

**SISTEM KENDALI KAMERA FPV (*FIRST PERSON VIEW*) 2 DOF  
BERBASIS *GESTURE* KEPALA MENGGUNAKAN SENSOR  
*ACCELEROMETER* DAN SENSOR *ORIENTATION***

**NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR**



Disusun oleh  
**PRAYOGO ADIWIBOWO**  
5150711107

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO  
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA  
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR MAHASISWA**

Judul Tugas Akhir

**SISTEM KENDALI KAMERA FPV (*FIRST PERSON VIEW*) 2 DOF  
BERBASIS *GESTURE* KEPALA MENGGUNAKAN SENSOR IMU  
(*INERTIAL MEASUREMENT UNIT*)**

Judul Naskah Publikasi

**SISTEM KENDALI KAMERA FPV (*FIRST PERSON VIEW*) 2 DOF  
BERBASIS *GESTURE* KEPALA MENGGUNAKAN SENSOR  
*ACCELEROMETER* DAN SENSOR *ORIENTATION***

Disusun oleh

**PRAYOGO ADIWIBOWO**  
**5150711107**

Mengetahui,

<b>Nama</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Tanda Tangan</b>	<b>Tanggal</b>
M.S Hendriyawan A, S.T., M.Eng	Pembimbing	.....	.....

Naskah Publikasi Tugas akhir ini telah diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana S-1 Program Studi Teknik Elektro

Yogyakarta ,.....

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro, Universitas Teknologi Yogyakarta

**M.S Hendriyawan Achmad,S.T.,M.Eng**

**NIK. 110810056**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

N a m a : Prayogo Adiwibowo  
NIM : 5150711107  
Program Studi : Teknik Elektro

**“SISTEM KENDALI KAMERA FPV (*FIRST PERSON VIEW*) 2 DOF  
BERBASIS *GESTURE* KEPALA MENGGUNAKAN SENSOR  
*ACCELEROMETER* DAN SENSOR *ORIENTATION*”**

Menyatakan bahwa Naskah Publikasi ini hanya akan dipublikasikan di JURNAL TeknoSAINS FTIE UTY, dan tidak dipublikasikan di jurnal yang lain.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta  
Pada tanggal : 24-06-2019  
Yang menyatakan

Prayogo Adiwibowo  
5150711107

# **SISTEM KENDALI KAMERA FPV (*FIRST PERSON VIEW*) 2 DOF BERBASIS *GESTURE* KEPALA MENGGUNAKAN SENSOR IMU (*INERTIAL MEASUREMENT UNIT*)**

**Prayogo Adiwibowo, M S Hendriyawan Achmad**

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro  
Universitas Teknologi Yogyakarta  
Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta  
E-mail : [yogowibowo21@gmail.com](mailto:yogowibowo21@gmail.com)*

## **ABSTRAK**

*Dalam melakukan pengambilan gambar di udara, banyak media yang bisa digunakan dan dengan semakin berkembangnya teknologi saat ini terutama dalam ilmu pengetahuan, membuat segala sesuatunya dapat dikerjakan dengan mudah dan cepat. Dalam bidang elektronika, robot adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk mempermudah suatu pekerjaan. Robot yang perkembangannya sangat pesat yaitu drone atau sering disebut sebagai UAV (Unmanned Aerial Vehicle) yang memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan karakter yang berbeda-beda. Kamera FPV merupakan salah satu dari beberapa part penting dari drone FPV, RC Plane FPV atau RC FPV lainnya yang cara kerjanya adalah kamera akan menangkap video drone secara langsung kemudian dipancarkan melalui video Transmitter (vtx). Sistem kendali kamera FPV (first person view) 2 DOF berbasis gesture kepala membutuhkan komponen seperti arduino nano, bluetooth HC-05, bracket servo 2 DOF pan tilt, motor servo dan IP camera, arduino nano berfungsi sebagai processor untuk memproses input dan output dari setiap komponen, bluetooth HC-05 dihubungkan dengan bluetooth pada smartphone, servo pan berfungsi untuk bergerak ke kanan dan ke kiri sesuai gesture kepala, servo tilt berfungsi untuk bergerak ke atas dan ke bawah sesuai gesture kepala dan IP Camera berfungsi untuk broadcast/streaming video. VR Glasses ini dihubungkan dengan bluetooth HC-05. Dimana smartphone didalam vr glasses ini akan memunculkan nilai gerak servo pan, servo tilt serta gambar/video yang ada pada IP camera. Hasil uji servo pan dengan busur derajat sebagai perbandingan menunjukkan perbandingan yang cukup besar yaitu 5,16°, sedangkan hasil uji servo tilt dengan busur derajat sebagai perbandingan menunjukkan perbandingan yang cukup besar juga yaitu 6,67°. Nilai eror servo tilt lebih besar dari servo pan yaitu sebesar 1,51°.*

**Kata kunci :** Kamera FPV, Arduino nano, Pan/Tilt servo, VR Glasses, IP camera

## **ABSTRACT**

*In taking pictures in the air, a lot of media that can be used and developed with current technology in science, makes everything can be done easily and quickly. In the field of electronics, robots are tools that can be used to facilitate a job. Robots that develop very quickly are drones or often called UAV (Unmanned Aerial Vehicles) which have different shapes, sizes, and characters. FPV camera is one of several important parts of FPV drones, RC Plane FPV or other RC FPVs that use the camera to record video drones directly and then transmit via video Transmitter (VTX). FPV camera control system (first person view) 2 DOF based head gestures require components such as Arduino nano, Bluetooth HC-05, 2 DOF pan tilt servo bracket, servo motor and IP camera, Arduino nano functions as a processor to process input and output from each component, bluetooth HC-05 is connected with bluetooth on a smartphone, the servo pan functions to move right and left according to the head gesture, the servo tilt functions to move down and down according to the head gesture and the IP Camera serves to broadcast / stream videos. This VR Glasses is connected with bluetooth HC-05. Where the smartphone in the vr glasses will bring up the value of the servo pan motion, servo tilt and the image / video on the IP camera. The servo pan test results with a protractor as a comparison show a fairly large ratio of 5.16°, while the results of the servo tilt test with a protractor as a comparison show a fairly large ratio as well which is 6.67°. Servo error value tilt is greater than servo tilt which is equal to 1.51°.*

**Keywords:** FPV camera, Arduino nano, Pan/Tilt Servo, VR Glasses, IP camera

## 1. PENDAHULUAN

Dalam melakukan pengambilan gambar di udara, banyak media yang bisa digunakan dan dengan semakin berkembangnya teknologi saat ini terutama dalam ilmu pengetahuan, membuat segala sesuatunya dapat dikerjakan dengan mudah dan cepat. Dalam bidang elektronika, robot adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk mempermudah suatu pekerjaan. Robot yang perkembangannya sangat pesat yaitu *drone* atau sering disebut sebagai UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan karakter yang berbeda-beda.

Saat mengudara, sebuah *drone* tidak selalu dapat mempertahankan posisinya dengan mulus. Hal ini karena terdapat berbagai macam hambatan, seperti angin, cuaca tidak menentu, kegagalan sistem dan melakukan beberapa manuver yang membuat gerakan tidak stabil. Gerakan yang tidak stabil ini akan mempengaruhi hasil akhir pengambilan gambar video maupun foto. Sebagai contoh, hasil foto bisa kurang fokus dan terjadi efek *blur* pada gambar atau bisa juga menyebabkan hasil video menjadi bergoyang-goyang. Karena alasan tersebut, teknologi kamera dan perangkat pendukungnya terus ditingkatkan. Perangkat pendukung yang sering digunakan saat pengambilan gambar adalah kamera FPV. Kamera FPV merupakan salah satu dari beberapa *part* penting dari *drone* FPV, RC Plane FPV atau RC FPV lainnya yang cara kerjanya adalah kamera akan menangkap video *drone* secara langsung kemudian dipancarkan melalui video *Transmitter* (vtx). Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dibuat suatu sistem kendali kamera FPV 2 DOF dengan menggunakan masukan gerak kepala (*gesture*) dengan menggunakan VR *glasses*. Sensor *accelerometer* dan sensor *orientation* merupakan sensor yang digunakan untuk menggerakkan kamera FPV 2 DOF agar kamera FPV saat bermanuver naik-turun, kiri-kanan, ataupun saat posisi diam, sistem dapat mengambil gambar video maupun foto dengan stabil dan pergerakan yang lebih alamiah tanpa harus dikendalikan secara manual serta mengurangi resiko *drone* jatuh dari ketinggian terbang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Arief dkk (2017) melakukan penelitian dengan judul Perancangan Sistem Kendali Pergerakan *Arm Manipulator* Berbasis Sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) Dan Sensor *Flex*. Penelitian tersebut membahas sistem kendali arm manipulator melalui pergerakan sensor *inertial measurement unit* (IMU) dan sensor *flex*. Sensor ini dipasang pada sebuah sarung tangan sehingga arm manipulator bergerak sesuai dengan *gesture* tangan operator.

Abu Hatim & M. Rivai (2018) melakukan penelitian dengan judul Sistem Stabilisasi Nampun Menggunakan IMU Sensor dan Arduino Nano. Penelitian tersebut membahas suatu nampun yang seimbang dengan menggunakan *inertial measurement unit* (IMU) sensor MPU6050. Sensor tersebut mampu mendeteksi perubahan sudut atau posisi pada 3 dimensi. Sistem ini menggunakan arduino nano sebagai pemroses sinyal yang diberikan oleh sensor.

Luthfia dkk (2017) melakukan penelitian dengan judul Perancangan *Smart Trolley* Menggunakan Sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) Berbasis *Fuzzy Logic*. Penelitian tersebut membahas *smart trolley* dengan menggunakan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) dan menggunakan algoritma logika *fuzzy*.

Al Barra dkk (2015) melakukan penelitian dengan judul Rancang Bangun Prototipe Alat Pemetaan Topografi Tanah Menggunakan Sensor IMU 10 DOF. Prototipe alat pemetaan topografi tanah ini menggunakan sensor IMU 10 DOF (*accelerometer*, *gyro*, *magnetometers*, *pressure sensor*) dengan tambahan modul GPS dan sensor suhu. Dengan berbasis ATmega328P dilakukan perekaman data pergerakan alat secara linear dan angular, arah mata angin, tekanan udara, posisi bujur dan lintang, ketinggian dari permukaan laut, suhu serta kelembaban udara dari wilayah yang diukur. Data yang dikumpulkan oleh mikrokontroler disimpan pada berkas data di media penyimpanan micro-SD sehingga, pengukuran dilapangan tidak bergantung dengan PC. Berdasarkan pengujian, prototipe ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai topografi.

Ryan Bahrul Ulum (2017) melakukan penelitian dengan judul Rancang Bangun Sistem Pengatur Kestabilan Permukaan Platform Pada Mesin CNC Menggunakan Sensor Gyroscope. Alat ini dirancang untuk dapat menstabilkan permukaan *platform* pada mesin CNC menggunakan sensor *gyroscope*. Sensor akan mendeteksi sudut kemiringan pada meja kerja ketika posisi meja kerja tidak stabil. Sudut kemiringan dari sensor dibaca oleh mikrokontroler, kemudian data ini digunakan oleh mikrokontroler untuk mengirim sinyal ke *driver* motor. *Driver* motor mengirim sinyal berupa arah putaran ke motor dc, kemudian motor dc akan bergerak menstabilkan posisi meja kerja ke kondisi stabil "rata air" sesuai data pembacaan sensor *gyroscope*. Perancangan perangkat keras terdiri dari sensor *gyroscope* MPU-6050. *Shield Driver* motor L293D, motor dc dan mikrokontroler arduino uno atmega328. Proses penyetabilan permukaan *platform* berhenti ketika sensor sudah mendeteksi stabil.

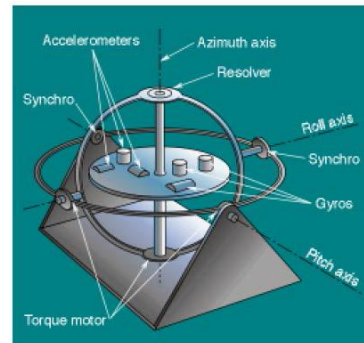
### 3. LANDASAN TEORI

#### 3.1 Sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*)

*Inertial Measurement Unit* (IMU) adalah suatu alat elektronik yang memanfaatkan pembacaan dari sensor *gyroscope* dan *accelerometer* untuk mendapatkan nilai perkiraan posisi relatif, kecepatan, serta akselerasi dari putaran motor. IMU merupakan bagian dari sistem navigasi yang lebih dikenal dengan nama *Inertial Navigation System* (INS). IMU pertama kali didemonstrasikan oleh C.S. Draper pada tahun 1949. IMU sering digunakan pada kendaraan udara untuk bermanuver termasuk UAV dan kendaraan luar angkasa seperti satelit, karena IMU bekerja dengan mendeteksi tingkat percepatan serta perubahan variabel rotasi, termasuk *pitch*, *roll* dan *yaw*. *Pitch*, *roll* dan *yaw* masing-masing merupakan rotasi dari ketiga dimensi yaitu dimensi x, dimensi y dan dimensi z. ketiga sudut *roll*, *pitch* dan *yaw* menentukan orientasi (*attitude*) dari sebuah satelit diluar angkasa terhadap bumi.

IMU sudah beredar luas secara komersil dengan tipe, ukuran dan bentuk yang berbeda-beda. Berdasarkan jumlah *Degree of Freedom* (DOF), IMU dapat dibedakan menjadi empat, yaitu IMU dengan tiga buah DOF, IMU dengan lima buah DOF, IMU dengan enam buah DOF dan IMU dengan sembilan DOF. Perbedaannya ada pada jumlah komponen yang digunakan pada IMU tersebut. IMU dengan tiga buah DOF memiliki konfigurasi sensor berupa dua buah akselerometer dan satu buah giroskop yang mengukur *yaw*. IMU dengan lima buah DOF memiliki konfigurasi sensor berupa tiga buah akselerometer dan dua buah giroskop mengukur *pitch* dan *roll*. IMU dengan enam buah DOF memiliki konfigurasi sensor berupa tiga buah akselerometer dan tiga buah giroskop mengukur *pitch*, *roll*, dan *yaw*. IMU dengan Sembilan buah DOF memiliki konfigurasi sensor berupa tiga buah akselerometer, tiga buah giroskop mengukur *pitch*, *roll*, dan *yaw*, serta tiga buah magnetometer.

Berdasarkan cara pemasangannya, ada dua jenis IMU yang sering digunakan, yaitu IMU *gimbaled* yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan IMU *strap-down* yang ditunjukkan pada Gambar 2. IMU *strap-down* banyak dipakai saat ini. Prinsip kerja IMU yaitu mempertahankan 6-*degree-of-freedom* (DOF) yang memperkirakan gerakan yaitu posisi (X, Y, dan Z) serta orientasi (*roll*, *pitch* dan *yaw*).



Gambar 1. *Inertial Measurement Unit* (IMU) *gimbaled*



Gambar 2. *Inertial Measurement Unit* (IMU) *Strap-Down*

#### 3.2 Sensor *Accelerometer*

Sensor *accelerometer* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek. Sensor *accelerometer* dapat mengukur percepatan dinamis dan percepatan statis. Pengukuran dinamis adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran statis adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. prinsip kerja dari *accelerometer* adalah prinsip percepatan (*acceleration*). Sebuah per dengan beban dan dilepaskan, beban bergerak dengan suatu percepatan sampai kondisi tertentu lalu berhenti. Bila ada sesuatu yang menggoncangkannya maka beban akan berayun kembali. Pengukuran kapasitansi inilah yang umumnya menjadi hasil pengukuran chip. Agar sensor bisa mendeteksi 3 dimensi, maka dibutuhkan 3 pasang plat yang dipasang tegak lurus antar masing-masing (Oktriaviani, 2012).

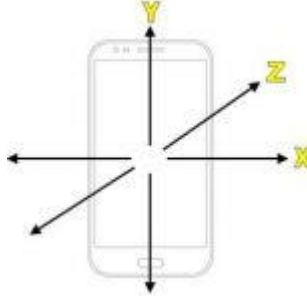
Fungsi dari sensor *accelerometer* pada *smartphone*, antara lain :

- Untuk Mengubah ukuran Layar dari Portrait menjadi Landscape atau sebaliknya .
- Untuk Mengganti Musik dengan cara menggoyangkan HP.
- Untuk Bermain Game.



- Dimanfaatkan dalam pengambilan proses foto/video
- Sebagai Pedometer atau menghitung langkah kaki.

Sensor accelerometer ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor Accelerometer

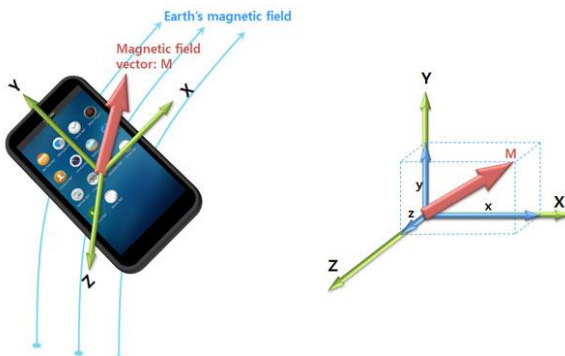
### 3.3 Sensor Orientation

Sensor *orientation* adalah sensor perangkat berasal dari sensor percepatan 3-axis. Berikut 3 sumbu rotasi menunjukkan sudut antara vektor gravitasi dan proyeksi vektor gravitasi (yaw, pitch, roll).

Implementasi dan manfaat dari sensor orientasi, dapat memperoleh matriks kecenderungan dan rotasi matriks untuk perangkat dengan menggunakan sensor gravitasi dan sensor medan geomagnetik dalam hubungannya dengan metode get Rotation Matrix, sehingga akan memperoleh letak posisi perangkat (Symu, 2015).

Sensor *orientation* merupakan perpaduan antara sensor *accelerometer* dan sensor *geomagnetic*. Berdasarkan dua sensor tersebut, maka akan muncul data tiga dimensi yaitu azimuth : Sudut yang terbentuk antara arah ke kutub utara dengan sumbu y pada *device*, pitch : Sudut berdasarkan sumbu x, roll : Sudut berdasarkan sumbu y.

Dalam *smartphone* sensor *orientation* berfungsi untuk mengetahui orientasi ponsel dan mendeteksi posisi dari *smartphone* apakah dalam mode *landscape* atau *portrait*. Sensor ini digunakan untuk rotasi layar secara otomatis. Sensor *orientation* terdapat pada Gambar 4.

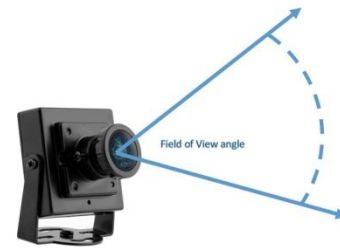


Gambar 4. Sensor Orientation

### 3.4 FPV (First Person View) Camera

FPV *Camera* merupakan salah satu dari beberapa *Part* penting dari *drone* FPV , RC Plane FPV atau RC FPV lainnya yang cara kerjanya kamera akan menangkap video *drone* secara langsung kemudian dipancarkan melalui video *Transmitter* (vtx). Selain itu FPV *camera* merupakan gambaran peralatan yang digunakan oleh seorang pilot rc dalam melakukan penerbangan dengan melihat secara langsung dari kamera yang terpasang secara *on board* pada pesawat dimana pilot seperti benar-benar berada di dalam kokpit.

*First Person View* (FPV) juga dikenal sebagai *First Person Point Of View* (POV) adalah kemampuan pengguna beberapa teknologi untuk melihat dari perspektif visual tertentu selain dari lokasi seseorang yang sebenarnya, seperti dilingkungan karakter dalam video game, *drone*, atau klien *telemedicine*. Contoh FPV *camera* terletak pada Gambar 5.



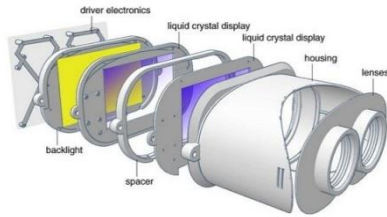
Gambar 5. FPV Camera

### 3.5 Virtual Reality Glasses

*Virtual Reality Glasses* adalah sebuah teknologi yang membuat pengguna atau *user* dapat berinteraksi dengan lingkungan yang ada dalam dunia maya yang disimulasikan oleh komputer, sehingga pengguna merasa berada di dalam lingkungan tersebut. Di dalam bahasa Indonesia *virtual reality* dikenal dengan istilah realitas maya. *Teknologi virtual reality* yang lebih awal adalah Peta Bioskop Aspen, yang diciptakan oleh MIT pada tahun 1977. Programnya adalah suatu simulasi kasar tentang kota Aspen di Colorado, dimana para pemakai bisa mengembara dalam salah satu dari tiga gaya yaitu musim panas, musim dingin, dan poligon.

*Virtual reality* bekerja dengan memanipulasi otak manusia sehingga seolah-olah merasakan berbagai hal yang virtual terasa seperti hal yang nyata. Bisa dibayangkan, *virtual reality* merupakan proses penghapusan dunia nyata di sekeliling manusia, kemudian membuat si pengguna merasa tergiring masuk ke dunia virtual yang sama sekali tak bersentuhan dengan dunia nyata. Untuk dapat melakukan hal ini, tentu dibutuhkan berbagai perangkat tambahan. Paling minimalnya, jika ingin

merasakan masuk ke dalam dunia *virtual reality*, maka dibutuhkan sebuah headset VR, seperti misalnya yang kini banyak ditemukan di pasaran adalah Oculus Rift atau Samsung Gear VR. Susunan komponen yang ada pada perangkat VR terletak pada Gambar 6.



Gambar 6. Susunan komponen perangkat VR

Susunan komponen pada perangkat VR Secara kasat mata, headset VR ini berbentuk seperti kacamata selam, namun dengan lensa tertutup. Bagian yang seperti kacamata selam ini dinamakan sebagai VR box, yang merupakan tempat untuk meletakkan smartphone yang berfungsi memproyeksikan gambar virtual. VR yang menggunakan smartphone ini merupakan perangkat VR versi standar. Berbeda misalnya dengan VR headset yang sudah menggunakan teknologi canggih seperti *Oculus Rift*, di dalamnya bukan lagi menggunakan smartphone, melainkan sudah terdapat sebuah layar yang menampilkan video dan gambar *virtual reality* yang juga bisa terhubung dengan komputer menggunakan bluetooth. Ada 4 elemen penting dalam *virtual reality*.

Adapun 4 elemen itu adalah sebagai berikut :

1. *Virtual world*, sebuah konten yang menciptakan dunia virtual dalam bentuk screenplay maupun script.
2. *Immersion*, sebuah sensasi yang membawa pengguna teknologi virtual reality merasakan ada di sebuah lingkungan nyata yang padahal fiktif. Immersion dibagi dalam 3 jenis, yakni:
  - *Mental immersion*, membuat mental penggunanya merasa seperti berada di dalam lingkungan nyata.
  - *Physical immersion*, membuat fisik penggunanya merasakan suasana di sekitar lingkungan yang diciptakan oleh *virtual reality* tersebut.
  - *Mentally immersed*, memberikan sensasi kepada penggunanya untuk larut dalam lingkungan yang dihasilkan virtual reality.
3. *Sensory feedback* berfungsi untuk menyampaikan informasi dari virtual world ke indera penggunanya. Elemen ini mencakup visual (penglihatan), audio (pendengaran) dan sentuhan.
4. *Interactivity* yang bertugas untuk merespon aksi dari pengguna, sehingga pengguna dapat

berinteraksi langsung dalam medan fiktif atau *virtual world*. Pemakai melihat suatu dunia semu yang sebenarnya adalah gambar-gambar bersifat dinamis. Melalui *Headphone* atau speaker, pendengar akan mendengar suara yang realistis. Melalui *headset, glove, dan walker*, semua gerakan pemakai dipantau oleh sistem yang akan memberikan reaksi yang sesuai sehingga pemakai seolah-olah merasakan pada situasi yang nyata, baik secara fisik maupun psikologis.

### 3.6 Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai 'otak' yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

*Hardware* dalam arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri. *Hardware* dalam *arduino* memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis arduino disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan. Yang membedakan antara arduino yang satu dengan yang lainnya adalah penambahan fungsi dalam setiap *boardnya* dan jenis mikrokontroler yang digunakan

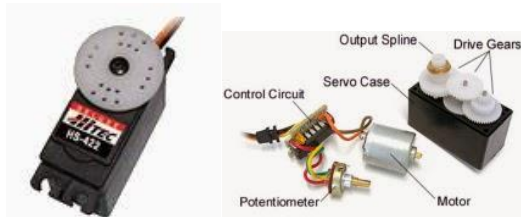
### 3.7 Motor Servo

Motor Servo merupakan perangkat atau actuator putar (motor) yang mampu bekerja dua arah (*Clockwise dan Counter Clockwise*) dan dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem closed feedback yang terintegrasi pada motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini sangat kompleks karena disusun dari *gearbox*, motor dc, *variable resistor* dan sistem kendali, sehingga nilai ekonomis dari motor ini juga sangat tinggi dibandingkan motor dc yang lain yg ukurannya sama.

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk



digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, umumnya terdapat dua jenis motor servo yang dan terdapat di pasaran, yaitu motor servo rotation 180<sup>o</sup> dan servo *rotation continuous*. Motor servo ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Motor Servo

## 4. METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1 Alat dan Bahan

#### a. Alat

Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan beberapa alat dan bahan yang mendukung diantaranya :

No	Nama Alat	Fungsi
1	Penggaris Busur	Untuk membandingkan dengan gerak servo <i>pan</i> dan servo <i>tilt</i>
2	Kabel Jumper	Untuk menghubungkan tiap-tiap komponen
3	Multimeter	Untuk mengecek tegangan komponen pada rangkaian
4	Screw Driver Set	Untuk memasang dan mengencangkan baut
5	Kabel USB Arduino Nano	Untuk menghubungkan arduino nano dengan laptop
6	Kabel Data	Untuk menghubungkan vcc dan <i>ground</i> ke power bank

Tabel 1. Alat dan Bahan

#### b. Bahan

##### 1) Hardware (Perangkat Keras)

- Arduino Nano adalah salah satu varian dari produk *board* mikrokontroler

keluaran arduino untuk sebuah pemrograman

- IP Camera adalah kamera yang menggunakan protokol *internet* yang dapat diakses melalui *web browser*, sehingga memberikan kemudahan kepada pengguna agar dapat mengakses menggunakan perangkat *smartphone* dan laptop
- Module Bluetooth HC-05 adalah *module* komunikasi nirkabel via *bluetooth* yang dimana beroperasi pada frekuensi 2.4GHz dengan pilihan dua mode konektivitas. Mode 1 berperan sebagai *slave* atau *receiver* data saja, mode 2 berperan sebagai master atau dapat bertindak sebagai *transceiver*.
- Bracket Servo 2 DOF Pan Tilt adalah alat yang berfungsi untuk melakukan tugas pergerakan *pan* dan *tilt* pada rangkaian gabungan dua buah servo.
- Project Board banyak digunakan untuk merangkai komponen.

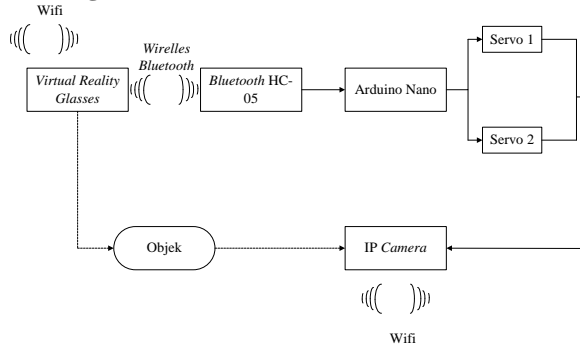
##### 2) Software (Perangkat Lunak)

- Arduino IDE merupakan sebuah singkatan dari (*Integrated Development Environment*) atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Arduino IDE juga dilengkapi dengan *library* C/C++ yang biasa disebut wiring yang membuat operasi *input* dan *output* menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari *software processing* yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan arduino. Program yang ditulis menggunakan arduino *software* (IDE) disebut *sketch*.
- MIT App Inventor adalah aplikasi inovatif yang dikembangkan Google dan MIT untuk mengenalkan dan mengembangkan pemrograman android dengan mentransformasikan bahasa pemrograman yang kompleks berbasis teks menjadi berbasis visual (*drag and drop*) berbentuk blok-blok.
- IP Webcam adalah sebuah aplikasi untuk mengonversi perangkat Android Anda menjadi sebuah kamera internet, dilengkapi dengan beberapa opsi tampilan yang dapat Anda lihat pada

platform apa pun menggunakan pemutar VLC atau peramban internet.

## 4.2 Deskripsi Sistem

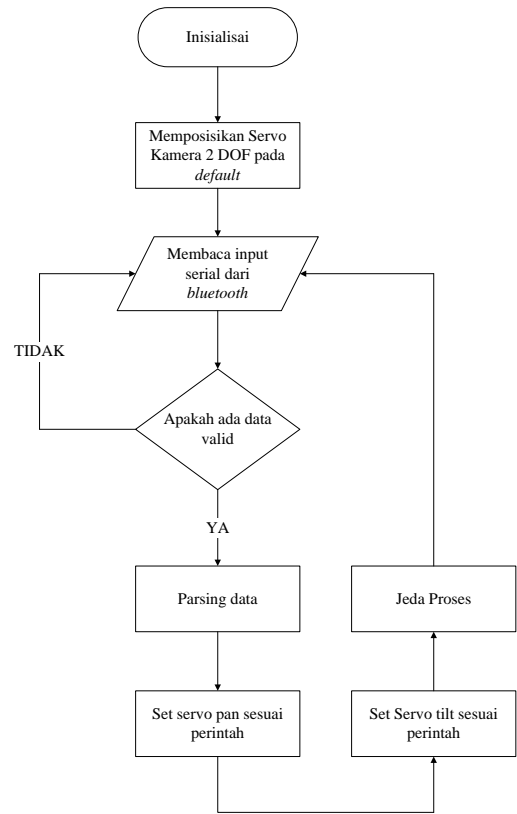
### a. Diagram Blok Sistem



Gambar 8. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa di dalam *virtual reality glasses* terdapat *smartphone*, *wifi* pada *smartphone* dihidupkan untuk menghubungkan dengan *IP camera*. Koneksi *bluetooth* pada *smartphone* dihubungkan ke *bluetooth HC-05*, kemudian *bluetooth HC-05* dihubungkan dengan *arduino nano*, dimana *arduino nano* ini sebagai penggerak servo 1 dan servo 2. Kemudian kedua servo ini berfungsi untuk menggerakkan *ip camera*. *Ip camera* akan bekerja sesuai dengan perintah objek.

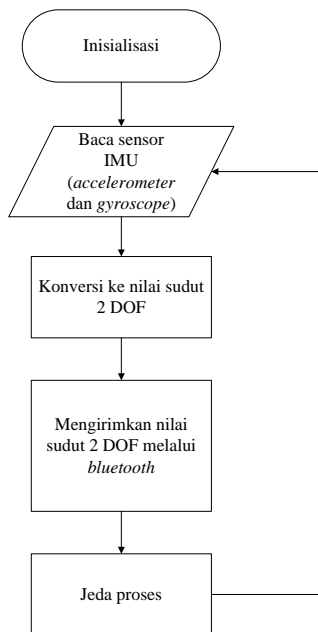
### b. Flowchart Pada Arduino



Gambar 9. Flowchart Pada Arduino

Berdasarkan Gambar 9 langkah ini dimulai dengan inisialisasi. Setelah inisialisasi, kemudian memposisikan posisi servo 2 DOF pada posisi *default*. Setelah itu *arduino* akan membaca input serial dari *bluetooth*. Apakah data valid, jika tidak maka akan kembali membaca input serial dari *bluetooth*, jika iya maka akan parsing data. Setelah parsing data maka langkah selanjutnya yaitu set servo *pan* sesuai perintah dan set servo *tilt* sesuai perintah. Kemudian akan jeda proses dan kembali lagi membaca input serial *bluetooth*.

### c. Flowchart Pada VR Glasses



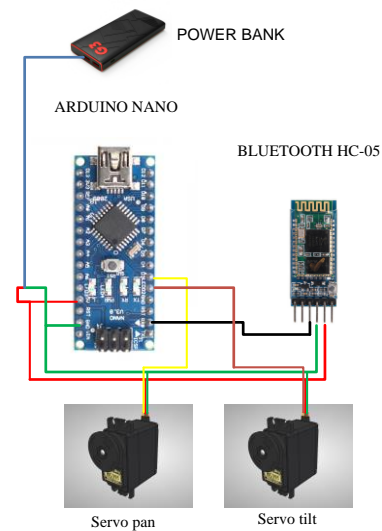
Gambar 10. Flowchart Pada VR Glasses

Pada Gambar 10 menjelaskan tentang flowchart pada VR Glasses. Di dalam VR Glasses terdapat handphone. Langkah pertama yaitu inisialisasi, kemudian membaca sensor IMU (sensor accelerometer) dan sensor orientation. Kemudian mengkonversi ke nilai sudut 2 DOF. Langkah selanjutnya yaitu akan mengirimkan nilai sudut 2 DOF melalui bluetooth. Kemudian akan jeda proses dan kembali ke membaca sensor IMU (sensor accelerometer) dan sensor orientation

## 5. Perancangan Sistem

### 5.1 Rancangan Elektronik

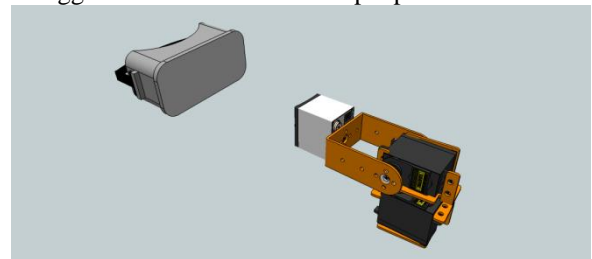
Perancangan Elektronik berfungsi sebagai kontrol utama sistem kendali kamera FPV 2 DOF berbasis *gesture* kepala menggunakan sensor IMU. Perancangan terdiri atas beberapa komponen. Pertama adalah arduino nano, arduino nano yang berfungsi sebagai otak dari sistem kontrol dan gerak servo *pan* dan servo *tilt*. Komponen kedua yaitu bluetooth HC-05, bluetooth HC-05 berfungsi untuk menghubungkan arduino nano dengan *smartphone* yang terdapat didalam VR Glasses. Kemudian yang ketiga ada servo *pan* dan servo *tilt*, kedua servo ini berfungsi untuk menggerakkan kendali IP camera sesuai dengan *gesture* kepala. Keempat yaitu ada kabel yang berfungsi untuk menghubungkan komponen satu dengan komponen yang lainnya. Kelima ada *power bank* yaitu untuk memberikan sumber listrik pada komponen. Gambar rangkaian elektronik sistem kendali kamera FPV 2 DOF berbasis *gesture* kepala menggunakan sensor IMU terdapat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Elektronik Sistem Kendali Kamera FPV 2 DOF berbasis *gesture* kepala menggunakan sensor IMU

### 5.2 Rancangan Mekanik

Adapun rancangan mekanik sistem kendali kamera FPV 2 DOF berbasis *gesture* kepala menggunakan sensor IMU terdapat pada Gambar 12.

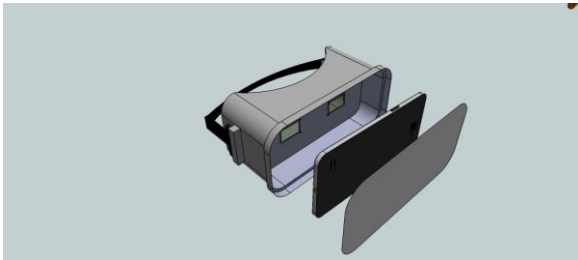


Gambar 12. Rancangan mekanik sistem kendali kamera FPV 2 DOF

Pada rancangan tersebut terdapat 2 bagian yang mempunyai fungsi berbeda-beda. Bagian yang pertama yaitu bagian pada VR Glasses dan yang kedua bagian pengendali kamera FPV.

#### 5.2.1 Bagian Virtual Reality Glasses

Bagian ini didalamnya terdapat *smartphone*, dimana *smartphone* ini berfungsi untuk menampilkan nilai servo *pan* dan nilai servo *tilt* yang digerakan sesuai *gesture* kepala, serta untuk menampilkan *broadcast/streaming* video lewat IP camera. Bagian *virtual reality glasses* terdapat pada Gambar 13.



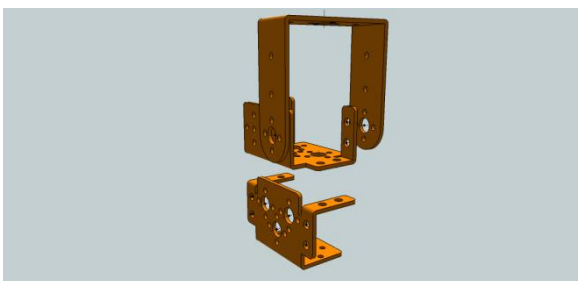
Gambar 13. Bagian virtual reality glasses

### 5.2.2 Bagian pengendali kamera FPV

Pada bagian ini terdapat komponen bracket servo 2 DOF. Bracket ini terdiri 2 macam, yaitu *bracket* servo J dan *bracket* servo U. pada sistem kendali ini menggunakan 2 *bracket* servo J dan 1 *bracket* servo U. Masing-masing *bracket* ini memiliki fungsi yang berbeda. Pada sistem kendali ini, *bracket* J yang pertama yaitu untuk melakukan pergerakan *pan*, *bracket* servo J kedua dan *bracket* servo U berfungsi untuk melakukan pergerakan *tilt*, selain itu *bracket* servo U juga untuk melakukan pergerakan *IP camera*. Bagian pengendali kamera FPV ditunjukkan pada Gambar 14 dan bagian *bracket* servo J dan *bracket* servo U ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 14. Bagian pengendali kamera FPV



Gambar 15. Bagian bracket servo J dan bracket servo U

### 5.3 Rancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak mempunyai peranan yang sangat penting pada alat yang akan dikerjakan nanti. Pada perancangan perangkat lunak ini merupakan logika pengendali yang memberikan pengaruh untuk komponen-komponen elektronik yang digunakan. Algoritma pada program haruslah dapat mengendalikan komponen-komponen elektronik

tersebut sehingga dapat bekerja sesuai dengan apa yang dikehendaki.

#### 1. Pengaturan Arduino

Dalam pengaturan arduino dibutuhkan media berupa PC/Laptop dengan aplikasi arduino IDE. Pada aplikasi ini nantinya source code yang dibuat akan dimasukan kedalam mikrokontroler. Source code dibuat menggunakan bahasa pemrograman C++ yang nantinya akan diubah menjadi bahasa mesin/biner oleh aplikasi arduino IDE. Dibawah ini merupakan source code arduino untuk sistem kendali kamera FPV 2 DOF berbasis gesture kepala menggunakan sensor IMU.

- a) Potongan program di bawah ini menunjukkan pemanggilan library untuk mengakses motor servo serta penggunaan pin servo.

```
#include <Servo.h>
int zVal, azimuthVal, posZ = 90, posAzimuth = 90,
lposZ, lposAzimuth;
String dt[20];
String dataIn = "";
Servo servo_1;
Servo servo_2;
const uint8_t servo1 = 3;
const uint8_t servo2 = 2;
```

- b) Potongan program di bawah ini untuk memberitahu servo untuk bergerak ke posisinya.

```
void setup() {
Serial.begin(9600);
lposZ = posZ;
lposAzimuth = posAzimuth;
servo_1.attach(servo1);
servo_2.attach(servo2);
servo_1.write(posZ);
servo_2.write(posAzimuth);
}
```

- c) Potongan program dibawah ini untuk pemanggilan parsing data servo 1 dan servo 2.

```
void loop() {
while (Serial.available()) {
char inChar = (char)Serial.read();
```

```

dataIn += inChar;
if (inChar == '\n') {
  parsingData();
}

if (posAzimuth != lposAzimuth) {
  servo_1.write(posAzimuth);
  lposAzimuth = posAzimuth;
}
if (posZ != lposZ) {
  servo_2.write(posZ);
  lposZ = posZ;
}
}

```

- d) Potongan program di bawah ini adalah untuk penampilan hasil dari parsing data.

```

void parsingData() {
  int j = 0;
  dt[j] = "";
  for (int i = 0; i < dataIn.length(); i++) {
    if (dataIn[i] == ',') {
      j++;
      dt[j] = "";
    } else {
      dt[j] = dt[j] + dataIn[i];
    }
  }
  dataIn = "";
  zVal = dt[0].toInt();
  azimuthVal = dt[1].toInt();//azimuth
  posZ = zVal;

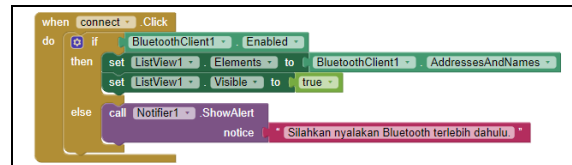
  posAzimuth = azimuthVal;
}

```

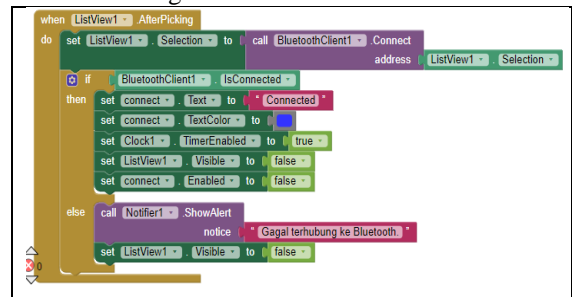
## 2. Pengaturan MIT APP Inventor

App Inventor memungkinkan pengguna baru untuk memprogram komputer untuk menciptakan aplikasi perangkat lunak bagi sistem operasi Android. App Inventor ini menggunakan antarmuka grafis yang memungkinkan pengguna men-drag dan drop objek visual untuk menciptakan aplikasi yang bisa dijalankan pada perangkat Android. Begitupun dengan *coding*, kita tidak perlu menulis kode program yang amat sangat panjang, cukup dengan men-drag-and-drop seperti halnya menyusun *puzzle*. Dibawah ini merupakan *source code* MIT APP Inventor untuk sistem kendali kamera FPV 2 DOF berbasis *gesture* kepala menggunakan sensor IMU.

- a) Potongan program di bawah ini yaitu untuk mengkoneksikan *bluetooth* pada *smartphone* terlebih dahulu, jika belum maka akan ada notifikasi “silahkan aktifkan *bluetooth* terlebih dahulu”



- b) Potongan program di bawah ini yaitu untuk notifikasi, jika *bluetooth* berhasil di koneksikan maka akan langsung koneksi, jika *bluetooth* gagal di koneksikan maka akan muncul pemberitahuan “gagal terhubung ke *bluetooth*”



- c) Potongan program di bawah ini yaitu untuk menonaktifkan *bluetooth*

```

when disconnect . Click
do
  call BluetoothClient1 . Disconnect
  set connect . Text to " Connect "
  set connect . TextColor to 
  set Clock1 . TimerEnabled to false
  set ListView1 . Visible to false
  set connect . Enabled to true

```

d) Potongan program dibawah ini yaitu ketika *bluetooth* diaktifkan maka akan mengirimkan teks.

```

when Clock1 . Timer
do
  if BluetoothClient1 . IsConnected
  then call BluetoothClient1 . SendText
    text join ZAxis . Text
    " "
    Azimuth . Text
    "\n"

```

e) Potongan program di bawah ini yaitu inisial sebuah variable berdasarkan namanya.

```

initialize global yaw_init to 0
initialize global azimuth to 0
initialize global ZAxis to 0

```

f) Potongan program di bawah ini yaitu perhitungan nilai sensor *accelerometer* dan sensor *orientation*.

```

when Clock2 . Timer
do
  set global azimuth to format as decimal number OrientationSensor1 . Azimuth * 0
  set global yaw_init to 0
  if get global azimuth < 0 and get global azimuth > 120
  then set Azimuth . Text to 100 - get global azimuth
  set ZAxis . Text to 100 - format as decimal number AccelerometerSensor1 . ZAccel * 10 * 100 * 100 / 200

```

g) Potongan program di bawah ini yaitu untuk kalibrasi sensor *orientation* pada posisi 90°

```

when Button1 . Click
do
  set global yaw_init to format as decimal number OrientationSensor1 . Azimuth * 1
  places 0

```

h) Potongan program di bawah ini yaitu untuk pemberitahuan pada *screen1*. Jika gagal dihubungkan ke perangkat maka akan muncul pemberitahuan “Anda tidak terhubung ke perangkat” dan jika *bluetooth* diposisikan yang tertutup/ jauh dari perangkat maka akan muncul pemberitahuan “Tegangan *bluetooth* tidak stabil/lost power”

```

when Screen1 . ErrorOccurred
component functionName errorNumber message
do
  if get errorNumber = 515
  then call Notifier1 . ShowAlert
    notice "Anda tidak terhubung ke perangkat ."
  if get errorNumber = 516
  then call Notifier1 . ShowAlert
    notice "Tegangan Bluetooth tidak stabil atau lost power ."
  set Clock1 . TimerEnabled to false
  set connect . Text to " Connect "
  set connect . TextColor to 
  set connect . Enabled to true
  call BluetoothClient1 . Disconnect

```

i) Potongan program di bawah ini yaitu untuk pemberitahuan jika aplikasi ditutup.

```

when Screen1 . BackPressed
do
  call Notifier1 . ShowAlert
    notice "Aplikasi Ditutup. "
  close screen

```

j) Potongan program di bawah ini yaitu tampilan *IP camera*. Yaitu memasukan *IP address* dan tampilan gambar/video *IP camera*.



```

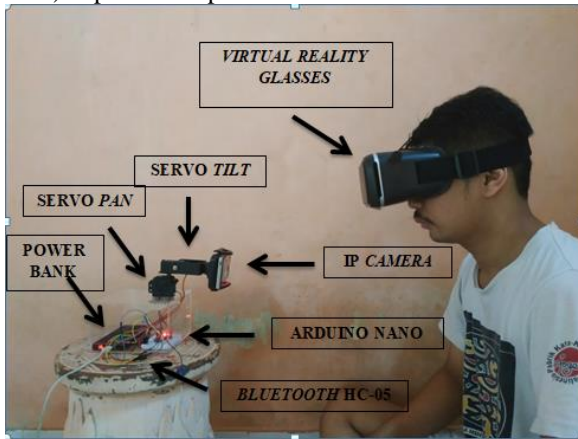
when Button2 . Click
do
  set Web1 . Url to TextBox1 . Text
  set Label9 . Text to TextBox1 . Text
  call WebViewer1 . GoToUrl
  url Web1 . Url

```

## 6. Hasil Dan Pembahasan

### 6.1 Purwarupa

Hasil Implementasi Sistem Kendali Kamera FPV (*First Person View*) 2 DOF Berbasis *Gesture* Kepala Menggunakan Sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Sistem Kendali Kamera FPV (*First Person View*) 2 DOF Berbasis *Gesture* Kepala

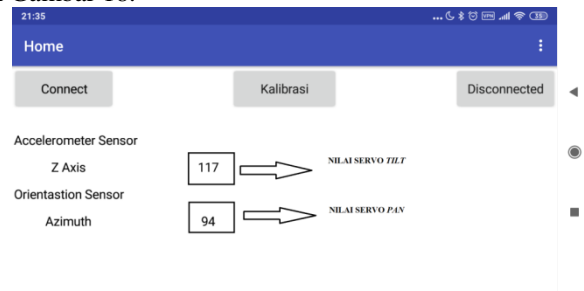
Pada Gambar 16 terlihat secara keseluruhan Sistem Kendali Kamera FPV (*First Person View*) 2 DOF Berbasis *Gesture* Kepala. Pada sistem kendali ini juga sudah terpasang semua komponen seperti arduino nano, bluetooth HC-05, bracket servo 2 DOF pan tilt, motor servo, kamera IP dan VR Glasses yang telah dipasang di kepala. Jika gesture kepala kita menoleh ke atas, ke bawah, kekanan dan ke kiri, maka sistem kendali akan mengikuti sesuai *gesture* kepala dan *smartphone* di dalam VR Glasses akan memunculkan nilai servo pan dan servo tilt serta gambar/video dari IP camera.

### 6.2 Pengujian Dan Pembahasan

Pengujian alat merupakan proses pengeksekusian sistem perangkat *hardware* dan perangkat *software* secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan melakukan percobaan untuk melihat kemungkinan kesalahan yang terjadi di setiap pengujian sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem bekerja dengan baik dan keluarannya sudah berjalan sesuai dengan penulis inginkan.

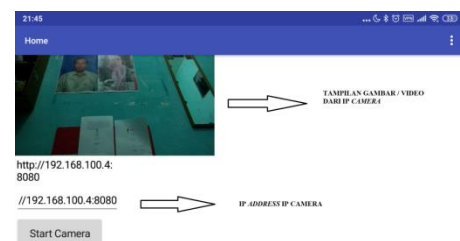
#### 6.2.1 Pengujian pada aplikasi MIT APP Inventor

Pengujian pada aplikasi MIT APP Inventor dilakukan untuk menampilkan hasil gambar/video dari IP Camera dan untuk menggerakkan servo pan dan servo tilt sesuai dengan perintah. Kemudian hubungkan aplikasi yang sudah dibuat di dalam MIT APP Inventor dengan bluetooth HC-05 agar program berjalan. Hasil output IP camera, servo pan dan servo tilt bisa dilihat di dalam aplikasi yang telah dibuat di dalam MIT APP Inventor. Tampilan hasil servo pan, servo tilt dan IP Camera terdapat pada Gambar 17 dan Gambar 18.



Gambar 17. Tampilan hasil servo pan dan servo tilt

Pada Gambar 17 menunjukkan nilai servo pan dan servo tilt, Z Axis menunjukkan nilai 117, nilai tersebut adalah nilai servo tilt. Jika kita menggerakkan kepala ke atas dan ke bawah maka nilai Z Axis akan berubah ubah. Nilai 0 jika *gesture* kepala sedang menggerakkan kebawah, nilai 90 jika *gesture* kepala lurus ke depan dan nilai 180 jika *gesture* kepala digerakan ke atas. Sedangkan nilai 94 adalah nilai servo pan, sama halnya dengan servo pan nilai servo tilt akan berubah angkanya, hanya saja servo pan akan berubah jika menggerakkan kepala kita ke kanan dan ke kiri. Jika kita menggerakkan ke kanan nilai servo pan akan menuju ke 0, jika lurus kedepan nilai servo pan menjadi 90, dan kita menggerakkan ke kiri nilai servo pan menuju ke 180. Pada Gambar 17 terdapat *connect*, *kalibrasi* dan *disconnected*. *Connect* berfungsi untuk menghubungkan *smartphone* dengan bluetooth HC-05, *disconnected* berfungsi untuk memutus koneksi bluetooth *smartphone* dengan bluetooth HC-05 sedangkan kalibrasi yaitu untuk memposisikan servo pan pada posisi 90 derajat.



Gambar 18. Tampilan hasil IP Camera

Pada Gambar 18 menunjukkan hasil dari IP Camera, pada Gambar diatas terdapat tampilan gambar/video, tampilan tersebut didapat dari IP camera. Kemudian pada Gambar 18 terdapat IP address IP camera, dimana pada kotak tersebut harus diisi ip address dari ip camera agar terkoneksi dan dapat menghasilkan gambar/video. Pada sistem kendali ini IP camera menggunakan aplikasi IP webcam, kemudian IP camera akan menghasilkan IP. Dan IP tersebut dimasukan ke dalam kotak yang ada Gambar 18.

### 6.2.2 Pengujian Servo Pan Dan Servo Tilt

Langkah awal pengujian yaitu menghubungkan powerbank dengan setiap komponen melalui vcc dan gnd pada papan breadboard. Setelah itu buka aplikasi yang telah dibuat pada MIT APP Inventor. Kemudian koneksikan bluetooth smartphone dengan bluetooth HC-05. Setelah terkoneksi pengujian bisa dilakukan. Percobaan servo pan dilakukan satu kali, sedangkan percobaan servo tilt dilakukan 4 kali seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

No	Busur Awal	Busur Akhir	Selisih Busur	Azimuth Awal	Azimuth Akhir	Selisih Azimuth	Selisih Akhir
1	90°	120°	30°	90°	115°	25°	5°
2	90°	150°	60°	90°	145°	55°	5°
3	90°	180°	90°	90°	175°	85°	5°
4	90°	50°	40°	90°	45°	45°	5°
5	90°	30°	60°	90°	26°	64°	4°
6	90°	70°	20°	90°	63°	27°	7°
Rata-rata error							5,16°

Tabel 2. Pengujian Servo Pan Dengan Busur Derajat

No	Busur Awal	Busur Akhir	Selisih Busur	Z Axis Awal	Z Axis Akhir	Selisih Z Axis	Selisih Akhir
1	90°	50°	40°	90°	45°	45°	5°
2	90°	170°	80°	90°	162°	72°	8°
3	90°	150°	60°	90°	144°	54°	6°
4	90°	70°	20°	90°	63°	27°	7°
5	90°	30°	60°	90°	27°	53°	7°
6	90°	160°	70°	90°	153°	63°	7°
Rata-rata error							6,67°

Tabel 3. Pengujian Servo Tilt Dengan Busur Derajat

Hasil uji servo pan dengan busur derajat sebagai perbandingan pada Tabel 5.1 menunjukkan perbandingan yang cukup besar yaitu 5,16°, sedangkan hasil uji servo tilt dengan busur derajat sebagai perbandingan pada Tabel 5.2 menunjukkan perbandingan yang cukup besar juga yaitu 6,67°. Nilai error servo tilt lebih besar dari servo pan yaitu sebesar 1,51°.

Pada saat dilakukan pengujian servo pan dan servo tilt dengan busur derajat sebagai perbandingan mengalami error seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2. Karena pada sistem kerja motor

servo berdasarkan nilai modulasi lebar pulsa atau pulse wide modulation (PWM). Pulse wide modulation (PWM) yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Namun pada kenyataannya nilai PWM yang diterima oleh motor servo seringkali mengalami distorsi atau gangguan, sehingga nilai lebar pulsa atau pulse wide modulation tidak sesuai yang diharapkan.

Saat dilakukan pengukuran tegangan dan arus di bagian sinyal dan di bagian power pada servo pan dan servo tilt dengan menggunakan multimeter tidak terjadi perubahan tegangan dan arus baik pada power maupun sinyal. Saat dilakukan pengujian pada bluetooth HC-05, komunikasi antara aplikasi pada smartphone dengan bluetooth HC-05 tidak terjadi error, karena data pada aplikasi smartphone sama/sesuai dengan data yang diterima bluetooth HC-05 yang ditampilkan di serial monitor.

Untuk mengendalikan posisi sebuah servo, dibutuhkan komponen seperti PID dan LQR, untuk mengurangi overshoot antara posisi yang diinginkan (set point) dengan posisi yang sebenarnya (output).

## 7. Kesimpulan dan Saran

### 7.1. Kesimpulan

Dari serangkaian penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada Sistem Kendali Kamera FPV 2 DOF Berbasis Gesture Kepala dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem Kendali Kamera FPV 2 DOF Berbasis Gesture Kepala menggunakan 2 servo, yaitu servo pan dan servo tilt, dimana servo pan untuk menggerakkan ke kanan dan ke kiri sedangkan servo tilt untuk menggerakkan ke atas dan ke bawah.
2. Aplikasi yang telah dibuat pada MIT APP Inventor dapat menampilkan nilai gerak servo pan, servo tilt serta IP camera.
3. Kamera FPV (first person view) 2 DOF dapat dikendalikan melalui masukan gerak kepala (gesture) pada VR Glasses.
4. Hasil uji servo pan dengan busur derajat sebagai perbandingan menunjukkan perbandingan yang cukup besar yaitu 5,16°, sedangkan hasil uji servo tilt dengan busur derajat sebagai perbandingan menunjukkan perbandingan yang cukup besar juga yaitu 6,67°. Nilai error servo tilt lebih besar dari servo tilt yaitu sebesar 1,51°.

### 6.2. Saran

Penelitian yang telah dilakukan ini masih jauh dari sempurna, sehingga masih banyak perbaikan yang harus dilakukan. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan, antara lain :

1. Sistem Kendali Kamera FPV 2 DOF bisa dimanfaatkan pada pembuatan drone agar mudah dalam menggerakkan arah IP camera serta mengambil gambar, *broadcast/steaming* video melalui ip camera
2. Menggunakan LCD 2x16 untuk dapat menampilkan nilai Z Axis dan Azimuth pada rancangan mekanik.
3. *Bluetooth* HC-05 sebaiknya ditempatkan pada posisi yang terbuka, agar koneksinya stabil.
4. Aplikasi harus dibuat menjadi *stereoscopic* karena VR Glasses yang digunakan tidak menyediakan layar *stereo*.

*Measurement Unit (IMU) Dan Sensor Flex.* Semarang: Universitas Diponegoro.

- [11] Sari, A. C. (2018). *Virtual Reality*. Jakarta: Binus University.
- [12] Suryanti, D. I. (2017). Inertial Measurement Unit (IMU) Pada Sistem Pengendali Satelit. *Media Dirgantara*, 7-10. Symu, A. (2015, Agustus Senin). *Aneka Sensor di Smartphone Android*. Dipetik Agustus Senin, 2015, dari Pulsa Online: <https://www.tabloidpulsa.co.id/blog/22458-aneka-sensor-di-smartphone-android&limit=1&start=2>

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dermanto, T. (2014, Maret Selasa). *Desain Sistem Kontrol*. Dipetik Maret 2014, 2014, dari Blogspot: <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/03/Pengertian-Motor-Servo.html>.
- [2] Efendi, I. (2018). *Pengertian Dan Kelebihan Arduino*. Dipetik 2018, dari IT Jurnal: <https://www.it-jurnal.com>
- [3] Hurisantri, W. (2016). *Sistem Pendeteksi Warna Dan Nominal Uang Untuk Penyandang Tuna Netra Berbasis Arduino*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [4] Ishari. (2014). *Sejarah, Kelebihan Dan Kekurangan Arduino*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- [5] Maulana, I., & Nur, K. H. (2014). *Motor Servo DC*. Bandung: Politenik Negeri Bandung.
- [6] Moko, B. (2019, Maret Rabu). *Mengenal Peralatan Terbang FPV (First Person View)*. Dipetik Maret Selasa, 2017, dari Aerotpi: <https://www.aerotpi.com/2017/03/mengenal-peralatan-terbang-fpv-first.html>.
- [7] Moko, B. (2019, Maret Rabu). *Mengenal Peralatan Terbang FPV (First Person View)*. Dipetik Maret Selasa, 2017, dari Aerotpi: <https://www.aerotpi.com/2017/03/mengenal-peralatan-terbang-fpv-first.html>
- [8] Oktriaviani, D. (2012, Juni Sabtu). *Blogspot*. Dipetik Juni Sabtu, 2012, dari Accelerometer & Gyroscope: [http://oktriaviani.blogspot.com/2012/06/accelerometer-gyroscope\\_16.html](http://oktriaviani.blogspot.com/2012/06/accelerometer-gyroscope_16.html)
- [9] Rouse, M. (2015, Agustus). *First Person View (FPV)*. Dipetik Agustus 2015, dari Techtargert: <https://whatis.techtargert.com/definition/first-person-view-FPV>
- [10] Saifuddin, A., Sumardi, & Drajat. (2017). *Perancangan Sistem Kendali Pergerakan Arm Manipulator Berbasis Sensor Inertial*