



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK II - Surabaya, 26 Maret 2022

Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2022.2656

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

IMPLEMENTASI KALMAN FILTER PADA PENGUKURAN KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK

M. Abdullah Bahris¹, Fahmi Nasrudien², Benny Ferdiansyah³, Dhany Eka Yulian⁴,
Mohammad Thaifur⁵, Wahyu S. Pambudi⁶

Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-ITATSe-mail: email
e-mail: Abdullah.bahris1234@gmail.com

ABSTRACT

Measuring the water level can use an ultrasonic sensor device that has the principle of wave reflection. The use of the ultrasonic sensor HC-SR04 can experience interference that affects the measurement results due to noise. The Kalman Filter (KF) application can be a solution to reduce noise in the HC-SR04 ultrasonic sensor reading. KF is a filter that is able to predict data based on previously received data input and is able to reduce noise in the signal. In this study, the implementation of KF has been carried out to minimize measurement errors from the HC-SR04 ultrasonic sensor reading. The results of this study found that KF is able to reduce noise so that it has a measurement difference between 0% to 2%.

Keywords: Ultrasonic, Noise, Kalman Filter

ABSTRAK

Mengukur level ketinggian air dapat menggunakan perangkat sensor ultrasonic yang memiliki prinsip pantulan gelombang. Penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 bisa mengalami gangguan yang mempengaruhi hasil pengukuran akibat *noise*. Aplikasi Kalman Filter (KF) bisa menjadi solusi untuk meredam adanya *noise* pada pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04. KF merupakan salah satu filter yang mampu memprediksi data berdasarkan input data yang diterima sebelumnya serta mampu mereduksi *noise* pada sinyal. Pada penelitian ini telah dilakukan implementasi KF untuk meminimalisir kesalahan pengukuran dari pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa KF mampu meredam *noise* sehingga memiliki selisih pengukuran antara 0% sampai 2%.

Kata Kunci : *ultrasonik, noise, Kalman Filter*

PENDAHULUAN

Sebagai negara tropis curah hujan yang dimiliki Indonesia cukup tinggi [1]. Tingginya curah hujan bisa memicu bencana banjir yang menyebabkan kerugian material. Beberapa upaya informasi bencana banjir telah dilakukan, salah satunya adalah mengukur ketinggian muka air sungai dengan menggunakan sensor level ketinggian [2]. Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor yang umum digunakan untuk membaca level ketinggian air [2][3].

Teknik pengukuran level ketinggian air bisa digunakan untuk tangki penyimpanan air yang harus bisa dimonitor volume dan ketinggian level permukaan air. Aplikasi lain dari pengukuran level ketinggian air bisa dilakukan pada bahan bakar minyak (BBM) yang ditempatkan pada stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) [4]. Pengukuran level ketinggian air atau BBM ini bisa menggunakan sesor ultrasonik.

Sensor ultrasonik adalah sensor dengan menggunakan sinyal akustik pendek dengan frekwensi 20 Khz, dengan prinsip pantulan gelombang suara yang berfungsi mengukur jarak. Pada sensor ultrasonik terdapat dua bagian, bagian pertama adalah pemancar dan yang kedua sebagai penerima. Sinyal ultrasonik yang dibangkitkan oleh pemancar atau *transmitter* dipancarkan dan kemudian dipantulkan oleh obyek setelah itu diterima oleh *receiver* [3].

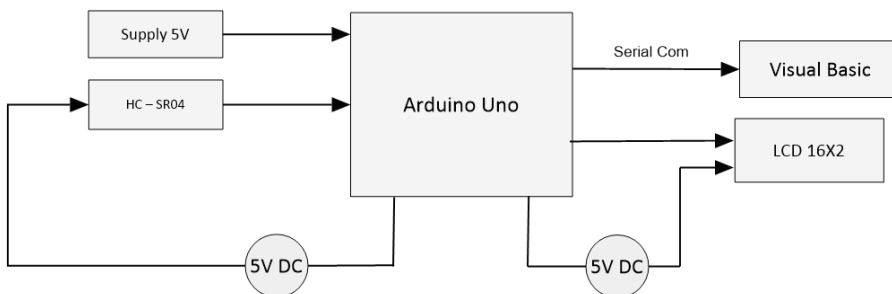
Pada penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 ada kemungkinan timbul *noise* yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. *Noise* pada sensor dihasilkan karena beberapa alasan, seperti spesifikasi yang rendah, gangguan sinyal eksternal, dan kompleksitas keadaan yang diukur. Solusi yang dapat digunakan adalah dengan merancang filter sinyal untuk sensor jarak ultrasonik. Filter sinyal yang bisa digunakan adalah Kalman Filter (KF), dimana algoritma KF dirancang untuk meredam adanya pengukuran *noise* pada sensor [5]. KF ini dipilih sebagai filter karena memiliki kemampuan untuk melakukan estimasi data yang sebenarnya akibat gangguan dari *noise* [6][7][8].

Berdasarkan bahasan diatas maka perlu dilakukan penelitian implementasi algoritma KF untuk meminimalisir kesalahan pengukuran (*error measurement*) pada pengukuran ketinggian air yang dihasilkan oleh sensor jarak ultrasonik HC-SR04.

METODE

Perancangan Hardware.

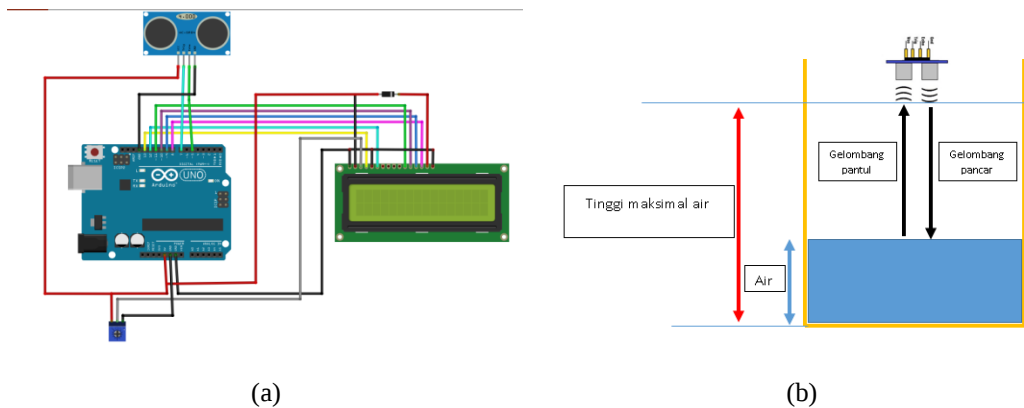
Desain realisasikan penelitian ini dapat dibagi menjadi dua tahapan, yaitu *hardware* dan *software*. Pada gambar 1 merupakan blok diagram *hardware* yang digunakan pada penelitian ini. Sistem ini terdiri dari Tegangan 5 V digunakan sebagai supply terhadap sensor ultrasonik dengan tipe HC-SR04, modul mikrokontroller arduino uno, LCD 16 x 2.



Gambar 1. Blok diagram *hardware*

Hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 dibaca oleh arduino uno sebagai nilai jarak. Pembacaan sensor ultrasonik ditampilkan pada LCD dan juga arduino uno mengirim data hasil perhitungan ke komputer, desain rangkaian keseluruhan seperti yang terdapat pada gambar

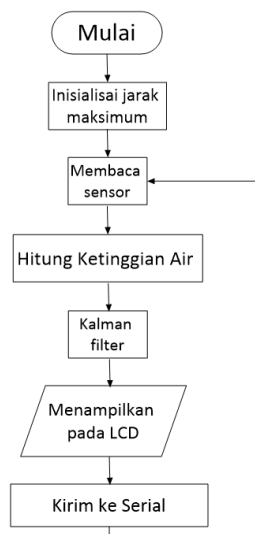
2(a) dan 2(b) merupakan pemasangan sensor HC-SR04. Sesuai gambar 2(b) bahwa nilai level ketinggian air diperoleh dari tinggi maksimum air dikurangi dengan hasil pengukuran sensor HC-SR04.



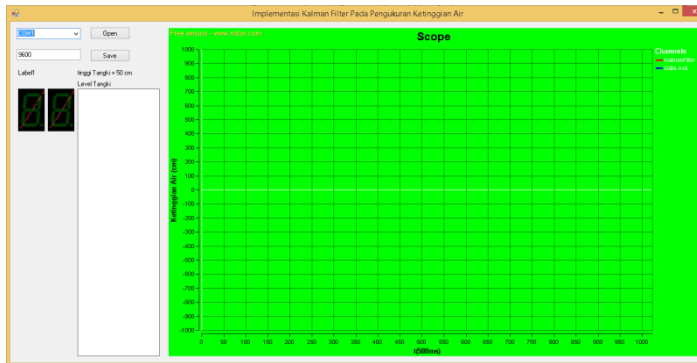
Gambar 2 (a) Rangkaian keseluruhan (b) Pemasangan sensor ultrasonik HC-SR04

Perancangan Software.

Penerapan *coding* untuk implementasi KF pada pengukuran level ketinggian air ini menggunakan bahasa pemrograman *visual basic* yang dijalankan pada komputer, *flowchart* program yang dibuat untuk penelitian ini seperti gambar 3 dan tampilan *software visual basic* pada gambar 4.



Gambar 3 Flowchart Program



Gambar 4 Software Visual Basic

Langkah awal pembuatan *software* pengukuran ketinggian air adalah memastikan nilai jarak maksimum pengukuran. Nilai yang digunakan sebagai ketinggian air adalah hasil dari pengurangan antara jarak maksimum dengan pengukuran sensor HC-SR04. Proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan tinggi air yg dilewatkan ke proses KF, dimana hasil dari proses ini dikirimkan ke komputer yang ditampilkan dengan program *Visual Basic* melalui serial port sehingga pembacaan sensor di tampilkan pada *scope* yang memudahkan melakukan analisa selanjutnya.

Proses Kalman Filter

Alur proses penggunaan KF ada dua tahapan, tahapan pertama adalah *time update* dan tahapan kedua *measurement update*. KF ini memiliki kemampuan melakukan identifikasi data diwaktu yang akan datang, sehingga untuk identifikasi data awal dilakukan pada proses *time update*. Data awal pada KF diberi lambang notasi $k-1$, yaitu satu siklus sebelum data dihitung (*update*) seperti pada persamaan 1. Nilai $\hat{x}_{\bar{k}}$ bergantung pada kondisi sebelumnya ($k-1$), dimana A merupakan matriks transisi dan B konstanta numerik sedangkan u_k adalah kontrol input.

Persamaan 2 digunakan untuk menentukan nilai prior kovarian *error*, dimana nilai ini digunakan pada persamaan *measurement update*. Nilai K_k (Kalman gain) dihitung menggunakan persamaan 3, dimana nilai $P_{\bar{k}}$ dihitung pada persamaan 2. $H^T[HP_{\bar{k}}H^T + R]^{-1}$ merupakan persamaan untuk menghitung nilai model observasi yang nilainya tergantung dari nilai $P_{\bar{k}}$. Nilai estimasi $\hat{x}_k$ secara rekursif bergantung pada nilai K_k , dimana nilai ini dihitung dengan perolehan kalman seperti pada persamaan 4. Pada persamaan 5 menunjukkan nilai matriks kovarian *posteriori error* (P_k). Perhitungan ini menggunakan metode rekursif, karena terdapat perhitungan yang melibatkan P_k dalam satu waktu. Nilai P_k juga tergantung dari nilai kovarian *error* (K_k) yang dengan menggunakan persamaan 3.

a. Time Update.

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

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

b. Measurement Update.

$$K_k = P_{\bar{k}}H^T[HP_{\bar{k}}H^T + R]^{-1} \quad (3)$$

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

$$P_k = [I - K_kH]P_{\bar{k}} \quad (5)$$

Implementasi KF ke program *visual basic* berdasarkan persamaan 1-5 diatas, bisa dijabarkan menjadi persamaan 6-15. Nilai A diberi nilai 1 karena tidak ada perubahan dari *state* ke *state*,

nilai u dibuat $u = 0$ karena tidak ada kontrol input dan pengukuran noise secara langsung didapatkan dari state, sehingga nilai $H = 1$.

a. Time update equation

$$\hat{x}_{\bar{k}} = \hat{x}_{k-1} \quad (6)$$

$$P_{\bar{k}} = P_{k-1} + Q \quad (7)$$

$$K_k = P_{\bar{k}} [P_{\bar{k}} + R]^{-1} \quad (8)$$

$$K_k = \frac{P_{\bar{k}}}{P_{\bar{k}} + R} \quad (9)$$

$$K_k = \frac{P_{k-1} + Q}{P_{k-1} + Q + R} \quad (10)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{\bar{k}} + K_k(z_k - \hat{x}_{\bar{k}}) \quad (11)$$

$$P_k = [1 - K_k]P_{\bar{k}} \quad (12)$$

$$P_k = \left[\frac{P_{k-1} + Q + R}{P_{k-1} + Q + R} - \frac{P_{k-1} + Q}{P_{k-1} + Q + R} \right] P_{k-1} + Q \quad (13)$$

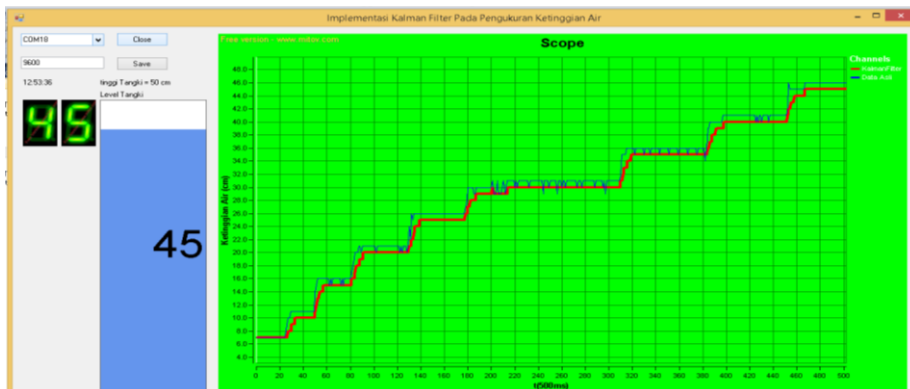
$$P_k = \left[\frac{P_{k-1} + Q + R - P_{k-1} - Q}{P_{k-1} + Q + R} \right] P_{k-1} + Q \quad (14)$$

$$P_k = \frac{R(P_{k-1} + Q)}{P_{k-1} + Q + R} \quad (15)$$

Pada implementasi KF yang diterapkan pada penelitian ini memiliki 2 variabel kontrol yaitu R dan Q dengan nilai antara 0 sampai 1. Nilai R adalah kovarian *noise* pengukuran (persamaan 8), sedangkan Q adalah kovarian *noise* proses (persamaan 7). Tujuan pemilihan nilai R dan Q adalah sebagai parameter penentuan redaman frekuensi, jika redaman rendah maka sinyal masih mengandung *noise*, jika redaman terlalu tinggi *noise* berkurang tetapi pembacaan keluaran filter tidak terlalu akurat [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data pada saat pengujian pengukuran ketinggian air sebelum dan sesudah menggunakan kalman filter



Gambar 5. Perbandingan Data Asli Sensor Ultrasonik dan Setelah Proses KF

Berdasarkan grafik seperti pada gambar 5 diatas, merupakan hasil pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 level ketinggian air. Garis biru adalah hasil pengukuran asli sedangkan garis merah merupakan hasil proses dari KF. Hal ini membuktikan bahwa KF mampu memperbaiki *noise* data pada pengukuran level ketinggian air. Pengujian dengan

semua kondisi perlu dilakukan untuk melihat performa KF mengurangi *noise* pada saat pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04. Tabel 1, 2, 3 dan 4 dibawah ini adalah hasil pengujian serta hasil rata-rata *error* dalam persen pada ketinggian air 10, 20, 30 dan 40 cm menggunakan KF dan tanpa metode KF.

Tabel 1 Error Pengujian Ketinggian Air 10 cm

Pengujian	Tanpa Metode		Kalman Filter	
	Ketinggian Air (cm)	Error (%)	Ketinggian Air (cm)	Error (%)
1	10	0%	10	0%
2	10	0%	10	0%
3	11	10%	10	0%
4	11	10%	10	0%
5	11	10%	11	10%
Rata-Rata		6%		2%

Tabel 2 Error Pengujian Ketinggian Air 20 cm

Pengujian	Tanpa Metode		Kalman Filter	
	Ketinggian Air (cm)	Error (%)	Ketinggian Air (cm)	Error (%)
1	20	0%	19	5%
2	21	5%	20	0%
3	21	5%	20	0%
4	20	0%	20	0%
5	21	5%	20	0%
Rata-Rata		3%		1%

Tabel 3 Error Pengujian Ketinggian Air 30 cm

Pengujian	Tanpa Metode		Kalman Filter	
	Ketinggian Air (cm)	Error (%)	Ketinggian Air (cm)	Error (%)
1	31	3.33%	30	0%
2	30	0%	30	0%
3	31	3.33%	30	0%
4	30	0%	30	0%
5	30	0%	30	0%
Rata-Rata		1.33%		0%

Tabel 4 Error Pengujian Ketinggian Air 40 cm

Pengujian	Tanpa Metode		Kalman Filter	
	Ketinggian Air (cm)	Error (%)	Ketinggian Air (cm)	Error (%)
1	41	2.5%	40	0%
2	40	0%	40	0%
3	41	2.5%	40	0%
4	41	2.5%	40	0%
5	41	2.5%	40	0%
Rata-Rata		2%		0%

Setelah dilakukan eksperimen diperoleh hasil rata-rata *error* dalam 4 kali pengujian seperti yang ditampilkan pada tabel 1, 2, 3 dan 4 nilai *error* terendah saat menggunakan KF. Hasil pengujian ini dapat memberi kesimpulan bahwa untuk menggunakan sensor HC-SR04 untuk monitor ketinggian [3] perlu penambahan KF agar nilai *error* bisa diredam [5].

KESIMPULAN

Penggunaan KP pada pembacaan sensor ultrasonic HC-SR04 mampu meredam kesalahan pengukuran akibat adanya noise, sehingga hasil estimasi mendekati nilai sebenarnya, meskipun waktu yang dibutuhkan relatif lebih lambat. Sensor ultrasonic untuk membaca ketinggian air ini bisa berfungsi dengan baik jika ketinggian antara 10 cm sampai 40 cm sesuai pada hasil pengujian dan analisa, sedangkan pada ketinggian 5 cm kebawah dan ketinggian 50 cm tidak dilakukan pengujian pada penelitian ini. Berdasarkan hasil perbandingan antara KF dan tanpa filter pada pengukuran ketinggian air antara 10 – 40 cm didapatkan nilai rata-rata *error* antara 2%-6% untuk tanpa filter dan KF nilai rata-rata *error* antara 0%-2%. Hal ini membuktikan bahwa KF mampu memperbaiki kesalahan pengukuran ketinggian air dengan sensor HC-SR04 dengan nilai akurasi antara 98% - 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nurfadly, "Prediksi Curah Hujan dengan Metode Backpropagation Dan Regresi Linear dalam Penentuan Jadwal Tanam Padi," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 9, no. 2, pp. 127–136, 2019.
- [2] R. Sulistyowati, H. Agus Sujono, and A. Khamdi Musthofa, "Design and field test equipment of river water level detection based on ultrasonic sensor and SMS gateway as flood early warning Design and Field Test Equipment of River Water Level Detection Based on Ultrasonic Sensor and SMS Gateway as Flood Early Warni," 2017, vol. 050003, doi: 10.1063/1.4985517.
- [3] F. Puspasari *et al.*, "Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian," vol. 15, no. 2, pp. 36–39, 2019.
- [4] S. Sampoerno, M. N. Azam, and N. Suryadipta, "Alat Penghitung Volume Bensin dalam Reservoir Spbu dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16."
- [5] A. Rafi and A. Tahtawi, "Kalman Filter Algorithm Design for HC-SR04 Ultrasonic Sensor Data Acquisition System," vol. 2, no. 1, pp. 2–6, 2018.
- [6] I. Fitria and P. Hasanah, "Penerapan Algoritma Kalman Filter dalam Prediksi Kecepatan Angin di Kota Balikpapan," *SPECTA J. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 25–32, 2019, doi: 10.35718/specta.v1i2.78.
- [7] W. S. Pambudi, I. Suhendra, J. Teknik, E. Universitas, and I. Batam, "Perbaikan Respon Output Menggunakan Implementasi Kalman Filter Pada Simulasi," 2015, pp. 141–150.
- [8] D. Putri Permata Siwi and W. S. Pambudi, "Perancangan Prototipe Sistem Penghitung Space Parkir untuk 3 Lantai dengan Menggunakan Metode Kalman Filter," vol. 1, pp. 1–5, 2019.
- [9] W. Djuriatno, E. Maulana, and E. D. Arisandi, "Velocity measurement based on inertial measuring unit," vol. 17, no. 4, pp. 1898–1906, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v17i4.11826.