

GESTURE CONTROL MENGGUNAKAN METODE COMPLEMENTARY FILTER

Ahmad Fajar Magsyar¹, Yohanes Suban Belutowe², Petrus Katemba³

Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo KupangJln. Perintis
Kemerdekaan I - Kayu Putih – Kupang – NTT – Indonesia
Email : ¹fajarmagsyar@yahoo.com, ²yosube@gmail.com,
³petruskatemba@gmail.com

Abstract

This study will discuss the use of the Complementary Filter method in hardware development that use gyroscope and accelerometer sensors, in order to see the ability of the sensor to read movement and assess how effective it is when used under movements with varying levels of aggressiveness. The complementary filter is a method that as the name suggests is to filter input data taken from the gyroscope and accelerometer sensors, this method is able to take data from both sensors and combine them into a single data that is more accurate by ignoring the shortcomings and using the advantages of each sensors The device that will be used is the MPU6050 GY521, this is a device that has both the two sensors on a single PCB so it is easier and more efficient to use, it has 3 axes meaning that this device can read motion in 3-dimensional space, the microcontroller used is a variant of Arduino with an ATmega processor. After doing the test it was found that the use of the complementary filter method will greatly help the accuracy of the data because the filtered data contains very small noise with a significant difference when compared to raw data without using the filtering method, but because delay still can happens, wich cannot be helped by using this filtering method, this device can only be used with certain levels of movement.

Keywords: *Accelormeter, Arduino, Complementary Filter, Gyroscope, Motion and Gesture, MPU5060.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terdapat banyak perangkat masukan yang digunakan untuk mengendalikan teknologi yang sekarang kita gunakan sehari-hari, berawal dari tombol yang perlu di tekan dan berinteraksi langsung dengan perangkat yang ingin dikendalikan, hingga sekarang dimana banyak perangkat yang telah menerapkan layar sentuh untuk mengendalikan perangkat, namun ada sebuah teknologi yang sudah ada sejak lama namun belum banyak diterapkan, hal itu merupakan sensor gerak, selain pada aspek hiburan seperti Virtual Reality dan Augmented Reality penggunaan sensor gerak masih jarang, walaupun dilihat dari kegunaannya yang memiliki banyak potensi.

Terdapat berbagai jenis sensor gerak, namun yang paling umum untuk digunakan merupakan sensor accelerometer dan gyroscope, kedua sensor tersebut merupakan sensor yang memiliki fungsi hampir sama yaitu menangkap data digital dari pergerakan di dunia nyata, namun kedua sensor tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, dimana singkatnya accelerometer memberikan data yang akurat namun tidak stabil, sedangkan gyroscope dapat memberikan data yang stabil namun sering terjadi bias sehingga membuat data yang dihasilkan menjadi kurang akurat.

Dari karakteristik kedua sensor itu, dibuat sebuah metode yang dapat menyempurnakan hasil data yang didapat dari masing-masing sensor tersebut, nama dari metode tersebut adalah complementary filter, metode tersebut mengambil hanya dari aspek

positif dari masing-masing sensor, sehingga menghasilkan data pergerakan yang stabil dan akurat, data ini yang dijadikan landasan untuk membuat kontrol gerak.

1.2 Rumusan Masalah

Setelah melihat dari latar belakang diatas, berikut merupakan rumusan masalah yang diambil dari judul penelitian tersebut:

- a. Bagaimana merancang perangkat yang menggunakan sensor MPU6050 GY-521?
- b. Bagaimana implementasi metode complementary filter untuk mempengaruhi hasil deteksi pergerakan dari sensor MPU6050 GY-521?
- c. Apakah perangkat kontrol gerak dengan menggunakan sensor dan metode yang ada sudah cukup baik untuk digunakan dalam kontrol gerak pada kasus sehari-hari?
- d. Apakah dengan menggunakan metode complementary filter dapat mengurangi delay data dari sensor yang digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah dijabarkan diatas, terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui lebih dalam mengenai gesture control dan sensor gerak yang digunakan dalam implementasi gesture control.
2. Mengetahui cara mengimplementasikan metode complementary filter untuk menyempurnakan hasil output dari sensor gerak.
3. Mampu merancang sebuah perangkat dengan menggunakan

sensor MPU6050 GY-521 yang berguna sebagai alat kontrol perangkat keras lain ataupun perangkat lunak.

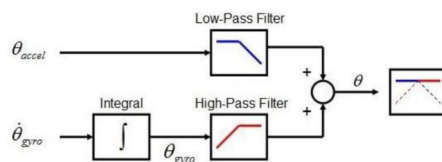
4. Mempelajari seberapa efektif alat stabilisasi yang dibangun menggunakan sensor MPU 6050 GY-521 dalam gerakan dengan tingkat agresif yang bervariasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Complementary Filter

Menurut Fahmi, et.al (2017), Complementary Filter adalah metode filtering, yang dapat berfungsi sebagai filter nilai sensor agar nilai tersebut memiliki noise yang kecil atau bahkan tidak ada, sehingga datanya akurat.

Filter ini merupakan gabungan dari dua jenis penyaringan sinyal yaitu, *high-pass* dan *low-pass filter* seperti pada dibawah ini, *high-pass filter* adalah penyaringan sinyal yang digunakan untuk menyaring keluaran data dari gyroscope dan *low-pass filter* adalah penyaringan yang digunakan untuk menyaring keluaran data dari accelerometer.



Gambar 1. Complementary Filter

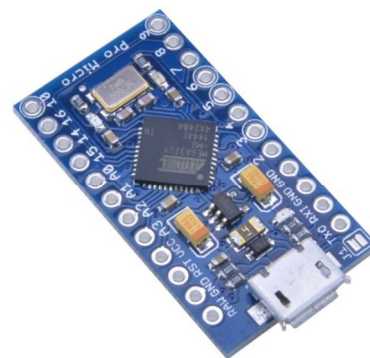
2.2 Arduino

Menurut Kadir (2018) arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat sumber terbuka, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor dan softwrenya

memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Arduino juga merupakan senarai perangkat keras terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya.

Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat clone arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level hardware. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui bootloader meskipun ada opsi untuk mem-bypass bootloader dan menggunakan pengunduh untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui port ISP.



Gambar 2. Arduino

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah cara atau jalan yang ditempuh sehubungan dengan penelitian yang dilakukan, yang memiliki langkah-langkah yang sistematis. Metode penelitian mencakup prosedur dan teknik penelitian. Metode penelitian merupakan langkah penting untuk memecahkan masalah-masalah penelitian. Dengan menguasai metode penelitian, bukan hanya dapat memecahkan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat mengembangkan bidang keilmuan yang digeluti. Selain itu, memperbanyak penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas dan dunia pendidikan.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan pada studi kasus ini maka akan dijabarkannya lagi secara lebih mendetail mengenai prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini.

- a. Studi literatur dilakukan untuk menjelaskan dasar teori yang mendukung dalam perancangan alat secara keseluruhan dalam penelitian ini. Adapun teori yang digunakan dalam pengerjaan skripsi dapat diperoleh dari jurnal, hasil dokumentasi, ataupun e-book dari penelitian yang pernah dilakukan sebelum ini yang cukup relevan untuk dijadikan referensi.
- b. Rekayasa kebutuhan sistem perlu dilakukan sebagai sarana dalam menganalisis beberapa kebutuhan yang diperlukan pada sistem penelitian ini. Pada rekayasa kebutuhan sistem ini terdapat enam bagian yaitu, deskripsi umum sistem, kebutuhanantarmuka, kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional, kebutuhan performansi sistem dan spesifikasi sistem.
- c. Perancangan sistem, pada tahapan ini lebih fokus dalam perancangan sistem secara keseluruhan, hal ini meliputi perancangan perangkat keras pada sistem dan perancangan perangkat lunak pada sistem.
- d. Implementasi Sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang sudah dijelaskan diatas. Implementasi perangkat keras yang sesuai dengan rancangan dan konfigurasi yang dibutuhkan oleh sistem, implementasi perangkat lunak

untuk menunjang jalannya sistem menggunakan Arduino IDE sebagai software pemrograman pada mikrokontroler Arduino, dan implementasi Servo Motor pada perangkat ini yang merupakan aksi dari hasil output pemrosesan complementary filter dari sensor MPU6050 GY-521.

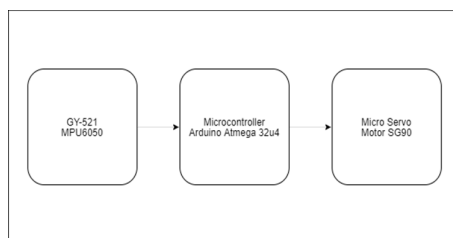
- e. Pengujian yang dilakukan pada sistem ini, meliputi pengujian kalibrasi sensor MPU6050, pengujian akurasi sensor MPU6050, pengujian pengaruh Complementary Filter, pengujian keseluruhan sistem dan pengujian delay response time.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem merupakan tahapan terpenting dalam melakukan sebuah penelitian, dengan melakukan implementasi akan didapatkan hasil, kekurangan, dan kelebihan sebuah sistem.

Implementasi sistem pada penelitian ini akan dibagi menjadi 2, yaitu implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak..

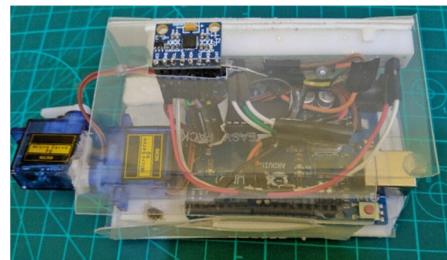
4.1 Implementasi *Hardware*



Gambar 4. Diagram Blok Perangkat Keras

Perancangan Sistem Perangkat keras dimulai dengan melakukan perincian lengkap mengenai alat yang akan digunakan, hal ini termasuk dengan alur kerja dari perangkat keras, dan skematis dari perangkat keras, hal ini berguna untuk menjadi acuan konkret yang akan melandasi bagaimana perangkat keras pada sistem ini akan dibangun, ini akan menunjang keberhasilan dari perangkat keras.

Dengan menggunakan alur tersebut dan spesifikasi detail dari masing-masing komponen yang akan digunakan, penulis dapat membuat skematik mengenai cara keseluruhan komponen yang digunakan dapat bekerja dengan kesinambungan, bagaimana komponen dapat berkomunikasi antara satu dengan yang lainnya, dan bagaimana komponen-komponen tersebut dapat bekerja dengan lancar.

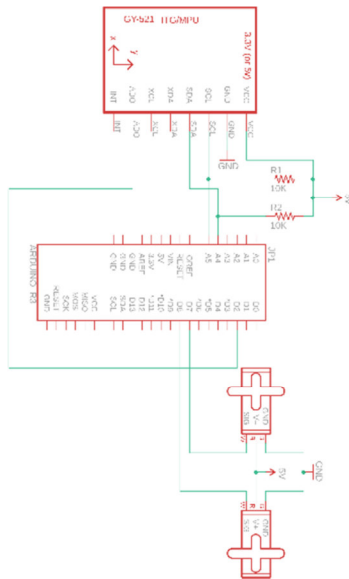


Gambar 5. Implementasi Perangkat Keras

Alat-alat perangkat keras yang akan digunakan adalah:

- a. Arduino
- b. Laptop Legion Lenovo Y520 (Core i5 7300HQ, 16GB RAM)
- c. Micro Servo Motor SG90
- d. MPU6050 GY-521 6-Axis
- e. Breadboard

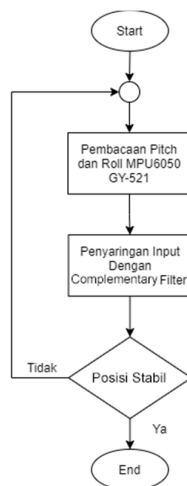
Berikut ini perancangan alur kabel alat stabilisasi tersebut:



Gambar 6. Skematis Eagle

4.2. Implementasi Software

Dalam implementasi perangkat lunak diperlukan alur yang jelas dan berdasar untuk meminimalisir kesalahan, sesuai dengan perancangan yang sudah diuraikan, pada gambar dibawah ini merupakan alur dari sistem yang digambarkan menggunakan flowchart.



Gambar 7. Flowchart Perangkat Lunak

a) Pembacaan Pitch dan Roll

Sistem akan melakukan pembacaan data yang diterima dari sensor MPU6050 GY-521 berdasarkan dari gerakan pengguna saat memegang gagang alat stabilisasi yang telah dipasang sensor tersebut.

Pitch merupakan nilai pergerakan yang diterima sensor khususnya pada sumbu Y, sedangkan Roll merupakan nilai pergerakan yang diterima sensor khususnya pada sumbu X.

b) Penyaringan Input dengan Complementary Filter

Pada tahapan ini, data yang telah diterima oleh sensor akan dikirim ke microcontroller dan data tersebut akan diproses dan disaring menggunakan metode Complementary Filter untuk melakukan penggabungan data pada sensor accelerometer dan gyroscope yang dimiliki oleh MPU6050 GY-521, untuk menghasilkan data keluaran paling akurat.

c) Stabilisasi Posisi Ujung

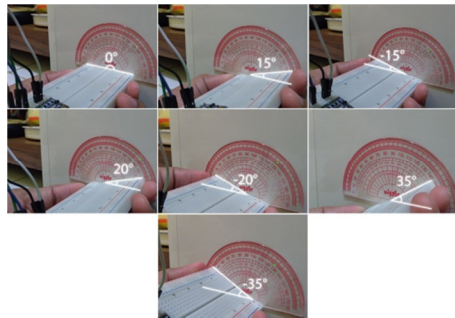
Hasil proses data sensor menggunakan complementary filter akan dikirim ke dua Micro Servo Motor, yang akan bertanggung jawab untuk bergerak pada sumbu X dan Y menyesuaikan dengan data akurat yang telah diterima untuk melakukan stabilisasi.

4.3 Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem, akan dipaparkan hasil yang didapat dari pengujian alat yang telah dikembangkan, dan seberapa efektifnya alat tersebut sesuai dengan studi kasus yang dipilih, pengujian akan dibagi menjadi 2 tahap, yaitu tahapan dimana sensor akan diuji

tanpa mengimplementasikan metode complementary filter dan pengujian yang menggunakan metode complementary filter, nilai yang akan di uji merupakan nilai pitch dan roll dari sensor.

Berikut ini merupakan posisi dari sensor yang akan diuji.



Gambar 8. Sudut Pengujian Sensor

Sensor akan dilakukan dengan menggunakan 7 sudut yaitu 0° , 15° , -15° , 20° , -20° , 35° , dan -35° . Cara pengukuran dapat dilihat pada gambar diatas, dengan menggunakan bujur sangkar alat pengukur sudut nya, akan diperhatikan hasil yang ditampilkan dalam *serial monitor*, hasil yang ditampilkan merupakan data yang akan digunakan.

4.3.1 Pengujian Tanpa Metode

Pengujian yang dilakukan pertama kali merupakan pengujian tanpa menggunakan metode, nilai yang akan di cantumkan merupakan input dan keluaran mentah yang diperoleh oleh sensor, nilai yang akan di gunakan merupakan nilai *pitch* dan *roll* yang merupakan nilai dari 2 sumbu yang bisa di tangkap oleh sensor tersebut. Hal ini dilakukan untuk melihat seberapa akuratnya sensor ini jika tidak menggunakan metode

complementary filter. Pengukuran akan menggunakan penggaris busur untuk mengukur sudut kemiringan dari servo motor sedangkan untuk nilai langsung dari sensor akan dilihat pada *serial monitor* arduino.

Data yang tercantum merupakan data yang diambil setelah mempertahankan posisi sudut sensor selama 3 detik, hal ini dilakukan karena pembacaan sudut sensor tanpa menggunakan complementary filter akan sangat tidak stabil, atau sumbunya akan bergoyang secara agresif sehingga digunakan prosedur ini untuk mendapat hasil yang adil.

Data error *pitch* atau *roll* akan diambil melalui pebandingan yang ada antara sudut posisi sensor dengan data yang terbaca, sedangkan data error servo motor akan diambil melalui perbandingan antar data *pitch* atau *roll* dengan posisi kemiringan servo motor.

Bisa dilihat pada tabel di bawah ini mengenai detail data yang didapat melalui pengujian pertama tanpa menggunakan complementary filter, pembuktian menggunakan foto akan dilampirkan di bawah tabel pengujian.

Tabel 1. Data *Pitch* Pengujian Tanpa Menggunakan Metode

Posisi	Data <i>Pitch</i>	Err	Servo	Err Servo
0°	-2°	-2°	0°	2°
15°	17.5°	2.5°	25°	7.5°
-15°	-12°	3°	-2°	10°
20°	23°	3°	25.5°	2.5°
-20°	-13.5°	6.5°	-1°	12.5°
35°	30.5°	-4.5°	41.5°	11°

-35°	-29.5°	5.5°	-26°	9°
Rata-rata:		3.8°	7.8°	

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa rata-rata error pembacaan adalah 3.8° dan error pada pergerakan servo adalah 7.8°.

Tabel 2. Data *Roll* Pengujian Tanpa Menggunakan Metode

Posisi	Data <i>Roll</i>	Err	Servo	Err Servo
0°	1°	1°	0°	-1°
15°	12.5°	-2.5°	25°	12.5°
-15°	-9°	6°	-5°	4°
20°	22°	2°	29°	7°
-20°	-25.5°	-5.5°	-8°	17.5°
35°	32.5°	-2.5°	30°	-2.5°
-35°	-30°	5°	-28°	2°
Rata-rata:		3.5°	6.6°	

Dari data pengujian pertama diatas yang dilakukan tanpa menggunakan metode *complementary filter* bisa dilihat bahwa rata-rata error dari nilai *pitch* adalah 3.8° dan servo memiliki error 7.8° dan nilai *roll* memiliki rata rata nilai error sebesar 3.5° dan servo memiliki error 6.6°.

Dibawah ini merupakan gambar pengujian nilai *pitch* dan *roll* yang dilakukan, pada gambar dipaling atas merupakan hasil mentah keluaran dari sensor MPU6050 yang dikeluarkan oleh *serial monitor* Arduino, lalu dibawahnya diikuti dengan hasil posisi dari servo motor sebagai nilai *serial monitor* sebagai acuannya, bisa dilihat bahwa hasil yang dikeluarkan kurang akurat, hal ini dikarenakan oleh data dari accelerometer yang memiliki banyak *noise*.

4.3.2 Pengujian Menggunakan Metode

Pengujian kedua yang akan dilakukan merupakan pengujian dengan menggunakan metode *Complementary Filter*, nilai yang akan di ambil merupakan nilai *pitch* dan *roll*.

Walaupun kali ini akan dilakukan menggunakan metode, pengukuran sudut tetap akan mengambil data setelah 3 detik mempertahankan posisi sudut yang sama.

Tabel 3. Data *Pitch* Pengujian Menggunakan Metode

Posisi	Data <i>Pitch</i>	Err	Servo	Err Servo
0°	0°	0°	0°	0°
15°	15°	0°	16°	1°
-15°	-14.5°	0.5°	-17°	-2.5°
20°	20°	0°	20°	0°
-20°	-20°	0°	-20°	0°
35°	35.5°	-0.5°	31°	-4.5°
-35°	-35°	0°	-30°	5°
Rata-rata:		0.1°	1.8°	

Tabel 4. Data *Pitch* Pengujian Menggunakan Metode

Posisi	Data <i>Roll</i>	Err	Servo	Err Servo
0°	0.5°	0.5°	0°	0°
15°	15.5°	0.5°	15°	0.5°
-15°	-15°	0°	-15°	0°
20°	22°	2°	21°	-1°
-20°	-19°	1°	-19°	0°
35°	34.5°	-0.5°	35°	0.5°
-35°	-36.5°	1.5°	-36.5°	0°
Rata-rata:		0.8°	0.2°	

Dari data pengujian kedua diatas yang dilakukan dengan menggunakan *complementary filter* bisa dilihat bahwa rata-rata error dari nilai *pitch* adalah 0.1° dan servo memiliki error 1.8° dan nilai *roll* memiliki rata rata nilai error sebesar 0.8° dan servo memiliki error 0.2° .

Dibawah ini merupakan gambar pengujian setelah menggunakan metode *complementary filter*, dengan menggunakan metode ini bisa dilihat perbedaan respon servo motor terhadap data masukan dari sensor .

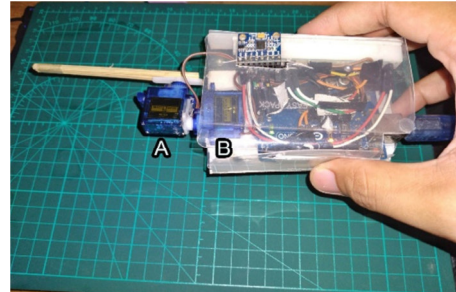
MPU6050, pergerakan menjadi lebih akurat dikarenakan minimnya tingkat noise yang terdapat pada data.

4.4 Pengujian Sistem Gerak

Setelah mengetahui perbedaan dari hasil data yang menggunakan dan tidak menggunakan metode, secara singkat dapat disimpulkan bahwa penerapan dengan menggunakan metode memberikan perbedaan yang cukup signifikan dikarenakan selisih error yang cukup tinggi jika dibandingkan

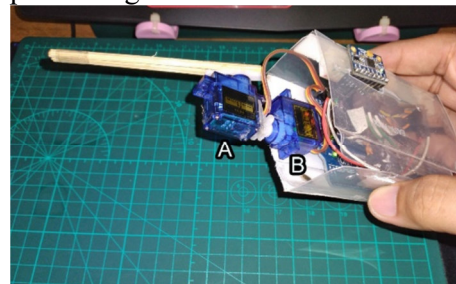
Dengan mempertimbangkan hasil data tersebut, pada analisis sistem gerak, penulis akan memperagakan dengan menggunakan alat stabilisasi yang telah dirakit dengan menggunakan sensor accelerometer dan gyroscope guna menguji seberapa akurat jika data yang telah di saring tersebut diterapkan secara langsung dalam penggunaan nyata, pengujian akan dilakukan dengan cara menggerakkan perangkat yang telah dirancang tersebut sesuai dengan arah dan

melihat hasil keluaran atau reaksi oleh perangkat tersebut.



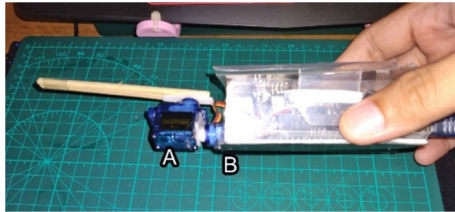
Gambar 9. Posisi *Idle*

Pada gambar diatas merupakan posisi *idle* atau standar dari perangkat tersebut, pada posisi ini dapat dilihat bahwa posisi ujung dari perangkat tersebut berada pada posisi stabil dan tetap lurus sesuai dengan posisi tangan.



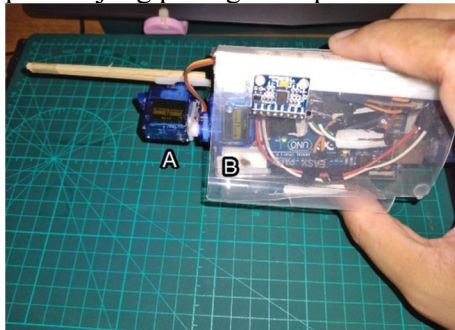
Gambar 10. Posisi Naik (*Roll*)

Pada posisi kali ini yaitu posisi turun dapat diperhatikan bahwa servo motor paling dekat dengan ujung perangkat stabilisasi (Servo A) yang merupakan servo nilai *roll* menyesuaikan posisinya sesuai dengan pergerakan tangan, dimana tangan menukik kedepan lalu Servo A melakukan rotasi ke arah berlawanan sehingga dapat menstabilkan posisi dari ujung perangkat stabilisasi ini.



Gambar 11. Posisi Kanan (*Pitch*)

Jika posisi sebelumnya yang diuji merupakan posisi dari nilai *roll*, kali ini pengujian akan dilakukan dengan posisi nilai *pitch*, posisi yang diperagakan pada gambar diatas merupakan posisi *pitch* ke kanan, dan dapat dilihat bahwa servo yang paling jauh dari ujung perangkat stabilisasi (Servo B) yang bertanggung jawab pada nilai *pitch* dapat menyesuaikan posisinya dengan pergerakan tangan, sehingga posisi ujung perangkat dapat stabil.



Gambar 12. Posisi Kiri (*Pitch*)

Terakhir merupakan posisi *pitch* ke kiri, saat pergerakan ke kiri ini dilakukan dapat dilihat bahwa Servo B mampu menyesuaikan posisinya sehingga ujung perangkat ini tetap stabil, Servo B mengambil nilai *pitch* yang dilakukan oleh tangan, dan berotasi ke arah yang sebaliknya sehingga tetap dapat stabil. Analisis ini menggunakan posisi-posisi linear yaitu pada masing-masing *pitch* dan *roll*, dan menggunakan data gabungan dari kedua nilai tersebut sehingga dapat bergerak secara

diagonal. Setelah melakukan analisis pada sistem gerak nyata ini penulis menemukan bahwa pada penerapan nyata penggunaan complementary filter dapat sangat membantu meningkatkan keakuratan perangkat stabilisasi ini, namun dikarenakan keterbatasan dari module sensor yang digunakan yaitu MPU 6050 GY-521 ini masih terdapat delay sehingga menyebabkan gerakan-gerakan kecil yang dilakukan tidak dapat diterjemahkan dengan baik pada penggunaan nyata, hal ini merupakan sebuah *bottleneck* yang dapat menghambat penggunaannya jika memerlukan tingkat stabilisasi yang sangat tinggi.

4.5 Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Setelah melakukan pengujian dapat diambil kesimpulan mengenai kekurangan dan kelebihan sistem.

a) Kelebihan Sistem:

Kelebihan yang ditemukan setelah melakukan pengujian pada sistem adalah sebagai berikut:

- Perangkat kontrol gerak yang diimplementasi dapat berjalan dengan sensor MPU6050 membaca getaran dari tangan cukup akurat dengan tingkat agresif gerakan yang cukup sedang
- Hasil data mentah keluaran dari sensor yang memiliki noise dapat distabilkan dengan menggunakan metode *complementary filter*.
- Dari hasil pengujian bisa dilihat pengurangan error sudut yang terjadi pada servo motor dapat dikurangi karena noise dari data data yang diterima menjadi lebih minimal dengan selisih nilai

rata-rata *pitch* dikurangi sebesar 3.7° dan rata-rata nilai selisih servo motor sebesar 6° , sedangkan selisih data rata-rata nilai *roll* sebesar 2.7° dengan rata-rata nilai selisih servo motor sebesar 6.4° .

b) Kekurangan Sistem

- Sistem mengalami delay dalam membaca dan menggerakkan motor sehingga tidak dapat digunakan pada kasus dengan tingkat pergerakan yang tinggi.
- Rentang jarak gerak sistem cukup terbatas dikarenakan servo motor yang digunakan merupakan servo motor bedaya kecil.
- Tidak dapat digunakan untuk menahan benda yang berat dikarenakan batas maksimal berat yang dapat ditampung oleh servo motor berdaya kecil.
- MPU6050 dapat terjadi freeze saat digerakan terlalu agresif dalam waktu tertentu dan mengharuskan sistem untuk restart untuk mengembalikan sistem di state normal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang berlandaskan perancangan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan antara lain:

- a. Alat dapat digunakan dengan akurat namun dalam rentang tingkatan gerak tangan yang tidak agresif.
- b. Dengan mengimplementasikan metode complementary filter dapat mengurangi noise dari sensor MPU6050 dengan signifikan dan membuat hasil keluaran menjadi lebih stabil.
- c. Sensor MPU6050 memiliki delay sehingga membuat

pergerakan motor menjadi sedikit terlambat yang membuat alat kontrol gerak ini tidak dapat digunakan pada gerakan tangan yang agresif.

- d. Servo Motor 9g tidak mampu menahan beban berat sehingga tidak memungkinkan untuk bekerja untuk mengangkat, menampung, atau memindahkan benda berat, hal ini juga membuat alat stabilisasi memiliki rentang yang cukup pendek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin, M., 2020. Sistem Cerdas Kontrol Kran Air Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor Ultrasonic. InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan. 4(2): 56. DOI: 10.30743/infotekjar.v4i2.2386.
- [2] Fahmi, H.Z., Maulana, R. dan Kurniawan, W., 2017. Implementasi Complementary Filter Menggunakan Sensor Accelerometer dan Gyroscope pada Keseimbangan Gerak Robot Humanoid. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. 1(11): 1377-1378.
- [3] Kadir, F., 2018. Arduino & Sensor: Tuntunan Praktis Mempelajari Penggunaan Sensor Untuk Aneka Proyek Untuk Elektronika Berbasis Arduino. Yogyakarta (ID): Andi Offset.
- [4] Sugiyono., 2017. Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D. Bandung (ID): Alfabeta.