

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian dilaksanakan berdasarkan prosedur pengembangan penelitian metode *Research and Development* oleh Sugiyono. Langkah-langkah metode penelitian ini meliputi (1) Potensi dan masalah, (2) Pengumpulan data, (3) Desain produk, (4) Validasi produk, (5) Revisi produk, (6) Ujicoba produk. Berikut ini merupakan penjelasan hasil penelitian dari setiap tahapan.

1. Potensi dan Masalah

Penelitian ini dilakukan karena terdapat potensi masalah yang dapat diatasi. Untuk mengetahui permasalahan yang ada, maka dilakukan observasi pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika. Berikut beberapa permasalahan yang terdapat pada mata kuliah Robotika:

- a) Mahasiswa kesulitan dalam perancangan pergerakan robot.
- b) Komponen praktikum masih berupa *module*, menyebabkan mahasiswa kesulitan dalam merangkai menjadi satu kesatuan.
- c) Kurangnya media pembelajaran yang mendukung penyampaian materi kompetensi sistem aplikasi *aerial robotic* menyebabkan mahasiswa kesulitan dalam memahami materi dan implementasinya.
- d) Kompetensi mengenai materi sistem aplikasi *aerial robotic* belum dapat tercapai.

2. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan observasi dan kuesioner. Observasi dilakukan untuk mengetahui kebutuhan media pada mata kuliah Robotika. Caranya dengan membagikan lembar angket observasi kepada mahasiswa yang pernah menempuh mata kuliah Robotika. Untuk mengumpulkan atau mendapatkan data penelitian digunakan dengan cara kuesioner (angket). Penggunaan kuisisioner pada penelitian ini untuk mengetahui ketepatan dari media pembelajaran dengan tujuan serta untuk mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran apabila digunakan dalam proses pembelajaran pada mata kuliah Robotika.

3. Desain Produk

Pada penelitian ini produk yang akan dikembangkan meliputi *software* yang dibuat menggunakan Visual Studio 2017, serta *hardware* berupa *transmitter* dan *box controller* dengan kontrol Arduino NANO yang dibuat dengan bahan akrilik. Gambar desain produk *software* ditunjukkan pada Gambar 18. Rancangan desain *transmitter* ditunjukkan pada Gambar 19, untuk desain *box controller* ditunjukkan pada Gambar 20, serta rancangan desain *labsheet* dan buku panduan pada gambar 21.

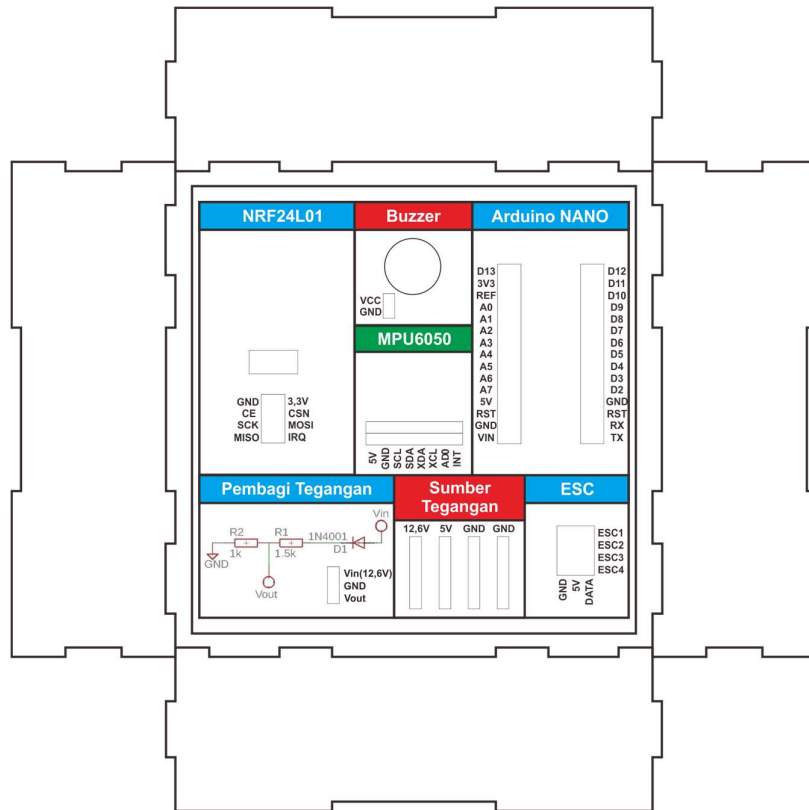
a) Rancangan Desain Produk

The software interface is designed for controlling a robot quadcopter. It features a 'PENGATURAN PID' (PID Settings) section on the left, which is organized into three sub-sections: 'ROLL', 'PITCH', and 'YAW'. Each sub-section contains input fields for the PID gains: 'KP =', 'KI =', and 'KD ='. Below these fields is a 'Default' checkbox and a 'Set PID' button. To the right of the PID settings is a 'Grafik Perubahan Sudut' (Angle Change Graph) which displays a plot of angle over time. The graph has a vertical axis and a horizontal axis, with a '0' mark on the vertical axis. Below the graph, there are color-coded indicators for 'Roll =', 'Pitch =', and 'Yaw =', with Roll in yellow, Pitch in red, and Yaw in blue. At the bottom of the interface, there is a 'Serial Port' section with a 'Port =' dropdown menu and 'Connect' and 'Disconnected' buttons. Finally, a status bar at the very bottom shows the current 'Roll =', 'Pitch =', and 'Yaw =' values in degrees, each with an input field for the degree value.

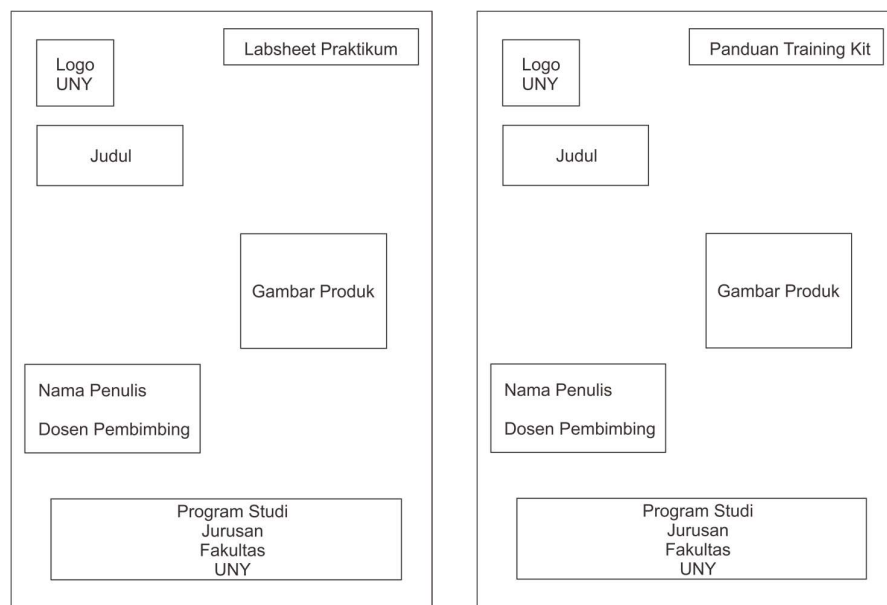
Gambar 18. Rancangan Desain *Interface Software*



Gambar 19. Rancangan Desain *Transmitter*



Gambar 20. Rancangan Desain *Box Controller*



Gambar 21. Rancangan Desain *Labsheet* dan Buku Panduan

b) Perbaikan Rancangan Desain

Pada rancangan desain *software* dilakukan perubahan konten, yaitu pada pengaturan PID *pitch* digabungkan dengan *roll* dan pada bagian grafik perubahan sudut diganti dengan visualisasi 3D dari perangkat *quadcopter*. Pada bagian bawah juga ditambahkan status dan keterangan penerima data. Status digunakan sebagai indikator bahwa *software* telah terhubung dengan Arduino dan pada bagian keterangan “None” merupakan indikator untuk mengetahui data yang dikirimkan dari *software* ke *hardware*. Pada Gambar 22 merupakan desain *software* yang akan digunakan.

TRAINING KIT ROBOT QUADCOPTER

PENGATURAN PID

ROLL & PITCH

KP = ☐ Default Kp
KI = ☐ Default Ki
KD = ☐ Default Kd

YAW

KP = ☐ Default Kp
KI = ☐ Default Ki
KD = ☐ Default Kd

Visualisasi 3D

Serial Port

Port =

Status = None

Perubahan Sudut Realtime

Roll = ° Pitch = ° Yaw = °

Gambar 22. Rancangan Desain *Interface Software* yang digunakan

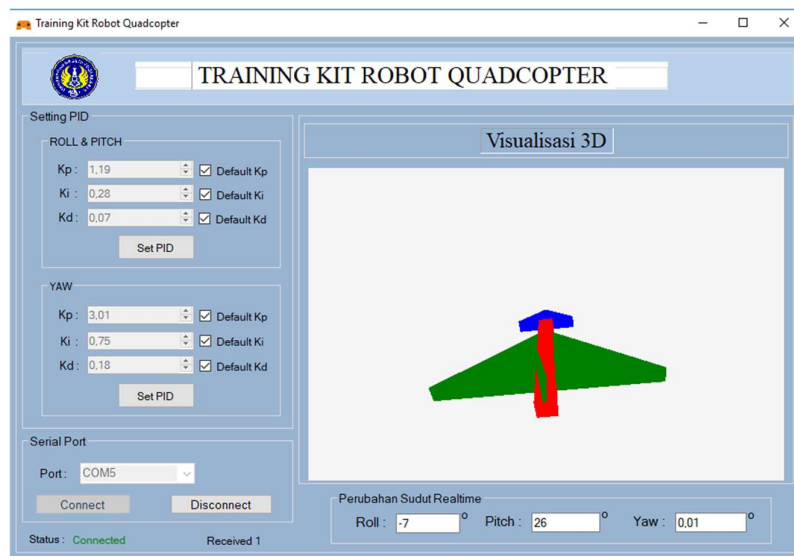
c) Pembuatan Produk

Pembuatan produk berdasarkan dari desain rancangan produk yang telah dibuat. Pembuatan produk dimulai dari pembuatan *software* menggunakan Visual Studio 2017 menggunakan bahasa pemrograman

Visual Basic, selanjutnya dilakukan pembuatan produk *hardware* dengan bahan akrilik dan *labsheet* serta buku panduan. Tahap pembuatan produk sebagai berikut:

1) *Software*

Software dibuat menggunakan Visual Studio 2017. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu Visual Basic. *Software* yang dibuat menggunakan komunikasi dua arah, sehingga dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data. Tampilan pada rancangan *software* yang dibuat terbagi menjadi beberapa bagian yaitu bagian komunikasi serial, pengaturan PID, dan penerima data sudut kemiringan yang divisualisasikan bentuk objek tiga dimensi. Hasil produk awal berdasarkan dari rancangan desain *software* seperti ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Implementasi *Interface Software Training Kit*

2) *Hardware*

Hardware yang dibuat terdiri dari dua perangkat yaitu perangkat *transmitter* dan perangkat *quadcopter*. Penjelasan dari setiap perangkat sebagai berikut:

i) *Transmitter*

Perangkat *transmitter* dibuat sesuai dengan implementasi dari rancangan desain. Dengan ukuran 15cm x 9.3cm. Pada Gambar 24 sebelah kiri merupakan perangkat *transmitter* dilihat dari atas. Pada gambar 24 sebelah kanan merupakan gambar komponen penyusun dari perangkat *transmitter*. Komponen penyusunnya antara lain menggunakan dua *joystick* dan satu potensiometer sebagai input untuk kendali, mikrokontroler Arduino NANO sebagai pengolah data input yang hasilnya akan ditransmisikan melalui *module* NRF24L01 ke *receiver* secara nirkabel. Sebagai indikator nilai tengah dari setiap *joystick* menggunakan LED yang terpasang di setiap sisi pada *transmitter*. Power supply yang digunakan melalui port mini USB setara dengan tegangan 5V.



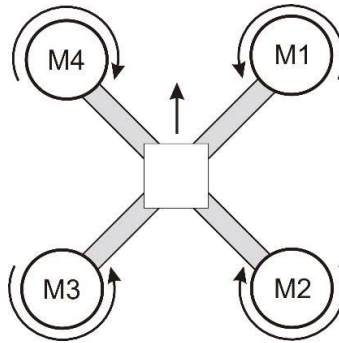
Gambar 24. Perangkat *Transmitter*

ii) Perangkat *Quadcopter*

Perangkat *quadcopter* merupakan penggabungan dari *frame quadcopter* F450 dengan keempat motor disertai dengan *Electronic Speed Controller* (ESC) dan *box controller*. Dimensi dari *frame* F450 adalah 63.45cm x 63.45cm dan dimensi *box controller* adalah 10.6cm x 10.6cm. Pada gambar 25 merupakan gambar perangkat *quadcopter*. Pada keempat sisi *frame* terdapat motor BLDC dan untuk mengendalikan putaran setiap motor BLDC memerlukan *driver* yang disebut *Electronic Speed Controller* (ESC). Pada gambar 26 merupakan dinamika putaran dari keempat motor. Pengaruh dari putaran motor 1 dan 3 akan menyebabkan *frame* berputar ke kiri sedangkan putaran motor 2 dan 4 akan menyebabkan *frame* berputar ke kanan, arah putaran motor yang bervariasi tersebut bertujuan untuk saling menghilangkan momen torsi dari pada *frame*, sehingga *quadcopter* dapat terbang dengan stabil.

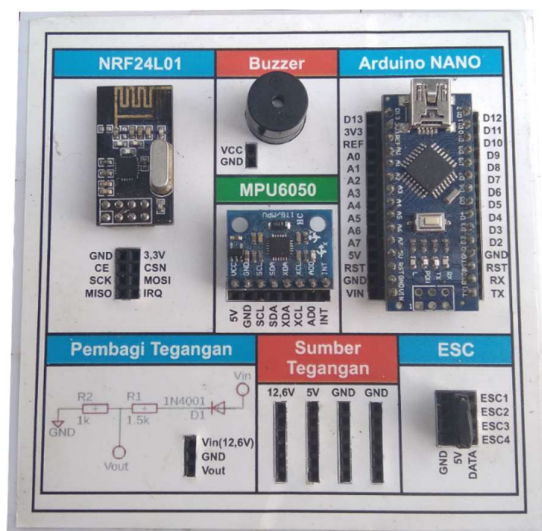


Gambar 25. Perangkat *Quadcopter*



Gambar 26. Arah Putaran Motor BLDC

Pada *box controller* yang terletak pada bagian tengah dari *frame* terdapat mikrokontroller Arduino NANO sebagai pengendali utama dengan mengolah data yang diterima dari *transmitter* melalui *module* NRF24L01 dan disesuaikan dengan input dari sensor *gyroscope* dan *accelerometer* MPU6050 yang terpasang pada *quadcopter*. Keluaran dari pengolahan kedua masukan tersebut berupa variasi kecepatan dari keempat motor untuk mempertahankan kestabilan *quadcopter*. Komponen yang terdapat pada *box controller* ditunjukkan pada Gambar 27.

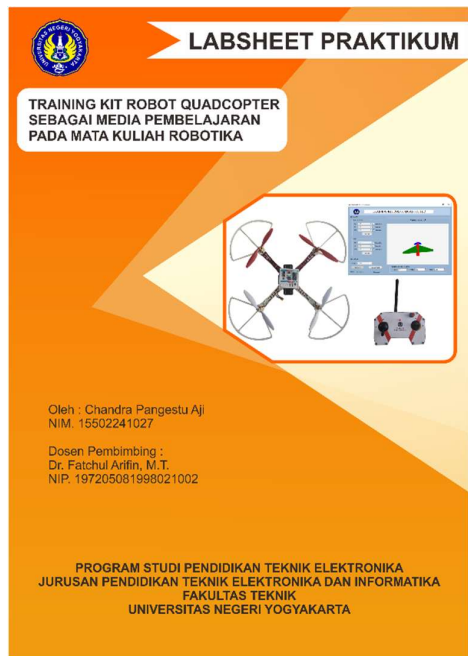


Gambar 27. Box Controller

iii) *Labsheet*

Labsheet merupakan lembar kerja yang dilengkapi dengan topik praktikum dengan menggunakan sebuah *training kit* media pembelajaran. Topik yang dibuat pada *labsheet* menyesuaikan dengan media pembelajaran yang dibuat. Struktur dari *labsheet* yaitu tujuan, dasar teori, alat dan bahan, keselamatan kerja, skema rangkaian, langkah kerja, dan tugas. Pada *labsheet* ini terdiri dari empat topik pembahasan praktikum yaitu 1) Praktik Motor BLDC, 2) Praktik *Gyro Accelerometer* MPU6050, 3) Praktik Komunikasi NRF24L01, 4) Praktik Pengaturan PID *Quadcopter*. Tampilan fisik dari *labsheet* yang dibuat dan daftar isi tentang materi praktikum ditunjukkan pada Gambar 28.

DAFTAR ISI	
DAFTAR ISI	ii
PRAKTIK MOTOR BLDC	1
A. Tujuan	1
B. Dasar Teori	1
C. Alat dan Bahan	3
D. Keselamatan Kerja	3
E. Skema Rangkaian	4
F. Langkah Kerja	5
G. Tugas dan Pengembangan	8
PRAKTIK GYRO ACCELEROMETER MPU6050	9
A. Tujuan	9
B. Dasar Teori	9
C. Alat dan Bahan	9
D. Keselamatan Kerja	10
E. Skema Rangkaian	10
F. Langkah Kerja	12
G. Tugas dan Pengembangan	20
PRAKTIK KOMUNIKASI NRF24L01	21
A. Tujuan	21
B. Dasar Teori	21
C. Alat dan Bahan	21
D. Keselamatan Kerja	22
E. Skema Rangkaian	22
F. Langkah Kerja	25
G. Tugas dan Pengembangan	32
PRAKTIK PENGATURAN PID <i>QUADCOPTER</i>	33
A. Tujuan	33
B. Dasar Teori	33
C. Alat dan Bahan	35
D. Keselamatan Kerja	35
E. Skema Rangkaian	36
F. Langkah Kerja	39
G. Tugas dan Pengembangan	45



Gambar 28. Tampilan *Labsheet*

iv) Buku Panduan

Buku panduan merupakan buku yang berfungsi menjelaskan mengenai informasi dasar dari *Training Kit Robot Quadcopter* dan panduan penggunaan dari *training kit* yang berupa *software* dan *hardware*. Struktur dari buku panduan ini terdiri dari 1) Pengenalan *Training Kit*, 2) *Software Training Kit*, 3) *Hardware Training Kit*, 4) Penggunaan *Training Kit*. Tampilan fisik dari buku panduan dan daftar isinya ditunjukkan pada Gambar 29.

	<table><tr><th colspan="2">BUKU PANDUAN</th></tr><tr><th colspan="2">DAFTAR ISI</th></tr><tr><td>DAFTAR ISI</td><td>iii</td></tr><tr><td>DAFTAR GAMBAR.....</td><td>iv</td></tr><tr><td>BAB I PENGENALAN <i>TRAINING KIT</i></td><td>1</td></tr><tr><td> A. <i>Training Kit Robot Quadcopter</i></td><td>1</td></tr><tr><td>BAB II <i>SOFTWARE TRAINING KIT</i></td><td>2</td></tr><tr><td> A. Pengenalan Aplikasi <i>Training Kit Robot Quadcopter</i></td><td>2</td></tr><tr><td> B. Komponen Aplikasi <i>Training Kit Robot Quadcopter</i></td><td>3</td></tr><tr><td> 1. <i>Serial Port</i></td><td>3</td></tr><tr><td> 2. <i>Setting PID</i></td><td>3</td></tr><tr><td> 3. <i>Perubahan Sudut</i></td><td>4</td></tr><tr><td> 4. <i>Visualisasi 3D</i></td><td>4</td></tr><tr><td>BAB III <i>HARDWARE TRAINING KIT</i></td><td>5</td></tr><tr><td> A. <i>Bagian-Bagian Training Kit</i></td><td>5</td></tr><tr><td> 1. <i>Perangkat Transmitter</i></td><td>5</td></tr><tr><td> 2. <i>Perangkat Quadcopter</i></td><td>6</td></tr><tr><td> 3. <i>Box Controller</i></td><td>7</td></tr><tr><td> B. <i>Spesifikasi Hardware Training Kit</i></td><td>8</td></tr><tr><td> 1. <i>Perangkat Transmitter</i></td><td>8</td></tr><tr><td> 2. <i>Perangkat Quadcopter</i></td><td>9</td></tr><tr><td>BAB IV PENGGUNAAN <i>TRAINING KIT</i></td><td>10</td></tr><tr><td> A. <i>Pengakabelan Hardware</i></td><td>10</td></tr><tr><td> 1. <i>Transmitter</i></td><td>10</td></tr><tr><td> 2. <i>Quadcopter</i></td><td>15</td></tr><tr><td> B. <i>Software Aplikasi Training Kit</i></td><td>20</td></tr></table>	BUKU PANDUAN		DAFTAR ISI		DAFTAR ISI	iii	DAFTAR GAMBAR.....	iv	BAB I PENGENALAN <i>TRAINING KIT</i>	1	A. <i>Training Kit Robot Quadcopter</i>	1	BAB II <i>SOFTWARE TRAINING KIT</i>	2	A. Pengenalan Aplikasi <i>Training Kit Robot Quadcopter</i>	2	B. Komponen Aplikasi <i>Training Kit Robot Quadcopter</i>	3	1. <i>Serial Port</i>	3	2. <i>Setting PID</i>	3	3. <i>Perubahan Sudut</i>	4	4. <i>Visualisasi 3D</i>	4	BAB III <i>HARDWARE TRAINING KIT</i>	5	A. <i>Bagian-Bagian Training Kit</i>	5	1. <i>Perangkat Transmitter</i>	5	2. <i>Perangkat Quadcopter</i>	6	3. <i>Box Controller</i>	7	B. <i>Spesifikasi Hardware Training Kit</i>	8	1. <i>Perangkat Transmitter</i>	8	2. <i>Perangkat Quadcopter</i>	9	BAB IV PENGGUNAAN <i>TRAINING KIT</i>	10	A. <i>Pengakabelan Hardware</i>	10	1. <i>Transmitter</i>	10	2. <i>Quadcopter</i>	15	B. <i>Software Aplikasi Training Kit</i>	20
BUKU PANDUAN																																																					
DAFTAR ISI																																																					
DAFTAR ISI	iii																																																				
DAFTAR GAMBAR.....	iv																																																				
BAB I PENGENALAN <i>TRAINING KIT</i>	1																																																				
A. <i>Training Kit Robot Quadcopter</i>	1																																																				
BAB II <i>SOFTWARE TRAINING KIT</i>	2																																																				
A. Pengenalan Aplikasi <i>Training Kit Robot Quadcopter</i>	2																																																				
B. Komponen Aplikasi <i>Training Kit Robot Quadcopter</i>	3																																																				
1. <i>Serial Port</i>	3																																																				
2. <i>Setting PID</i>	3																																																				
3. <i>Perubahan Sudut</i>	4																																																				
4. <i>Visualisasi 3D</i>	4																																																				
BAB III <i>HARDWARE TRAINING KIT</i>	5																																																				
A. <i>Bagian-Bagian Training Kit</i>	5																																																				
1. <i>Perangkat Transmitter</i>	5																																																				
2. <i>Perangkat Quadcopter</i>	6																																																				
3. <i>Box Controller</i>	7																																																				
B. <i>Spesifikasi Hardware Training Kit</i>	8																																																				
1. <i>Perangkat Transmitter</i>	8																																																				
2. <i>Perangkat Quadcopter</i>	9																																																				
BAB IV PENGGUNAAN <i>TRAINING KIT</i>	10																																																				
A. <i>Pengakabelan Hardware</i>	10																																																				
1. <i>Transmitter</i>	10																																																				
2. <i>Quadcopter</i>	15																																																				
B. <i>Software Aplikasi Training Kit</i>	20																																																				

Gambar 29. Tampilan Buku Panduan

d) Unjuk Kerja Komponen Produk

Unjuk kerja produk dilakukan oleh peneliti untuk mengetahui kinerja produk yang dibuat sesuai dengan rancangan yang telah dibuat atau

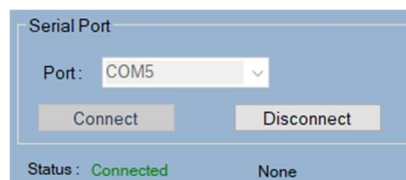
belum. Ujicoba kinerja dilakukan pada setiap komponen pada produk *training kit*. Bagian yang dilakukan ujicoba yaitu 1) *Software*, 2) *Hardware*, 3) Pengujian Produk, 4) *Labsheet* dan buku panduan. Berikut ini merupakan hasil ujicoba yang dilakukan oleh peneliti.

1) *Software*

Pengujian *software* dilakukan untuk mengetahui kinerja masing-masing bagian pada *software*. Bagian yang dilakukan pengujian yaitu, *Arduino connection*, *Setting PID*, Visualisasi 3D. Dari pengujian yang dilakukan mendapatkan hasil sebagai berikut.

i) *Arduino Connection*

Pada bagian ini dilakukan pengujian dengan menghubungkan Arduino NANO yang digunakan sebagai *transmitter* ke komputer dan dilakukan pengecekan port yang terbaca pada *software*. Ketika port yang terhubung sudah benar maka status pada *software* akan menunjukkan tulisan *connected*. Jika sudah terhubung maka dilakukan pengiriman data dari *software* ke *hardware*. Hasil pengujian koneksi dengan Arduino NANO adalah sebagai berikut.



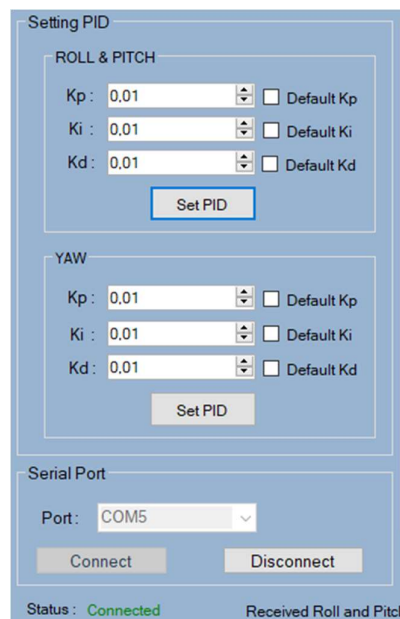
Gambar 30. Koneksi Arduino

Dari Gambar 30 menunjukkan bahwa *software* dapat mendeteksi port Arduino NANO dan setelah tombol *connect* ditekan maka pada

bagian status bagian bawah akan berubah menjadi *connected*. Data yang dikirimkan dari *software* dapat diterima oleh Arduino.

ii) *Setting PID*

Pada pengujian ini dilakukan pengiriman data nilai PID dari *software* ke Arduino yang digunakan sebagai *transmitter*. Untuk mengetahui data telah diterima oleh Arduino, maka pada *software* terdapat status yang digunakan sebagai indikator data yang diterima oleh Arduino, sehingga ketika Arduino menerima data dari *software* maka Arduino akan mengirimkan *feedback* yang akan ditampilkan pada status di *software*. Terdapat dua nilai PID yang akan dikirimkan, yaitu PID untuk *pitch & roll* dan PID untuk *yaw*. Hasil pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.



The screenshot shows a software window titled "Setting PID". It is divided into three main sections. The first section, "ROLL & PITCH", contains three input fields for Kp, Ki, and Kd, all set to 0.01. Each field has a "Default" checkbox to its right. Below these fields is a "Set PID" button. The second section, "YAW", also contains three input fields for Kp, Ki, and Kd, all set to 0.01, with "Default" checkboxes and a "Set PID" button. The third section, "Serial Port", has a "Port" dropdown menu currently showing "COM5", and "Connect" and "Disconnect" buttons. At the bottom of the window, the status is "Connected" (in green text) and it says "Received Roll and Pitch".

Gambar 31. Set PID *Pitch & Roll*

Pada Gambar 31 yaitu pengiriman nilai awal agar nilai PID pada *pitch* dan *roll* tidak bernilai nol. Ketika tombol set PID ditekan maka data dikirimkan dari *software* ke Arduino. Ketika Arduino telah menerima data nilai PID, maka akan mengirimkan *feedback* ke *software* untuk memastikan bahwa Arduino telah menerima data nilai PID. *Feedback* akan ditampilkan pada *software* bagian kanan bawah yaitu *received roll and pitch*.

The image shows a software window titled "Setting PID". It contains three main sections:

- ROLL & PITCH:** This section has three input fields for PID gains: Kp (set to 1.19), Ki (set to 0.28), and Kd (set to 0.07). Each field has a "Default" checkbox to its right, all of which are checked. Below these fields is a "Set PID" button.
- YAW:** This section has three input fields for PID gains: Kp (set to 0.01), Ki (set to 0.01), and Kd (set to 0.01). Each field has a "Default" checkbox to its right, all of which are unchecked. Below these fields is a "Set PID" button.
- Serial Port:** This section has a "Port:" label followed by a dropdown menu showing "COM5". Below the dropdown are "Connect" and "Disconnect" buttons.

At the bottom of the window, there is a status bar with two indicators: "Status : Connected" (in green text) and "Received Roll and Pitch" (in black text).

Gambar 32. Set PID *Default Pitch & Roll*

Pada Gambar 32 merupakan pengiriman nilai *default* PID untuk gerakan *roll* dan *pitch*. Nilai yang dikirimkan merupakan nilai paling optimal untuk gerakan *roll* dan *pitch* pada *quadcopter* agar tetap stabil. Ketika data telah diterima Arduino maka indikator bagian kanan bawah akan bertuliskan *received roll and pitch*.

The screenshot shows the 'Setting PID' window with the following details:

- ROLL & PITCH:** Kp: 0.01, Ki: 0.01, Kd: 0.01. All 'Default' checkboxes are unchecked.
- YAW:** Kp: 0.01, Ki: 0.01, Kd: 0.01. All 'Default' checkboxes are unchecked.
- Serial Port:** Port: COM5. 'Connect' and 'Disconnect' buttons are visible.
- Status:** Connected (in green).
- Received Yaw:** (empty field)

Gambar 33. Set PID *Yaw*

Pada pengujian pengiriman nilai awal PID *yaw* agar nilai awal PID tidak nol. Ketika tombol set PID bagian *yaw* ditekan maka data akan dikirimkan. Data nilai awal berhasil dikirimkan dengan melihat indikator pada *software* yaitu bertuliskan *received yaw*.

The screenshot shows the 'Setting PID' window with the following details:

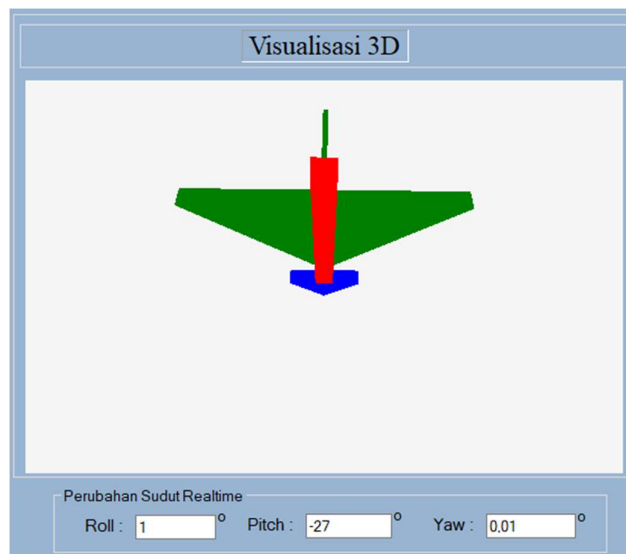
- ROLL & PITCH:** Kp: 0.01, Ki: 0.01, Kd: 0.01. All 'Default' checkboxes are unchecked.
- YAW:** Kp: 3.01, Ki: 0.75, Kd: 0.18. All 'Default' checkboxes are checked.
- Serial Port:** Port: COM5. 'Connect' and 'Disconnect' buttons are visible.
- Status:** Connected (in green).
- Received Yaw:** (empty field)

Gambar 34. Set PID *Default Yaw*

Pada Gambar 34 dilakukan pengujian untuk mengirimkan nilai PID *default yaw*. Data yang dikirimkan berhasil diterima oleh Arduino dengan melihat indikator pada *software* bertuliskan *received yaw*.

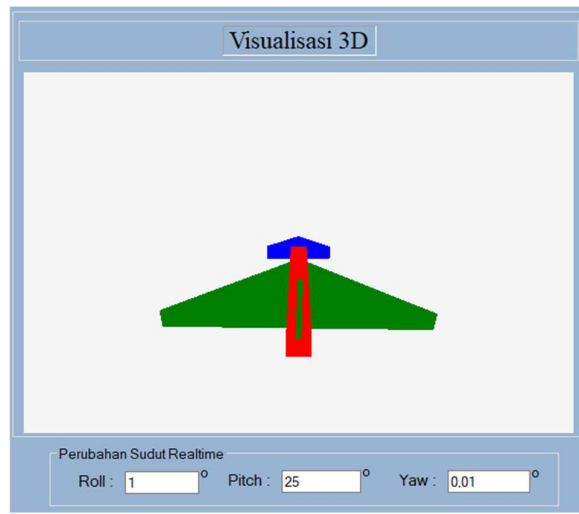
iii) Visualisasi Tiga Dimensi

Pengujian pada bagian visualisasi tiga dimensi untuk mengetahui ketepatan nilai sudut kemiringan dan arah orientasi perangkat *quadcopter* dengan melihat nilai perubahan sudut dan visualisasi tiga dimensi yang ditampilkan pada *software*. Hasil pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.



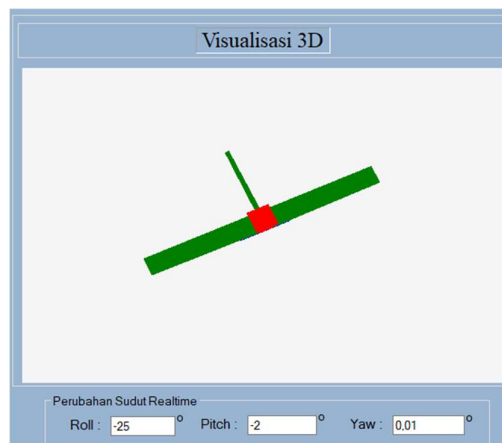
Gambar 35. Gerakan *Pitch Down*

Pada Gambar 35 dilakukan pengujian dengan menggerakkan *quadcopter* rotasi ke depan atau *pitch down*. Nilai sudut yang terukur dan ditampilkan serta visualisasi tiga dimensi sesuai dengan keadaan sebenarnya.



Gambar 36. Gerakan *Pitch Up*

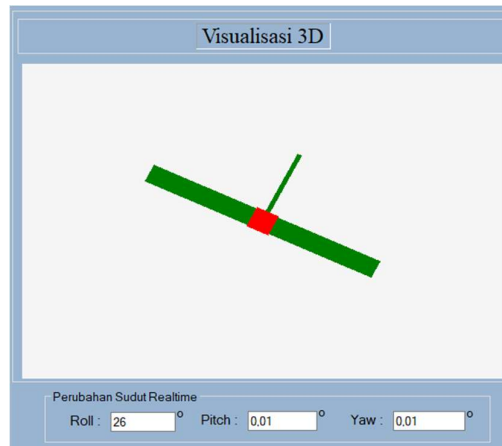
Pada Gambar 36 dilakukan pengujian dengan melakukan gerakan *pitch up* pada *quadcopter*. Nilai sudut yang diukur dan ditampilkan serta visualisasi tiga dimensi sesuai dengan keadaan sebenarnya pada *quadcopter*.



Gambar 37. Gerakan *Roll Left*

Hasil pengujian dengan gerakan *roll left* sesuai dengan Gambar 37. Nilai yang terukur dan ditampilkan telah sesuai dengan keadaan

sebenarnya. Tampilan visualisasi tiga dimensi juga sesuai dengan sudut yang terukur.



Gambar 38. Gerakan *Roll Right*

Pada Gambar 38 merupakan hasil pengujian dengan gerakan *roll right*. Dari nilai yang terukur dan ditampilkan dalam visualisasi tiga dimensi telah sesuai dengan kondisi sebenarnya pada *quadcopter*.

2) *Hardware*

Pengujian *hardware* dilakukan dengan menguji kinerja setiap bagian dari *hardware*. Pengujian dilakukan pada dua *hardware* yaitu *transmitter* dan *quadcopter*. Pengujian pada perangkat *transmitter* meliputi bagian *power supply*, *joystick*, potensiometer, Arduino NANO, LED, dan komunikasi NRF24L01. Pengujian pada perangkat *quadcopter* meliputi bagian *power supply*, pembagi tegangan, MPU6050, Arduino NANO, *Electronic Speed Controller* (ESC) dan Motor BLDC, buzzer, dan komunikasi NRF24L01. Hasil pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

i) *Transmitter*



Gambar 39. *Transmitter*

ii) *Power Supply*

Pengujian *power supply* dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan *output*. Tegangan *input* diberikan dari tegangan pada mini usb sebesar 5V. Tegangan keluaran yang seharusnya yaitu 5V dan 3,3V DC. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 17 dibawah ini.

Tabel 17. Hasil Pengujian *Power Supply*

Pengujian	Input (V)	Output (V)		Error (%)	
		5	3.3	5V	3.3V
1	5	4.9	3.3	2	0
2	5	4.9	3.3	2	0
3	5	4.9	3.3	2	0
4	5	4.9	3.3	2	0
Rata-rata Error (%)				1	

Dari data yang didapatkan menunjukkan terjadi penurunan tegangan pada tegangan 5V. Sehingga rerata error atau kesalahan pada bagian *power supply* adalah 1%.

iii) Joystick

Pengujian *joystick* dilakukan dengan menyesuaikan posisi *joystick* dari posisi minimum hingga maksimum untuk mengetahui keluaran sinyal pada setiap posisi dari *joystick*. Data hasil pengujian dua *joystick* ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Pengujian *Joystick*

Joystick	Posisi (%)	Periode Signal (μ s)	Hasil Keluaran Pada Pengujian ke- (μ s)				Error (%)
			1	2	3	4	
Joystick 1 Ch1	0	1000	1004	1001	1001	1001	0.17
	25	1250	1244	1248	1248	1248	0.24
	50	1500	1512	1512	1512	1512	0.8
	75	1750	1760	1756	1757	1757	0.4
	100	2000	1998	1998	1998	1998	0.1
Joystick 1 Ch2	0	1000	1002	1001	1002	1002	0.17
	25	1250	1256	1250	1255	1255	0.3
	50	1500	1496	1496	1496	1496	0.27
	75	1750	1755	1754	1755	1755	0.27
	100	2000	1997	1997	1996	1997	0.17
Joystick 2 Ch3	0	1000	1001	1002	1001	1001	0.12
	25	1250	1253	1255	1255	1255	0.36
	50	1500	1510	1510	1510	1510	0.66
	75	1750	1755	1753	1753	1573	0.2
	100	2000	1998	1998	1998	1999	0.09
Joystick 2 Ch4	0	1000	1001	1001	1002	1001	0.12
	25	1250	1250	1256	1256	1256	0.36
	50	1500	1534	1534	1534	1534	2.2
	75	1750	1760	1759	1760	1760	0.55
	100	2000	2000	2000	2000	2000	0
Rata-rata Error (%)							0.36

Dari data hasil pengujian menunjukkan bahwa *joystick* dapat bekerja dengan baik, namun masih terdapat selisih antara keluaran sinyal yang terukur dengan keluaran sinyal yang seharusnya. Tetapi tingkat kesalahan dari *joystick* bernilai rendah yaitu 0,36%.

iv) Potensiometer

Pengujian pada potensiometer yaitu dengan memutar posisi potensiometer dari minimum hingga maksimum untuk mengetahui sinyal

pulsa keluarannya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 19 di bawah ini.

Tabel 19. Hasil Pengujian Potensiometer

Potensiometer	Posisi (%)	Periode (μ s)	Hasil Keluaran Pada Pengujian ke- (μ s)				Error (%)
			1	2	3	4	
Potensiometer 1 Ch5	0	1000	1004	1004	1005	1004	0.4
	25	1250	1256	1256	1257	1257	0.5
	50	1500	1501	1501	1500	1501	0.05
	75	1750	1750	1750	1750	1750	0
	100	2000	1998	1999	1999	1999	0.07
Rata-rata Error (%)							0.2

Dari data hasil pengujian menunjukkan masih terdapat selisih sinyal keluaran pada setiap posisi potensiometer. Potensiometer dapat bekerja dengan baik dilihat dari tingkat kesalahan pada setiap posisi kurang dari 1% dan rerata kesalahannya yaitu 0,2%.

v) Arduino NANO

Mikrokontroller yang digunakan Arduino NANO. Pengujian pada Arduino NANO dilakukan dengan melakukan ujicoba *upload* program *blink*. Hasil yang didapatkan yaitu program dapat ter-*upload* ke Arduino NANO dan LED pada pin 13 dapat bekerja sesuai dengan program yaitu kondisi nyala dan mati dengan jeda waktu satu detik. Dari hasil yang didapat dapat diketahui bahwa Arduino NANO dapat bekerja dengan baik.

vi) LED

Pengujian LED dilakukan dengan memberi logika *HIGH* dan *LOW* dari Arduino untuk mengetahui kondisi LED. LED digunakan sebagai indikator nilai tengah dari posisi *joystick*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 20 berikut.

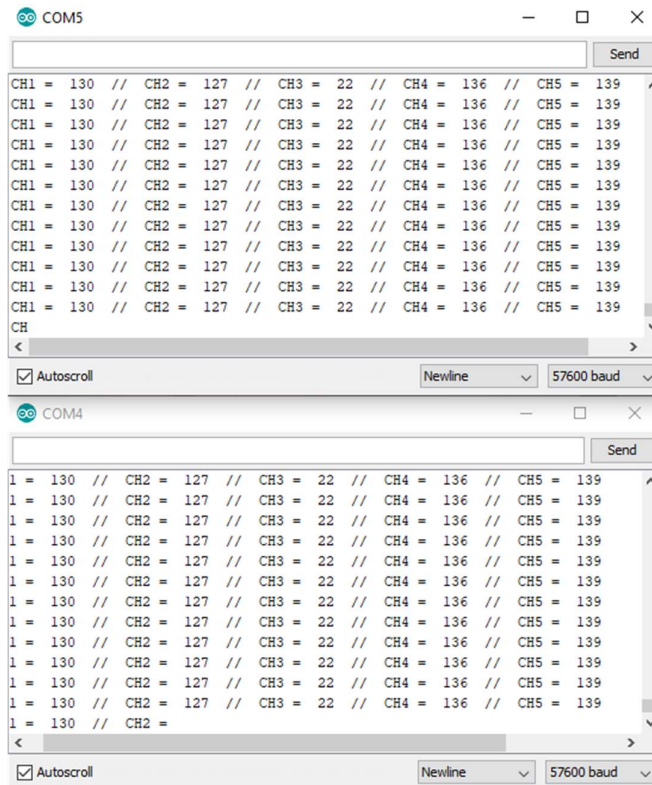
Tabel 20. Hasil Pengujian LED

LED	Signal	Kondisi LED Pada Pengujian ke-				Error (%)
		1	2	3	4	
LED 1	HIGH	Nyala	Nyala	Nyala	Nyala	0
	LOW	Mati	Mati	Mati	Mati	0
LED 2	HIGH	Nyala	Nyala	Nyala	Nyala	0
	LOW	Mati	Mati	Mati	Mati	0
LED 3	HIGH	Nyala	Nyala	Nyala	Nyala	0
	LOW	Mati	Mati	Mati	Mati	0
LED 4	HIGH	Nyala	Nyala	Nyala	Nyala	0
	LOW	Mati	Mati	Mati	Mati	0
Rata-rata Error (%)						0

Dari data yang didapatkan dapat diketahui bahwa LED dapat berfungsi dengan baik. Tingkat kesalahan dari pengujian LED sebesar 0%.

vii) Komunikasi NRF24L01

Pengujian pada *module* NRF24L01 dilakukan dengan mengirimkan data oleh *transmitter* dan dilakukan pengecekan terhadap ketepatan data yang diterima oleh *receiver*. Terdapat lima data yang dikirimkan secara bersamaan, sehingga dalam pengiriman data di pisah menjadi lima *channel* dan pada *receiver* juga terdapat lima *channel* yang dapat memisahkan kelima data ke setiap *channel*. Pengujian lainnya yaitu *range test* yaitu untuk mengetahui seberapa jauh data dapat dikirimkan oleh *transmitter* dan diterima *receiver*. *Module* yang digunakan yaitu NRF24L01 dilengkapi dengan PA LNA dan antenna eksternal sebagai *transmitter* dan NRF24L01 biasa sebagai *receiver*. Hasil pengujian pengiriman data lima *channel* ditunjukkan pada Gambar 40. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa *module* NRF24L01 dapat mengirimkan dan menerima data dengan baik. Pada *Serial Monitor* menampilkan pada COM5 merupakan *transmitter* dan COM4 adalah *receiver*.



Gambar 40. Pengujian Pengiriman Data

Jarak maksimal pengiriman data berdasarkan hasil ujicoba *range test* yaitu 200 m. Dari hasil *range test* jarak pengiriman data masih terbatas. Jarak pengiriman dan penerimaan data juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama pengaruh interferensi sinyal.

viii) Perangkat *Quadcopter*



Gambar 41. Perangkat *Quadcopter*

ix) *Power Supply*

Pengujian *power supply* dilakukan dengan pengukuran tegangan masukan dan keluaran dalam kondisi tanpa beban dan saat beban terpasang. Tegangan masukan didapatkan dari baterai LiPo 12,6V. Terdapat tiga bagian tegangan keluaran yaitu 12,6V, 5V, dan 3,3V. Hasil pengukuran seperti pada Tabel 21 berikut ini.

Tabel 21. Hasil Pengujian *Power supply*

Pengujian	Pengukuran	Input (V)	Output (V)			Error (%)		
			12.6	5	3,3	12,6V	5V	3.3V
1	Tanpa Beban	12.6	12.6	5	3,3	0	0	0
2		12.6	12.6	5	3,3	0	0	0
3		12.6	12.6	5	3,3	0	0	0
4		12.6	12.6	5	3,3	0	0	0
5	Dengan Beban	12.6	12.59	5	3,3	0.07	0	0
6		12.6	12.59	5	3,3	0.07	0	0
7		12.6	12.59	5	3,3	0.07	0	0
8		12.6	12.59	5	3,3	0.07	0	0
Rata-rata error (%)						0.17		

Dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa saat kondisi tanpa beban, tegangan keluaran telah sesuai dengan ketentuan keluaran. Namun

saat beban dipasang, terjadi penurunan tegangan pada keluaran 12,6V.

Untuk keluaran tegangan yang lain tidak mengalami penurunan.

x) Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan digunakan sebagai indikator baterai, sehingga pengujian dilakukan dengan memberi tegangan masukan yang bervariasi menggunakan baterai LiPo 12,6V. Hasil pengujian rangkaian pembagi tegangan ditunjukkan pada Tabel 22.

Tabel 22. Hasil Pengujian Rangkaian Pembagi tegangan

No	Vin (V)	Vout (V)	Pengukuran Vout (V)	Error (%)
1	12.6	5	5	0
2	12.6	5	5	0
3	12.6	5	5	0
4	12	4.76	4.85	1.8
5	12	4.76	4.86	2.1
6	12	4.76	4.85	1.8
7	11.5	4.56	4.68	2.6
8	11.5	4.56	4.68	2.6
9	11.5	4.56	4.68	2.6
10	11.1	4.4	4.56	3.6
11	11.1	4.4	4.56	3.6
12	11.1	4.4	4.56	3.6
Rata-rata error (%)				2.0

Dari tabel hasil pengujian menunjukkan bahwa masih terjadi selisih nilai tegangan antara perhitungan dengan hasil pengukuran. Namun selisih perbedaan tegangan hasil pengukuran cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan hasil perhitungan. Rerata tingkat kesalahan dari pengujian rangkaian pembagi tegangan yaitu sebesar 2%.

xi) Module MPU6050

Module MPU6050 digunakan untuk mengukur sudut kemiringan pada *quadcopter* pada gerakan *pitch* dan *roll* serta untuk rotasi gerakan

yaw, maka proses pengujian dengan melakukan gerakan *pitch* dan *roll* dengan sudut kemiringan tertentu dan nilainya dibandingkan dengan alat ukur untuk mengukur sudut kemiringan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 23 berikut ini.

Tabel 23. Hasil Pengujian *Module* MPU6050

Sudut Kemiringan	Gerakan	Hasil Pengukuran Sudut Kemiringan Pada Pengujian ke-(°)					Error (%)
		1	2	3	4	5	
0°	Pitch	1.1	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9
30°		30.5	30.3	30.3	30.5	30.4	1.3
45°		45.4	45.4	45.3	45.4	45.3	0.8
60°		60.3	60.4	60.4	60.3	60.5	0.6
75°		75.6	75.2	75.3	75.3	75.3	0.4
90°		90.3	90.3	90.2	90.3	90.2	0.2
0°	Roll	1.1	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9
30°		30.3	30.4	30.3	30.3	30.4	1.1
45°		45.3	45.2	45.3	45.3	45.4	0.6
60°		60.6	60.3	60.3	60.5	60.3	0.6
75°		75.4	75.4	75.5	75.4	75.5	0.5
90°		90.6	90.5	90.5	90.4	90.4	0.5
Rata-rata Error (%)							0.7

Dari hasil pengujian pada Tabel 23 menunjukkan bahwa *module* MPU6050 dapat mengukur sudut kemiringan dengan baik walaupun masih terdapat selisih nilai dengan menggunakan alat ukur. Rerata kesalahan pengujian *moudule* MPU6050 sebesar 0,7%.

xii)Arduino NANO

Mikrokontroller yang digunakan yaitu Arduino NANO. Untuk mengetahui kinerjanya maka dilakukan *upload* program *blink*. Hasilnya pada led *built in* yang terhubung pada pin 13 akan menyala dan mati dengan jeda waktu satu detik. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa Arduino NANO dapat bekerja dengan baik.

xiii) Buzzer

Buzzer digunakan sebagai indikator pada perangkat *quadcopter*.

Untuk menguji kinerjanya maka buzzer diberi logika *HIGH* dan *LOW*.

Dari hasil ujicoba pada Tabel 24 menunjukkan bahwa buzzer dapat bekerja dengan baik karena bekerja sesuai dengan logika yang diberikan.

Tabel 24. Hasil Pengujian Buzzer

Pengujian	Input	Kondisi Buzzer	Error (%)
1	HIGH	Nyala	0
2	HIGH	Nyala	0
3	HIGH	Nyala	0
4	LOW	Mati	0
5	LOW	Mati	0
6	LOW	Mati	0
Rata-rata Error (%)			0

xiv) *Electronic Speed Controller (ESC)* dan Motor BLDC

ESC merupakan *driver* untuk mengendalikan putaran dari motor BLDC. Pada *quadcopter* terdapat empat ESC dan motor BLDC. Prinsipnya agar *quadcopter* dapat terbang dengan stabil, maka kecepatan putaran keempat motor harus sama. Putaran motor BLDC dipengaruhi dari spesifikasi ESC dan motor BLDC. Dengan menggunakan empat jenis ESC dan motor BLDC yang sama maka diasumsikan kecepatan putaran keempat motor dapat sama. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 25 berikut ini.

Tabel 25. Hasil Pengujian ESC dan Motor BLDC

Motor Brushless DC	Periode Signal (μs)	Hasil Pengukuran Kecepatan Motor Pada Pengujian ke-(RPM)			
		1	2	3	4
Motor BLDC 1	1000	0	0	0	0
	1300	22000	22000	22000	22000
	1600	28000	28010	28000	28000
	1800	29950	30000	30000	30000
	2000	32000	32010	32000	32000

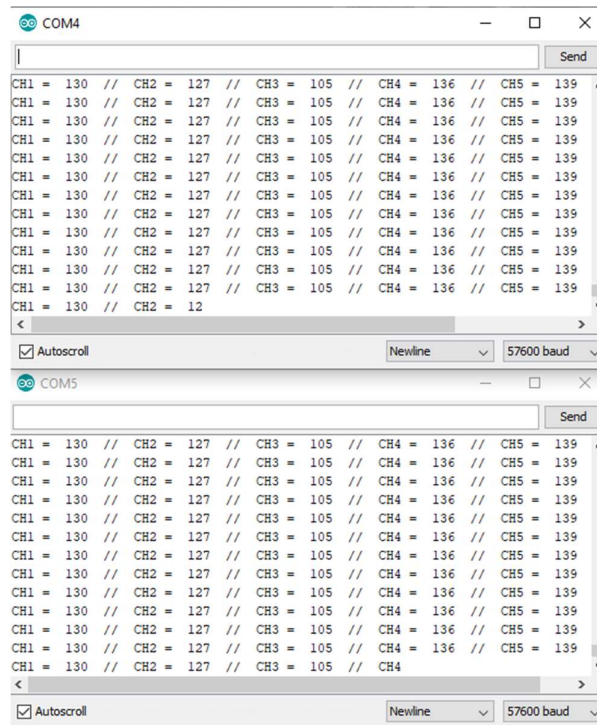
Tabel 25. (Lanjutan)

Motor BLDC 2	1000	0	0	0	0
	1300	21950	22000	22000	22000
	1600	28000	28010	28000	28000
	1800	30000	29960	30000	30000
	2000	32000	32000	32010	32000
Motor BLDC 3	1000	0	0	0	0
	1300	22000	22000	22010	22000
	1600	28000	28000	28000	28000
	1800	30000	30060	30050	30000
	2000	32000	32000	32000	32000
Motor BLDC 4	1000	0	0	0	0
	1300	22060	22000	22050	22000
	1600	28060	28000	28000	28000
	1800	30000	29960	30000	30000
	2000	32010	32000	32000	32000

Dari hasil pengujian kecepatan motor dengan *input* PWM tertentu menghasilkan kecepatan yang cenderung sama dari keempat motor BLDC walaupun terdapat selisih kecepatan dari keempat motor. Dari hasil tersebut maka dapat diketahui keempat motor BLDC dapat bekerja dengan baik.

xv) Komunikasi *Module* NRF24L01

Pengujian pada *module* NRF24L01 dengan melakukan pengecekan terhadap ketepatan data yang diterima oleh *receiver*. Pengujian lainnya yaitu *range test* untuk mengetahui seberapa jauh *receiver* dapat menerima data dapat dikirimkan oleh *transmitter*. *Module* yang digunakan yaitu NRF24L01 dilengkapi dengan PA LNA dan antenna eksternal sebagai *transmitter* dan NRF24L01 biasa sebagai *receiver*. Hasil pengujian pengiriman data lima *channel* ditunjukkan pada Gambar 42.

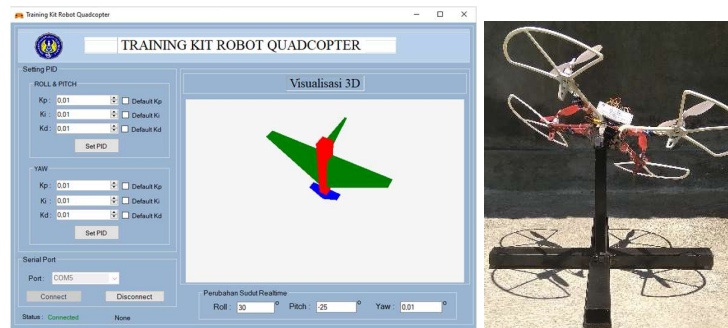


Gambar 42. Penerimaan Data NRF24L01

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa *module* NRF24L01 dapat mengirimkan dan menerima data dengan baik. Jarak maksimal pengiriman data berdasarkan hasil ujicoba *range test* yaitu 200 m. Dari hasil *range test* jarak pengiriman data masih terbatas.

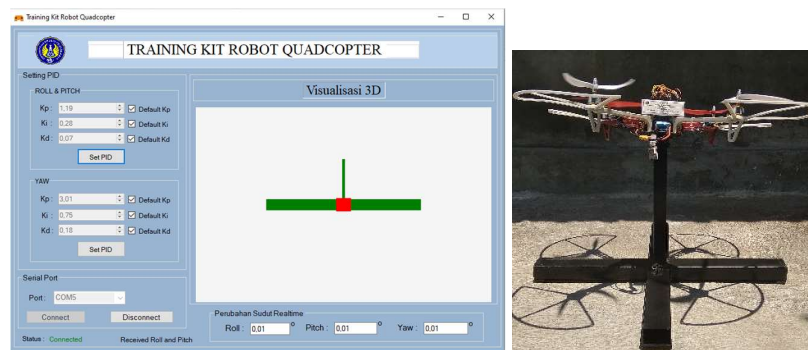
e) Unjuk Kerja Produk

Pada langkah dilakukan dengan menguji kinerja dari *software* dan *hardware* yaitu pengaturan nilai PID secara *realtime* untuk mengatur kestabilan *quadcopter*. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan *transmitter* ke komputer untuk dapat mengakses *software*.



Gambar 43. Posisi Awal

Menyalakan perangkat *quadcopter* dengan kondisi nilai awal PID bernilai nol. Pada kondisi awal terlihat kondisi dari *quadcopter* yang ditampilkan dalam *software* seperti Gambar 43. Setelah perangkat terhubung, dilakukan pengiriman nilai awal PID dari *software* ke *quadcopter*. Selanjutnya dilakukan pengiriman nilai PID *default* untuk *pitch*, *roll*, dan *yaw*. Untuk menyalakan keempat motor BLDC, dilakukan *arming* pada *transmitter* dan motor BLDC akan berputar dengan kecepatan konstan atau dalam kondisi *idle*.



Gambar 44. Menguji Kestabilan *Quadcopter*

Dari hasil pengujian seperti pada Gambar 44 menunjukkan bahwa data nilai PID yang dikirimkan dari *software* ke *quadcopter* menghasilkan

kestabilan pada perangkat *quadcopter*. Untuk mengetahui tingkat kestabilan maka dilakukan pergerakan *pitch up*, *pitch down*, *roll right*, dan *roll left*.

4. Validasi Produk

Pada tahap tahap ini dilakukan validasi internal yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran yang digunakan melalui proses validasi oleh ahli materi dan ahli media. Validasi yang dilakukan meliputi validasi materi oleh ahli materi dan validasi media oleh ahli media. Ahli materi merupakan seseorang yang memahami materi dalam bidang robotika terutama pada materi *aerial robotic*. Ahli materi pertama yaitu Dr. phil. Mashoedah, S.Pd., M.T. dan ahli materi kedua yaitu Muhammad Izzudin Mahali, S.Pd.T., M.Cs. Sedangkan ahli media merupakan seseorang yang ahli pada bidang media pembelajaran. Untuk ahli media pertama yaitu Dr. Drs. Pramudi Utomo, M.Si. dan ahli media kedua yaitu Ardy Seto Priambodo, S.T., M.Eng. Keempat dosen validator merupakan dosen jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika.

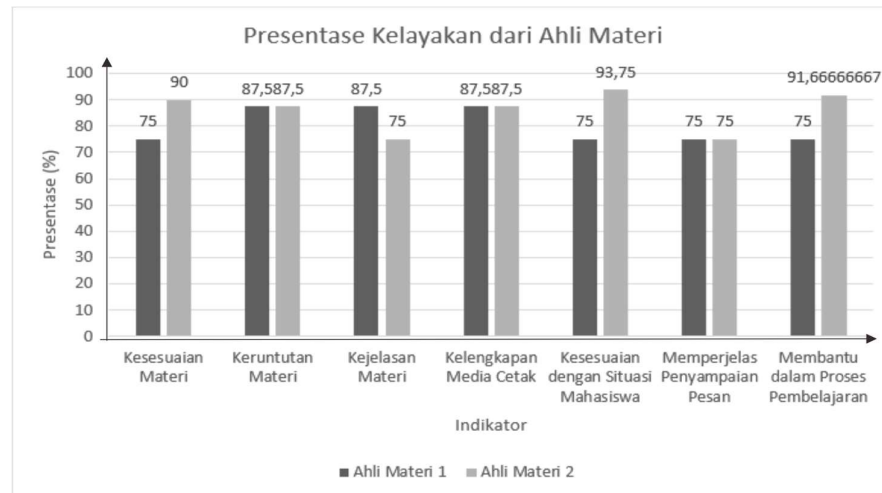
1) Validasi oleh Ahli Materi

Hasil penilaian ini terkait dengan materi pada media pembelajaran sesuai dengan angket. Aspek penilaian pada angket terbagi menjadi dua yaitu aspek kualitas materi dan kemanfaatan. Hasil penilaian yang didapat ditampilkan pada Tabel 26.

Tabel 26. Data Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek	Indikator	No Butir	Skor Maks	Skor Ahli 1	Skor Ahli 2	Skor Rerata
Kualitas Materi	Kesesuaian Materi	1	4	3	3	3
		2	4	3	4	3,5
		3	4	3	4	3,5
		4	4	3	4	3,5
		5	4	3	3	3
	Jumlah		20	15	18	16,5
	Keruntutan Materi	6	4	4	3	3,5
		7	4	3	4	3,5
	Jumlah		8	7	7	7
	Kejelasan Materi	8	4	3	3	3
		9	4	4	3	3,5
	Jumlah		8	7	6	6,5
	Kelengkapan Media Cetak	10	4	4	3	3,5
		11	4	3	4	3,5
	Jumlah		8	7	7	7
	Kesesuaian dengan Situasi Mahasiswa	12	4	3	4	3,5
		13	4	3	3	3
		14	4	3	4	3,5
		15	4	3	4	3,5
	Jumlah		16	12	15	13,5
Kemanfaatan	Memperjelas Penyampaian Pesan	16	4	3	3	3
		17	4	3	3	3
	Jumlah		8	6	6	6
	Membantu dalam Proses Pembelajaran	18	4	3	4	3,5
		19	4	3	3	3
		20	4	3	4	3,5
	Jumlah		12	9	11	10
Jumlah		80	63	70	66,5	
Presentase (%)		100	82,5	87,5	85	

Berdasarkan Tabel 26 di atas, presentase kelayakan dari ahli materi dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram batang yang ditinjau dari 7 indikator yaitu kesesuaian materi, keruntutan materi, kejelasan materi, kelengkapan media cetak, kesesuaian dengan situasi mahasiswa, memperjelas penyampaian pesan, dan membantu dalam proses pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 45.



Gambar 45. Presentase Kelayakan dari Ahli Materi

Dari data yang diperoleh pada Tabel 26 dan Gambar 45 menunjukkan presentase kelayakan *training kit robot quadcopter* ditinjau dari aspek kualitas materi dan kemanfaatan dengan 7 indikator menghasilkan presentase kelayakan 82,5% dari ahli materi 1 dan 87,5% dari ahli materi 2. Hasil persentase kelayakan dari ahli materi 1 dan ahli materi 2 ditinjau dari aspek kualitas serta dari aspek kemanfaatan secara keseluruhan adalah 85%. Berdasarkan dari hasil penilaian tersebut, masih terdapat butir yang belum mencapai skor maksimal pada angket penilaian, maka hasil penilaian masih dapat ditingkatkan dengan melakukan perbaikan mengenai urutan topik materi praktikum, kualitas gambar, tata letak gambar, dan meningkatkan level tujuan pembelajaran. Dari hasil persentase tersebut, *Training Kit Robot Quadcopter* dapat dinyatakan **sangat layak** digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika.

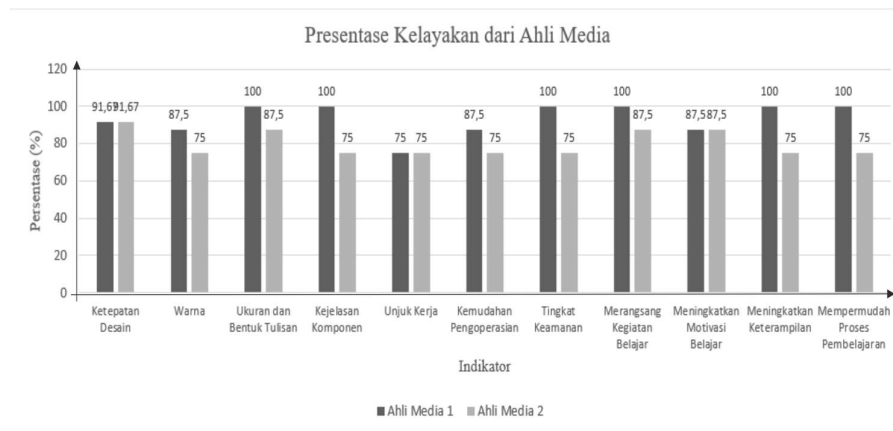
2) Validasi oleh Ahli Media

Hasil penilaian ini terkait dengan kualitas media pada media pembelajaran sesuai dengan angket. Aspek penilaian pada angket terbagi menjadi tiga yaitu kualitas tampilan, kualitas teknis, dan kemanfaatan. Hasil penilaian yang didapat ditampilkan pada Tabel 27.

Tabel 27. Data Hasil Validasi Ahli Media

Aspek	Indikator	No Butir	Skor Maks	Skor Ahli 1	Skor Ahli 2	Rerata Skor
Kualitas Tampilan	Ketepatan Desain	1	4	3	4	3,5
		2	4	4	3	3,5
		3	4	4	4	4
	Jumlah		12	11	11	11
	Warna	4	4	4	3	3,5
		5	4	3	3	3
	Jumlah		8	7	6	6,5
	Ukuran dan Bentuk Tulisan	6	4	4	3	3,5
		7	4	4	4	4
	Jumlah		8	8	7	7,5
	Kejelasan Komponen	8	4	4	3	3,5
		9	4	4	3	3,5
	Jumlah		8	8	6	7
Kualitas Teknis	Unjuk Kerja	10	4	3	3	3
		11	4	3	3	3
		12	4	3	3	3
	Jumlah		12	9	9	9
	Kemudahan Pengoperasian	13	4	3	2	2,5
		14	4	4	4	4
	Jumlah		8	7	6	6,5
	Tingkat Keamanan	15	4	4	4	4
		16	4	4	2	3
	Jumlah		8	8	6	7
Kemanfaatan	Merangsang Kegiatan Belajar	17	4	4	4	4
		18	4	4	3	3,5
	Jumlah		8	8	7	7,5
	Meningkatkan Motivasi Belajar	19	4	4	4	4
		20	4	3	3	3
	Jumlah		8	7	7	7
	Meningkatkan Keterampilan	21	4	4	3	3,5
		22	4	4	3	3,5
	Jumlah		8	8	6	7
	Mempermudah Proses Pembelajaran	23	4	4	3	3,5
		24	4	4	3	3,5
	Jumlah		8	8	6	7
Jumlah			96	89	77	83
Presentase(%)			100	92,7	80,2	86,46

Berdasarkan Tabel 27 di atas, presentase kelayakan dari ahli media dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram batang yang ditinjau dari 11 indikator yaitu ketepatan desain, warna, ukuran dan bentuk tulisan, kejelasan komponen, unjuk kerja, kemudahan pengoprasian, tingkat keamanan, merangsang kegiatan belajar, meningkatkan motivasi belajar, meningkatkan keterampilan, dan mempermudah proses pembelajaran ditampilkan pada Gambar 46.



Gambar 46. Presentase Kelayakan dari Ahli Media

Dari Tabel 27 dan Gambar 46 diperoleh data yang menunjukkan presentase kelayakan *training kit robot quadcopter* ditinjau dari aspek kualitas tampilan, kualitas teknis, dan kemanfaatan dengan 11 indikator menghasilkan presentase kelayakan 92,7% dari ahli media 1 dan 80,2% dari ahli media 2. Hasil presentase kelayakan dari ahli media ditinjau dari 3 aspek yaitu aspek kualitas tampilan yang memiliki 4 indikator yaitu ketepatan desain, warna, ukuran dan bentuk tulisan, dan kejelasan komponen, serta dari aspek kualitas teknis yang memiliki 3 indikator yaitu unjuk kerja, kemudahan pengoperasian, dan tingkat keamanan, serta aspek

kemanfaatan yang memiliki 4 indikator yaitu merangsang kegiatan belajar, meningkatkan motivasi belajar, meningkatkan keterampilan, dan mempermudah proses pembelajaran adalah 86,46%. Berdasarkan dari hasil penilaian tersebut, masih terdapat butir pada angket penilaian yang belum mencapai skor maksimal maka hasil penilaian masih dapat ditingkatkan dengan melakukan perbaikan mengenai kepresisian kinerja perangkat keras dan penambahan keterangan pada perangkat keras. Dari hasil tersebut, maka *Training Kit Robot Quadcopter* dinyatakan **sangat layak** digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika.

5. Revisi Produk

Berdasarkan hasil *expert judgement* oleh ahli materi dan ahli media, *Training Kit Robot Quadcopter* mendapat masukan dan saran yang perlu untuk ditindak lanjuti terkait dengan media dan materi agar kualitasnya menjadi lebih baik. Uraian tentang masukan dari para ahli ditunjukkan pada Tabel 28, Tabel 29, dan revisi terkait dengan *training kit* pada tabel 30.


Tabel. 28 Masukan dan Saran dari Ahli Materi

No	Masukan dari Ahli Materi
1	Urutan topik materi praktikum
2	Kualitas kejernihan Gambar
3	Level tujuan pembelajaran perlu ditingkatkan
4	Tata letak gambar

Tabel 29. Masukan dan Saran dari Ahli Media

No	Masukan dari Ahli Media
1	Ukuran perangkat <i>quadcopter</i> dapat diperkecil
2	Kepresisian perangkat keras perlu diperhatikan
3	Perbaikan Penulisan
4	Penambahan Keterangan

Tabel 30. Bagian yang Direvisi pada *Training Kit*

No	Bagian yang Direvisi	Keterangan
1		Ahli Media : Media sudah bagus, namun pada bagian motor BLDC dan ESC perlu diberi keterangan dan nomor motor BLDC-nya.

Dari beberapa masukan dan saran para ahli ditindaklanjuti dengan melakukan revisi terkait dengan materi, perbaikan penulisan, penjelasan gambar dan perangkat *training kit*. Hasil revisi yang dilakukan pada perangkat *quadcopter* yaitu dengan penambahan keterangan pada pada setiap lengan *quadcopter* pada bagian *Electronic Speed Controller* (ESC) dan motor BLDC seperti pada Gambar 47.



Gambar 47. Hasil Revisi Keterangan ESC dan Motor BLDC

6. Ujicoba Produk

Uji coba produk dilakukan pada mahasiswa semester 7 dan 9 di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan dari *training kit robot quadcopter*. Data hasil uji coba produk ditunjukkan pada tabel 33 di bawah ini.

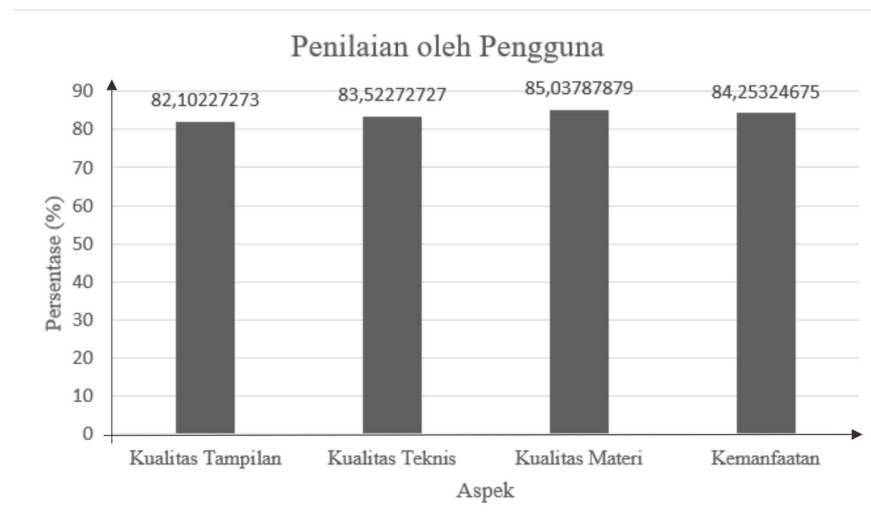
Tabel 33. Hasil Uji Coba Produk

No Responden	Rerata	Total	Skor Maks	Presentase (%)
1	2,8889	78	108	72,2222222
2	3,963	107	108	99,0740741
3	3,4444	93	108	86,1111111
4	3,2222	87	108	80,5555556
5	3,1852	86	108	79,6296296
6	2,9259	79	108	73,1481481
7	3,3333	90	108	83,3333333
8	3,7407	101	108	93,5185185
9	3,5185	95	108	87,962963
10	3,0741	83	108	76,8518519
11	3,2593	88	108	81,4814815
12	3,3704	91	108	84,2592593
13	2,963	80	108	74,0740741
14	3	81	108	75

Tabel 33. (Lanjutan)

15	3,5926	97	108	89,8148148
16	3,1111	84	108	77,7777778
17	3,7407	101	108	93,5185185
18	3,3333	90	108	83,3333333
19	3,4815	94	108	87,037037
20	3,2593	88	108	81,4814815
21	3,3704	91	108	84,2592593
22	3,8148	103	108	95,3703704
Jumlah		1987	2376	83,6279461

Dari tabel 33, presentase kelayakan dari pengguna dapat direperesentasikan dalam bentuk diagram batang yang ditinjau dalam 4 aspek, yaitu kualitas tampilan, kualitas teknis, kualitas materi, dan kemanfaatan yang ditunjukkan pada gambar 48.



Gambar 48. Presentase Kelayakan oleh Pengguna

Dari Tabel 33 dan Gambar 48 menunjukkan bahwa hasil ujicoba produk oleh pengguna mendapat presentase rata-rata sebesar 83,672%. Dari hasil tersebut maka berdasarkan tabel *rating scale*, *Training Kit* Robot *Quadcopter* termasuk dalam kategori **sangat layak** digunakan

sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika.

B. Pembahasan Hasil Penelitian

1. Rancang bangun *Training Kit Robot Quadcopter* Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Robotika.

Dari potensi masalah yang ada pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan informatika terkait dengan terbatasnya media pembelajaran yang tersedia dan digunakan dalam proses pembelajaran. Hal tersebut yang menjadi latar belakang pada penelitian ini. Pembuatan media pembelajaran disesuaikan dengan silabus pembelajaran pada mata kuliah Robotika terutama pada materi *aerial robotic*. Media yang dibuat berupa perangkat *training kit* robot *quadcopter* yang terdiri dari *hardware* dan *software* disertai dengan *labsheet* dan buku panduan penggunaan. Media pembelajaran ini mencakup proses perancangan, pengaturan dan penggunaan *training kit* robot *quadcopter*. Pada *labsheet* yang dibuat terdapat empat topik praktikum, yaitu praktik motor BLDC, praktik *gyro accelerometer* MPU6050, praktik komunikasi NRF24L01, dan praktik pengaturan PID *quadcopter*. Perangkat *hardware* yang dibuat yaitu berupa perangkat *quadcopter* dan *transmitter* yang menggunakan Arduino NANO sebagai pengolah data. *Software* yang dibuat menggunakan Visual Studio 2017 dengan bahasa pemrograman Visual Basic digunakan untuk mengirimkan data nilai PID ke perangkat *quadcopter* melalui *transmitter*.

2. Mengetahui Unjuk Kerja dari *Training Kit Robot Quadcopter*

Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Robotika

Unjuk kerja media pembelajaran *training kit* yang telah dibuat dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama dilakukan unjuk kerja oleh peneliti dan tahap kedua dilakukan oleh ahli. Dari hasil yang dijelaskan pada bagian uji coba produk menunjukkan bahwa media pembelajaran dapat berfungsi dengan baik pada setiap bagian komponen atau uji coba produk secara keseluruhan dengan persentase kesalahan 2,24%.

3. Mengetahui Kelayakan dari *Training Kit Robot Quadcopter* Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Robotika

a. Validasi oleh Ahli Materi

Hasil presentase kelayakan dari ahli materi 1 dan ahli materi 2 ditinjau dari aspek kualitas materi yang memiliki 5 indikator yaitu kesesuaian materi, keruntutan materi, kejelasan materi, kelengkapan media cetak, dan kesesuaian dengan situasi mahasiswa, serta dari aspek kemanfaatan yang memiliki 2 indikator yaitu memperjelas penyampaian pesan dan membantu dalam proses pembelajaran secara keseluruhan nilai dari kualitas materi *Training Kit Robot Quadcopter* adalah 85%. Berdasarkan dari hasil penilaian tersebut, masih terdapat butir yang belum mencapai skor maksimal maka hasil penilaian masih dapat ditingkatkan dengan melakukan perbaikan mengenai urutan topik materi praktikum, kualitas gambar, tata letak gambar, dan meningkatkan level tujuan pembelajaran. Dari hasil tersebut berdasarkan tabel kelayakan *rating*

scale, maka *Training Kit Robot Quadcopter* termasuk dalam kategori **sangat layak** digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika.

b. Validasi oleh Ahli Media

Hasil presentase kelayakan dari ahli media 1 dan ahli media 2 ditinjau dari 3 aspek yaitu aspek kualitas tampilan yang memiliki 4 indikator yaitu ketepatan desain, warna, ukuran dan bentuk tulisan, dan kejelasan komponen, serta dari aspek kualitas teknis yang memiliki 3 indikator yaitu unjuk kerja, kemudahan pengoperasian, dan tingkat keamanan, serta aspek kemanfaatan yang memiliki 4 indikator yaitu merangsang kegiatan belajar, meningkatkan motivasi belajar, meningkatkan keterampilan, dan mempermudah proses pembelajaran. Secara keseluruhan nilai dari kualitas media *Training Kit Robot Quadcopter* adalah 86,46%. Berdasarkan dari hasil penilaian tersebut, masih terdapat butir yang belum mencapai skor maksimal maka hasil penilaian masih dapat ditingkatkan dengan melakukan perbaikan mengenai kepresisian kinerja perangkat keras dan penambahan keterangan pada perangkat keras. Dari hasil tersebut berdasarkan tabel kelayakan *rating scale*, maka *Training Kit Robot Quadcopter* dinyatakan **sangat layak** digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika.

c. Uji Coba Produk

Dari data yang diperoleh dari hasil uji coba produk oleh mahasiswa semester 7 dan 9 di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika mendapat presentase kelayakan sebesar 83,672%. Dari hasil tersebut maka berdasarkan tabel *rating scale*, *Training Kit Robot Quadcopter* dimasuk dalam kategori **sangat layak** digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Robotika di jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika. Keunggulan dari media pembelajaran *training kit robot quadcopter* ini yaitu pada pengaturan kendali PID pada perangkat lebih mudah dipahami karena hasil setiap perubahan nilai PID dapat dilihat pada *interface software* bagian visualisasi 3D sehingga diketahui arah orientasi *quadcopter*, kemudahan dalam penyambungan tiap komponen penyusunnya dan dapat disesuaikan dengan keperluan kegiatan praktikum, dan komunikasi data yang digunakan sudah nirkabel.