada dasarnya, sensor ini terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. Speaker ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya. Pada modul Ping terdapat 3 pin yang digunakan untuk jalur power supply (+5V), ground dan signal. Pin signal dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler tanpa tambahan komponen apapun.

Dari sebuah penelitian [3] disebutkan bahwa terdapat beberapa kelemahan dari sensor ini. Pantulan pada permukaan dengan sudut yang lebar akan menyebabkan hilangnya sinyal yang seharusnya dipantulkan, akibatnya pengukuran dianggap maksimum. Benda yang terlalu kecil ternyata juga tidak bisa memantulkan suara kembali ke sensor.

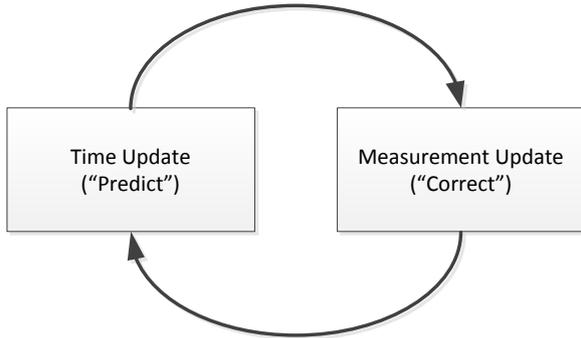
III. KALMAN FILTER

Pada tahun 1960, R.E. Kalman [4] mempublikasikan karya ilmiah yang sangat terkenal hingga saat ini yaitu sebuah solusi untuk memecahkan permasalahan filtering untuk data linier diskrit. Kalman filter terdiri dari sekumpulan persamaan matematis yang dapat

memperkirakan keadaan (*state*) suatu proses dengan cara meminimalisir rata-rata error kuadrat (*mean squared error*). Dengan Kalman filter maka sebuah proses dapat diperkirakan keadaan sebelumnya, saat ini dan yang akan datang.

Kalman filter melakukan perkiraan atau estimasi sebuah proses dengan menggunakan *feedback control*, pertama filter akan membuat estimasi *state* suatu proses pada satu waktu kemudian menerima *feedback* yang berupa pengukuran sensor yang biasanya mengandung noise. Dengan demikian persamaan Kalman filter bisa dibagi menjadi dua bagian yaitu persamaan *time update* dan persamaan *measurement update*. Persamaan *time update* berfungsi untuk membentuk estimasi *state* saat ini dan *error covariance* untuk mendapatkan estimasi untuk *time step* berikutnya. Persamaan *measurement update* berfungsi untuk menggabungkan pengukuran yang baru ke dalam estimasi sebelumnya untuk mendapatkan estimasi berikutnya yang lebih baik.

Persamaan *time update* bisa disebut juga dengan persamaan *predictor*, sedangkan persamaan *measurement update* bisa disebut juga dengan persamaan *corrector*. Estimasi akhir diperoleh dengan menggabungkan algoritma *predictor-corrector* untuk menyelesaikan permasalahan numerik seperti ilustrasi pada Gambar 2.



Gambar 2. Siklus Algoritma Kalman Filter

Time update membentuk estimasi *state*, *measurement update* melakukan penyesuaian estimasi berdasarkan pengukuran aktual saat itu. Persamaan *time update* tampak pada persamaan berikut :

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_k \quad (1)$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \quad (2)$$

Sedangkan persamaan *measurement update* tampak pada persamaan berikut :

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \quad (3)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-) \quad (4)$$

$$P_k = (I - K_k H) P_k^- \quad (5)$$

\hat{x}_k^- adalah estimasi *priori state* (kondisi sebelumnya)

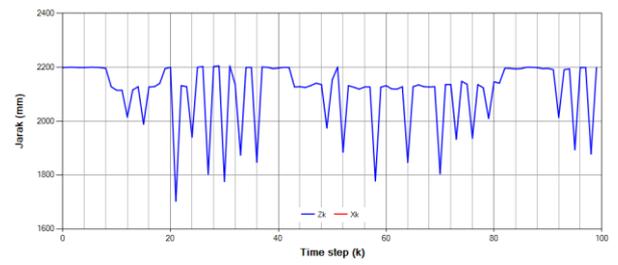
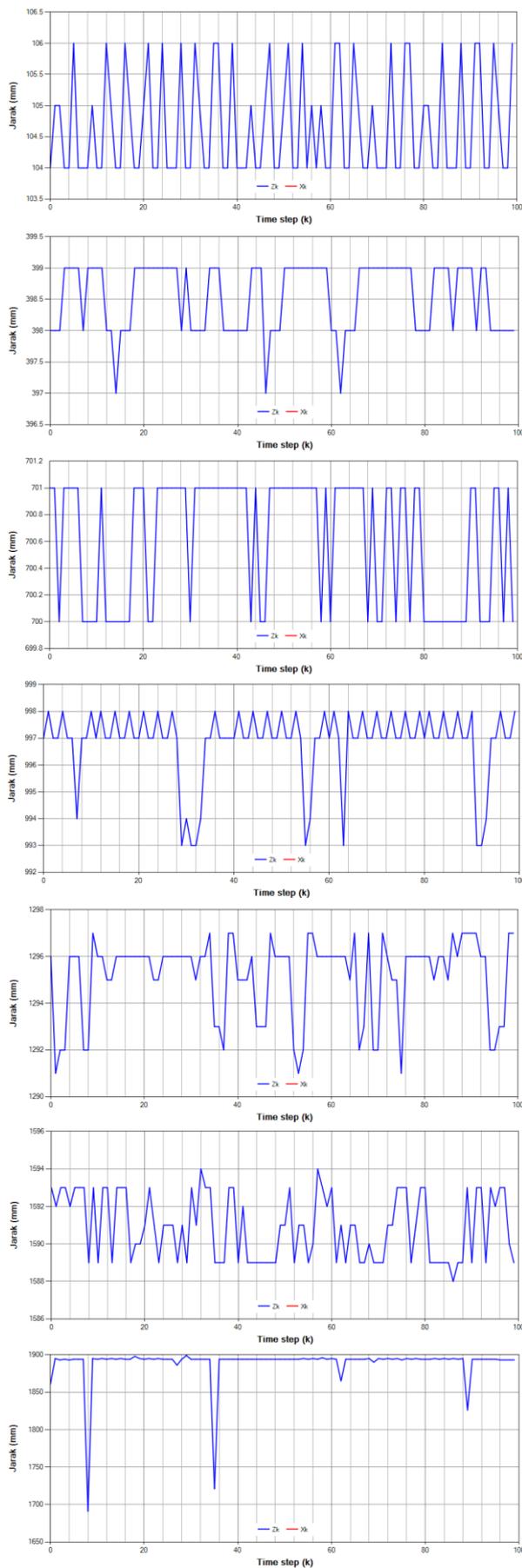
untuk *time step* k, yang diperoleh dengan mengalikan parameter filter A dengan \hat{x}_{k-1} , yaitu estimasi *posteriori state* (kondisi berikutnya) untuk *time step* k-1. Hasilnya kemudian dijumlahkan dengan parameter filter B yang dikalikan dengan control input u_k . P_k^- adalah *priori estimate error covariance*, sedangkan P_{k-1} adalah *posteriori estimate error covariance*. Dalam prakteknya *process noise covariance*, Q dan *measurement noise covariance*, R dapat berubah setiap *time step* atau setiap pengukuran. K_k adalah kalman gain dan z_k adalah pengukuran aktual. Hasil akhir estimasi Kalman filter adalah \hat{x}_k .

IV. HASIL EKSPERIMEN

Pengukuran jarak oleh sensor Ping menghasilkan jarak yang nilainya masih fluktuatif seperti tampak pada Gambar 3. Kondisi ini yang akan diperbaiki menggunakan Kalman filter. Tabel 1. menunjukkan pengukuran jarak rata-rata sensor Ping dan standar deviasi pengukuran jarak. Pengukuran dilakukan mulai jarak 100 mm sampai 2500 mm. Masing-masing pengukuran dilakukan pengambilan data sebanyak 100 data. Dari Tabel 1 terlihat standar deviasi bernilai tinggi pada pengukuran jarak diatas 1800 mm. Tampak juga bahwa sensor Ping hanya mampu membaca jarak maksimal 2100 mm.

Gambar 4 menunjukkan hasil estimasi jarak menggunakan Kalman filter, tampak bahwa hasil estimasi dapat mengurangi fluktuasi data hasil pengukuran. Tabel 2 menunjukkan data hasil estimasi jarak Kalman filter dimana batasan maksimum pembacaan sensor Ping tetap berada pada jarak 2100 mm.

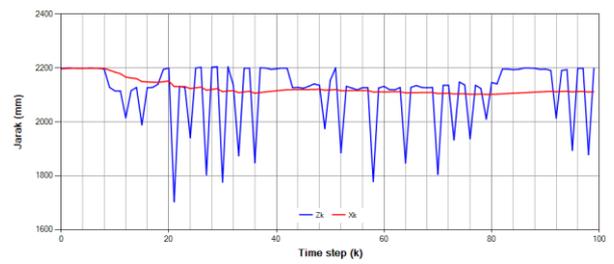
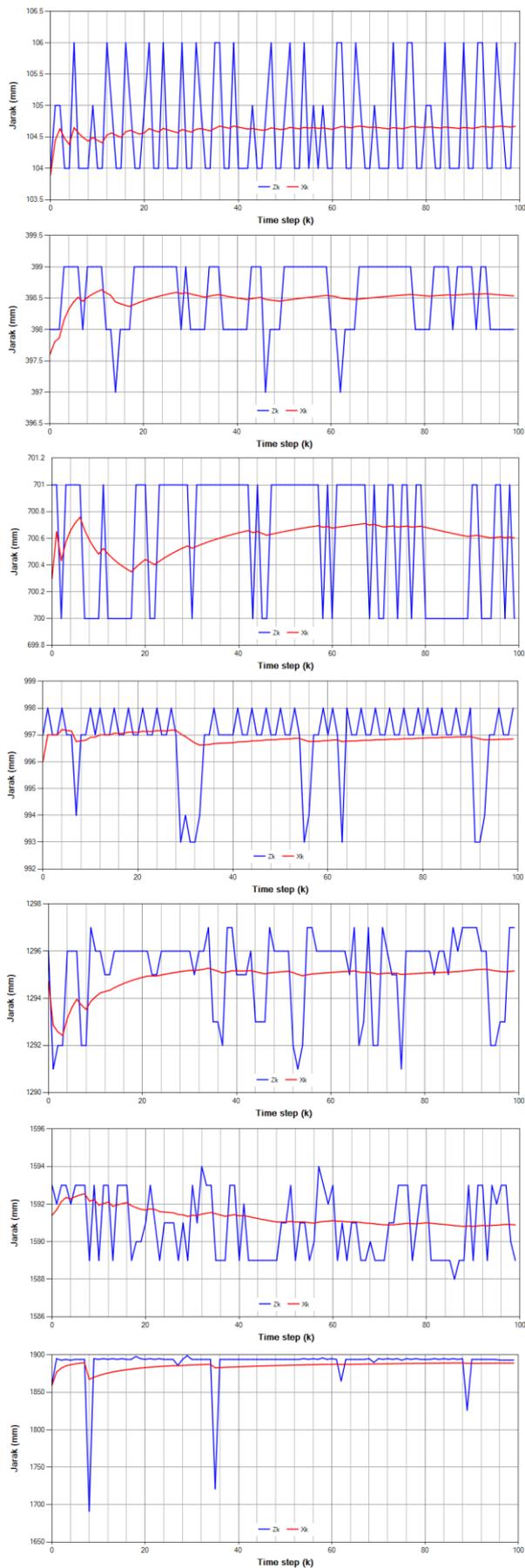
Tabel 3 menunjukkan perbandingan standar deviasi pengukuran jarak tanpa Kalman filter dan dengan Kalman filter. Hasil pengukuran menunjukkan dengan Kalman filter, standar deviasi turun dari 22.2431 menjadi 21.9442 atau turun sebesar 1.344 %.



Gambar 3. Pengukuran Sensor Ping. (Dari atas ke bawah : 100mm, 400mm, 700mm, 1000mm, 1300mm, 1600mm, 1900mm, 2200mm)

TABEL 1. HASIL PENGUKURAN JARAK RATA-RATA SENSOR PING

No	Jarak Aktual (mm)	Jarak Pengukuran Rata-Rata (mm)	Standar Deviasi
1	100	104.6700	0.9680
2	200	199.8600	0.3473
3	300	299.2700	0.5122
4	400	398.5400	0.5740
5	500	503.6100	1.0329
6	600	601.2300	0.7824
7	700	700.6100	0.4915
8	800	799.7000	1.5463
9	900	897.6300	2.0221
10	1000	996.8600	1.3921
11	1100	1095.9400	1.1746
12	1200	1200.3400	0.5878
13	1300	1295.1700	1.7978
14	1400	1393.6400	1.5719
15	1500	1491.4900	1.5320
16	1600	1590.9100	1.9950
17	1700	1689.5000	1.4702
18	1800	1795.5100	13.9961
19	1900	1889.0700	27.4832
20	2000	1988.5300	49.2915
21	2100	2092.6300	2.3603
22	2200	2111.8600	118.7816
23	2300	2144.2800	82.6850
24	2400	2119.9900	108.4636
25	2500	2128.5500	133.2192



Gambar 4. Estimasi Jarak Kalman Filter. (Dari atas ke bawah : 100mm, 400mm, 700mm, 1000mm, 1300mm, 1600mm, 1900mm, 2200mm)

TABEL 2. HASIL ESTIMASI JARAK RATA-RATA MENGGUNAKAN KALMAN FILTER

No	Jarak Aktual (mm)	Jarak Rata-rata Estimasi Kalman Filter (mm)	Standar Deviasi
1	100	104.6768	0.8551
2	200	199.8586	0.3502
3	300	299.2727	0.5115
4	400	398.5455	0.5583
5	500	503.6061	0.9775
6	600	601.2323	0.7802
7	700	700.6061	0.4911
8	800	799.7374	1.5158
9	900	897.6566	2.0110
10	1000	996.8586	1.3703
11	1100	1095.9495	1.1100
12	1200	1200.3434	0.5918
13	1300	1295.1616	1.7479
14	1400	1393.6263	1.4469
15	1500	1491.4949	1.2887
16	1600	1590.8889	1.7836
17	1700	1689.5152	1.0338
18	1800	1795.4949	14.1301
19	1900	1889.3535	27.5937
20	2000	1988.4444	49.7712
21	2100	2092.6566	2.2504
22	2200	2110.9798	119.3325
23	2300	2143.8687	81.9406
24	2400	2119.8384	105.8773
25	2500	2128.6465	129.2851

TABEL 3. PERBANDINGAN STANDAR DEVIASI PENGUKURAN DAN ESTIMASI KALMAN FILTER

No	Jarak Aktual (mm)	Standar Deviasi Pengukuran	Standar Deviasi Kalman
1	100	0.9680	0.8551
2	200	0.3473	0.3502
3	300	0.5122	0.5115
4	400	0.5740	0.5583
5	500	1.0329	0.9775
6	600	0.7824	0.7802
7	700	0.4915	0.4911
8	800	1.5463	1.5158
9	900	2.0221	2.0110
10	1000	1.3921	1.3703
11	1100	1.1746	1.1100
12	1200	0.5878	0.5918
13	1300	1.7978	1.7479
14	1400	1.5719	1.4469
15	1500	1.5320	1.2887
16	1600	1.9950	1.7836
17	1700	1.4702	1.0338
18	1800	13.9961	14.1301
19	1900	27.4832	27.5937
20	2000	49.2915	49.7712
21	2100	2.3603	2.2504
22	2200	118.7816	119.3325
23	2300	82.6850	81.9406
24	2400	108.4636	105.8773
25	2500	133.2192	129.2851
Rata-rata		22.2431	21.9442

- [4] Kalman, R.E. (1960), "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems", Transaction of the ADME-Journal of Basic Engineering, hal. 35-45.

V. KESIMPULAN

Pengukuran jarak dengan sensor Ping menghasilkan data pengukuran yang masih fluktuatif dengan rata-rata standar deviasi 22.2431. Dengan Kalman filter, data pengukuran yang fluktuatif dapat diminimalisir. Hasil pengukuran menunjukkan dengan Kalman filter, standar deviasi turun dari 22.2431 menjadi 21.9442 atau turun sebesar 1.344 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pei Xuming, Liu Jie, Zhang Duanqin, Wang Liangwen dan Wang Xinjie (2010), "A Robot Ultrasonic Mapping Method based on the Gray System Theory", Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Xi'an, China, hal 1245-1249.
- [2] L. Zheng, Y. Chang and Z. Li, "A Study of 3D Feature Tracking and Localization Using A Stereo Vision System", IEEE, 2010, pp.402-407.
- [3] Pavel Chmelar dan Martin Dobrovolny (2013), "The Fusion of Ultrasonic and Optical Measurement Devices for Autonomous Mapping", 23th Conference Radioelektronika 2013, Pardubice, Czech Republic, hal 292-296.