

## Implementasi Sensor Fusion untuk Peningkatan Akurasi Sensor GPS

T. A. Nugroho, M. Hutagalung, M.A. Susantio, V. Jeremias, Y. Yonata

Institut Teknologi Harapan Bangsa

[tunggul@gmail.com](mailto:tunggul@gmail.com)

**Abstract.** Pada sektor transportasi dan stasiun pemantau cuaca, GPS (Global Positioning System) memegang peranan penting dalam perkembangannya. GPS seringkali mengalami kendala hilangnya sinyal atau gangguan luar lainnya, seperti cuaca buruk atau sinyal GPS yang tertahan pada lapisan atmosfer. Oleh karena itu, diperlukan suatu perangkat lain atau sensor untuk mendukung kinerja GPS. Dengan adanya sensor gyroscope dan accelerometer diharapkan dapat memperbaiki kinerja GPS dan dapat menggantikan GPS sementara apabila GPS mengalami gangguan. Pemodelan dan perancangan sebuah sensor fusion diperlukan untuk membantu kinerja dan meningkatkan akurasi GPS dalam membaca suatu posisi dan kecepatan. Implementasi sensor fusion tersebut akan memudahkan para pengguna GPS, terutama untuk navigasi agar lokasi dan kecepatan yang didapatkan lebih akurat

**Kata Kunci:** GPS, sensor fusion, sensor gyroscope, sensor accelerometer, stasiun pemantau cuaca

### 1. Pendahuluan

Sejak pemanfaatan GPS untuk kepentingan sipil diperbolehkan, penggunaan GPS semakin lama semakin luas, hampir seluruh lapisan masyarakat fasih menggunakan teknologi GPS. Namun adakalanya GPS *receiver* mengalami ketidakakuratan yang disebabkan oleh berbagai hal seperti sinyal sulit menembus lapisan Ionisfer dan Troposfer, posisi satelit, dan interferensi sinyal radio (Haryanti & Kusumaningrum, 2010)(Ekawati, 2010).

Beberapa percobaan terkait dengan akurasi GPS sudah banyak dilakukan, salah satunya yang dilakukan oleh Mayhew yang menggunakan *multi-rate sensor fusion* untuk meningkatkan akurasi GPS (Mayhew, 1999). Mahasiswa dari Riau juga sudah mencoba untuk meningkatkan akurasi GPS dengan menggunakan algoritma *neural network backpropagation* pada sistem WPS (Susantok, Kurniawan, & Azwar, 2013).

*Sensor fusion* merupakan cara yang paling banyak digunakan untuk mendapatkan akurasi yang presisi terutama untuk keakuratan GPS. Selain digunakan untuk GPS, *sensor fusion* juga sudah banyak diterapkan pada aplikasi lain seperti *sensor fusion* menggunakan accelerometer rate gyro (ARG) untuk estimasi sudut Euler pada wahana terbang (Ariyanto, 2015), implementasi sensor *accelerometer*, *gyroscope* dan *magnetometer* berbasis

mikrokontroler untuk menampilkan posisi benda menggunakan *Inertial Navigation System* (INS) (Pramana, 2013) dan implementasi *sensor fusion* untuk mengukur ketinggian berdasarkan pengukuran barometer dan inersia (Sabatini & Genovese, 2014).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dirancang sebuah sistem dari *sensor fusion* dengan menggabungkan GPS dengan sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Hasil penggabungan data dari sensor akan dimodelkan menggunakan filter Kalman dan akan disusun algoritma untuk menyelesaikan permasalahan keakuratan GPS.

Filter Kalman sudah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi. Perhitungan dapat dibuktikan untuk menghasilkan nilai yang mendekati aslinya, bahkan sama persis. Filter Kalman dapat diaplikasikan untuk mencari *multirate multisensor fusion data* untuk sistem linear (Safari, Shabani, & Simon, 2014) dan pada pesawat tanpa awak (Ardiantara, Sumiharto, & Wibowo, 2014).

*Sensor fusion* yang dirancang dan diimplementasikan dalam penelitian ini akan diuji dengan cara membandingkan dengan *GPS tracker smartphone* dan *GPS tracker device*. Hasil pengujian tersebut diharapkan, nilai yang dihasilkan oleh GPS akan semakin akurat dan presisi, serta mengurangi persentase kesalahan.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah model *sensor fusion* berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

## 2. Formulasi Masalah

GPS merupakan inti dari sistem *sensor fusion*. Sensor GPS yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. GPS menggunakan format NMEA dan mengambil nilai \$GPRMC. Format data \$GPRMC memiliki bentuk seperti dibawah ini :

```
$GPRMC,030426.200,A,0653.3442,S,10736.9711,E,0.08,87.76,020317,,A*4F.
```

Cara pembacaan format NMEA \$GPRMC :

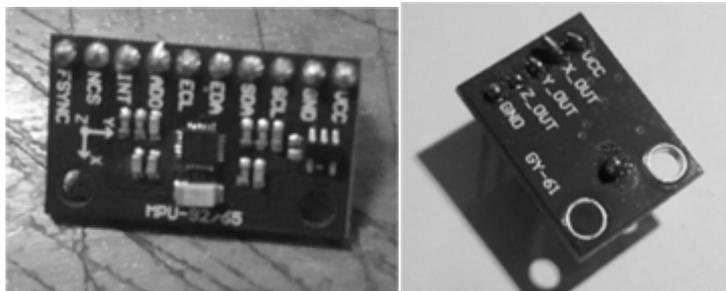
1. 030426 = Waktu Fix 03:04:26
2. A = Peringatan GPS receiver
3. (A:Baik, V>Error)
4. 0653.3442, S = *Latitude* 6°, 53.3442 min Selatan
5. 10736.9711, E = *Longitude* 107°, 36.9711 min Timur
6. 0.08 = Kecepatan dalam knot
7. 020317 = Date Fix 2 Maret 2017

Data yang akan digunakan dalam pemodelan *sensor fusion* adalah data *latitude*, *longitude* dan kecepatan secara *real-time*. Selanjutnya data tersebut akan diolah, lalu dikonversi ke format Google Maps untuk *latitude* dan *longitude* serta dikonversi menjadi km/jam untuk kecepatan. Data tersebut akan digabungkan dengan data dari 2 sensor lain yaitu sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer* yang ditunjukkan pada Gambar 2. Gabungan ketiga sensor tersebut akan membentuk suatu sistem *sensor fusion*.

Sensor *gyroscope* akan menghasilkan nilai kecepatan dan sudut, dimana kedua komponen ini akan menentukan posisi arah dan jarak yang akan dikonversi ke nilai posisi. Sedangkan sensor *accelerometer* digunakan untuk mendapatkan nilai percepatan.



Gambar 1. Sensor GPS + Antenna



Gambar 2. Sensor gyroscope dan accelerometer

Semua komponen akan dihitung atau dimodelkan dengan model matematika filter Kalman. Filter Kalman atau yang biasa dikenal dengan *Linear Quadratic Estimation* (LQE) merupakan estimator yang handal. Filter Kalman dapat melakukan estimasi dengan meminimalkan *noise* atau konvariance.

Dalam pemodelan filter Kalman, terdapat tahapan yang harus diikuti untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Tahapan perhitungan filter Kalman dapat dibagi menjadi 2 yaitu proses *filtering* dan proses *fusion*. Proses pertama dapat digambarkan dengan rumus berikut:

$$x(k) = \begin{bmatrix} x + \Delta t * \dot{x} + \Delta t^2 * \ddot{x} + a * \frac{1}{2} \Delta t^2 \\ \dot{x} + \Delta t * \ddot{x} + a * \Delta t \\ \ddot{x} + a \end{bmatrix} \quad (1)$$

Rumus di atas akan menunjukkan posisi, kecepatan dan percepatan yang dialami masing-masing sensor. Setelah melakukan filtering pada sensor, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan fusion pada sensor-sensor dengan perumusan sebagai berikut:

$$W = \frac{e_{est}}{e_{est} + e_{mea}} \quad (2)$$

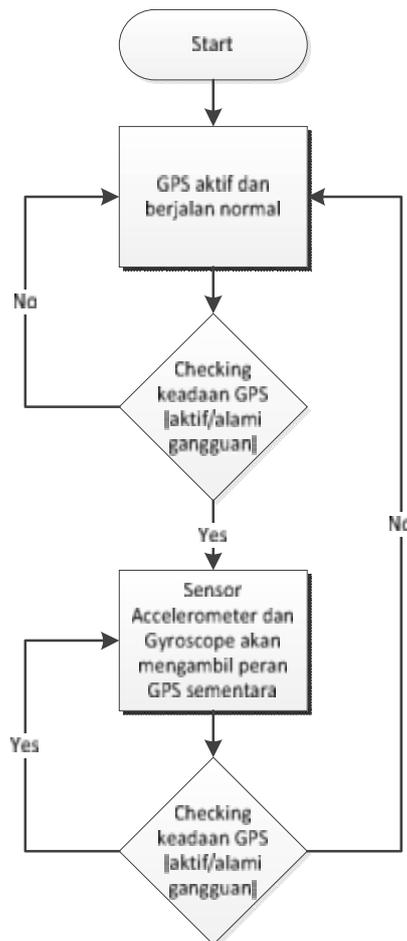
$$Est_t = Est_{t-1} + W(Mea - Est_{t-1}) \quad (3)$$

$$e_{Est_t} = [1 - W](e_{Est_{t-1}}) \quad (4)$$

Keterangan rumus adalah  $KG = kalman\ gain$ ,  $e_{est} = estimasi\ error$ ,  $e_{mea} = error$  saat pengukuran,  $Est_t = estimasi\ saat\ ini$ ,  $Est_{t-1} = estimasi\ sebelumnya$ ,  $Mea = hasil\ pengukuran$ ,  $e_{Est_t} = estimasi\ error\ saat\ ini$ ,  $e_{Est_{t-1}} = estimasi\ error\ sebelumnya$ . Dengan menggunakan persamaan tersebut, akan didapatkan nilai estimasi dari posisi dan kecepatan beserta estimasi *error*-nya sehingga nilai dari proses *sensor fusion* ini akan mendekati nilai dari pembandingnya (*true value*).

### 3. Algoritma dan Pemodelan *Sensor fusion*

Algoritma dari *sensor fusion* ini disusun secara sistematis dan mudah untuk dipahami. Algoritma ini akan memiliki 2 kondisi yaitu pada saat GPS dalam keadaan aktif (A) dan GPS dalam keadaan mengalami gangguan (V) seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Algoritma *sensor fusion*

Dengan menggunakan algoritma *sensor fusion* dapat diketahui bahwa kondisi dari GPS akan menentukan bagaimana cara kerja dari sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer* sehingga kedua sensor tersebut dapat terus membantu kinerja GPS baik dalam kondisi baik maupun menjadi pengganti GPS apabila GPS sedang mengalami gangguan.

Pemodelan *sensor fusion* akan dilakukan dengan menggunakan model filter Kalman dan menggunakan perangkat lunak arduino. Pemodelan akan dilakukan pada penentuan posisi dan kecepatan.

### 3.1. Pemodelan Sensor Fusion untuk Posisi

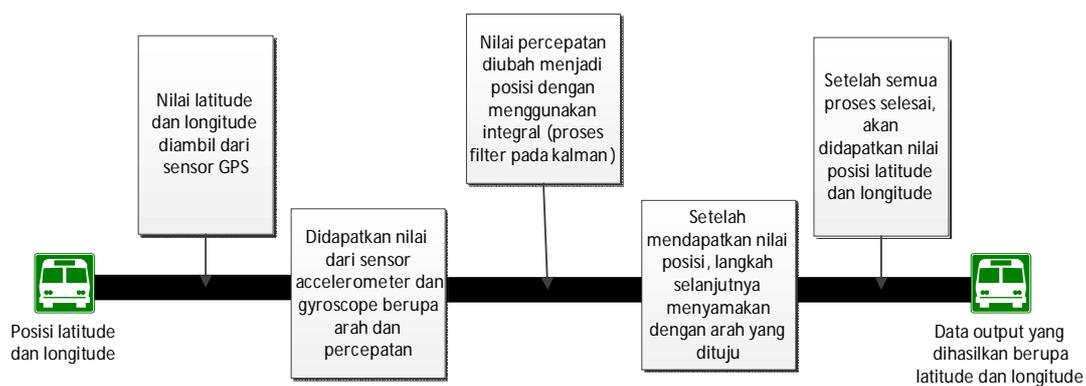
Pada pemodelan posisi akan digunakan 2 sensor yaitu sensor GPS, sensor *gyroscope*. Sensor GPS akan menghasilkan data posisi *latitude* dan *longitude*. Sedangkan sensor *gyroscope* akan menghasilkan data kemiringan sudut, jarak dan kecepatan. Pemodelan sensor fusion untuk posisi dapat dilihat pada Gambar 4.

### 3.2. Pemodelan Sensor Fusion untuk Kecepatan

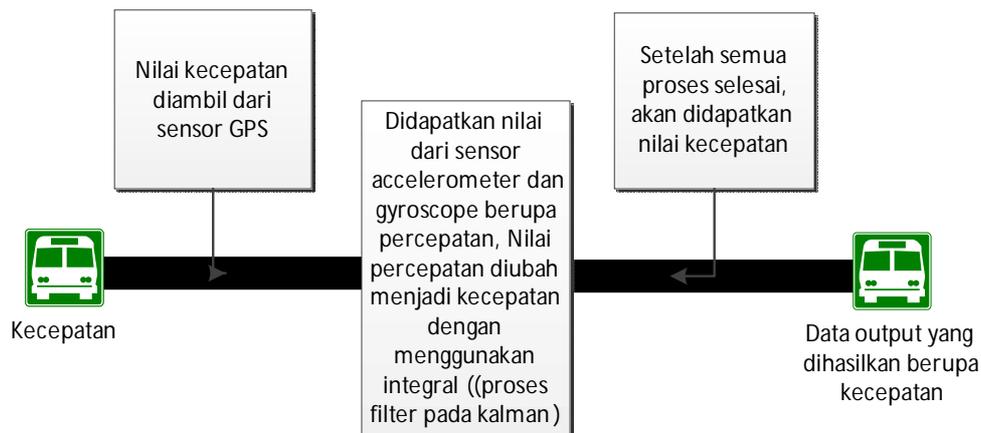
Pada pemodelan posisi akan digunakan 2 sensor yaitu sensor GPS, sensor *accelerometer*. Sensor GPS akan menghasilkan data kecepatan. Sedangkan sensor *accelerometer* akan menghasilkan data percepatan. Pemodelan sensor fusion untuk posisi dapat dilihat pada Gambar 5.

## 4. Pengujian Sensor fusion

Pengujian *sensor fusion* secara garis besar dibagi kedalam 2 bagian, yaitu pengujian posisi dan pengujian kecepatan. Pengujian posisi *longitude* dan *latitude* dapat dikatakan akurat apabila memiliki margin *error* sekitar 300 m. Pengujian posisi *longitude* dan *latitude* dapat dikatakan akurat apabila memiliki margin *error* sekitar 4 km/jam. Berikut beberapa skenario pengujian yang dilakukan:



Gambar 4 Pemodelan posisi latitude dan longitude



Gambar 5 Pemodelan kecepatan

#### 4.1. Pengujian posisi dengan sensor fusion

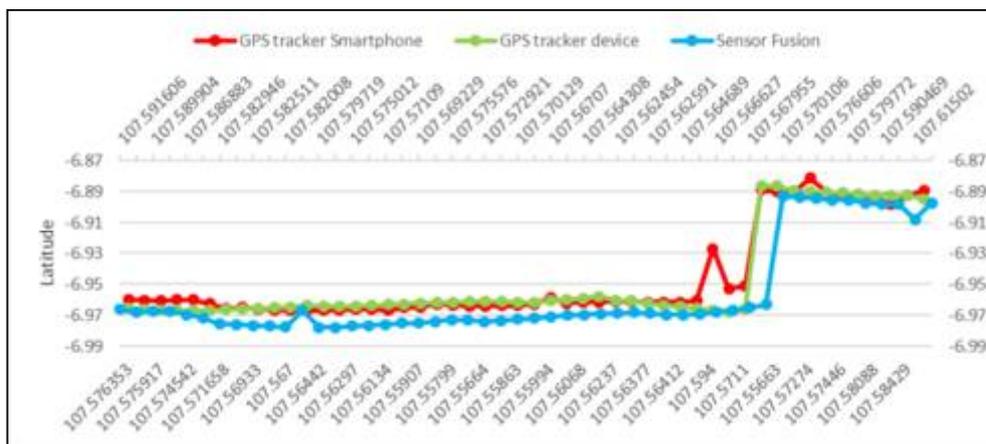
*Sensor fusion* perlu diuji untuk mengetahui seberapa akurat posisi yang ditunjukkannya. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai yang dihasilkan oleh *sensor fusion*, *GPS tracker smartphone* dan *GPS tracker device*. Langkah pertama, ketiga perangkat tersebut dibawa ke sebuah lokasi lalu berhenti di situ. Pada saat itu, *sensor fusion* dan *GPS tracker* akan menghasilkan data pembacaan posisi, kemudian data tersebut direkam oleh masing-masing perangkat. Hasil rekaman ini akan disimpan dalam *file Excel*. Contoh hasil data yang disimpan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

Format GPS yang digunakan dalam pengujian ini adalah format dari Google Maps. Gambar 7 menunjukkan grafik perbandingan *latitude* dan *longitude* antara *sensor fusion*, *GPS tracker smartphone* dan *GPS tracker device*. Antara *sensor fusion* dengan *GPS tracker smartphone* margin *error latitude* sekitar 0.47 km dan margin *error longitude* sekitar 0.22 km, sedangkan antara *sensor fusion* dengan *GPS tracker device* margin *error latitude* sekitar 0.8 km dan margin *error longitude* sekitar 0.25 km.

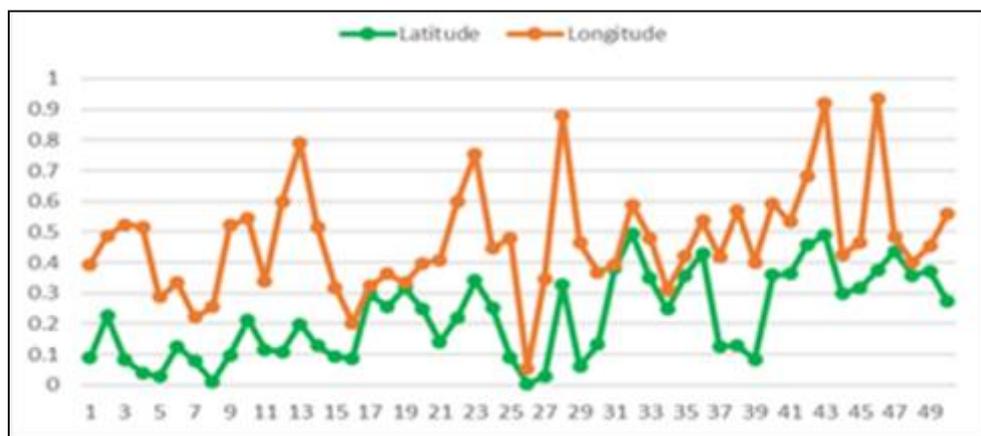
Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian posisi ini adalah nilai *sensor fusion* terhadap GPS smartphone kurang akurat, hal ini dapat terjadi karena kondisi GPS smartphone yang kurang stabil. Sedangkan nilai *sensor fusion* dengan GPS device dapat dikatakan akurat karena masih dalam batas margin *error*. Margin *error* dari pengujian *sensor fusion* terhadap GPS tracker *device* dapat dilihat pada gambar 8.

Latitude			Longitude		
Hasil Posisi - GPS Device	GPS Tracker Smartphone	GPS Tracker Device	Hasil Posisi - GPS Device	GPS Tracker Smartphone	GPS Tracker Device
-6.99223	-6.99	-6.99240	101.71888	101.7188	101.71883
-6.99247	-6.9922	-6.99207	101.71873	101.7188	101.71883
-6.99273	-6.9924	-6.9921	101.71864	101.7188	101.71887
-6.99298	-6.9926	-6.99275	101.71855	101.71848	101.71887
-6.99324	-6.9929	-6.99277	101.71846	101.7184	101.71883

Gambar 6 Hasil data yang disimpan



Gambar 7 Hasil perbandingan latitude antara sensor fusion, GPS tracker device, dan GPS tracker smartphone



Gambar 8 Hasil perbandingan latitude antara sensor fusion, GPS tracker device, dan GPS tracker smartphone.

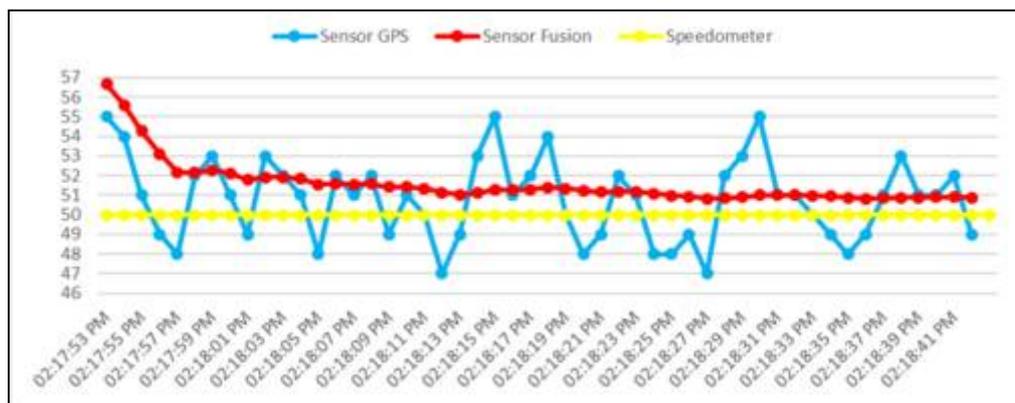
#### 4.2. Pengujian kecepatan dengan sensor fusion saat kecepatan konstan dan tidak konstan

*Sensor fusion* perlu diuji untuk mengetahui seberapa akurat kecepatan baik saat konstan maupun saat tidak konstan. ini dilakukan dengan membandingkan nilai yang dihasilkan oleh sensor GPS, *sensor fusion* dan *true value*. *True value* yang digunakan pada pengujian ini adalah speedometer dengan asumsi nilai yang dihasilkan akurat atau ideal. Langkah pertama, ketiga perangkat dibawa dengan menggunakan mobil. Mobil tersebut akan terus bergerak dan *sensor fusion*, sensor GPS serta speedometer akan menghasilkan data pembacaan kecepatan, kemudian data tersebut direkam oleh masing-masing perangkat. Pengujian akan dilakukan sebanyak 2x, pengujian 1 pada *sensor fusion* dalam kondisi kecepatan konstan dan pengujian 2 *sensor fusion* dalam kondisi kecepatan tidak konstan. Hasil perbandingan kecepatan konstan dapat dilihat pada gambar 9.

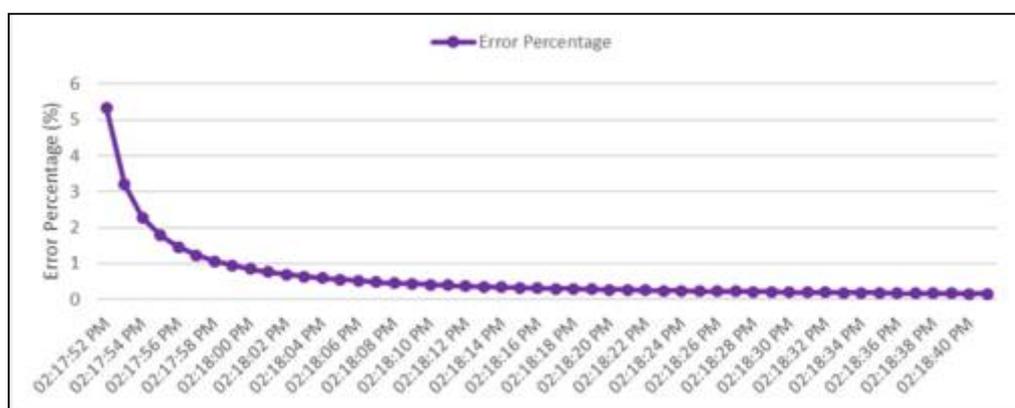
Pada gambar 9 kecepatan dari *sensor fusion* dibandingkan dengan Speedometer memiliki margin *error* sekitar 1.57 km/jam. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian kecepatan konstan ini adalah nilai *sensor fusion* dengan Speedometer memiliki nilai yang

akurat karena masih dalam batas margin error. Gambar 10 menunjukkan grafik dari *error* yang di alami oleh *sensor fusion* dalam persentase.

Hasil analisa pada grafik margin *error* pada *sensor fusion* kecepatan konstan dengan speedometer mengalami penurunan sehingga dapat dikatakan nilai kecepatan akan menjadi semakin akurat. Hasil perbandingan kecepatan tidak konstan dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 9 Hasil perbandingan antara measurement saat ini (sensor GPS), estimasi saat ini (sensor fusion) dan true value (speedometer).



Gambar 10. Hasil persentase error yang dialami oleh sensor fusion pada kecepatan konstan

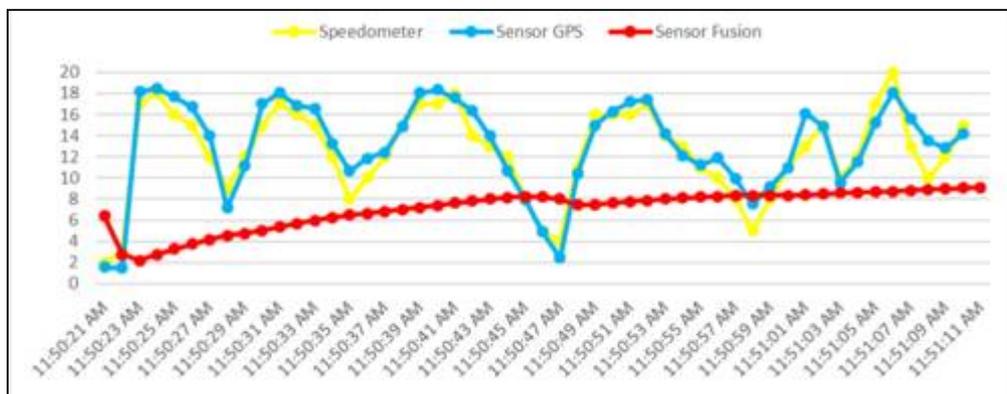
Pada gambar 11 kecepatan dari *sensor fusion* dibandingkan dengan Speedometer memiliki margin eror sekitar 5.86 km/jam. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian kecepatan tidak konstan ini adalah nilai *sensor fusion* dengan Spedometer memiliki nilai yang tidak akurat. Hal ini disebabkan karena filter Kalman melakukan perbaikan pada sensor GPS dengan cara bertahap dan perlahan sehingga apabila kecepatan tidak konstan maka nilai dari *sensor fusion* akan mengalami eror yang cukup besar namun perlahan mampu mendekati true value. Gambar 12 menunjukkan grafik dari eror yang di alami oleh *sensor fusion* dalam persentase.

Hasil analisa pada grafik margin *error* pada *sensor fusion* kecepatan tidak konstan dengan speedometer mengalami penurunan meskipun tidak selalu turun karena disebabkan

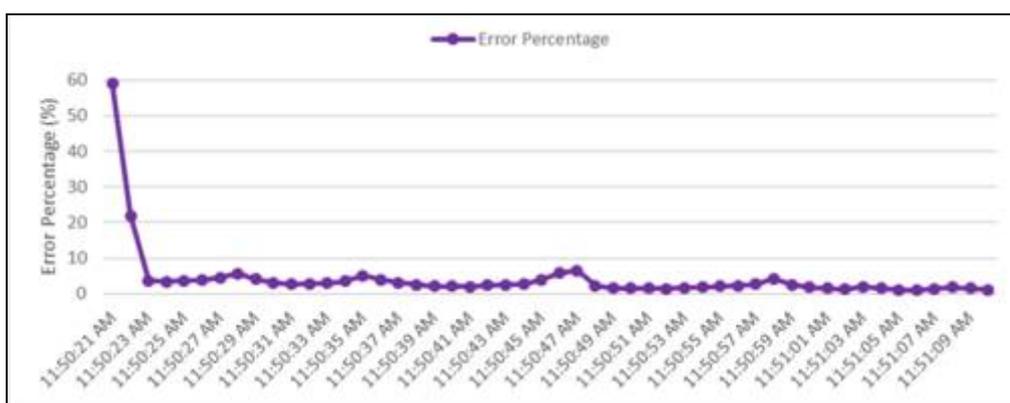
error pada sensor saat pengukuran sehingga dapat dikatakan nilai kecepatan akan menjadi semakin akurat.

#### 4.3. Pengujian kecepatan dengan sensor fusion saat kecepatan naik dan turun secara konstan

*Sensor fusion* perlu diuji untuk mengetahui seberapa akurat kecepatan baik saat kecepatan naik maupun turun. ini dilakukan dengan membandingkan nilai yang dihasilkan oleh sensor GPS, *sensor fusion* dan *true value*. *True value* yang digunakan pada pengujian ini adalah speedometer dengan asumsi nilai yang dihasilkan akurat atau ideal. Langkah pertama, ketiga perangkat dibawa dengan menggunakan mobil. Mobil tersebut akan terus bergerak dan *sensor fusion*, sensor GPS serta speedometer akan menghasilkan data pembacaan kecepatan, kemudian data tersebut direkam oleh masing-masing perangkat. Hasil perbandingan dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 11 Hasil perbandingan antara *measurement* saat ini (sensor GPS), estimasi saat ini (*sensor fusion*) dan *true value* (spedometer).

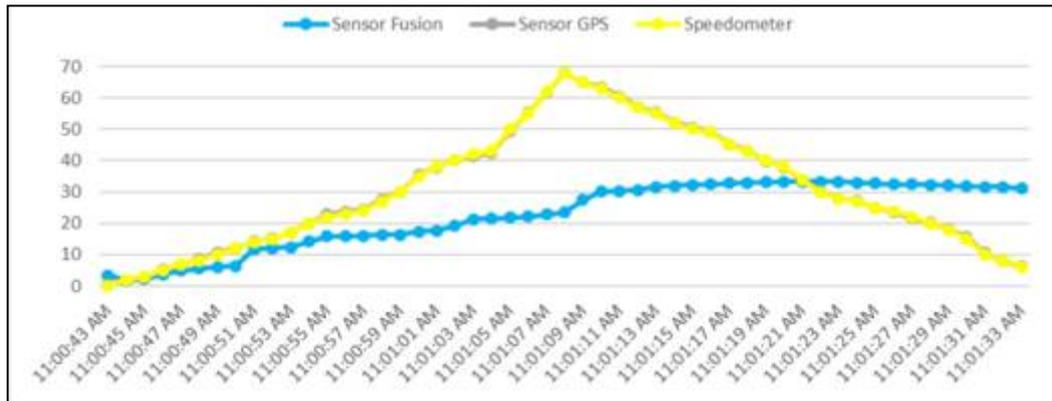


Gambar 12 Hasil persentase yang dialami oleh sensor fusion pada kecepatan tidak konstan

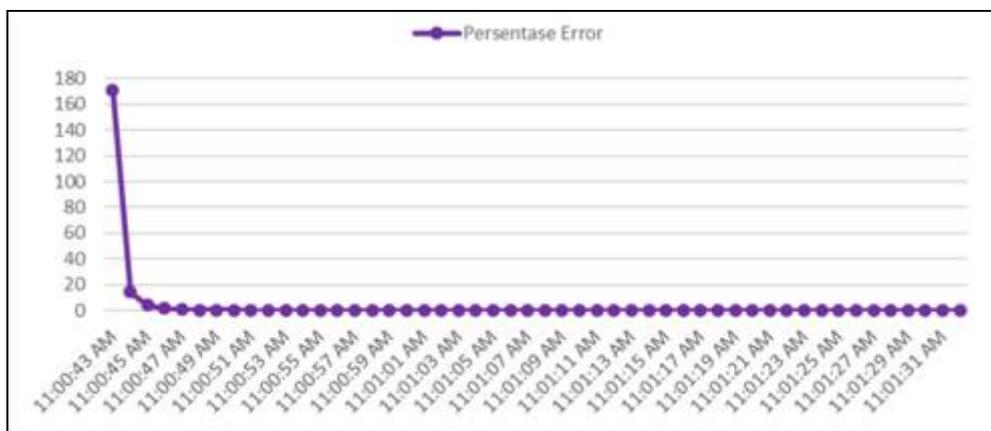
Pada Gambar 13 kecepatan dari *sensor fusion* dibandingkan dengan Speedometer memiliki margin *error* sekitar 14.33 km/jam. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian kecepatan ini adalah nilai *sensor fusion* dengan Spedometer memiliki nilai yang tidak akurat. Hal ini disebabkan karena filter Kalman melakukan perbaikan pada sensor GPS dengan cara

bertahap dan perlahan sehingga apabila kecepatan naik dan turun secara konstan maka nilai dari *sensor fusion* akan mengalami *error* yang cukup besar, kemungkinan besar hal ini disebabkan oleh kesalahan pada perhitungan. Gambar 14 menunjukkan grafik dari *error* yang di alami oleh *sensor fusion* dalam persentase.

Hasil analisa pada grafik margin *error* pada kecepatan *sensor fusion* kecepatan tidak terlalu terlihat karena pada awal pengujian *error* yang dialami cukup besar dan *error* yang dialami oleh sensor cukup bervariasi dan tidak stabil.



Gambar 13 Hasil perbandingan antara *measurement* saat ini (sensor GPS), estimasi saat ini (*sensor fusion*) dan *true value* (spedometer).



Gambar 14 Hasil persentase yang dialami oleh *sensor fusion* pada kecepatan naik dan turun secara konstan

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, pemodelan, implementasi dan pengujian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam pengujian posisi latitude dan longitude *sensor fusion* dapat bekerja dengan baik dan akurat dengan margin masih dibawah 300m. Sedangkan dalam kondisi tanpa GPS error dari *sensor fusion* cukup besar semakin lama sehingga dapat dikategorikan tidak akurat.
2. Dalam pengujian kecepatan *sensor fusion* dapat bekerja dengan baik dan akurat pada saat kecepatan konstan, sedangkan pada saat kecepatan tidak konstan, error yang terjadi cukup

besar. Pada saat *sensor fusion* berdiri sendiri tanpa sensor GPS nilai error yang terjadi cukup besar dan rata-rata berada diatas margin error sehingga dapat dikategorikan tidak akurat.

Sensor fusion yang dirancang dan dimodelkan masih kurang sempurna. Oleh sebab itu perkembangan kearah yang lebih baik maka perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan keakuratan. Adapun saran-saran terhadap pengembangan sistem sensor fusion pada GPS ini sebagai berikut:

1. Menggunakan algoritma selain kalman filter untuk mencari algoritma yang paling baik untuk diterapkan pada sistem sensor fusion pada GPS ini.
2. Mencari penyebab error yang terjadi pada saat pengujian sensor fusion kecepatan tidak konstan.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai dalam program hibah Penelitian Produk Terapan Tahun Anggaran 2017 untuk bidang riset Teknologi Informasi oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Koordinator Perguruan Tinggi Swasta Wilayah IV Jawa Barat-Banten.

## Daftar Referensi

- Ardiantara, P. S., Sumiharto R., & Wibowo, S. B. (2014). Purwarupa Kontrol Kestabilan Posisi dan Sikap pada Pesawat Tanpa Awak Menggunakan IMU dan Algoritma Fusion Sensor Kalman Filter. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 4(1), 25–34. <http://doi.org/10.22146/ijeis.4219>.
- Ariyanto, M. (2015). Sensor Fusion Menggunakan Accelerometer Rate Gyro (ARG) untuk Estimasi Sudut Euler pada Wahana Terbang. *ROTASI*, 17(2), 84–92.
- Ekawati, S. (2010). Pengaruh Geometri Satelit dan Ionosfer dalam Kesalahan Penentuan Posisi GPS. *Berita Dirgantara*, 11(Juni), 59–65.
- Haryanti, M., & Kusumaningrum, N. (2010). Aplikasi Accelerometer 3 Axis Untuk Mengukur Sudut Kemiringan (Tilt) Engineering Model Satelit di Atas Air Bearing. *TESLA Jurnal Teknik Elektro UNTAR*, 10(2), 55.
- Mayhew, D. M. (1999). *Multi-rate sensor fusion for GPS navigation using Kalman filtering*. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Pramana, Y. A. (2013). *Implementasi Sensor Accelerometer, Gyroscope Dan Magnetometer Berbasis Mikrokontroler Untuk Menampilkan Posisi Benda Menggunakan Inertial Navigation System (Ins)*. Indonesia Computer University.
- Sabatini, A. M., & Genovese, V. (2014). A sensor fusion method for tracking vertical velocity and height based on inertial and barometric altimeter measurements. *Sensors (Switzerland)*, 14(8), 13324–13347. <http://doi.org/10.3390/s140813324>.
- Safari, S., Shabani, F., & Simon, D. (2014). Multirate multisensor data fusion for linear systems using Kalman filters and a neural network. *Aerospace Science and Technology*, 39, 465–471. <http://doi.org/DOI 10.1016/j.ast.2014.06.005>.
- Susantok, M., Kurniawan, A., & Azwar, H. (2013). Wifi Positioning System (WPS) Menggunakan Algoritma Neural Network Backpropagation di Area Kampus Politeknik Caltex Riau. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 1(2), 130–141.