

Implementasi *Savitzky Golay Filter* pada Sistem *Wireless Odometer* untuk Informasi Perawatan Kendaraan

**WAHYU SETYO PAMBUDI, MELLIANTO INDRAWAN,
RIZA AGUNG FIRMANSYAH, AKHMAD FAHRUZI, TITIEK SUHETA**

Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS),
Indonesia
Email : wahyusp@itats.ac.id

Received 29 Februari 2024 | *Revised* 7 Mei 2024 | *Accepted* 14 Mei 2024

ABSTRAK

Perawatan kendaraan berkala berdasarkan jarak tempuh menggunakan wireless odometer merupakan solusi untuk memberikan informasi kepada pemilik kendaraan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa wireless odometer memiliki kelemahan, yaitu pembacaan sensornya memiliki error sebesar 13,2%. Hal ini menjadi kendala jika digunakan untuk mengukur jarak tempuh kendaraan bermotor. Upaya untuk memperbaiki kekurangan ini perlu dilengkapi dengan filter digital. Pada penelitian ini, metode Savitzky Golay Filter digunakan untuk membaca sensor pada Wireless Odometer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase error pembacaan saat menggunakan metode Savitzky Golay Filter mencapai 2,89%, sedikit lebih rendah dibandingkan error Kalman Filter 7,09 %. Berdasarkan error ini dapat disimpulkan bahwa metode Savitzky Golay Filter adalah filter yang sesuai untuk Wireless Odometer.

Kata kunci: *Perawatan Berkala, Savitzky Golay Filter*

ABSTRACT

Periodic vehicle maintenance based on mileage using a wireless odometer is a solution to provide information to vehicle owners. Previous research has shown that wireless odometers have a weakness, namely that the sensor readings have an error of 13.2%. This is a constraint if it is used to measure the mileage of motor vehicles. Efforts to improve this deficiency need to be equipped with a digital filter. In this study, the Savitzky Golay Filter method is used to read the sensor on the Wireless Odometer. The test results show that the percentage of reading error when using the Savitzky Golay Filter method reaches 2.89%, slightly lower than the Kalman Filter error of 7.09%. Based on this error, it can be concluded that the Savitzky Golay Filter method is an appropriate filter for Wireless Odometer.

Keywords: *Periodic Maintenance, Savitzky Golay Filter*

1. PENDAHULUAN

Polusi udara akibat tumbuhnya kendaraan bermotor merupakan masalah yang serius pada kota besar, karena dapat membahayakan lingkungan sekitar terutama manusia (**Indrayani & Asfiati, 2018**). Kandungan gas yang terdapat pada udara akibat kendaraan bermotor adalah seperti CO, NO_x, HC dan CO₂ di mana gas tersebut termasuk jenis polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia (**Lupita & Istirokhatun, 2013**). Polutan udara akibat gas buang kendaraan bermotor ini bisa dikurangi dengan melakukan perawatan rutin atau perawatan berkala pada kendaraan (**Saputro, dkk, 2022**). Namun, pentingnya perawatan rutin ini tidak diimbangi oleh kesadaran dari pemilik kendaraan untuk melakukan perawatan tersebut (**Nurtanto, 2019**). Berdasarkan permasalahan ini perlu upaya untuk selalu mengingatkan pemilik untuk melakukan perawatan rutin kendaraan, mengingat bahwa perawatan rutin ini dapat memberikan pengaruh yang positif pada uji emisi, di mana hal ini merupakan upaya untuk menurunkan pencemaran udara (**Ismiyati, dkk, 2014**).

Sistem informasi perawatan rutin kendaraan ini telah dikembangkan menjadi *wireless odometer* dengan memanfaatkan integrasi sensor *accelerometer* MMA7361 dan Arduino (**Chalifatullah, dkk, 2022**). Pada sistem ini sensor *accelerometer* diproses integral dua kali untuk mendapatkan nilai estimasi jarak, di mana data jarak dikirimkan ke *handphone* pemilik melalui aplikasi telegram. Agar memiliki tingkat ketelitian yang baik pada saat pembacaan estimasi jarak dari sensor *accelerometer* ini diterapkan Kalman Filter (KF), di mana KF ini memiliki kemampuan untuk memperkecil tingkat kesalahan dalam mengestimasi jarak dan posisi (**Fitria & Hasanah, 2019**). Pemilihan KF pada sistem *wireless odometer* karena memiliki tingkat redaman tingkat kesalahan lebih baik dibandingkan dengan *Moving Average Filter* (MAV) (**Anwari & Pambudi, 2021**).

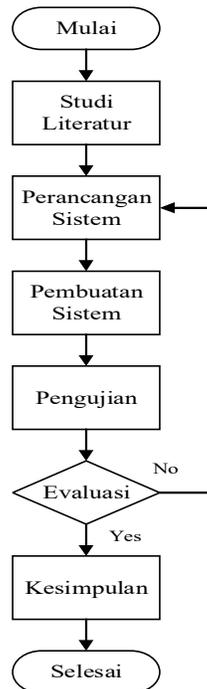
Kinerja KF untuk memperkecil tingkat kesalahan pada pembacaan data yang terdapat *noise* bisa digantikan dengan menggunakan *Savitzky Golay Filter* (SGF) di mana memiliki hasil lebih efektif (**Barco, dkk, 2017**). SGF merupakan metode untuk menghaluskan sinyal yang diusulkan pertama kali oleh Savitzky dan Golay di 1964. Filter ini didefinisikan sebagai *weighted moving average* dengan pembobotan yang diberikan sebagai polinomial dengan derajat tertentu (**Azami, dkk, 2012**). Pada penerapan simulasi sinyal dengan melibatkan sinyal sinusoidal yang diintegrasikan dengan *noise* atau derau, SGF memiliki performa yang lebih baik dibandingkan filter *Low Pass* (LP) *Butterworth* pada orde ketiga (**Baihaqi, dkk, 2021**). Hasil simulasi ini menghasilkan celah terhadap sinyal original antara SGF dengan LP *Butterworth*, di mana SGF lebih kecil dari pada LP *Butterworth*. Aplikasi SGF juga telah diterapkan untuk mengurangi distorsi hasil eksperimen karena gejala acak dan derau dari pengukuran konsentrasi etilen dari *biocreem* yang dikenai paparan sinar ultraviolet (**Santosa, 2013**). Selain itu SGF juga memiliki kemampuan meningkatkan koefisien korelasi secara signifikan pada pengujian *indoor* untuk pengukuran *Channel Probing* yang digunakan tahap proses awal (**Istiqomah, dkk, 2022**).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya diperlukan sistem yang mampu memberikan informasi perawatan rutin kendaraan tanpa memodifikasi atau mengubah sistem yang sudah ada pada kendaraan. Penelitian yang dilakukan ini berbeda dengan penelitian (**Sibuea, dkk, 2023**) di mana untuk mendapatkan informasi mengenai total km / jarak tempuh dibaca dari *chip* yang ditanam pada kendaraan pelanggan sehingga diperlukan modifikasi pada sistem yang sudah ada. Sistem informasi perawatan kendaraan bisa juga menggunakan *Global Positioning System* (GPS) untuk membaca jarak tempuh kendaraan (**Attubel, dkk, 2019**). Namun, GPS ini masih memiliki kelemahan, diantaranya sinyalnya yang dipengaruhi oleh atmosfer serta sulit digunakan di dalam ruangan atau bila terhalang gedung tinggi (**Farida & Rosalina, 2020**).

Berbeda dari penelitian sebelumnya, sistem yang dikerjakan pada penelitian ini menggunakan sensor *accelerometer* MMA7361 yang membaca nilai percepatan. Nilai percepatan ini kemudian diubah menjadi kecepatan dan jarak dengan menggunakan integral *Midpoint* (Djuriatno, dkk, 2019). Peningkatan ketelitian pembacaan data sensor *accelerometer* pada penelitian ini menggunakan SGF, alasan pemilihan SGF karena untuk aplikasi data *time series* memiliki tingkat kesalahan lebih kecil dibandingkan KF dan MAV (Baek, dkk, 2022). Tujuan dari penelitian ini adalah implementasi SGF untuk pembacaan sensor *accelerometer* pada sistem *wireless odometer* untuk informasi perawatan kendaraan. Kebaruan dari penelitian ini adalah pemanfaatan sensor *accelerometer* untuk informasi perawatan kendaraan berdasarkan jarak tempuh yang diperoleh dari dua kali integral nilai percepatan, di mana proses awal dari sistem ini dilakukan perbaikan pembacaan data dengan SGF.

2. METODE

Saat melakukan penelitian ini, tahapan yang harus dibuat seperti yang ditunjukkan pada *flowchart* penelitian seperti pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, bahwa tahap awal penelitian ini dimulai dengan studi literatur, pada proses ini adalah tahap mempelajari semua data yang sudah ada baik dari buku atau penelitian sebelumnya. Pada tahap selanjutnya yakni tahap perancangan sistem yaitu sebuah rancangan yang dibuat agar hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diinginkan.

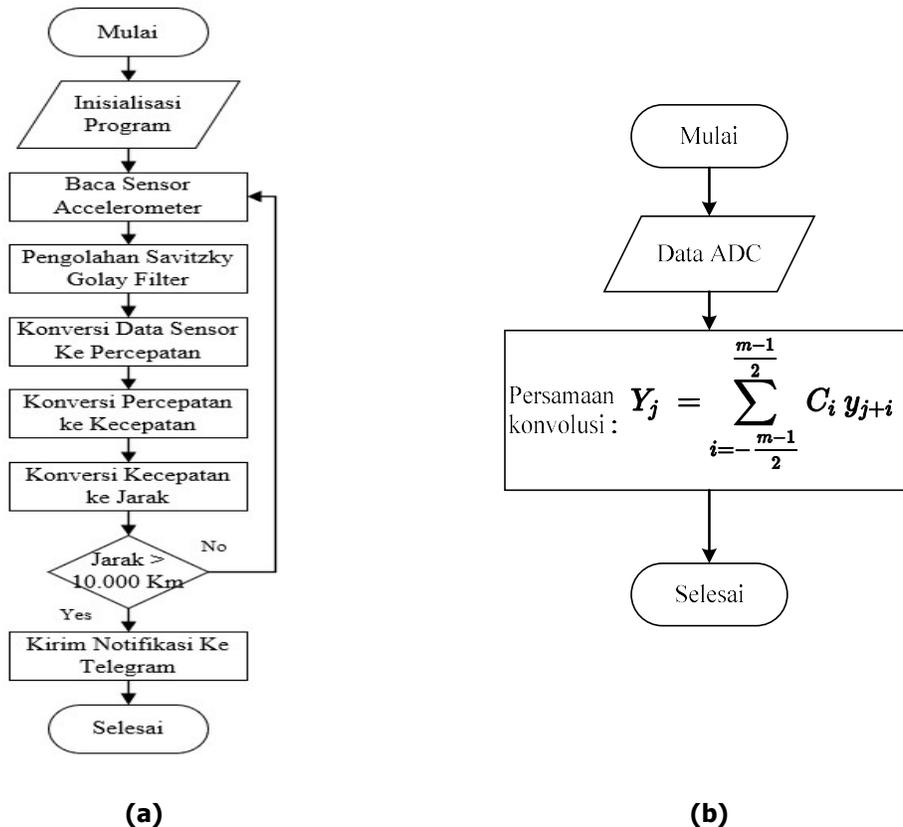
2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menunjang penelitian dengan cara memahami materi dan mencari sumber referensi dari beberapa jurnal, paper, tugas akhir, maupun skripsi yang saling berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini studi pustaka yang akan dicari sebagai sumber referensi adalah perancangan *wireless odometer*.

2.2 Perancangan Alat

2.2.1 Perancangan *Software*

Software dirancang berdasarkan kebutuhan *input* dan *output* pada alat yang digunakan baik itu sensor dan yang lainnya, Gambar 2(a) berikut ini merupakan *flowchart* yang dibuat berdasarkan metode SGF, di mana alurnya terdapat pada Gambar 2(b) di bawah ini.



Gambar 2. (a) *Flowchart Software Wireless Odometer* (b) *Flowchart Algoritma Savitzky Golay Filter*

Pada proses baca sensor *accelerometer* pada Gambar 2(a), nilai percepatan dihitung dengan menggunakan Persamaan (1), di bawah ini.

$$a = \left(\frac{ADC - \text{nilai } 0 \text{ G}}{\text{nilai } 1 \text{ G} - \text{nilai } 0 \text{ G}} \right) \times 9,8 \quad (1)$$

di mana :

a = percepatan dalam m/s^2 .

ADC = nilai yang dihasilkan oleh sensor *accelerometer*.

Nilai 0 G = nilai *output* kalibrasi ADC pada posisi gravitasi 0G.

Nilai 1 G = nilai hasil kalibrasi ADC saat posisi gravitasi adalah +1G.

Setelah nilai percepatan diketahui maka dilanjutkan proses konversi dari percepatan menjadi kecepatan dengan satuan km/h, menggunakan Persamaan (2).

$$v = v_0 + \left(\frac{\text{waktu sampling}}{2} \right) \times (a_0 + a_1) \quad (2)$$

di mana :

- v0 = kecepatan awal.
- a0 = percepatan awal.
- a1 = percepatan saat ini.

Setelah hasil dari kecepatan diperoleh maka dikonversi lagi menjadi jarak dengan satuan km. adapun rumus yang digunakan untuk mencari jarak, seperti pada Persamaan (3).

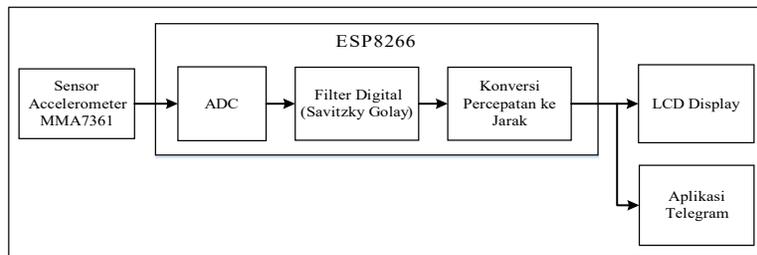
$$s = s_0 + \left(\frac{\text{waktu sampling}}{2}\right) x(v_0 + v_1) \tag{3}$$

di mana :

- s0 = jarak awal.
- v0 = kecepatan awal.
- v1 = kecepatan sekarang.

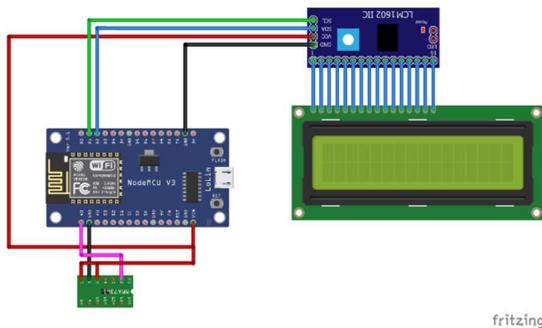
2.2.2 Perancangan *Hardware*

Setelah proses perancangan *software* tahap selanjutnya adalah tahap perancangan *hardware* dari alat *wireless odometer*. Adapun untuk rancangan *hardware wireless odometer* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.

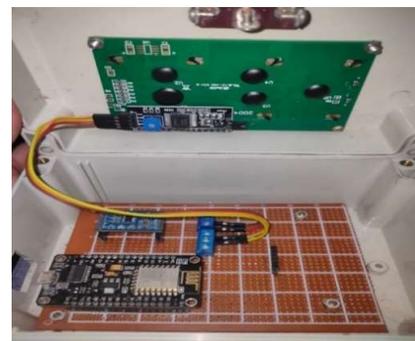


Gambar 3. Rancangan *Hardware Wireless Odometer*

Pada Gambar 3 diagram blok dapat dilihat sensor yang digunakan adalah sensor *accelerometer* MMA7361 dan dibaca melalui analog *input* ADC. Setelah data sensor *accelerometer* dibaca dari ADC, data diperbaiki dari gangguan *noise* dengan SGF, data sensor diproses integral dua kali untuk mengubah dari percepatan menjadi nilai jarak. Pada tahap tersebut seluruh proses dilakukan pada board ESP8266.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Rancangan *Wiring Hardware* (b) Rangkaian dalam Alat *Wireless Odometer*

Setelah dilakukan pembacaan filter digital maka hasilnya ditampilkan melalui LCD *display* untuk mempermudah monitor secara langsung. Jika *output* proses filter melebihi batas yang sudah

ditetapkan (misal mencapai 10.000 km) maka data tersebut juga dikirim via aplikasi telegram pada *smartphone* melalui modul *wifi* ESP8266. Pada Gambar 4(a) *wiring* diagram tercantum jalur – jalur pengkabelan (*wiring*) komponen – komponen seperti sensor MMA7361, ESP8266, LCD *display*. Hasil dari pengolahan data pada ESP8266 ditampilkan pada LCD melalui I2C sebagai perantara pengiriman data. Pada Gambar 4(b) merupakan implementasi dari *wiring* diagram *wireless odometer*, di mana terdapat komponen pendukung seperti ESP8266, sensor MMA7361, dan LCD 20x4 sebagai tampilan *display*. Semua komponen sangat rentan terhadap derau atau gangguan yang diakibatkan dari goyangan kabel jika menggunakan kabel jumper. Sebab itu penggunaan kabel jumper hanya untuk koneksi *display* dari ESP8266 ke lcd saja.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

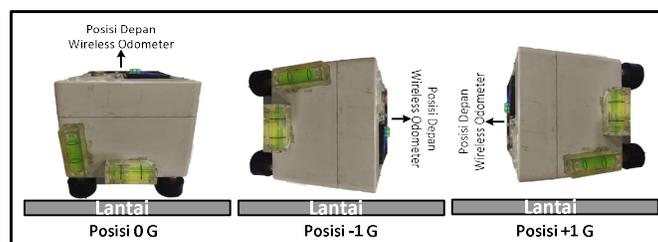
3.1 Pengujian hasil sensor Accelerometer MMA7361

Tujuan dari pengujian yang dilakukan pada sensor *accelerometer* kali ini adalah untuk memastikan apakah hasil yang dihasilkan oleh sensor sesuai dengan yang ditetapkan pada *datasheet*. Keluaran sensor, yang diwakili oleh sumbu X, Y, dan Z, dapat dibandingkan. Setelah mendapatkan hasil *output* pada masing masing sumbu kemudian dilakukan kalibrasi pada sensor *accelerometer* MMA7361. Namun pada penelitian kali ini hanya berfokus pada satu sumbu saja, yakni sumbu x sehingga pada percobaannya yang dilakukan kalibrasi adalah pada sumbu x sensor, di mana hasilnya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Keluaran Sensor

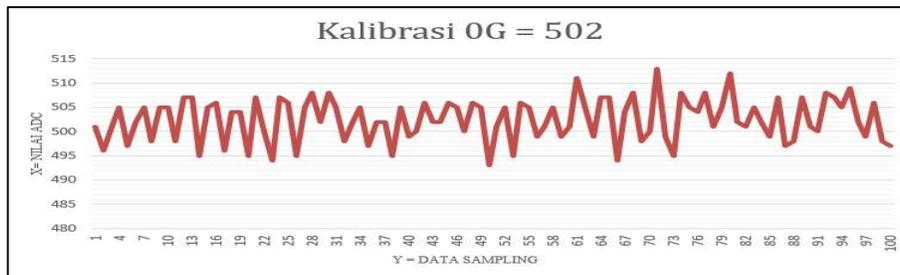
Gravitasi	Data Ouput sensor pada sumbu X			
	Aktual		Teori (<i>datasheet</i>)	
	ADC	Volt	ADC	Volt
-1G	178	0.86	174	0.85
0G	357	1.74	337	1.65
+1G	517	2.52	501	2.45

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa hasil *output* pada sensor accelerometer sudah mendekati sesuai dan hasil pada *output datasheet*. Pengujian pada Tabel 1 ini merupakan pengujian *wireless odometer* pada kondisi normal atau belum dipindahkan posisinya ke dalam kendaraan hal ini untuk memastikan nilai *output* sumbu x sesuai dengan *datasheet*. Setelah melakukan pemindahan *wireless odometer* ke dalam kendaraan perlu dilakukan kalibrasi ulang untuk nilai sumbu x pada 0G, -1G, dan +1G, mengingat bahwa nilai ini diperlukan untuk menghitung nilai percepatan seperti pada Persamaan (1). Proses kalibrasi untuk mendapatkan nilai sumbu x pada 0G, -1G, dan +1G seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.



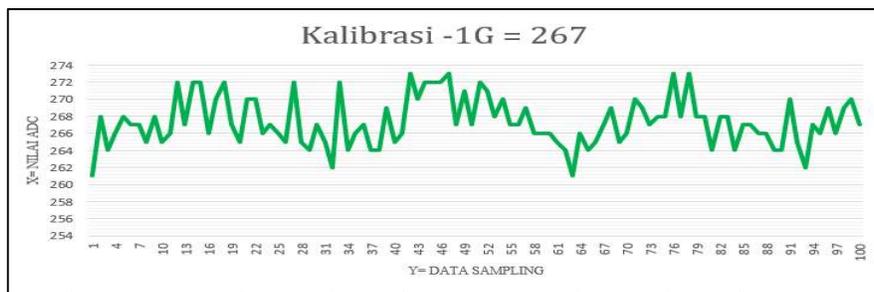
Gambar 5. Proses Kalibrasi *Wireless Odometer*

Hasil pembacaan data pada proses kalibrasi Gambar 5 mendapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, 7 dan 8 di mana setiap data diambil sebanyak 100 data.



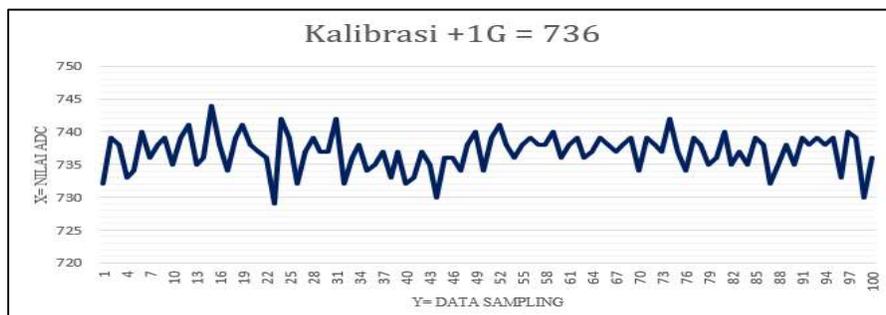
Gambar 6. Hasil Saat Kalibrasi 0G

Pada Gambar 6 adalah proses kalibrasi sensor pada posisi 0G. Pada proses ini *wireless odometer* diletakan pada posisi rata kendaraan, di mana untuk memastikan posisi menggunakan bantuan *waterpass*. Setelah itu data diambil sebanyak 100 data. Terlihat data pertama terbaca adalah 501 dan terakhir 497, dengan nilai tertinggi 513 serta nilai terendah 493. Pengambilan data sebanyak 100 data kemudian dihitung nilai rata-ratanya.



Gambar 7. Hasil Saat Kalibrasi -1G

Pada Gambar 7 adalah proses kalibrasi sensor pada posisi -1G, untuk cara pengambilan data sama seperti pada posisi 0G. Terlihat data pertama terbaca adalah 261 dan terakhir 267, dan terdapat posisi tertinggi yaitu 273 dan terendah 261. Sebanyak 100 data nanti dicari rata – ratanya.



Gambar 8. Hasil Saat Kalibrasi +1G

Pada Gambar 8 merupakan proses kalibrasi sensor pada posisi +1G, untuk cara pengambilan data sama seperti pada posisi -1G. Terlihat data pertama terbaca adalah 732 dan terakhir 737, terdapat posisi tertinggi yakni pada nilai 744 serta nilai terendah 729. Pengambilan data sebanyak 100 data kemudian dihitung nilai rata – rata. Hasil dari *sampling* data yang terdapat

pada Gambar 6, 7 dan 8 tersebut digunakan sebagai acuan titik 0 pada saat perhitungan km kendaraan. Pada Gambar 6, 7, 8 merupakan tampilan data sensor *accelerometer* saat proses kalibrasi dengan gravitasi 0G, -1G, dan +1G. Seluruh hasil data diambil dan diolah melalui excel serta dibuat chart untuk mengetahui seberapa besar perubahan nilai data yang ada, di mana data tersebut digunakan sebagai *input wireless odometer* untuk referensi menghitung nilai percepatan seperti pada Persamaan (1). Semua data ini diambil pada sumbu x dengan tampilan sedemikian rupa, sehingga dapat diketahui hasil sensor MM7361 ketika dikalibrasi.

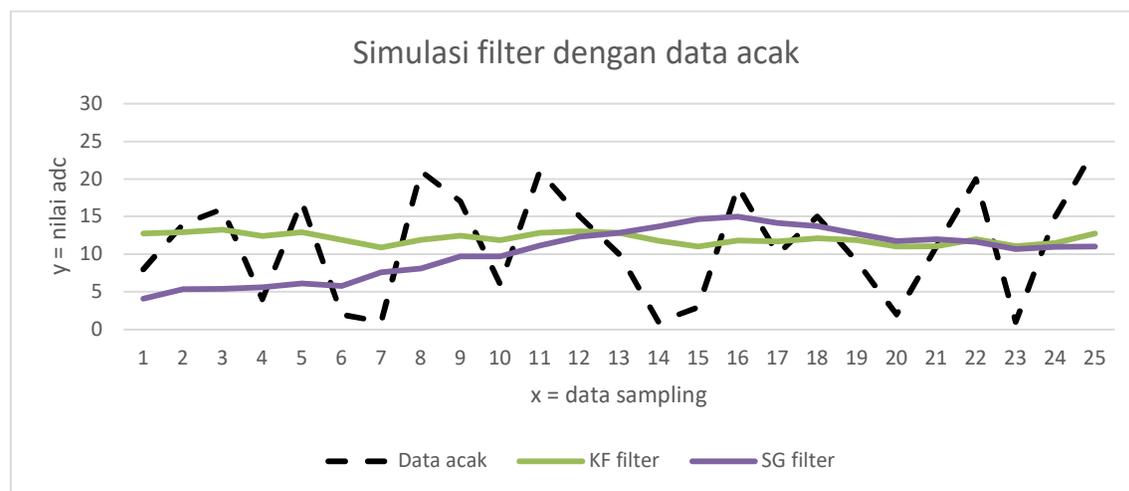
Tabel 2. Hasil *Output* Sensor Setelah Kalibrasi

Data <i>output</i> sensor sumbu x setelah kalibrasi			
Gravitasi	-1G	0G	+1G
Nilai ADC	267	502	736

Hasil dari pengambilan data sejumlah 100 data pada Gambar 6, 7 dan 8, dilakukan perhitungan nilai rata-rata di mana hasil dapat dilihat pada Tabel 2 di atas. Hasil ini digunakan sebagai referensi untuk perhitungan sensor seperti pada Persamaan (1). Adapun data ini digunakan untuk menghitung konversi data ADC menjadi data percepatan dengan satuan m/s^2 .

3.2 Pengujian Filter Dengan Simulasi Data Random

Pengujian SGF dilakukan untuk memastikan bahwa filter tersebut sudah memperbaiki pembacaan data acak yang diasumsikan sebagai data yang terdapat *noise*. Agar performa SGF bisa diketahui dalam memperbaiki data perlu metode perbandingan, di mana pada penelitian ini menggunakan KF. Pada pengujian ini menggunakan 25 data, data acak dimasukkan untuk mengetahui seberapa besar hasil dari proses filter yang dapat dilakukan, hasil pada pengujian ini seperti pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Perbandingan Filter SGF dan KF

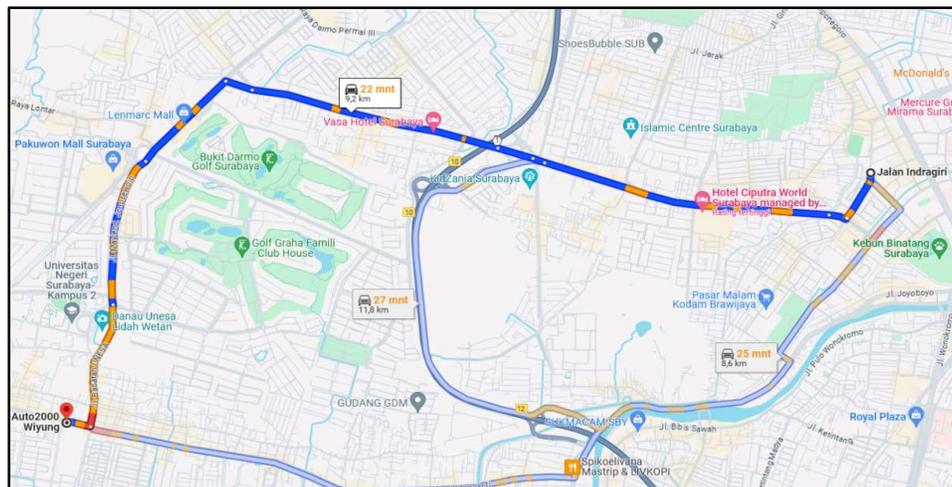
Pada Gambar 9 di atas dapat diketahui bahwa terdapat tiga macam data, yaitu data acak, hasil KF dan hasil SGF. Data diambil secara acak antara 1 hingga 25, untuk hasil lebih lanjut mengenai perbandingan simulasi filter dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Simulasi Filter

No	Data acak	KF filter	SG filter	% perbedaan KF dengan data asli	% perbedaan SG dengan data asli
1	8	12.77	4.1	59.63	48.75
2	14	12.93	5.36	7.64	61.71
3	16	13.27	5.42	17.06	66.13
4	4	12.42	5.59	210.50	39.75
5	17	12.9	6.1	24.12	64.12
6	2	11.9	5.8	495.00	190.00
7	1	10.9	7.57	990.00	657.00
8	21	11.92	8.1	43.24	61.43
9	17	12.46	9.75	26.71	42.65
10	6	11.89	9.68	98.17	61.33
11	21	12.82	11.16	38.95	46.86
12	15	13.08	12.32	12.80	17.87
13	10	12.85	12.84	28.50	28.40
14	1	11.78	13.69	1078.00	1269.00
15	3	11.01	14.66	267.00	388.67
16	19	11.83	14.98	37.74	21.16
17	10	11.72	14.14	17.20	41.40
18	15	12.1	13.73	19.33	8.47
19	9	11.88	12.7	32.00	41.11
20	2	11.01	11.74	450.50	487.00
21	11	11.08	12.01	0.73	9.18
22	20	12.01	11.65	39.95	41.75
23	1	11.04	10.7	1004.00	970.00
24	15	11.5	10.98	23.33	26.80
25	24	12.77	11.01	46.79	54.13
Rata - Rata				202.76	189.79

Pada Tabel 3 di atas, performa kedua filter memiliki redaman rata-rata yaitu KF sebesar 202,76% sedangkan SG sebesar 189,79%.

3.3 Pengujian Pada Kendaraan



Gambar 10. Denah Pengujian *Wireless Odometer*

Pada pengujian alat *wireless odometer* menggunakan rute dari jalan Indragiri Surabaya menuju jalan lidah wetan Surabaya dengan *range* 20 km. Adapun untuk alatnya ditempatkan di atas *dashboard* seperti Gambar 10. Serta melakukan prosedur kalibrasi seperti sebelumnya

di mana diperlukan untuk melakukan penyetelan *foot adjuster* demi mempermudah dalam penggunaannya.



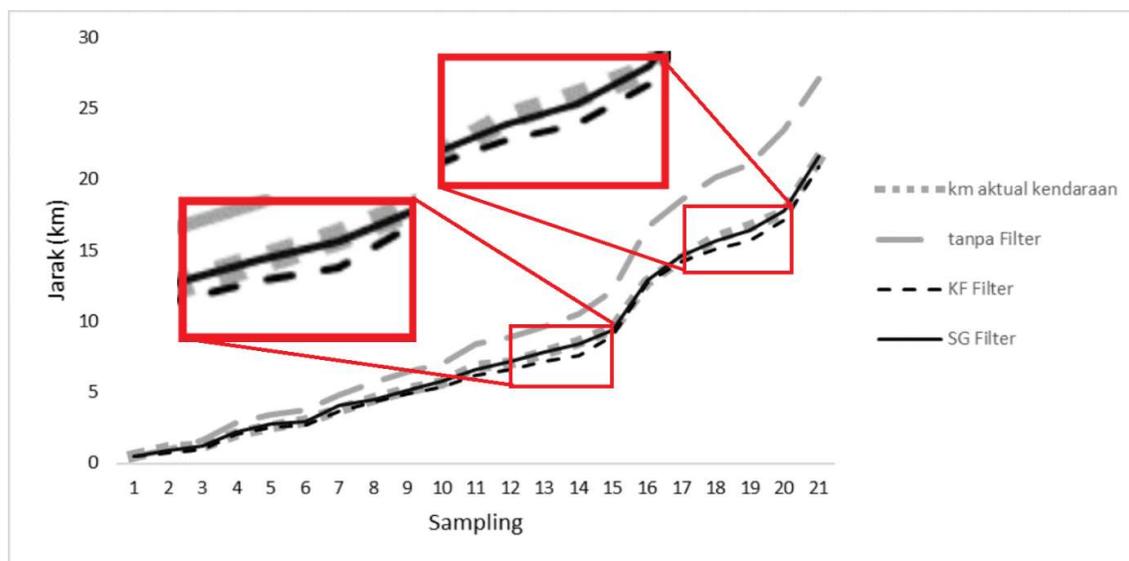
(a)



(b)

Gambar 11. a. Proses Kalibrasi pada Kendaraan b. Pengujian Alat pada Kendaraan

Pada pengujian alat *wireless odometer* juga disambungkan pada laptop guna mengetahui *interface* tampilan nilai ADC yang dihasilkan dan difilter. Dalam pengujian ini, penulis menggunakan Visual Basic sebagai tampilan laptop, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11(a) dan 11(b).

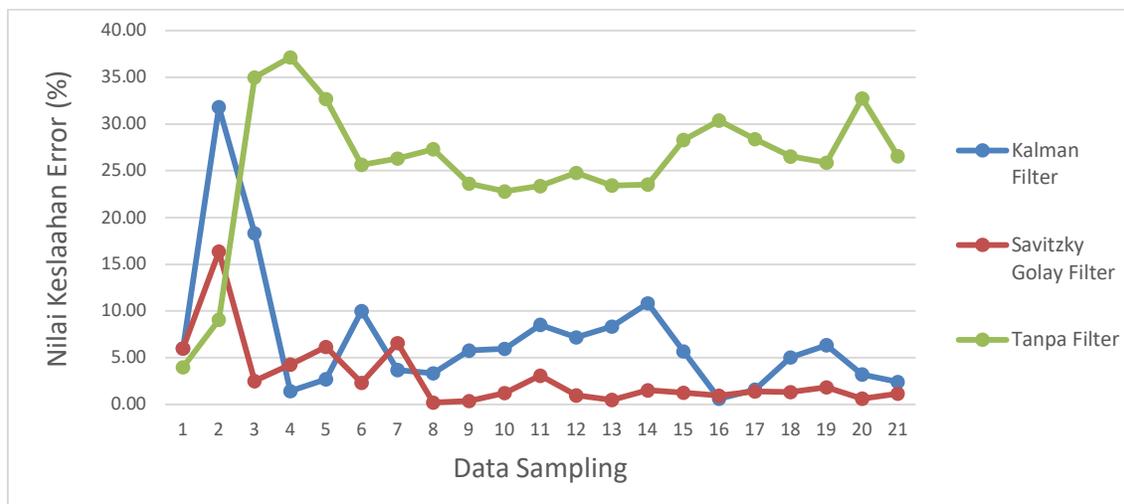


Gambar 12. Hasil Perbandingan Tanpa Filter, KF dan SGF

Pada Gambar 12 merupakan hasil pengujian *wireless odometer* dengan KF, SGF dan tanpa filter dengan variasi jarak 21. Gambar 12 tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pembacaan jarak dalam kilometer pada kendaraan, di mana pembacaan nilai data tanpa filter memiliki selisih terbesar dibandingkan KF dan SGF. Pada *sampling* data antara 12 – 15 pada Tabel 4 (cetak tebal) terlihat bahwa SGF lebih mendekati dari pada KF, kondisi ini juga sama pada *sampling* data 17 – 20 seperti yang terlihat pada Gambar 12 dan Tabel 4 (cetak tebal). Data pada Gambar 12 terdapat pada Tabel 4, berdasarkan hasil rata-rata pengujian antara tanpa Filter, KF dan SGF, terlihat bahwa nilai terendah adalah SGF sebesar 2.89%.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Tanpa Filter, KF dan SGF

No	Jarak aktual kendaraan	tanpa Filter	Error tanpa Filter (%)	KF Filter	Error KF Filter (%)	SG Filter	SG Filter Error (%)
1	0.5	0.52	4.00%	0.47	6.00%	0.47	6.00%
2	1.1	1	9.09%	0.75	31.82%	0.92	16.36%
3	1.2	1.62	35.00%	0.98	18.33%	1.23	2.50%
4	2.1	2.88	37.14%	2.07	1.43%	2.19	4.29%
5	2.6	3.45	32.69%	2.53	2.69%	2.76	6.15%
6	3	3.77	25.67%	2.7	10.00%	2.93	2.33%
7	3.8	4.8	26.32%	3.66	3.68%	4.05	6.58%
8	4.5	5.73	27.33%	4.35	3.33%	4.51	0.22%
9	5.2	6.43	23.65%	4.9	5.77%	5.18	0.38%
10	5.7	7	22.81%	5.36	5.96%	5.77	1.23%
11	6.8	8.39	23.38%	6.22	8.53%	6.59	3.09%
12	7.1	8.86	24.79%	6.59	7.18%	7.17	0.99%
13	7.8	9.63	23.46%	7.15	8.33%	7.84	0.51%
14	8.5	10.5	23.53%	7.58	10.82%	8.37	1.53%
15	9.5	12.19	28.32%	8.96	5.68%	9.38	1.26%
16	12.8	16.69	30.39%	12.72	0.63%	12.92	0.94%
17	14.4	18.49	28.40%	14.17	1.60%	14.6	1.39%
18	15.9	20.12	26.54%	15.1	5.03%	15.69	1.32%
19	16.7	21.02	25.87%	15.64	6.35%	16.39	1.86%
20	17.7	23.5	32.77%	17.13	3.22%	17.81	0.62%
21	21.4	27.09	26.59%	20.88	2.43%	21.65	1.17%
Rata rata persentase error			25.61%		7.09%		2.89%



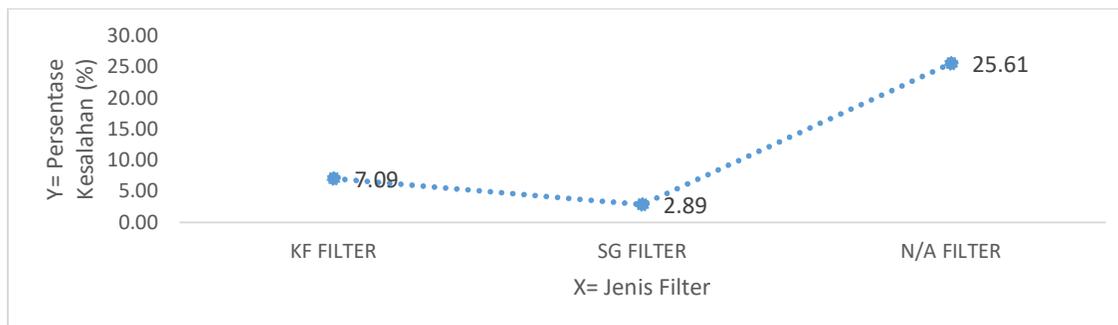
Gambar 13. Hasil Persentase Kesalahan Pembacaan Filter

Pada Gambar 13 merupakan hasil persentase kesalahan *error* (%) pembacaan tanpa filter, dengan KF dan SGF nampak bervariasi, di mana kesalahan SGF cenderung lebih mendekati nilai *error* 0%. Hal ini membuktikan bahwa pada permasalahan perbaikan data untuk *wireless odometer* SGF memiliki performa lebih baik dari pada KF. Tabel 5 menampilkan semua hasil persentase kesalahan filter pada Gambar 13 di atas.

Tabel 5. Persentase Kesalahan Filter

No	Persentase kesalahan/ <i>error</i> (%)		
	Kalman Filter	Savitzky Golay Filter	Tanpa Filter
1	6,00	6,00	4,00
2	31,82	16,36	9,09
3	18,33	2,50	35,00
4	1,43	4,29	37,14
5	2,69	6,15	32,69
6	10,00	2,33	25,67
7	3,68	6,58	26,32
8	3,33	0,22	27,33
9	5,77	0,38	23,65
10	5,96	1,23	22,81
11	8,53	3,09	23,38
12	7,18	0,99	24,79
13	8,33	0,51	23,46
14	10,82	1,53	23,53
15	5,68	1,26	28,32
16	0,63	0,94	30,39
17	1,60	1,39	28,40
18	5,03	1,32	26,54
19	6,35	1,86	25,87
20	3,22	0,62	32,77
21	2,43	1,17	26,59

Pada Tabel 5 tersebut dapat dilihat bahwa pada pembacaan menggunakan KF memiliki nilai kesalahan terendah adalah 0,63%, sedangkan untuk nilai kesalahan pembacaan tertinggi adalah 31,82%. Sedangkan bila menggunakan SGF, memiliki nilai terendah sebesar 0,22% dan untuk nilai kesalahan tertinggi sebesar 16,36%. Begitupun pembacaan tanpa filter atau murni yang memiliki nilai kesalahan terendah adalah 4% dan untuk nilai kesalahan terbesar adalah 37,14%.

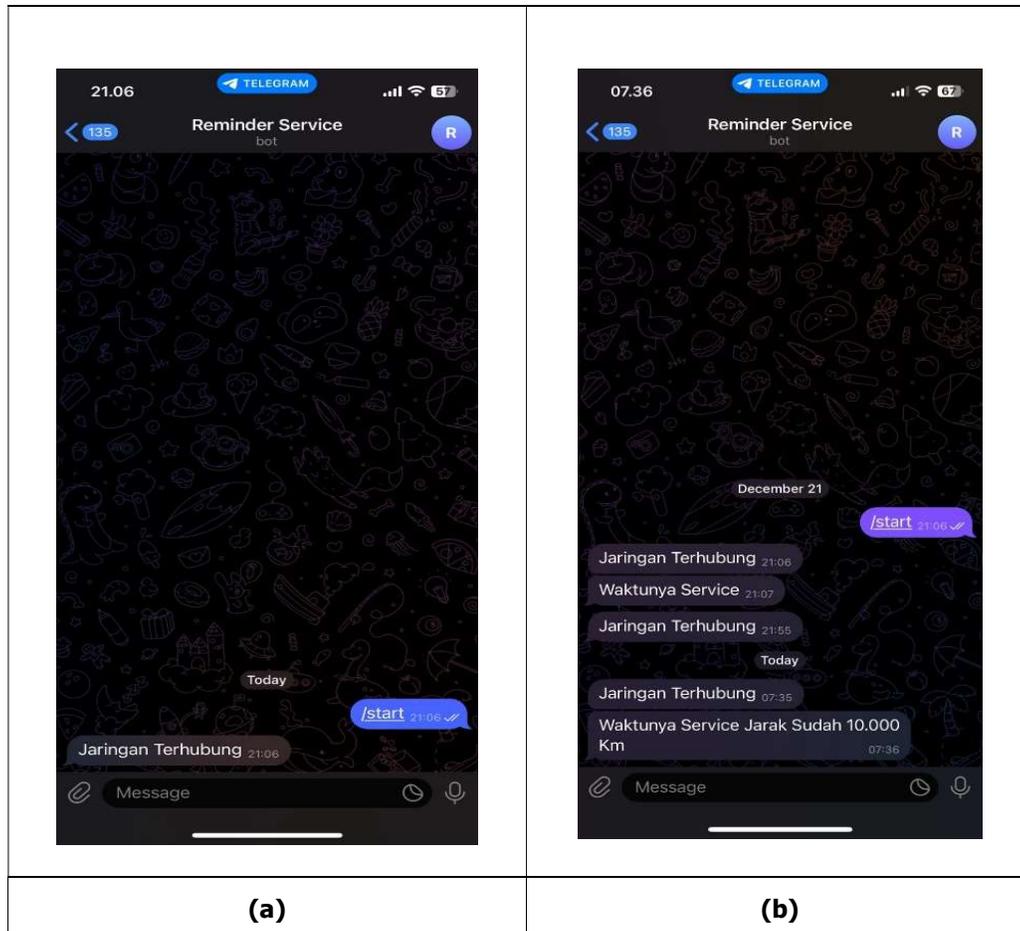


Gambar 14. Hasil Rata-rata Persentase Filter

Adapun kesimpulan dari pembacaan filter kali ini dapat dilihat dari grafik Gambar 14, yaitu pada SGF memiliki nilai persentase kesalahan terendah sebesar 2.89% dari nilai aktual kendaraan. Begitupun dengan KF yang memiliki nilai redaman filter cukup bagus yakni dengan kesalahan pembacaan sebesar 7.09%. Serta pembacaan tanpa filter ataupun murni pembacaan sensor *accelerometer* yang memiliki kesalahan persentase sebesar 25.61%.

3.4 Pengujian Pengiriman Data melalui Telegram

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengiriman data yang dikirim dari ESP8266 ke telegram apakah berjalan dengan baik, karena bila terjadi ketidakcocokan antara ESP8266 dengan telegram maka data akan sulit terbaca oleh pengguna. Kelebihan menggunakan mikrokontroler ESP8266 adalah sudah tersedianya modul *wifi* di dalamnya, sehingga penambahan modul *wifi*. Pengujian komunikasi ESP8266 dilakukan dengan cara mengirim data *string* melalui serial monitor Arduino dan akan diterima pada aplikasi telegram berupa *text*.



**Gambar 15. Hasil Uji Pengiriman Data ke Telegram (a) Koneksi Awal
 (b) Memberikan Informasi *Service* dalam Kondisi 10.000 km**

Setelah data *text* dikirim seperti Gambar 15(a) maka data *text* notifikasi akan diterima juga pada telegram pada *smartphone* yang telah diinstal sebelumnya terlihat pada Gambar 15(a) dengan balasan "Jaringan Terhubung". Jika data *text* sudah sesuai maka ESP8266 dan bot telegram sudah siap digunakan sebagai *reminder* informasi perawatan kendaraan. Pada saat kondisi sudah mencapai jarak di atas 10.000 km maka *wireless odometer* mengirimkan notifikasi ke telegram bahwa jarak sudah di atas 10.000 km.

4. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan tahap perancangan dan pembuatan sistem wireless odometer dan tahap pengujian dan analisis, bahwa sensor *accelerometer* dapat digunakan untuk menghitung jarak dengan cara melakukan integral dua kali. Pada penggunaan sensor *accelerometer* terdapat *noise* yang dapat mengurangi ketelitian pembacaan sensor ini. Penambahan filter dapat memperbaiki *output* sensor *accelerometer* saat pengukuran jarak tempuh kendaraan. Nilai *error* yang dihasilkan dari pengukuran proses filter data ini untuk Kalman Filter sebesar 7,09% sedangkan dengan metode SGF sebesar 2,89%, sehingga dapat disimpulkan bahwa menggunakan SGF mampu mendekati nilai sesungguhnya. Jarak yang didapatkan pada penelitian ini digunakan untuk menentukan perawatan berkala pada kendaraan, di mana data tersebut dikirimkan melalui aplikasi telegram ke *smartphone* pemilik kendaraan.

DAFTAR RUJUKAN

- Anwari, R. A., & Pambudi, W. S. (2021). Implementasi Hanning Filter, Kalman Filter dan Moving Average Filter pada Pengisian Air Minum Isi Ulang Otomatis. *Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, Dan Teknik Informatika, 1*, 19–24.
- Attubel, M., Siswanto, D., & Mukhsim, M. (2019). *SISTEM MONITORING PERAWATAN KENDARAAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)*. *Ciastech*, 331–338.
- Azami, H., Mohammadi, K., & Bozorgtabar, B. (2012). An Improved Signal Segmentation Using Moving Average and Savitzky-Golay Filter. *Journal of Signal and Information Processing, 2012*(February), 39–44.
- Baek, J., Choi, J., & Jung, H. (2022). Filtering Correction Method and Performance Comparison for Time Series Data. *Journal of Information and Communication Convergence Engineering, 20*(2), 125–130.
- Baihaqi, M. Y., Lumoindong, C. W. D., & Vincent, V. (2021). Simulasi Perbandingan Filter Savitzky Golay dan Filter Low Pass Butterworth pada Orde Ketiga Sebagai Pembatal Kebisingan. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi, 1*(2), 226–232. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v1i2.4294>
- Barco, J., Guerra, A., Muñoz, L., & Quijano, N. (2017). Optimal Routing and Scheduling of Charge for Electric Vehicles: A Case Study. *Mathematical Problems in Engineering, 2017*. <https://doi.org/10.1155/2017/8509783>
- Chalifatullah, F. A., Pambudi, W. S., & Masfufiah, I. (2022). Implementasi Moving Average dan Kalman Filter pada Wireless Odometer untuk Informasi Service Kendaraan Bermotor. *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika (JSON), 4*(1), 156. <https://doi.org/10.30865/json.v4i1.4899>
- Djuriatno, W., Maulana, E., & Arisandi, E. D. (2019). *Velocity measurement based on inertial measuring unit. 17*(4), 1898–1906.

- <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v17i4.11826>
- Farida, A., & Rosalina, F. (2020). Pelatihan Dasar-Dasar Pengoperasian GPS Garmin Bagi Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sorong. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 2(1), 47–56.
- Fitria, I., & Hasanah, P. (2019). Penerapan Algoritma Kalman Filter dalam Prediksi Kecepatan Angin di Kota Balikpapan. *SPECTA Journal of Technology*, 1(2), 25–32. <https://doi.org/10.35718/specta.v1i2.78>
- Indrayani, I., & Asfiati, S. (2018). Pencemaran Udara Akibat Kinerja Lalu-Lintas Kendaraan Bermotor Di Kota Medan. *Jurnal Permukiman*, 13(1), 13. <https://doi.org/10.31815/jp.2018.13.13-20>
- Ismiyati, I., Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, 1(3), 241. <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v1i3.23>
- Istiqomah, N., Yuliana, M., & Santoso, B. (2022). Jurnal Politeknik Caltex Riau Mekanisme Peningkatan Reciprocity Channel Probing Pada LoRaWAN Menggunakan Savitzky Golay Filter. *Jurnal Politeknik Caltex Riau*, 8(1), 168–177.
- Lupita, C. P., & Istirokhatun, T. (2013). Analisis Pengaruh Umur Mesin, Periode Servis dan Jarak Tempuh Terhadap Konsentrasi Emisi CO, NO X, HC dan CO₂ pada Sepeda Motor Tipe Sport (Studi Kasus: Motor Yamaha Vixion). <https://Media.Neliti.Com/Media/Publications/146828-ID-None.Pdf>, X, 1–9.
- Nurtanto, M. (2019). Tune-Up Motorcycle: Small Engine Repair Service Di Pendidikan Teknik Mesin-Untirta. *Widya Laksana*, 8(1), 13–21. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=qGtIcYUAAAJ&cstart=100&pagesize=100&citation_for_view=qGtIcYUAAAJ:ZeXyd9-uunAC
- Santosa, I. E. (2013). Penerapan Penghalusan Savitzky-Golay pada Pengukuran Konsentrasi Etilen dengan Detektor Fotoakustik. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 3(2), 37–43.
- Saputro, H. I., Martanto, E. A., & Yuminarti, U. (2022). Analisis emisi gas buang kendaraan bermotor (angkutan umum penumpang) di Kabupaten Manokwari. *Cassowary*, 5(1), 35–47. <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v5.i1.100>
- Sibuea, F. P. J., Hadianastuti, F. L., & Fatmawati, T. (2023). Rancangan Aplikasi Pengingat Waktu Servis Kendaraan Bermotor Berbasis IoT dan Android. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 19(1), 117–124.