

Analisis Percepatan Sentripetal dan Kemiringan Sudut pada Sepeda yang Bergerak Melingkar Menggunakan Sensor Gyroscope dan Accelerometer pada *Smartphone*

Risky Afandi Putri^{1,a)}, Sitri Wuryanti^{1,b)}, Nela Guspita^{1,c)} dan
Triati Dewi Kencana Wungu^{2,d)}

¹Program Magister Pengajaran Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika, Program Studi Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha No. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)}riskyafandi15@gmail.com (corresponding author)

^{b)}sitri.wuryanti@students.itb.ac.id

^{c)}Nelaguspita120891@gmail.com

^{d)}triati@fi.itb.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesebandingan antara percepatan sentripetal sepeda yang bergerak pada lintasan melingkar terhadap kemiringan sudut menggunakan sensor pada smartphone. Pengambilan data dilakukan menggunakan dua sensor yaitu sensor Gyroscope, untuk mengukur percepatan sentripetal, dan sensor Accelerometer, untuk mengukur kemiringan sudut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada lintasan dengan radius lingkaran R nilai percepatan sentripetal sebanding dengan besarnya kemiringan sudut sepeda. Konstanta kesebandingan antara percepatan sentripetal dan kemiringan sudut (dalam $\tan \theta$) berdasarkan penelitian adalah sebesar $9,13 \text{ m/s}^2$ yang nilainya mendekati besar percepatan gravitasi Bumi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan sensor Gyroscope dan Accelerometer pada smartphone dapat diperoleh hubungan kesebandingan antara nilai percepatan sentripetal dan kemiringan sudut sepeda.

Kata-kata kunci: Smartphone, Gyroscope, Accelerometer, Sepeda.

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia pendidikan yang dipacu oleh kemajuan teknologi menjadikan peran pendidik semakin tertantang untuk menyajikan materi pembelajaran yang dapat mengikuti kecanggihan teknologi[1]. Tuntutan kurikulum 2013 yang digunakan juga menjadikan peran pendidik untuk terampil dalam menghubungkan mata pelajaran fisika dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan tugas mandiri di luar kelas untuk para siswa[2]. Namun demikian, tugas mandiri tersebut harus dilakukan dengan aman. Oleh karena itu, peneliti memilih memanfaatkan penggunaan sepeda untuk eksperimen mekanika. Selain aman digunakan, penggunaan sepeda juga mendukung program pemerintah untuk menanamkan budaya bersepeda, khususnya untuk para siswa[3].

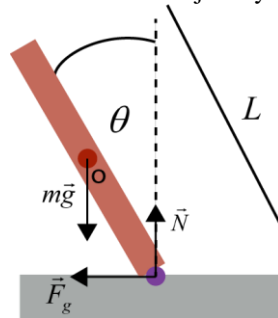
Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pembelajaran adalah dengan memanfaatkan sensor pada *smartphone*. Selain digunakan sebagai alat komunikasi, sensor pada *smartphone* juga dapat dimanfaatkan untuk eksperimen pembelajaran mekanika[4], listrik magnet[5], optik[6], osilasi dan gelombang[7]. Pembahasan mekanika seperti pengukuran gravitasi bumi[8], pengukuran percepatan sentripetal[9], analisis pergerakan

bandul ganda[10] dan pengukuran percepatan sudut melalui pendulum fisis dengan menggunakan sensor pada *smartphone*[11] telah banyak dilakukan.

Beberapa sensor yang terdapat pada *smartphone* diantaranya adalah sensor Gyroscope dan Accelerometer. Pada dasarnya sensor Gyroscope dan sensor Accelerometer pada *smartphone* digunakan secara bersamaan untuk menjalankan fungsi *autorotate*[12]. Namun demikian, dengan pengembangan perangkat lunak pada *smartphone*, sensor Gyroscope juga dapat dimanfaatkan untuk kegiatan edukasi seperti mengukur percepatan sentripetal[9]. Sementara itu, sensor *Accelerometer* pada *smartphone* selain digunakan untuk menjalankan fungsi *autorotate*, sensor ini dapat juga dimanfaatkan untuk kegiatan edukasi seperti mengukur kemiringan permukaan bidang[13]. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan tujuan untuk menganalisis percepatan sentripetal dan kemiringan sudut sepeda menggunakan sensor *Gyroscope* dan *Accelerometer* pada *smartphone*.

TEORI DASAR

Gaya-gaya yang bekerja pada sepeda ketika melintas di jalan yang melingkar dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram gaya pada sepeda ketika melintas di bundaran jalan.

Gaya-gaya yang bekerja ketika sepeda bergerak melintasi bundaran jalan adalah gaya berat ($m\vec{g}$) dan gaya gesek (\vec{F}_g) antara ban dan jalan. Gaya gesek antara ban dan jalan berlaku sebagai gaya sentripetal (\vec{F}_s). Agar sepeda tetap bergerak pada lintasan melingkar, maka

$$\sum F_s = ma_s \tag{1}$$

$$F_g = ma_s \tag{2}$$

Total torsi (τ) pada sepeda yang perpusat di titik O bernilai nol. Dengan demikian diperoleh nilai percepatan sentripetal (a_s) sebagai berikut:

$$\sum \tau = N \frac{L}{2} \sin \theta - F_g \frac{L}{2} \cos \theta = 0 \tag{3}$$

$$mg \sin \theta = ma_s \cos \theta \tag{4}$$

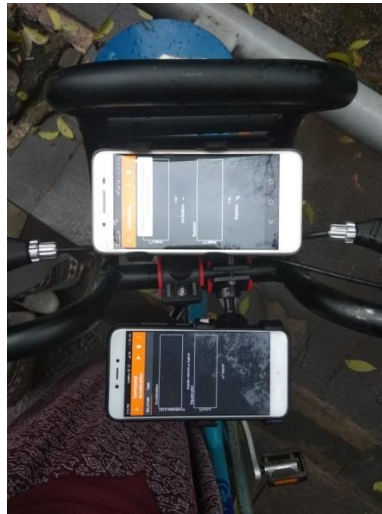
$$g \sin \theta = a_s \cos \theta \tag{5}$$

$$a_s = g \tan \theta \tag{6}$$

METODE PENELITIAN

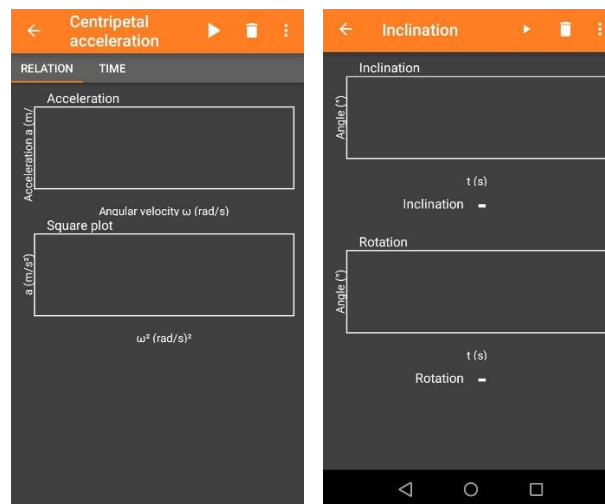
Penelitian ini dilakukan di Taman Ganesha Bandung pada tanggal 22 Oktober 2018. Metode yang dilakukan adalah eksperimen dengan mengambil data percepatan sentripetal dan sudut antara sepeda dengan garis vertikal

dengan menggunakan sensor *Gyroscope* dan sensor *Accelerometer* pada *Smartphone*. Alat dan bahan yang digunakan adalah Sepeda, *Smartphone* Xiaomi Redmi 4X dan Huawei TAG-L32, 2 buah *Smartphone* Holder, dan aplikasi *Phypox*. Kedua *smartphone* diletakkan di atas stang sepeda dengan menggunakan *Smartphone* Holder, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pemasangan *smartphone* pada stang sepeda.

Data percepatan sentripetal diukur dengan menggunakan sensor *Gyroscope* dan sudut antara sepeda dengan garis vertikal diukur menggunakan sensor *Accelerometer*. Sudut kemiringan awal ditentukan terlebih dahulu dengan cara meletakkan sepeda pada posisi sejauh R dari titik pusat bundaran jalan. Pergerakan sepeda direkam dengan menggunakan aplikasi *Phypox*, yaitu *Centripetal Acceleration* dan *Inclination* yang dapat dilihat pada gambar 3. Pengambilan data dimulai dengan menekan tombol *Start* pada aplikasi *Phypox* secara bersamaan pada kedua *smartphone* yang digunakan. Proses pengambilan data dapat dilihat pada gambar 4. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan sebanyak 6 kali.



Gambar 3. Aplikasi *Phypox* (*Centripetal Acceleration* dan *Inclination*).



Gambar 4. Pengambilan data percepatan sentripetal dan sudut antara sepeda dan garis vertical dengan menggunakan aplikasi Phypox pada *smartphone* pada lintasan melingkar.

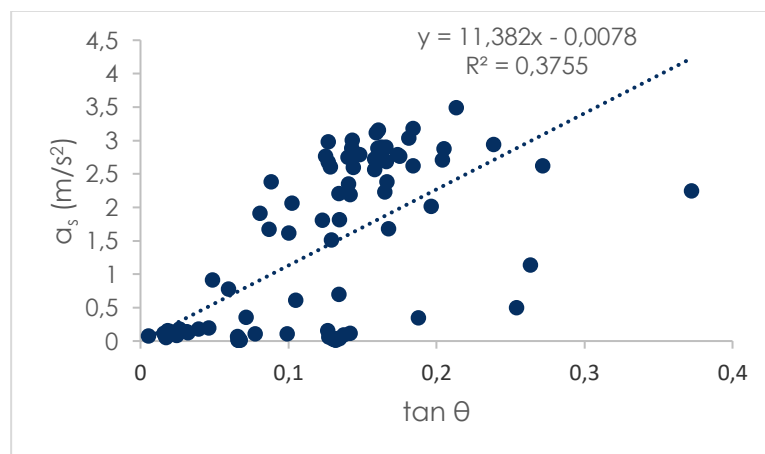
Pada gambar 4, mula-mula sepeda dalam keadaan diam. Kemudian, setelah tombol Start pada aplikasi Phypox ditekan secara bersamaan pada kedua *smartphone* yang digunakan sepeda dijalankan dengan percepatan yang semakin bertambah. Selama proses pengambilan data, sepeda dijaga agar tetap berada pada lintasan yang melingkar. Data yang diperoleh pada proses tersebut adalah percepatan sentripetal dan sudut antara sepeda dan garis vertikal. Hubungan percepatan sentripetal dan tangen sudut tersebut kemudian diregresi dengan bantuan *software excel*. Sebaran data percepatan sentripetal dan tangen sudut kemudian dianalisis dengan menggunakan standar deviasi,

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum_i x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \tag{7}$$

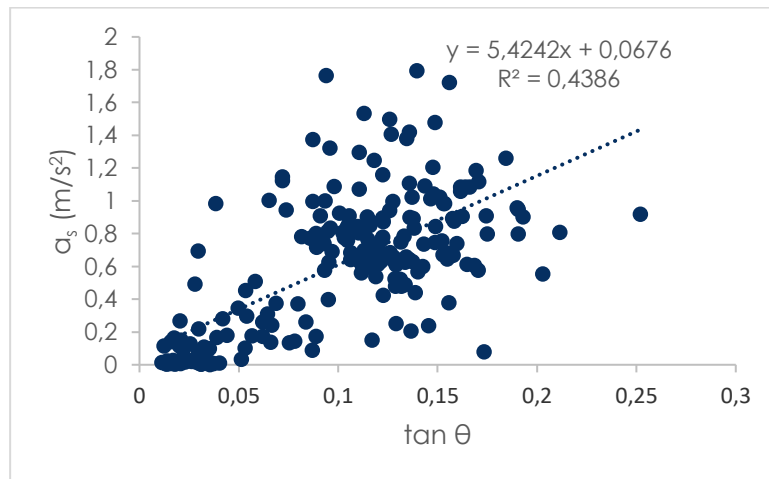
untuk melihat random error pada data yang diambil [14].

HASIL DAN PEMBAHASAN

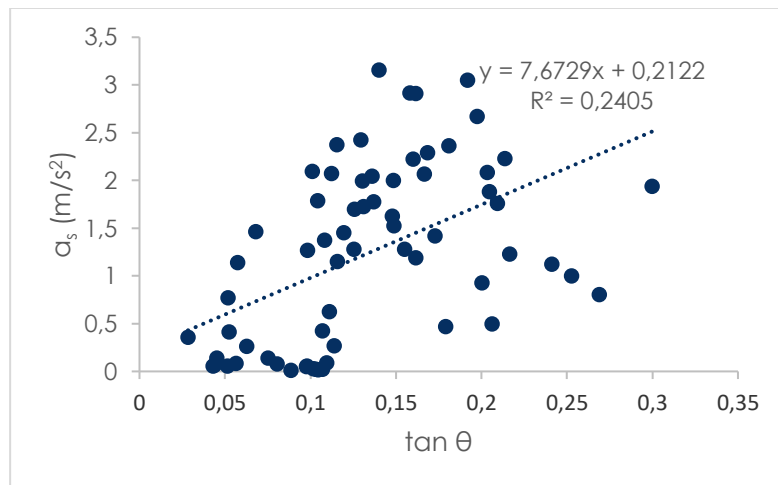
Data perubahan percepatan sentripetal dan tangen sudut yang diperoleh dari sensor Gyroscope dan Accelerometer untuk 6 kali pengambilan data dapat dilihat pada gambar 5.



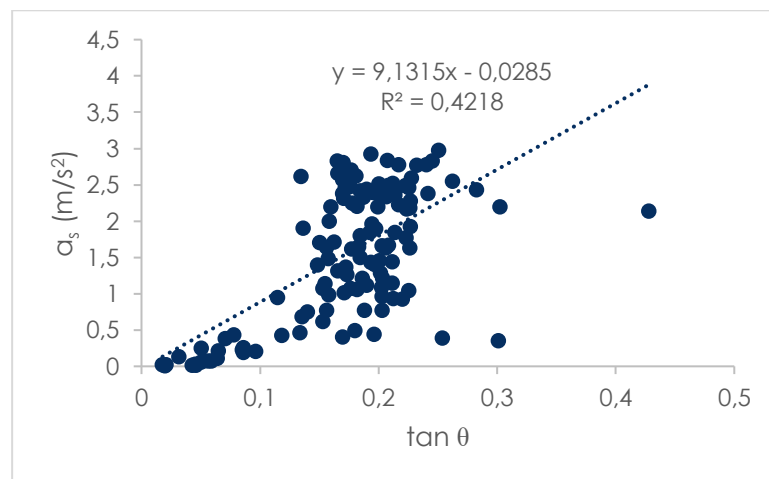
(a)



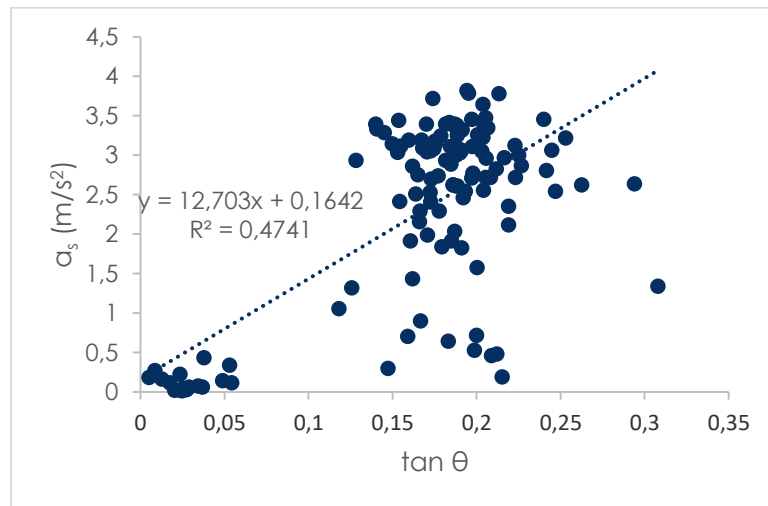
(b)



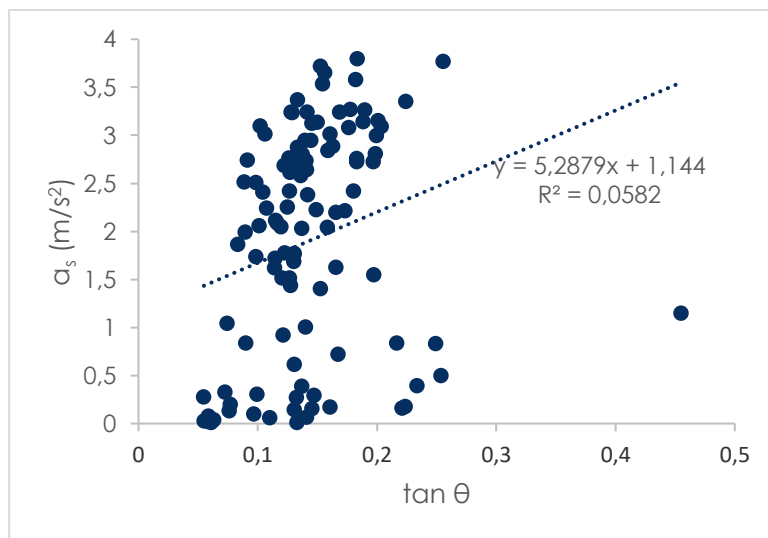
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 5. Grafik $a_s - \tan \theta$. (a) Pengambilan data ke-1, (b) Pengambilan data ke-2, (c) Pengambilan data ke-3, (d) Pengambilan data ke-4, (e) Pengambilan data ke-5, dan (f) Pengambilan data ke-6.

Dari gambar 5, diambil satu grafik yang paling optimum yaitu grafik (d) untuk dianalisis lebih lanjut. Pada dasarnya, grafik pada gambar 5 menunjukkan bahwa percepatan sentripetal sebanding dengan tangensial sudut antara sepeda dengan garis vertikal. Namun demikian, terdapat sebaran random error yang banyak, hal ini disebabkan adanya ketidakakuratan pada data. Hal ini dapat dilihat dari grafik (d) yang telah dipilih sebagai grafik yang paling optimum dengan standar deviasi (σ) sebesar 0,916 untuk percepatan sentripetal dan 0,065 untuk tangen sudut antara sepeda dengan garis vertikal. Berdasarkan data eksperimen, rata-rata percepatan sebesar $1,5 \text{ m/s}^2$ dan rata-rata $\tan\theta$ sebesar 0,17. Jika kita bandingkan dengan data standar deviasi maka kontribusi $\tan\theta$ terhadap percepatan sentripetal adalah 50%. Hal ini ditunjukkan juga oleh nilai koefisien R^2 pada regresi linier (gambar 5) yang bernilai 0,42 (42%). Standar error sebesar 50% dikarenakan beberapa faktor, diantaranya yaitu tidak tepatnya menekan tombol “Start” pada kedua *smartphone* secara bersamaan, sehingga data percepatan sentripetal dan sudut antara sepeda motor dengan garis vertikal yang diperoleh tidak simultan. Selain itu, medan jalan yang tidak rata mengakibatkan kedua *smartphone* yang terpasang pada stang sepeda menjadi tidak stabil ketika proses pengambilan data berlangsung. Kalibrasi kemiringan *smartphone* sebelum eksperimen, serta tidak tepatnya pengendara sepeda untuk tetap mengendarai sepeda pada lintasan berjari-jari R juga turut berpengaruh terhadap data yang diperoleh.

Cara yang digunakan untuk mengkonfirmasi ketepatan hasil pengukuran dapat dilihat berdasarkan konstanta kesebandingan antara percepatan sentripetal dan tangensial kemiringan sudut yang merupakan

percepatan gravitasi bumi. Percepatan gravitasi bumi diperoleh dengan mengplot grafik seperti terlihat pada gambar 5. Dengan regresi linier diperoleh percepatan gravitasi bumi pada penelitian ini sebesar $9,13 \text{ m/s}^2$ (mendekati $9,8 \text{ m/s}^2$).

KESIMPULAN

Parameter fisis yang terukur oleh sensor *Gyroscope* dan *Accelerometer* pada *smartphone* dapat digunakan untuk menganalisis percepatan sentripetal. Hasil dari penelitian ini yakni adanya kesebandingan antara percepatan sentripetal dengan kemiringan sudut sepeda. Selain itu, keakuratan data dapat terlihat dari analisis nilai gravitasi bumi yang diperoleh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi Direktorat Perguruan Tinggi atas dukungan finansialnya melalui skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi 2018 dan juga kepada Institut Teknologi Bandung melalui skema Riset Inovasi KK 2018. Penulis juga berterima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan demi terlaksananya eksperimen ini.

REFERENSI

1. Ramma, Y., dkk, *Teaching and Learning Physics Using Technology: Making a Case for The Affective Domain*. Education Inquiry, vol. 9, no. 2, 211 (2018).
2. Susilawati, S. Ristanto dan N. Khoiri, *Pembelajaran Real Laboratory dan Tugas Mandiri Fisika Pada Siswa SMK Sesuai dengan Keterampilan Abad 21*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, vol. 11, no. 1, (2015)
3. Faizah, Sofwatul, Bambang Supriadi dan Rayendra W. B., *Kajian Gerak Melingkar pada Sepeda sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA*, Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2017, vol. 2, no.1 (2017)
4. P. Vogt and J. Kuhn, *Applications and Examples of Experiments with Mobile Phones and Smartphones in Physics Lesson*, The Physics Teacher, vol 50, no. 182 (2012).
5. R. D. Septiano, D. Suhendra dan F. Iskandar, *Utilization of Magnetic Sensor in a Smartphone for Facile Magnetostatic Experiment: Magnetic Field Due to Electrical Current in Straight and Loop Wires*, Physics Education, vol. 52, no. 1 (2016).
6. Calvin Leung dan T. D. Donnelly, *Measuring The Spatial Resolution of an Optical System in an Undergraduate Optics Laboratory*, American Journal of Physics, vol 85, no. 429 (2017).
7. Jaafar, Rosly, dkk, *Visualization of Harmonic Series in Resonance Tubes Using a Smartphone*, The Physics Teach, Vol 54, no. 545 (2016).
8. A. Suciarahmat dan Y. Pramudya, *Aplikasi Sensor Smartphone dalam Ekperimen Penentuan Gravitasi*, Jurnal Fisika Indonesia, vol. XIX, no. 50 (2015).
9. Monteiro, Martín, Cecilia Cabeza, Arturo C. Marti, Patrik Vogt, dan Jochen Kuhn, *Angular Velocity And Centripetal Acceleration Relationship*, The Physics Teacher, vol 52, no. 312 (2014)
10. Nurul, Lale Putri, dkk, *Penggunaan Sensor Magnet pada Smartphone untuk Mengamati Pergerakan Bandul Ganda dalam Eksperimen Fisika*, Prosiding SNIPS, (2017).
11. Monteiro, Martin, Cecilia Cabeza dan Arturo C. Marti, *Acceleration Measurement Using Smartphone Sensors: Dealing with The Equivalence Principle*. Revista Brasileira de Ensino de Fisica, vol 37, no. 1, 1303 (2015).
12. Mourcou, Q., dkk, *Performance Evaluation of Smartphone Inertial Sensors Measurement for Range of Motion*. Sensors, vol. 15, 23169 (2015).
13. Sergiusz Łuczak, Robert Grepl, and Maciej Bodnicki, *Selection of MEMS Accelerometers for Tilt Measurements*, Journal of Sensors, vol. 2017, no. 13 (2017).
14. Sugiyono, *Metode Penelitian dan Pengembangan*, Alfabeta, Bandung (2015).