

IMPLEMENTASI SENSOR IMU MPU6050 BERBASIS SERIAL I2C PADA SELF-BALANCING ROBOT

Beny Firman¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 24 Maret 2016, revisi masuk : 5 Mei 2016, diterima: 1 Juni 2016

ABSTRACT

The development of robotics technology more rapidly lately. Products of robotics technology is favored by many circles lately, one of them is the balancing of the robot itself or by Self-Balancing Robot. In designing a Self-Balancing Robot major success factor is the conditioning in order to keep the robot required upright position. IMU is an electronic device which measure and inform the motion of an object moving one of them Self-Balancing Robot. IMU works by detecting the state of the current acceleration in real time using the Accelerometer was to detect changes in rotation occurring on the motion of the robot using the Gyroscope. Information signal combined Accelerometer and Gyroscope sensor available on MPU6050 based IMU sensor is read by an AVRATMEGA16 Microcontroller via I2C communications. The Results of IMU data readout via I2C communication indicates the motion activity Self-Balancing Robot in measurement data parameters Pitch and Roll is 0 degrees.

Keywords: Self-Balancing Robot, IMU Sensor, Accelerometer, Gyroscope, I2C.

INTISARI

Perkembangan teknologi robotika semakin pesat akhir-akhir ini. Produk dari teknologi robotik yang digemari banyak kalangan akhir-akhir ini salah satunya adalah jenis robot penyeimbang diri sendiri atau dengan nama lain *Self-Balancing Robot*. Dalam perancangan sebuah *Self-Balancing Robot* faktor utama keberhasilannya adalah pada pengondisian robot dalam menyeimbangkan keadaan robot supaya menjaga agar robot tetap pada posisi tegak lurus. IMU merupakan sebuah devais elektronik yang berfungsi mengukur dan menginformasikan gerak sebuah objek yang bergerak salah satunya *Self-Balancing Robot*. IMU bekerja dengan mendeteksi keadaan percepatan saat ini secara real time menggunakan akselerometer, sedang untuk mendeteksi perubahan pada putaran yang terjadi pada gerak robot menggunakan Gyroscope. Sinyal informasi gabungan sensor Accelerometer dan Gyroscope yang ada pada Sensor IMU berbasis MPU6050 dibaca oleh sebuah mikrokontroler AVR ATMEGA16 melalui komunikasi I2C. Hasil pembacaan data IMU melalui komunikasi I2C menunjukkan aktivitas gerak *Self-Balancing Robot* dalam pengukuran parameter data *Pitch* dan *Roll* adalah 0 derajat.

Kata kunci: Self-Balancing Robot, IMU Sensor, Akselerometer, Gyroscope, I2C.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas, baik ditinjau dari segi Produksi (*Production*), Ilmu kedokteran (*Medicine*), Pendidikan (*Education*), Hiburan (*Entertainment*), dan Perlombaan (*Competition*) (Ketaren, Ma, & Rahmawaty, 2015).

Teknologi robotika juga telah menjangkau sisi transportasi (*transportation*) jarak pendek tanpa polusi karena menggunakan sumber tenaga dari listrik contohnya robot beroda dua telah digunakan sebagai alat transportasi yang bernama Segway. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor, metode kontrol bahkan memberikan kecerdasan buatan pada robot tersebut.

¹benyfirman@akprind.ac.id

(Rokhmat, 2013). Salah satunya adalah self-balancing robot beroda dua.

Balancing robot (robot penyeimbang) beroda dua merupakan suatu *mobile robot* yang memiliki dua buah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler. *Self-balancing robot* ini merupakan pengembangan dari model pendulum terbalik yang diletakkan di atas kereta beroda yang tujuannya bagaimana caranya menahan robot agar tetap tegak berdiri tanpa kontrol dari luar. Menyeimbangkan robot beroda dua memerlukan suatu metode kontrol yang baik dan handal untuk mempertahankan posisi robot dalam keadaan tegak lurus terhadap permukaan bumi tanpa memerlukan pengendali lain dari luar.

IMU (*Inertial Measurement Unit*) merupakan suatu unit dalam modul elektronik yang mengumpulkan data kecepatan angular dan akselerasi linear yang kemudian dikirim ke CPU (*Central Processing Unit*) untuk mendapatkan data keberadaan dan pergerakan suatu benda. IMU terdiri dari kombinasi *Accelerometer* (sensor percepatan) dan *Gyroscope* (sensor kecepatan angular).

Accelerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. *Accelerometer* juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi (Ruswanto, Ningrum, & Ramli, 2011).

Akselerometer adalah sebuah devais elektromekanik yang akan mengukur gaya percepatan, sedangkan Sebuah giroskop MEMS mengambil ide dari *Foucault Pendulum* dan menggunakan elemen bergetar, dikenal sebagai MEMS (*Micro Electro-Mechanical System*). Ini memberikan tingkat sudut pada output yang akan diintegrasikan terhadap waktu untuk mendapatkan sudut. Hal ini dapat mengukur di keseluruhan 3 sumbu.

(Urdhwaresh, Bakshi, Naiknavare, & Naik, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sensor IMU MPU6050 berbasis I2C yang merupakan devais untuk mengukur akselerasi dan giroskop sebuah *Self-Balancing Robot* untuk diujikan data keseimbangannya berdasarkan acuan kerja robot penyeimbang diri.

METODE

Self-balancing robot merupakan robot yang menyeimbangkan dirinya sendiri yang memiliki dua buah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler. Menyeimbangkan balancing robot beroda dua memerlukan suatu metode kontrol yang baik dan handal untuk mempertahankan posisi robot dalam posisi tegak lurus terhadap permukaan bumi, tanpa memerlukan pengendali lain dari luar.

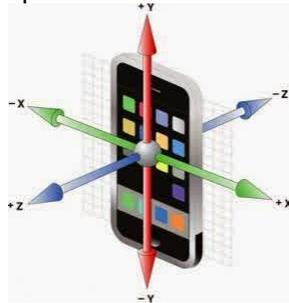
Dewasa ini telah banyak digunakan oleh penelitian di seluruh dunia dalam mengendalikan sistem tidak hanya dalam merancang robot beroda tetapi jenis lain dari robot juga seperti robot berkaki. Penelitian di Laboratorium Elektronika Industri di Federal Swiss Institute of Technology telah membangun prototipe roda dua robot di mana kontrol adalah berdasarkan pada *Digital Signal Processor*.

Ada dua jenis sensor IMU yang digunakan, digital dan analog. Sensor analog akan memberikan tingkat tegangan ke mikrokontroler untuk mewakili nilai yang diukur. Jadi mikrokontroler akan mengkonversi nilai ke digital modul ADC menggunakan sehingga dapat dihitung oleh mikrokontroler. Nilai dari *Accelerometers* akan diubah menjadi G sedangkan nilai dari giroskop akan diubah menjadi deg/s. (Zul Azfar & Hazry, 2011). Dalam penelitian ini, pembahasan lebih ke sensor IMU digital berbasis data serial I2C.

Accelerometer berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi getaran, dan bisa juga untuk percepatan gravitasi. Pendeteksian gerakan berdasarkan pada 3 sumbu yaitu kanan-kiri, atas-bawah dan depan-belakang. Contoh aplikatif *Accelerometer* seperti pada

airbag mobil yang mendeteksi percepatan, gadget elektronik, safety installation pada kendaraan.

Sensor *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan di dalamnya yang tetap stabil.



Gambar 1. Pengaplikasian Sudut pada Gadget

Gyroscope sering digunakan pada robot atau helikopter dan alat-alat canggih lainnya. *Gyroscope* adalah berupa sensor gyro untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu.

Dengan menggunakan kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* pada suatu sistem maka *Accelerometer* dapat memberikan pengukuran sudut saat sistem berada pada kondisi diam. Sedangkan pada saat sistem berotasi *Accelerometer* tidak bisa bekerja secara maksimal karena memiliki respon yang lambat. Kelemahan inilah yang dapat diatasi oleh *Gyroscope* karena sensor ini dapat membaca kecepatan sudut yang dinamis. Namun *Gyroscope* juga memiliki kelemahan yaitu proses perpindahan kecepatan sudut dalam jangka waktu yang panjang menjadi tidak akurat karena ada efek bias yang dihasilkan oleh *Gyroscope*. Contoh aplikatif kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* yaitu pada perangkat iPhone yang mengkombinasikan 2 sensor tersebut.

Dari kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* didapatkan 6 sumbu pendeteksian yaitu 3 sumbu rotasi (x, y, z) dan 3 sumbu linier (atas-bawah, kanan-kiri, depan-belakang). Output dari

kombinasi sensor ini berupa gambar yang sangat detail dan halus gerakannya dibandingkan dengan smartphone yang hanya menggunakan *Accelerometer* saja.

Inertial Measurement Unit (IMU) merupakan alat yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor. IMU adalah bagian dari navigasi system yang dikenal sebagai Inertial Navigation System atau INS. Pertama kali didemonstrasikan oleh C.S. Draper tahun 1949, IMU menjadi komponen navigasi umum dari bidang dan kapal.

GY-521 adalah sebuah modul *Inertial Measurement Unit (IMU)* yang menggunakan chip MPU-6050 dari *InvenSense*. MPU-6050 sendiri adalah chip dengan 3-axis *Accelerometer* (sensor percepatan) dan 3-axis *Gyroscope* (pengatur keseimbangan), atau dengan kata lain 6 *degrees of freedom (DOF)* IMU. Selain itu, MPU-6050 sendiri sudah memiliki *Digital Motion Processors(DMP)*, yang akan mengolah data mentah dari masing-masing sensor. Sejumlah data tersebut akan diolah menjadi data dalam bentuk *quaternions* (4 Dimensi). DMP pada MPU6050 juga berfungsi meminimalisasi error yang dihasilkan.



Gambar 2. Bentuk fisik Modul IMU GY521 yang berbasis MPU6050

MPU 6050 adalah chip IC *inverse* yang didalamnya terdapat sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* yang

sudah terintegrasi. *Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan, percepatan gerakan dan juga percepatan gravitasi. *Accelerometer* sering digunakan untuk menghitung sudut kemiringan, dan hanya dapat melakukan dengan nyata ketika statis dan tidak bergerak. Untuk mendapatkan sudut akurat kemiringan, sering dikombinasikan dengan satu atau lebih gyro dan kombinasi data yang digunakan untuk menghitung sudut. *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, yang berlandaskan pada prinsip-prinsip momentum sudut.

Mikrokontroler ATmega128 merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit. Beberapa fitur yang dimiliki adalah memiliki beberapa memori yang bersifat non-volatile, yaitu 128Kbytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (128Kbytes memory flash untuk pemrograman), write/erase cycles: 10.000 Flash/ 100.000 EEPROM (program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk flash memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM) (Atmel Corp., 2011)



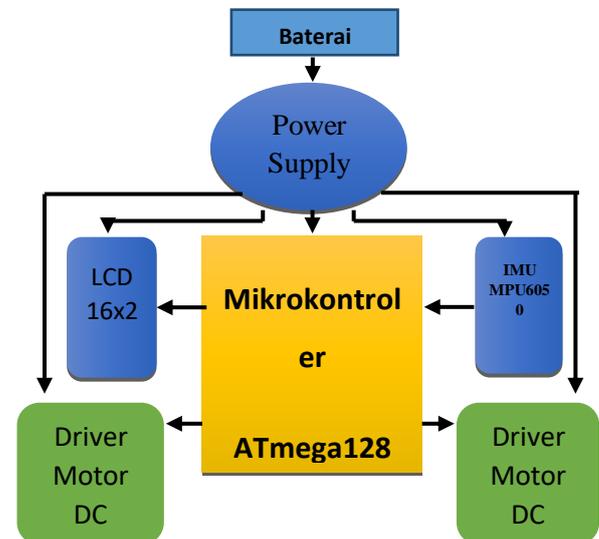
Gambar 3. IC Mikrokontroler ATMEGA 128

Prinsip kerja self-balancing robot akan berusaha untuk menyeimbangkan keadaan akan sudut kemiringan yang diterima, dan juga robot akan bergerak maju dan mundur untuk mendapatkan titik keseimbangan. Robot ini menggunakan system minimum ATmega128 sebagai otak dan pusat kendali robot, ATmega128 ini cukup untuk menjalankan program robot ini secara bagus dan tepat. Robot ini akan berusaha untuk

menyeimbangkan diri keadaan akan sudut kemiringan yang diterima.

Robot akan bergerak maju dan mundur dan berusaha untuk mendapatkan titik keseimbangan. Robot ini menggunakan sensor kemiringan yaitu sensor MPU 6050 yang terdapat sensor gyroscope dan *Accelerometer* yang mana *Accelerometer* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek.

Dalam perancangan sistem ini, *Self-Balancing Robot* menggunakan sistem pencatu daya baterai jenis Lithium Polymer (LiPo) 3S dengan besar tegangan 11,7VDC dan besaran arus 2200mAh. Oleh karena kebutuhan tegangan pada sistem kontrol utama IC ATMEGA128 dan sensor IMU sebesar 5VDC, maka nilai tegangan pada baterai LiPo akan disesuaikan dengan menggunakan sistem catudaya *switching* dengan penstabil tegangan atau *regulator5VDC* dengan IC LM2576 yang mempunyai pengaturan arus umpan balik (*feedback*)(Jr. & Ruscitti, 2007).

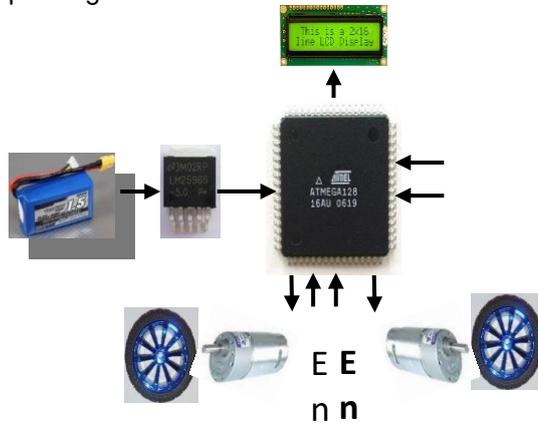


Gambar 4. Blok Diagram Rancangan Self-Balancing Robot dengan Sensor IMU MPU6050

PEMBAHASAN

Dalam tahapan implementasi sistem *Self-Balancing Robot*, kontroler utama berupa IC ATMEGA16 yang dipasang menggunakan model komponen SMD(*Surface Mount Device*)

dan diprogram menggunakan bahasa pemrograman BASIC.



Gambar 5. Komponen Inti *Self-Balancing Robot*

Sensor IMU sebagai sensor kondisi badan robot berbasis IC.

MPU6050 ini yang digunakan pada penelitian ini adalah modul GY-521 yang sudah terintegrasi dalam satu *board module* lengkap. Dalam hal ini pada IC kontrol utama tidak perlu dipasang resistor *pull-up* seperti pada umumnya komunikasi I2C.

Hasil pembacaan data posisi badan robot ditampilkan pada peraga digital LCD Alphanumeric 16x2 karakter. Pengaturan penataan tulisan pada LCD diatur sedemikian rupa sehingga data yang akan ditampilkan adalah pengukuran data posisi badan robot dalam Pitch dan Roll.

Tahapan pengujian awal adalah pengujian penstabil tegangan pada IC LM2576 yang akan menyesuaikan tegangan dari baterai LiPo 3S sebesar 11,1VDC menjadi 5VDC sesuai kebutuhan tegangan sistem kontrol utama dan sensor serta LCD.

Tabel 1. Nilai Tegangan Regulator LM2576

No	Tegangan LiPo 3S	Tegangan Output Tanpa Beban	Tegangan Output Ada Beban	Tegangan Dadal LM2576
1	12,19 VDC	5,1 VDC	5,06 VDC	7,13 VDC

Tabel 1 menunjukkan bahwa tegangan yang masuk ke dalam bagian kontrol tetap stabil pada angka 5 volt dengan toleransi $\pm 0,03$ sampai dengan 0,05 volt. Toleransi tegangan kerja ATMEGA128 adalah $5 \pm 10\%$ sehingga nilai tersebut masih berada pada titik kerja optimal. Sedangkan kita dapat melihat bahwa tegangan dadal LM2576 pada pengujian mendapatkan tegangan dadalnya 7,13volt. Nilai ini masih berada pada jangkauan IC regulator LM2576 sehingga sistem penstabil tegangan tidak ada masalah.

Pengambilan data selanjutnya adalah pengujian sensor *Accelerometer*. Pengujian ini dilakukan dan data diambil pada saat robot dalam keadaan berdiri tegak dan pada saat robot tidur atau tidak berdiri tegak. Data yang diambil untuk menjadi sampel sebanyak sepuluh kali.

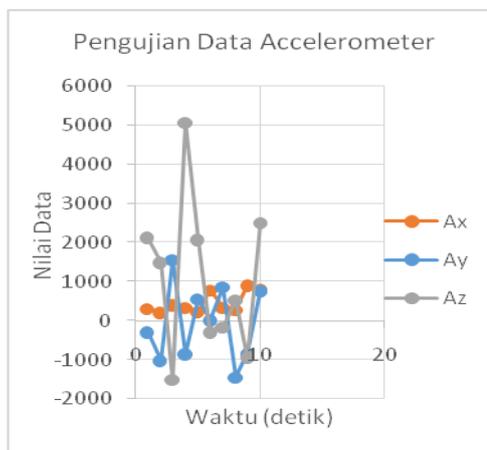
Tabel 2. Pengujian data di ambil saat robot dalam keadaan sejajar dengan lantai

NO	Nilai Data Mentah <i>Accelerometer</i>		
	Ax (dec)	Ay (dec)	Az (dec)
1	120	270	-38
2	124	294	-24
3	112	184	-148
4	80	280	-76
5	128	286	-84
6	92	302	-90
7	114	282	-70
8	106	310	-100
9	118	298	-94
10	106	280	-68

Hasil dari pengambilan data pengujian robot dalam keadaan sejajar dengan lantai adalah bisa dikatakan stabil karena jarak sudut Ax, Ay dan Az berada pada rangenya masing-masing. Berikut grafik pengukuran data akselerometer sumbu x, y dan z.

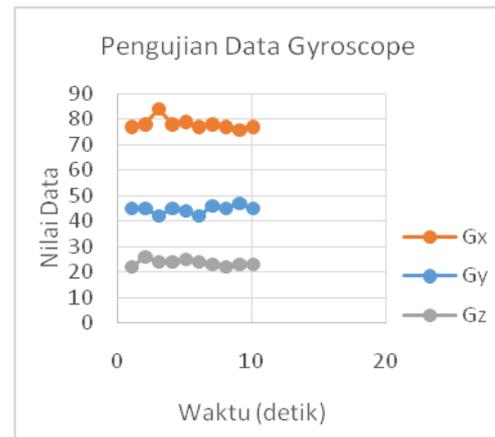
Tabel 3. Pengujian data di ambil saat robot dalam keadaan tegak

NO	Nilai Data Mentah Accelerometer		
	Ax (dec)	Ay (dec)	Az (dec)
1	308	-302	2122
2	200	-1021	1488
3	398	1542	-1504
4	326	-845	5056
5	216	554	2066
6	774	10	-300
7	336	854	-172
8	270	-1441	516
9	900	-831	-938
10	784	756	2496



Gambar 6. Grafik Pengujian Data Accelerometer saat posisi robot tegak

Tahap akhir pengujian sensor IMU adalah keadaan sudut putar dan pergerakan sumbu x dan z robot dalam *Roll* dan *Pitch*. Pengubahan data akselerometer dan *gyroscope* menjadi data *Roll* dan *Pitch* sebagai acuan pergerakan robot dalam mengatur serta menjaga keseimbangan *Self-Balancing Robot* dilakukan dalam program.



Gambar 7. Grafik Pengujian Sensor Gyroscope

Pengujian selanjutnya adalah data *gyroscope* dalam kondisi robot bergerak.

Didapatkan data pengujian sensor akselerometer serta *gyroscope* secara bertahap dengan kondisi baik sesuai nilai acuan untuk mengkonidisikan posisi robot. Pengujian selanjutnya adalah data *gyroscope* dalam kondisi robot bergerak.

Pengujian data akselerometer sumbu x, y, dan z dilakukan dalam 2 keadaan yaitu pada posisi robot sejajar dengan lantai dan posisi robot tegak.

Tabel 4. Pengujian data Gyroscope

N	Nilai Data Mentah Gyroscope		
	Gx (degree/sekon)	Gy (degree/sekon)	Gz (degree/sekon)
1	77	45	22
2	78	45	26
3	84	42	24
4	78	45	24
5	79	44	25
6	77	42	24
7	78	46	23
8	77	45	22
9	76	47	23
10	77	45	23

Tabel 5. Pengujian IMU sensor untuk Roll dan Pitch

N	Posisi Robot	Roll/sumbu Y (°)	Pitch/ sumbu X (°)
1	Sejajar dengan lantai	0	0
2	Tegak	0	90

KESIMPULAN

Dari pengujian data yang diambil dinyatakan bahwa sensor IMU MPU6050 bekerja dengan baik dan memberikan performa maksimal dan cukup andal digunakan sebagai acuan pergerakan posisi robot dalam menjaga keseimbangan.

Modul pada GY-521 berbasis MPU6050 sebagai sensor IMU sangat cocok digunakan sebagai sensor utama pada aplikasi *Self-Balancing Robot*.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel Corp. (2011). *8-bit Atmel Microcontroller Programmable ATmega128L*. [Www.Atmel.Com/Atmel/Acrobat/2467S.Pdf](http://www.atmel.com/Atmel/Acrobat/2467S.Pdf). Retrieved from <http://www.atmel.com/images/doc2467.pdf>
- Jr., L. N., & Ruscitti, E. (2007). *High Voltage DC-DC Converter*. Worcester Polytechnic Institute.

- Ketaren, L. P., Ma, M., & Rahmawaty, M. (2015). Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metoda Kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif. *Jurnal Politeknik Caltex Riau*, 1(2), 39–48.
- Rokhmat, M. M. (2013). Implementasi sistem keseimbangan robot beroda dua dengan menggunakan kontroler proporsional integral diferensial. *Jurnal Mahasiswa TEUB*.
- Ruswanto, S., Ningrum, E. S., & Ramli, I. (2011). Pengaturan Gerak Dan Keseimbangan Robot Line Tracer Dua Roda Menggunakan PID Controller. In *The 13th Industrial Electronics Seminar 2011 (IES2011)* (Vol. 2011, pp. 978–979). Surabaya: EEPIS.
- Urdhwareshe, R., Bakshi, Z., Naiknavare, P., & Naik, S. (2014). Design and Implementation of IMU Sensor Fusion and PID Control in Quadrotor. *IPASJ*, 2(9), 56–63.
- Zul Azfar, a., & Hazry, D. (2011). A simple approach on implementing IMU sensor fusion in PID controller for stabilizing quadrotor flight control. *Proceedings - 2011 IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications, CSPA 2011*, 28–32. <http://doi.org/10.1109/CSPA.2011.5759837>