

Perancangan Sendok Makan Parkinson dengan Metode PID Berbasis Arduino

Newton Onasie¹, Susan Sulaiman²

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Trisakti, Jakarta
¹newtononasie1@gmail.com, ²susan@trisakti.ac.id

Abstrak

Penyakit Parkinson adalah gangguan sistem saraf yang progresif dan mempengaruhi bagian otak yang berfungsi mengoordinasikan gerakan tubuh. Tremor yang sering terjadi pada tangan penderita dapat menyebabkan kesulitan untuk makan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk alat bantu penderita Parkinson adalah dengan membuat sendok yang dapat bertahan relatif stabil. Pada penelitian ini dibuat sendok makan Parkinson yang dilengkapi dengan sensor MPU6050 yang digunakan untuk membaca gerakan rotasi dari sendok. Nilai yang terbaca akan diteruskan ke mikrokontroler Arduino Nano kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode *complementary filter* dan PID (*Proportional Integral Derivative*). Tuning pada nilai Kp, Ki, dan Kd pada penelitian ini dilakukan dengan metode *trial and error*. Pada penelitian ini, didapat nilai konstanta PID yang paling optimal yaitu Kp = 0.7, Ki = 0.5, dan Kd = 20 baik pada sumbu *pitch* maupun sumbu *roll*. Hasil dari perhitungan PID akan menggerakkan motor servo SG90 untuk menstabilkan sendok. Pengujian persentase *error* sensor MPU6050 dilakukan dengan 6 percobaan sudut yang berbeda pada sumbu *pitch* dan *roll*. Persentase *error* rata-rata pada sumbu *pitch* adalah 3.23% dan 2,583% pada sumbu *roll*. Berdasarkan pengujian kestabilan sistem terhadap gerakan, sendok makan Parkinson dapat kembali stabil dengan cukup cepat jika digerakkan secara perlahan walaupun awalnya terjadi *Overshoot*, yang tertinggi sebesar -21.49 derajat pada sumbu *pitch*, dan -14,89 derajat pada sumbu *roll*. Tetapi jika tangan bergetar hebat, pada umumnya sendok masih beresilasi diantara -10 derajat dan 10 derajat baik pada sumbu *pitch* maupun *roll*.

Kata kunci: Parkinson, Sensor MPU6050, PID Controller

Abstract

Parkinson's disease is a progressive disorder of the nervous system that affects the part of the brain that coordinates body movement. Tremors that often occur in the patient's hands can cause difficulty while eating. One method that can be used as assistive devices for Parkinson's sufferers is to make a spoon that can remain relatively stable. In this study, Parkinson's spoon is made equipped with an MPU6050 sensor which is used to read the rotational movement of the spoon. The read value will be forwarded to the Arduino Nano microcontroller and then calculated using the complementary filter method and the PID (Proportional Integral Derivative). Tuning on the values of Kp, Ki, and Kd in this research was done by trial and error method. In this research, the most optimal PID constant values were obtained, namely Kp = 0.7, Ki = 0.5, and Kd = 20 both on the pitch axis and roll axis. The results of the PID calculation will drive the SG90 servo motor to stabilize the spoon. Testing the percentage error of the MPU6050 sensor was carried out with 6 trials of different angles on the pitch and roll axes. The average error percentage on the pitch axis was 3.23%. and 2.583% on the roll axis.

Based on testing the stability of the system against movement, spoon of Parkinson's can stabilize fairly quickly if it is moved slowly despite the initial overshoot, which the highest peak was -21,49 degrees on the pitch axis and -14,89 degrees on the roll axis. However, if the hands vibrate violently, in general the spoon still oscillates between -10 degrees and 10 degrees both on the pitch and roll axis.

Keywords: Parkinson, MPU6050 Sensor, PID Controller

1. Pendahuluan

Penyakit Parkinson adalah gangguan sistem saraf yang progresif dan mempengaruhi bagian otak yang berfungsi mengoordinasikan gerakan tubuh. Penyakit Parkinson merupakan penyakit neurodegeneratif kedua yang paling umum dijumpai penderita lanjut usia setelah penyakit Alzheimer. Penyakit ini tidak dapat disembuhkan dan memiliki dampak yang sangat besar. [1] [2]. Berdasarkan laporan Perhimpunan Dokter Spesialis Saraf Indonesia (PERDOSSI) menyebutkan bahwa terdapat penambahan jumlah penderita Parkinson setiap tahunnya hingga 10 orang/100.000 penduduk dengan perkiraan sementara terdapat 200.000 sampai 400.000 penderita [3].

Penyakit Parkinson ditandai oleh hilangnya intervensi neuron dopaminergik di substantia nigra, yang kemudian juga melibatkan sel-sel yang berlokasi di area otak lain yang saling terkoneksi. Keadaan ini mengakibatkan gangguan motorik yang sejalan dengan perkembangan penyakit dapat mengakibatkan gangguan non-motorik seperti penurunan indra penciuman, disfungsi otonom, nyeri, kelelahan, gangguan tidur, gangguan kognitif dan psikiatrik. Hal tersebut berefek secara signifikan terhadap kualitas hidup penderita Parkinson [4].

Ketidaksinambungan saraf motorik pada penderita Parkinson membuat mereka memiliki keterbatasan dalam pergerakan. Tremor yang sering terjadi pada tangan penderita dapat menyebabkan kesulitan untuk makan sehingga penderita Parkinson memerlukan bantuan orang lain untuk makan. Oleh karena itu, diperlukan adanya alat untuk membantu penderita Parkinson agar dapat makan dengan mandiri.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu penderita Parkinson adalah dengan membuat sendok makan yang dapat tetap stabil. Teknologi yang dapat menstabilkan sendok diharapkan dapat membantu penderita Parkinson untuk makan.

Beberapa penelitian sebelumnya antara lain penelitian yang ditulis oleh Muhammad Naufal Halim, Ahmad Zarkasi, dan Arti Dian Nastiti dengan judul "Implementasi Logika Fuzzy pada Sendok Makan Penderita Parkinson". Menurut penelitian ini, penggunaan sendok Parkinson dengan sensor MPU6050 sangat memungkinkan, karena dengan menerapkan logika *fuzzy* sebagai filter hasil bacaan MPU6050 dapat meminimalisir *error* dari getaran tangan penderita Parkinson [5].

Penelitian yang dilakukan oleh A. Zarkasi, D.D. Mahendra dan kawan-kawan dengan judul "Rancang Bangun Sendok Penderita Parkinson Menggunakan Mikrokontroler ESP-32" menggunakan tambahan sensor SW-420 untuk mendeteksi getaran pada penderita Parkinson. Getaran yang terbaca dapat digunakan untuk mengklasifikasikan seberapa parah pengguna penderita Parkinson berdasarkan 5 tingkatan mulai dari tahap awal sampai tingkat kronis [6].

Penelitian yang dilakukan oleh Johan Abrahamsson dan Johan Danmo dengan judul "The Stabilizing Spoon" menggunakan arduino nano sebagai mikrokontroler dan motor servo SG90 sebagai penggerak sendok. Menurut penelitian ini, sendok Parkinson kurang

dapat merespon dengan cepat pada tremor dengan frekuensi yang tinggi. Sendok Parkinson memerlukan motor yang lebih cepat dari motor servo SG90 [7].

Penelitian yang dilakukan oleh M. Rikhas dan H. Asyari dengan judul “Implementasi sensor MPU-6050 pada Perancangan Alat Bantu Makan Penderita Parkinson”, hasilnya pembacaan sensor MPU-6050 pada saat pengambilan data kurang sempurna dikarenakan kurang matangnya perancangan alat, sehingga mempengaruhi hasil saat pengambilan data [8].

Berdasarkan permasalahan tersebut diatas maka dibangun sebuah penelitian yang berjudul “Perancangan Sendok Makan Penderita Parkinson dengan Metode PID Berbasis Arduino”. Sendok makan bagi penderita Parkinson ini memiliki 2 DOF (*Degrees of Freedom*), yaitu gerakan rotasi terhadap sumbu x atau disebut juga *roll* dan gerakan rotasi terhadap sumbu y atau disebut juga *pitch*. Sendok ini dilengkapi dengan sensor MPU6050 untuk membaca gerakan rotasi dari sendok. Nilai yang terbaca pada sensor akan diteruskan menuju mikrokontroler yaitu Arduino Nano. Nilai ini akan difilter terlebih dahulu menggunakan metode *complementary filter*. Kemudian nilai yang telah difilter akan digunakan untuk perhitungan dalam mengendalikan sendok menggunakan metode pengontrolan PID. Hasil perhitungan dari PID akan digunakan sebagai masukan ke motor servo SG90 yang berfungsi sebagai penggerak sendok. Kelebihan dari penelitian ini terletak pada desain sendok yang digunakan yang terbuat dari bahan Poli Asam Laktat (PLA) dan perancangannya menggunakan 3d *printer* agar dapat menghasilkan desain yang ringan serta memiliki ukuran yang tidak terlalu besar. PLA adalah biopolimer yang tersusun dari monomer asam laktat hasil fermentasi dari bahan pertanian seperti pati jagung dan memiliki keunggulan seperti *biodegradable* (ramah lingkungan) dan *sustainable* (sumber yang lestari) [9].

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Arduino Nano

Arduino Nano merupakan salah satu keluarga dari mikrokontroler Arduino. Salah satu kelebihan dari Arduino Nano adalah ukurannya yang kecil sehingga fleksibel di berbagai projek. Arduino nano juga mudah digunakan dengan breadboard karena dapat dipasang langsung pada breadboard. Arduino Nano menggunakan prosesor Atmega328p yang memiliki kapasitas memori sebesar 32 KB. Arduino Nano yang dilengkapi dengan 14 pin digital dan 8 pin analog yang dapat dioperasikan dengan tegangan 5 volt sebagai *input* maupun *output*. Arduino Nano dapat diprogram dengan software Arduino IDE dengan menggunakan Bahasa. Gambar 1 memperlihatkan Arduino Nano.



Gambar 1. Arduino Nano

2.2. Sensor MPU 6050



Gambar 2. Sensor MPU6050

Gambar 2 memperlihatkan Sensor MPU6050, merupakan modul yang berdasarkan teknologi MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) dan memiliki 6 DOF. Sensor MPU6050 menggabungkan 3 sumbu *gyroscope* dan 3 sumbu *accelerometer*. *Gyroscope* digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi atau laju perubahan posisi sudut pada 3 sumbu. Ketika sensor MPU6050 digerakkan, maka getaran akan dideteksi oleh MEMS pada sensor. Sinyal getaran ini akan didemodulasi, dan difilter menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kecepatan rotasi dari pergerakan sensor MPU6050. *Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan inersia di sepanjang 3 sumbu. Perpindahan dari sensor MPU6050 menyebabkan diferensial pada kapasitor yang menjadi *output* pada sensor. *Output* pada sensor ini sebanding dengan percepatan dari perpindahan sensor MPU6050. Modul sensor MPU6050 memiliki ukuran yang cukup kecil yaitu 4 mm x 4 mm sehingga dapat digunakan pada berbagai proyek. Modul ini menggunakan I2C (*Inter Integrated Circuit*) untuk protokol komunikasinya.

2.3. Motor Servo SG90

Motor servo SG90 merupakan sebuah aktuator yang dikontrol menggunakan sistem *closed loop* dengan potensiometer yang dipasangkan pada motor servo sebagai *feedback*. Motor servo SG90 seringkali digunakan untuk hobi seperti membuat robot karena harganya yang cukup murah dan ukurannya yang kecil. Motor servo SG90 biasanya membutuhkan tegangan 4.8 hingga 6 volt. Servo ini dapat berputar kurang lebih 180 derajat.

2.4. Matlab

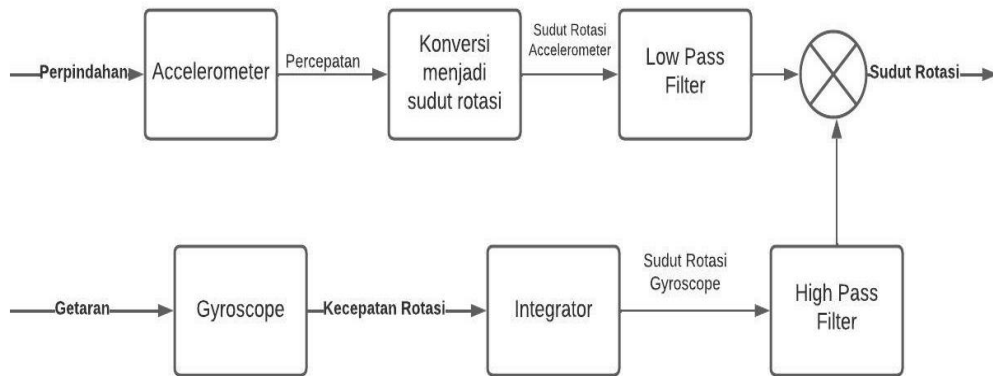
Matlab adalah salah satu aplikasi terbaik untuk melakukan operasi matematika pada matriks dan aljabar linear. Matlab merupakan singkatan dari *Matrix Laboratory*. Matlab biasanya digunakan untuk menganalisa data, membuat algoritma, dan membuat model. Salah satu kelebihan matlab adalah kemampuannya membuat grafik dengan visualisasi yang baik. *Tools* yang ada pada Matlab dapat digunakan oleh berbagai kalangan seperti pelajar, teknisi, dan peneliti [10].

2.5. Complementary Filter

Matlab adalah salah satu aplikasi terbaik untuk melakukan operasi matematika pada matriks dan aljabar linear. Matlab merupakan singkatan dari *Matrix Laboratory*. Matlab biasanya digunakan untuk menganalisa data, membuat algoritma, dan membuat model. Salah satu kelebihan matlab adalah kemampuannya membuat grafik dengan visualisasi yang baik. *Tools* yang ada pada Matlab dapat digunakan oleh berbagai kalangan seperti pelajar, teknisi, dan peneliti [10].

Complementary filter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 adalah salah satu metode filter yang terdiri dari *low pass filter* dan *high pass filter*. *Low pass filter* digunakan

untuk mengoreksi nilai yang terbaca pada *accelerometer* karena pada *accelerometer* membaca seluruh gaya yang bekerja pada objek sehingga gaya yang kecil dapat menimbulkan *disturbance* pada nilai yang terbaca. *High pass filter* digunakan untuk mengoreksi nilai yang terbaca pada *gyroscope* karena nilai yang terbaca akan semakin tidak tepat seiring dengan berjalannya waktu. Dengan mengabungkan *low pass filter* dan *high pass filter*, maka akan lebih mudah mengimplementasi untuk mendapatkan hasil bacaan dari sensor MPU6050 yang lebih akurat [11].



Gambar 3. Complementary Filter

Ketika sensor MPU6050 digerakkan, kapasitansi pada sensor akan berubah. Perubahan kapasitansi ini dikonversikan menjadi tegangan *output* dan sebanding dengan percepatan. Hasil bacaan *accelerometer* yang berupa percepatan akan dikonversikan ke dalam sudut rotasi dengan menggunakan rumus *inverse tangent*. Setelah dikonversikan, sudut rotasi dari *accelerometer* akan difilter menggunakan metode *low pass filter*. Ketika sensor MPU6050 digerakkan, maka getaran akan dideteksi oleh MEMS pada sensor. Sinyal getaran ini akan didemodulasi, dan difilter menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kecepatan rotasi dari pergerakan sensor MPU6050. Hasil bacaan *gyroscope* yang berupa kecepatan rotasi akan diintegrasikan menjadi sudut rotasi. Sudut rotasi dari *gyroscope* akan difilter menggunakan metode *high pass filter*. Hasil dari *low pass filter* dan *high pass filter* akan dijumlahkan sehingga didapat sudut rotasi yang lebih akurat. Persamaan matematika yang merepresentasikan complementary filter dapat dilihat pada persamaan (1) [12].

$$\text{angle} = (0.98) * (\text{angle} + \text{gyro} * dt) + (0.02) * (x_acc) \quad (1)$$

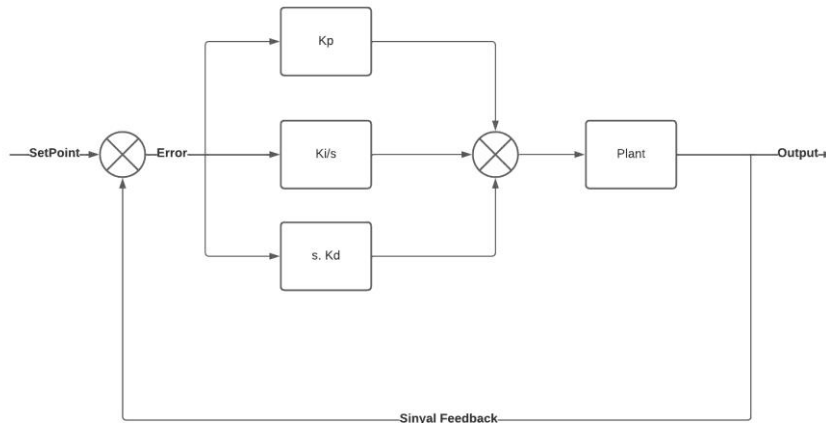
Suku pertama dari persamaan (1) adalah dari hasil bacaan *gyroscope* dan suku kedua dari *accelerometer*.

Penggunaan *complementary filter* dilakukan dengan cara memasukkan persamaan (1) kedalam pengendali, tidak diperlukan rangkaian elektronika karena filter ini berbentuk digital [13].

2.6. PID

PID adalah metode kontrol *closedloop* yang digunakan di berbagai aplikasi seperti pengatur temperatur, tekanan, kecepatan dan masih banyak lagi. Perhitungan pada PID cukup sederhana sehingga dapat digabungkan dengan metode lain seperti metode *fuzzy*, *neural network*, dan masih banyak lagi. Pada PID, terdapat 3 parameter yang dapat diatur yaitu *proportional*, *integral*, dan *derivative*. *Proportional* merupakan parameter yang melihat

error saat ini dan membandingkannya dengan nilai yang diinginkan. berfungsi untuk memperkuat sinyal *error* sehingga akan mempercepat keluaran sistem mencapai titik referensi. *Integral* merupakan parameter yang memberikan input berdasarkan *error* kumulatif. Parameter *integral* biasanya digunakan untuk menghilangkan *steady state error*. Parameter *derivative* berfungsi memberikan efek redam pada sistem yang berosilasi sehingga bisa memperbesar nilai K_p dan memperbaiki respon transien. Kendali *derivative* berubah saat ada *error* statis, sehingga kendali *derivative* tidak boleh digunakan sendiri [14][15]. Diagram Blok Kontrol PID ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Kontrol PID

Ketiga parameter ini dapat digabungkan untuk mendapatkan sinyal kontrol yang diinginkan seperti pada persamaan (2).

$$U(s) = (K_p + \frac{K_i}{s} + sK_d) E(s) \quad (2)$$

K_p = konstanta proporsional

K_i = konstanta integral

K_d = konstanta derivatif

$U(s)$ = keluaran

$E(s)$ = masukan

Ketiga parameter ini dapat digabungkan untuk mendapatkan sinyal kontrol yang diinginkan seperti pada persamaan (2).

Pada kontroler PI, maka parameter yang digunakan adalah parameter *proportional* dan parameter *integral*. Kontroler PI biasanya digunakan pada sistem yang membutuhkan waktu respon yang lebih lama. Pada kontroler PD, maka parameter yang digunakan adalah parameter *proportional* dan parameter *derivative*. Kontroler PD dapat bereaksi lebih cepat dibanding kontroler PI tetapi memiliki *steady state error* yang lebih besar karena tidak memiliki parameter *integral*. Ketiga parameter ini juga dapat digabungkan menjadi kontroler PID yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang pada industri.

Kontroler PID memerlukan proses *tuning* untuk menentukan nilai dari setiap parameter yang digunakan. Metode *tuning* ada berbagai macam, seperti metode Ziegler Nichols, metode osilasi Ziegler, metode *relay auto-tuning*, metode *trial and error*, dan lain-lain. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *trial and error*. Metode *trial and error* merupakan metode mencoba-coba nilai dari setiap parameter hingga

menghasilkan *output* yang diinginkan. Metode ini cukup cepat dan mudah untuk dilakukan jika sudah terbiasa dalam menggunakannya.

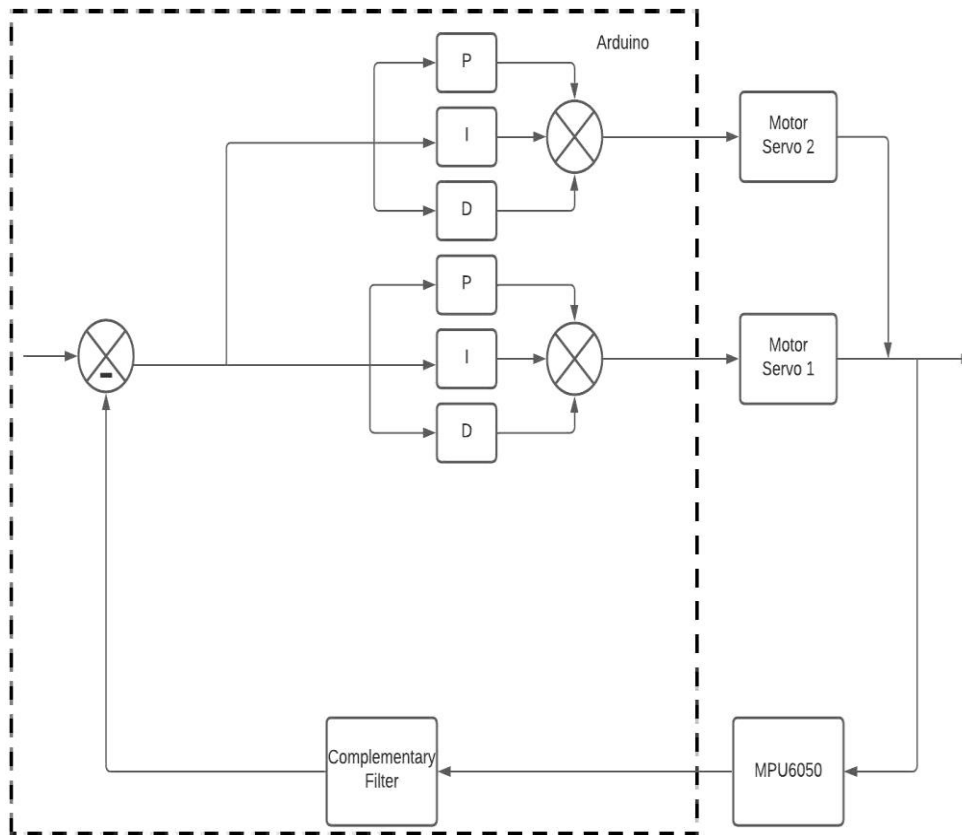
2.7. Enam derajat kebebasan (6 DOF)

Enam derajat kebebasan atau *six degrees of freedom* (6DOF) adalah prinsip yang mengacu pada kebebasan bergerak dari benda pada ruang tiga dimensi. 6 DOF memiliki 3 sumbu putar yaitu *pitch*, *roll*, dan *yaw*. *Pitch* merupakan gerakan putar yang mengitari sumbu y. *Roll* merupakan gerakan putar yang mengitari sumbu x. *Yaw* merupakan gerakan putar yang mengitari sumbu z. Prinsip dari 6 DOF ini banyak digunakan pada dunia robotika dan *virtual reality*.

3. Metode Penelitian

3.1. Diagram Blok Kontrol

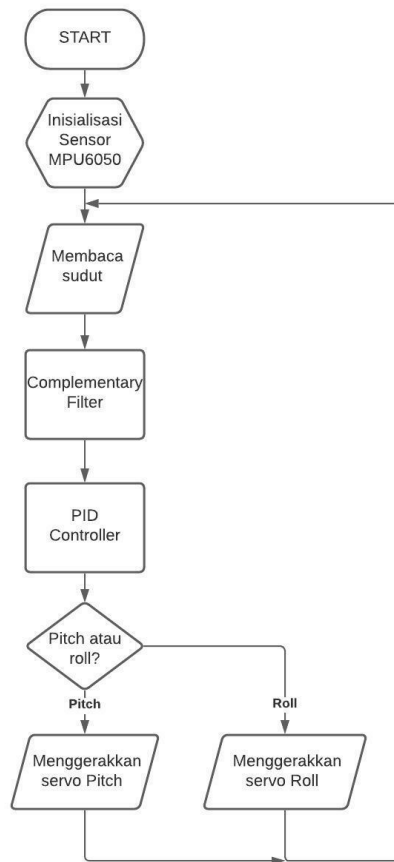
Diagram blok kontrol sistem sendok makan Parkinson yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 5. Sensor MPU6050 berfungsi sebagai *feedback* dari sistem. *Feedback* dari MPU6050 merupakan nilai dari 3 sumbu *gyroscope* dan 3 sumbu *accelerometer* dari gerakan yang diberikan oleh pengguna sendok makan Parkinson. Hasil bacaan tersebut akan diteruskan ke mikrokontroler yaitu Arduino Nano. Pada Arduino Nano, nilai dari hasil bacaan sensor MPU6050 akan dikomputasikan menggunakan metode *complementary filter*. Hasil dari *complementary filter* berupa pergerakan pada sumbu rotasi *pitch* dan sumbu rotasi *roll*. *Setpoint* ditetapkan di Arduino Nano yaitu berupa 0 derajat untuk sumbu putar *pitch* maupun sumbu putar *roll*. *Error* yang didapat adalah hasil pengurangan *setpoint* dengan nilai yang telah difilter oleh *complementary filter* pada sumbu putar *pitch* dan sumbu putar *roll*. Nilai dari *error* pada setiap sumbu rotasi akan menjadi input pada PID, dimana PID pada setiap sumbu memiliki nilai konstantanya masing-masing. Output dari PID digunakan untuk menggerakkan 2 motor servo. Motor servo yang pertama untuk menstabilkan posisi pada sumbu rotasi *pitch*. Motor servo yang kedua untuk menstabilkan posisi pada sumbu rotasi *roll*.



Gambar 5. Diagram Blok Sendok Makan Parkinson

3.2. Flowchart

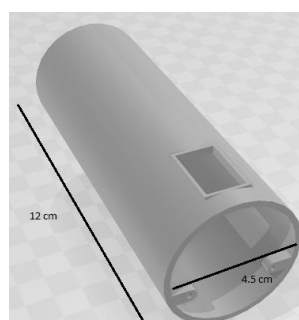
Gambar 6 memperlihatkan *flowchart* dari sistem yang dibuat. Sensor MPU6050 akan memberikan *input* kepada Arduino Nano untuk dibaca nilai gerakan rotasi pada sumbu *pitch* dan *roll*. Nilai ini akan diproses Arduino Nano yang kemudian akan menggerakkan kedua motor servo.



Gambar 6. Flowchart Sistem

3.3. Desain Alat

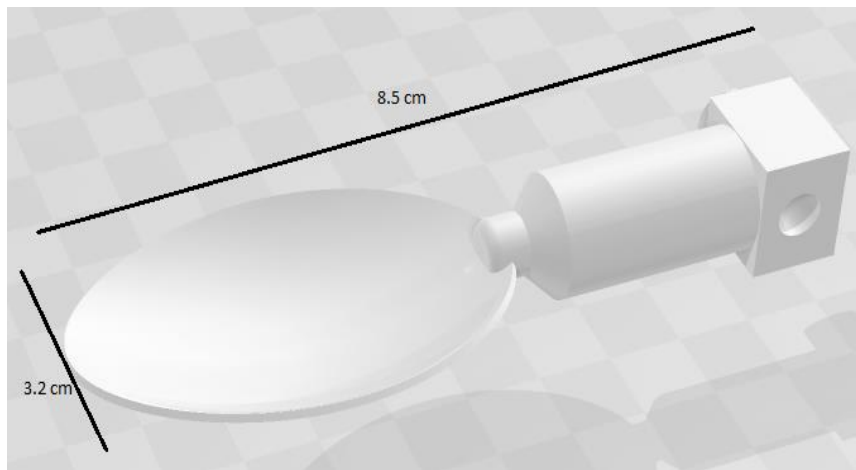
Casing serta sendok makan pada alat dibuat dari bahan PLA menggunakan Ender 3 Pro 3D Printer. Gambar 7 menunjukkan desain dari *casing* pada sendok makan Parkinson.



Gambar 7. Desain Casing

Casing berbentuk silinder berongga dengan diameter 4.5 cm dan panjang 12 cm. Dua buah lubang digunakan untuk memasang servo dengan sekrup.

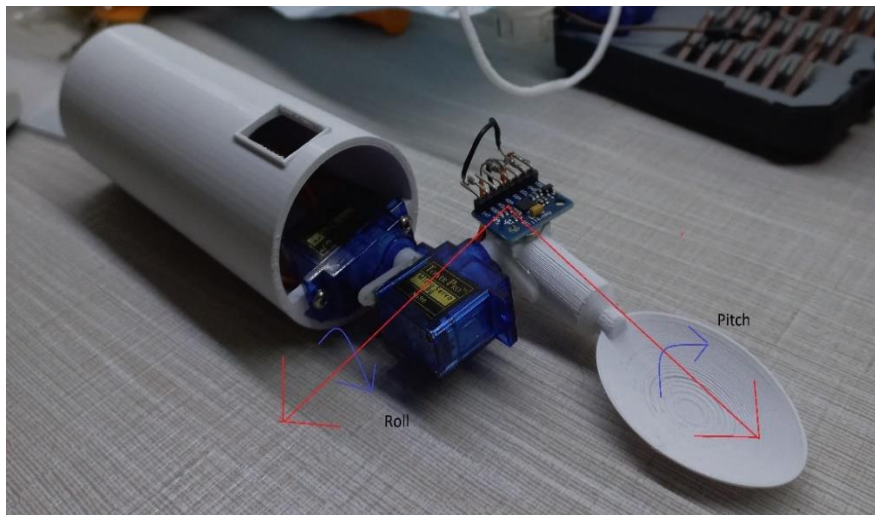
Gambar 8 menunjukkan disain sendok makan yang digunakan sebagai tempat untuk meletakkan makanan. Sendok makan ini memiliki panjang 8.5 cm dan lebar 3.2 cm.



Gambar 8. Desain Sendok Makan

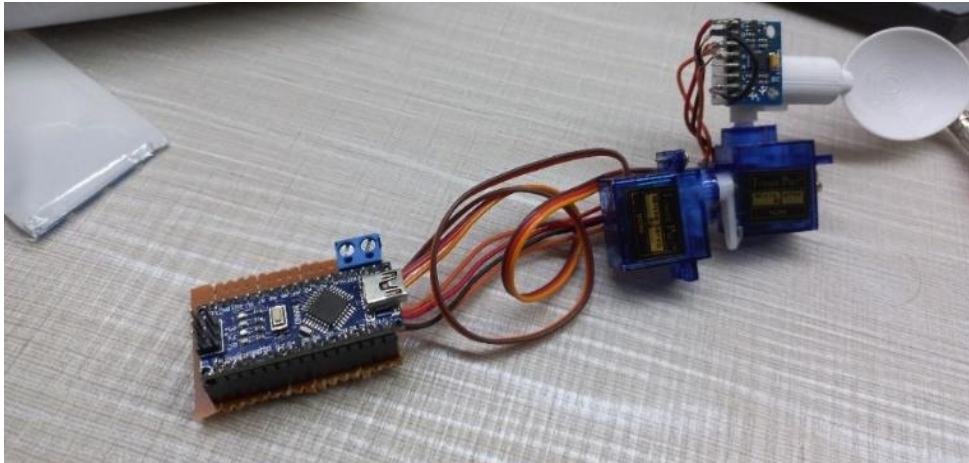
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Tampilan Sendok Makan Parkinson



Gambar 9. Sendok Makan Parkinson

Gambar 9 memperlihatkan sendok makan Parkinson yang dibuat. Servo yang pertama dipasangkan dengan sekrup pada lubang yang ditunjukkan pada gambar. Servo yang kedua dipasangkan di depan servo yang telah dipasangkan pada silinder sebelumnya. Sensor MPU6050 akan dipasangkan pada sendok sehingga dapat membaca gerakan rotasinya dari sendok. Sendok makan ini dipasangkan dengan servo yang kedua. PCB (*Printed Circuit Board*) digunakan untuk mempermudah koneksi antara Arduino Nano dengan komponen lainnya. PCB diletakkan di dalam *casing* silinder berongga. Gambar 10 menunjukkan sendok makan Parkinson tanpa *casing* silinder berongga.



Gambar 10. Sendok Makan Parkinson tanpa Casing

4.2. Pengujian Sensor MPU6050

Pada penelitian ini, sensor MPU6050 digunakan untuk membaca gerakan rotasi pitch dan roll menggunakan metode *complementary filter*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan sudut yang diukur secara manual dan sudut yang terukur oleh sensor MPU6050. Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui seberapa besar persentase *error* pada sudut yang terukur dari sensor MPU6050. Pengujian dilakukan dengan sudut dari -90 derajat sampai dengan 90 derajat. Gerakan rotasi yang diuji adalah *pitch* dan *roll*.

Persentase *error* adalah persentase selisih nilai yang sebenarnya dengan nilai yang terukur dibagi dengan nilai yang sebenarnya dikali 100 persen. Berdasarkan pengertian tersebut, perhitungan persentase *error* sudut yang terukur terhadap sudut sebenarnya oleh sensor MPU6050 dapat ditulis dengan rumus pada persamaan (3).

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{sudut sebenarnya} - \text{sudut terukur}}{\text{sudut sebenarnya}} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 1 memperlihatkan data pengujian sudut roll dan Tabel 2 memperlihatkan data pengujian sudut *pitch*.

Tabel 1. Tabel Data Pengujian Sudut Roll

No	Sudut (°)	Sudut Roll yang Terukur (°)	Persentase Error(%)
1	-90	-85.7	4.78
2	-60	-60.5	0.834
3	-30	-30.2	0.67
4	30	29.2	2.67
5	60	60.4	0.67
6	90	84.7	5.89
Rata-rata error			2.583

Terlihat pada Tabel 1, dari hasil pengujian sudut roll, bahwa persentase *error* terbesar adalah ketika mengukur sudut 90 derajat dengan *error* 5.89%. Rata-rata *error* pada pengujian *roll* adalah 2.583%.

Tabel 1. Tabel Data Pengujian Sudut *Pitch*

No	Sudut (°)	Sudut <i>Pitch</i> yang Terukur (°)	Persentase <i>Error</i> (%)
1	-90	-91.9	2.12
2	-60	-61.9	3.167
3	-30	-32.4	8
4	30	30.8	2.67
5	60	61.2	2
6	90	91.3	1.45
Rata - rata <i>error</i>			3.23

Pada Tabel 2, data pengujian sudut *pitch*, terlihat bahwa persentase *error* terbesar adalah ketika mengukur sudut -30 derajat dengan *error* 8%. Rata-rata *error* pada pengujian *pitch* adalah 3.23%.

Perbedaan hasil pengukuran sudut *pitch* dan *roll* yang terjadi bisa disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain karena adanya *human error* atau kurang teliti dalam pengukuran sudut secara manual dan juga disebabkan oleh perancangan dudukan sensor MPU 6050 yang kurang sempurna atau kurang stabil sehingga mudah terjadi kesalahan pengukuran.

4.3. Pengujian Kestabilan Sistem

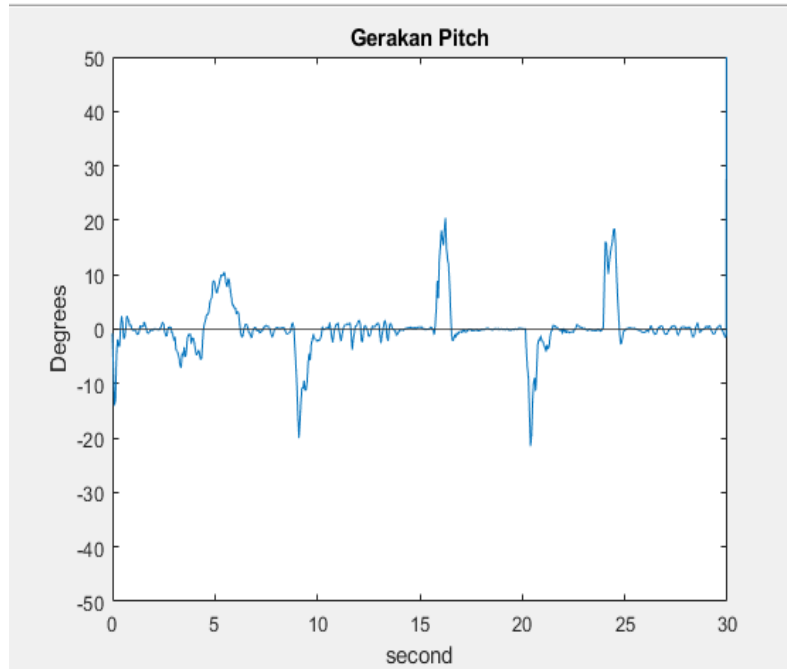
Pengujian dilakukan dengan cara menyambung Arduino Nano dengan komputer yang memiliki *software* matlab seperti diperlihatkan pada Gambar 11. Arduino nano akan membaca gerakan rotasi dari sendok dengan menggunakan sensor MPU6050. Nilai yang terbaca akan difilter terlebih dahulu menggunakan *complementary filter*. Hasil dari *complementary filter* berupa gerakan rotasi *pitch* dan gerakan rotasi *roll*. Gerakan rotasi ini akan digunakan sebagai *feedback* untuk PID. PID memiliki tiga konstanta yaitu K_p , K_i , dan K_d . Konstanta ini memiliki fungsinya masing-masing dalam memberikan respon. *Tuning* pada nilai K_p , K_i , dan K_d pada penelitian ini dilakukan dengan metode *trial and error*. Pada penelitian ini, didapat nilai konstanta PID yang paling optimal yaitu $K_p = 0.7$, $K_i = 0.5$, dan $K_d = 20$ baik pada sumbu *pitch* maupun sumbu *roll*. Nilai yang telah dikomputasikan menggunakan PID akan menjadi *input* pada motor servo untuk menstabilkan sendok. Gerakan *pitch* dan gerakan *roll* divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan menggunakan matlab. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui respon dari sendok makan Parkinson terhadap gerakan.



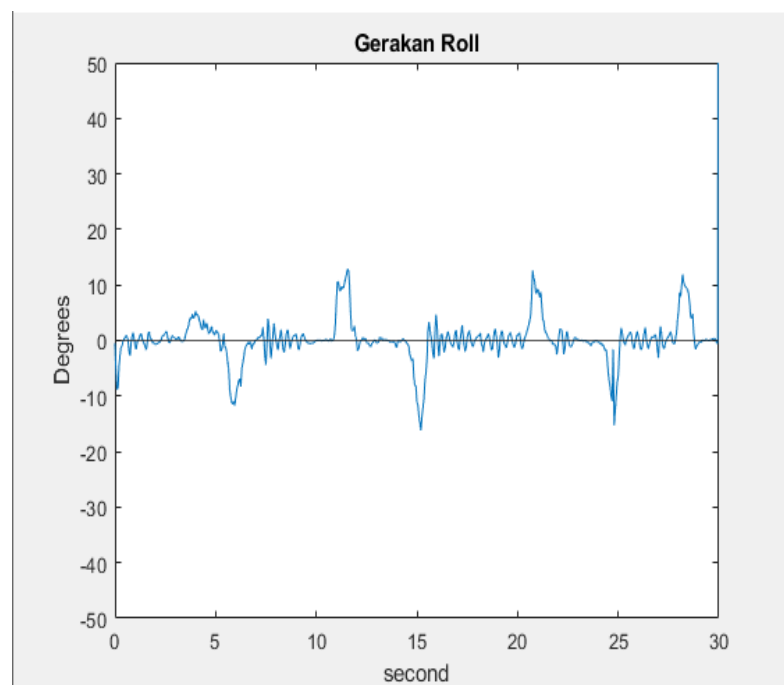
Gambar 11. Pengujian Sendok Makan Parkinson

4.3.1. Pengujian Kestabilan Sistem Terhadap Gerakan

Gambar 12 dan Gambar 13 adalah grafik yang memperlihatkan gerakan *pitch* dan *roll* pada sendok makan Parkinson ketika dimiringkan secara perlahan.



Gambar 12. Grafik Data Sumbu Pitch ketika dimiringkan secara perlahan

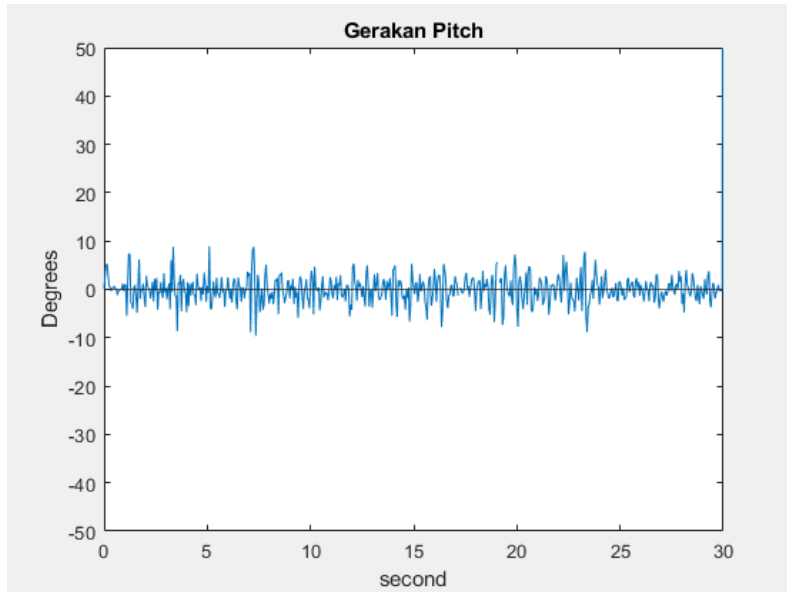


Gambar 13. Grafik Data Sumbu Roll ketika dimiringkan secara perlahan

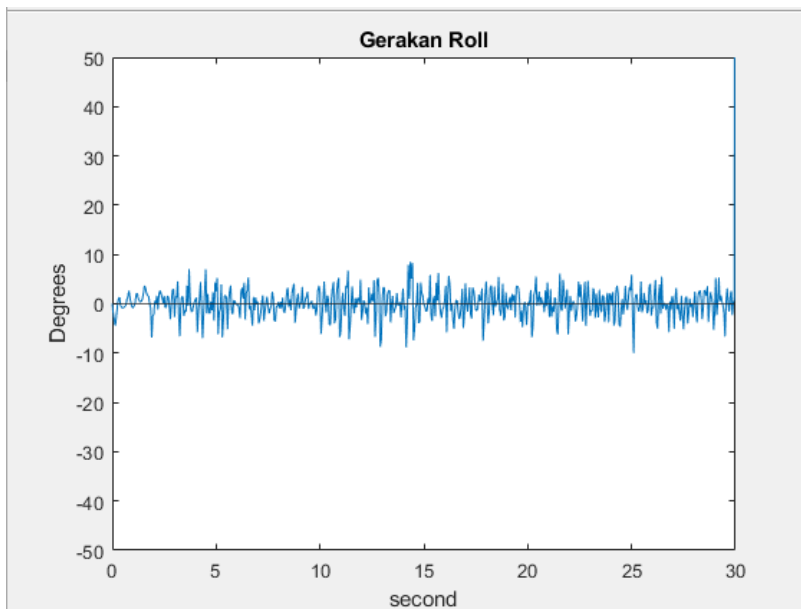
Ketika dimiringkan secara perlahan dari keadaan stabil, sendok makan Parkinson dapat kembali relatif stabil dengan cukup cepat seperti diperlihatkan pada Gambar 12 dan 13, walaupun pada awalnya akan *overshoot* terlebih dahulu dan pada akhirnya berosilasi

kecil. *Overshoot* tertinggi pada grafik *pitch* adalah sebesar -21.49 derajat, dan *Overshoot* tertinggi pada grafik *roll* adalah -14.89 derajat.

Pengujian kestabilan sistem selanjutnya dilakukan dengan tangan bergetar hebat seperti pada penderita Parkinson yang cukup parah. Gambar 14 dan Gambar 15 merupakan grafik yang memperlihatkan gerakan *pitch* dan *roll* pada sendok makan Parkinson dengan tangan bergetar hebat.



Gambar 14. Grafik Data Sumbu Pitch dengan tangan bergetar hebat



Gambar 15. Grafik Data Sumbu Roll dengan tangan bergetar hebat

Sendok mengalami osilasi diantara -10 derajat hingga 10 derajat baik pada sumbu *pitch* maupun sumbu *roll*. Jika frekuensi getarannya terlalu tinggi, sendok makan Parkinson masih belum bisa merespon dengan cepat.

Untuk mengetahui keberhasilan perancangan sendok makan ini dengan cara membandingkan hasil atau respon yang didapat dengan hasil dari perancangan pada penelitian sebelumnya secara kuantitatif agak sukar dilakukan karena tidak ditunjang oleh data yang lengkap dari penelitian sebelumnya, input gerakan yang tidak sama akan menghasilkan respon yang berbeda pula.

5. Kesimpulan

Pengujian sensor MPU6050 dilakukan 6 kali pengujian dengan sudut dari -90 derajat hingga 90 derajat dari sumbu pitch dan sumbu roll. Persentase rata-rata error pada sumbu pitch adalah 3.23%, sedangkan untuk sumbu roll adalah 2.583%. Hal ini disebabkan oleh kurang teliti dalam pengukuran sudut secara manual dan juga karena perancangan dudukan sensor MPU 6050 yang kurang sempurna atau kurang stabil sehingga mudah terjadi kesalahan pengukuran. Berdasarkan pengujian kestabilan sistem terhadap gerakan, sendok makan Parkinson dapat kembali relatif stabil dengan cukup cepat jika digerakkan secara perlahan walaupun pada awalnya akan *overshoot* terlebih dahulu dan pada akhirnya berosilasi kecil. *Overshoot* tertinggi pada sumbu pitch adalah sebesar -21.49 derajat, dan pada sumbu *roll* adalah -14.89 derajat. Tetapi jika dengan tangan bergetar hebat seperti pada penderita Parkinson yang cukup parah, sendok masih berosilasi diantara -10 derajat dan 10 derajat baik dari sumbu *pitch* maupun sumbu *roll*. Sendok makan Parkinson belum bisa merespon dengan cepat tremor frekuensi tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] A.R. Onibala, C.D. Mambo, A.S.R. Masengi, "Peranan vitamin dalam penanganan penyakit Parkinson", Jurnal Biomedik, Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, vol 13 no 3, 2021 pp. 322-333.
- [2] W. Aditya, "Klasifikasi Penyakit Parkinson Menggunakan Artificial Neural Network (Ann) Berdasarkan Ekstraksi Fitur Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (Mfdfa) Pada Sinyal Gait," Tugas akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017. Accessed: Jul. 03, 2021. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/42195/>
- [3] L. Aulia, "Hubungan Stadium Penyakit Parkinson dengan Kualitas Hidup Penderita di Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Padang," Diploma thesis, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, 2020. Accessed: Jul 03, 2021. [Online]. Available: <http://scholar.unand.ac.id/56985/>
- [4] Suharti, "Patologi penurunan kognitif pada penderita Parkinson", UMI Medical Journal, Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia, vol 5 issue 1, Juni 2020, pp. 1-11
- [5] M. N. Halim, A. Zarkasi, and A. D. Nastiti, "Implementasi Logika Fuzzy Pada Sendok Makan Penderita Parkinson," Generic, Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sriwijaya, vol 12 no 1, 2020, pp. 4-13
- [6] A. Zarkasi, D. D. Mahendra, M. A. Fadilla, dan M. N. Halim, "Rancang bangun Sendok Penderita Parkinson Menggunakan Mikrokontroler ESP-32" di dalam Proceeding Annual Research Seminar, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, vol 5 no 1, 2019, pp. 242-246.
- [7] J. Abrahamson, J. Danmo, "The stabilizing spoon, self-stabilizing utensil to help people with impaired motor skills". Bachelor thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2017.

- [8] M. Rikhas dan H. Asyari, "Implementasi sensor MPU-6050 pada Perancangan Alat Bantu Makan Penderita Parkinson", Simposium Nasional RAPI II, - 2021, FT Universitas Muhammadiyah Surakarta, pp135-142.
- [9] Marwanto, "Sifat Mekanik Komposit Berbasis Poli Asam Laktat (PLA) dan Serat Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit", Jurnal Hutan Lestari, vol 5 no 2, 2017, pp 412-417.
- [10]"What is Matlab? | How It Works | Skill & Career Growth | Advantages," EDUCBA, Apr. 29, 2019. <https://www.educba.com/what-is-matlab/> (accessed Jul. 03, 2021).
- [11]T. Islam, Md. S. Islam, Md. Shajid-Ul-Mahmud, and M. Hossam-E-Haider, "Comparison of complementary and Kalman filter based data fusion for attitude heading reference system," AIP Conference Proceedings, vol 1919 no 1, Dhaka, Bangladesh, December 2017, pp. 0200021-10.
- [12]S. Colton, "The Balance Filter: a Simple Solution for Integrating Accelerometer and Gyroscope Measurements for a Balancing Platform", Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Rev.1: Submitted as a Chief Delphi white paper, June 2007.
- [13]E. Fitrawan, S. Sulaiman, R.H. Subrata, Perancangan Sistem Kendali PID untuk sistem Two Wheels Self Balancing Robot, dalam Proceeding Seminar Nasional Pakar ke 3, Universitas Trisakti, 2020, pp 1.23.1- 1.23.5
- [14]"PID Controller: Working, Types, Advantages & Its Applications," ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students, Dec. 28, 2013. <https://www.elprocus.com/the-working-of-a-pid-controller/> (accessed Jul. 03, 2021).
- [15]A. Ningsih, C. Puspita, "Kendali PID Training Kit ELABO TS 3400 Menggunakan sensor Posisi", Technee, Jurnal Ilmiah Elektroteknika, Universitas Satyawacana, vol 15 no 2, 2016, pp 9-16.