

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

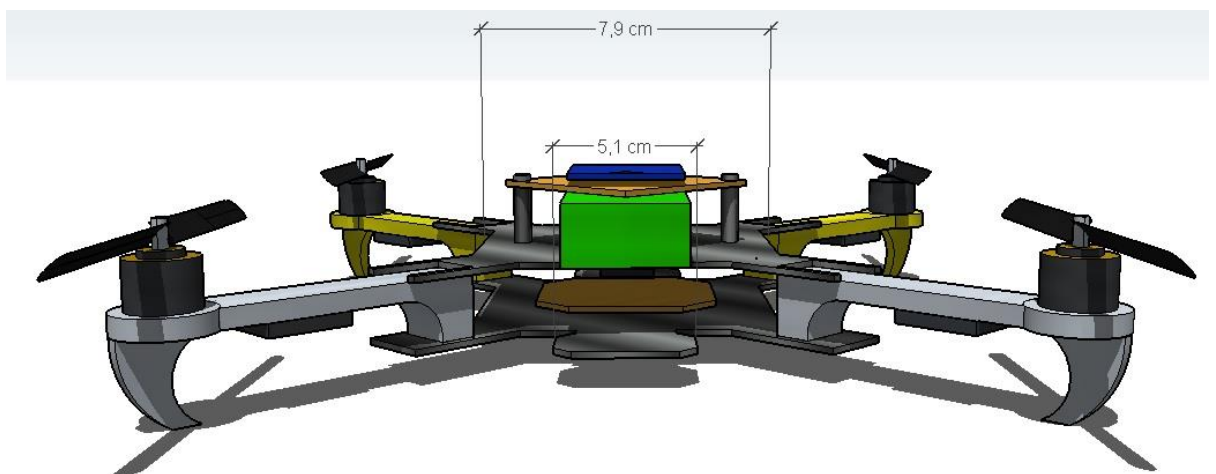
Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap indikator-indikator penelitian dari “Perancangan Sistem Pemantauan Kestabilan *Quadcopter Robot* Berbasis MultiWii SE v2.5” dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Hasil pembuatan dan pengujian perangkat keras (*Hardware*)
2. Hasil pembuatan dan pengujian perangkat lunak (*Software*)

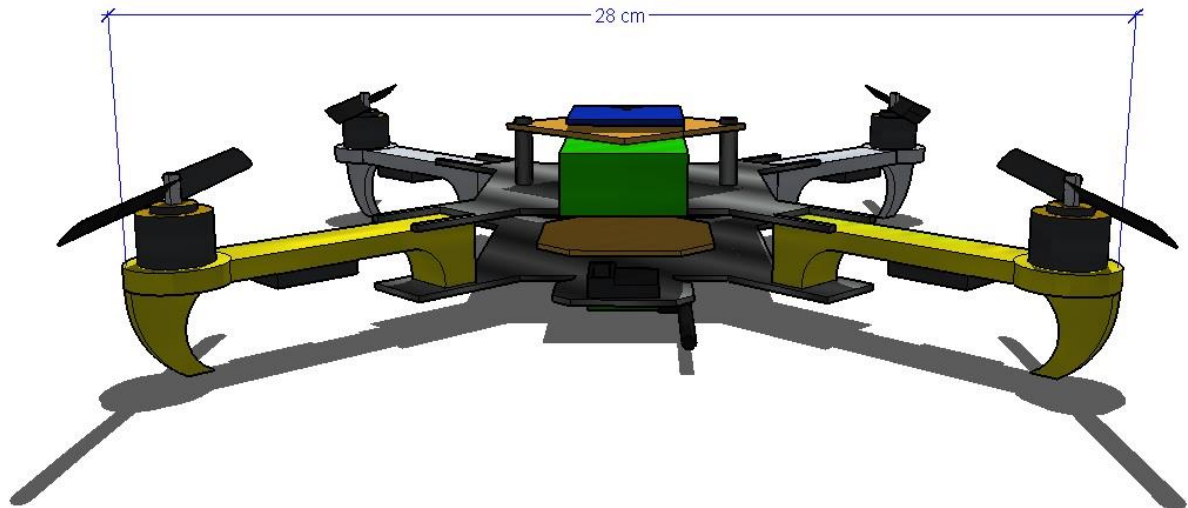
4.1.1. Hasil Pembuatan dan Pengujian *Hardware*

4.1.1.1. Hasil Pembuatan Alat

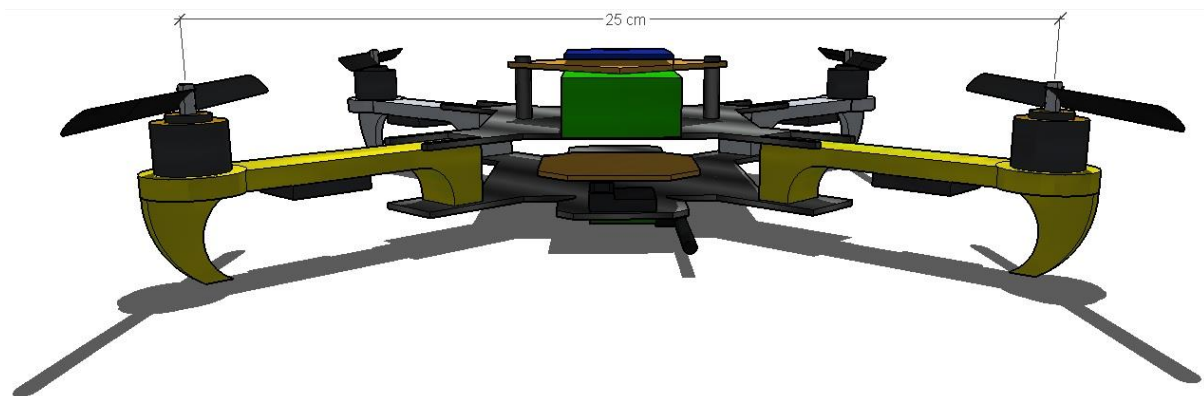
Sistem pemantauan kestabilan *quadcopter robot* terdiri dari hasil perakitan *quadcopter robot*. Dimensi *quadcopter robot* berbentuk persegi empat sama sisi dengan panjang sisinya 28 cm dan panjang diagonal sisinya 39,5 cm dengan peletakan tiap *brushless motor dc* disetiap sudut dengan jarak antar motor 25 cm. Gambar dibawah ini memperlihatkan dimensi dari *quadcopter robot*.



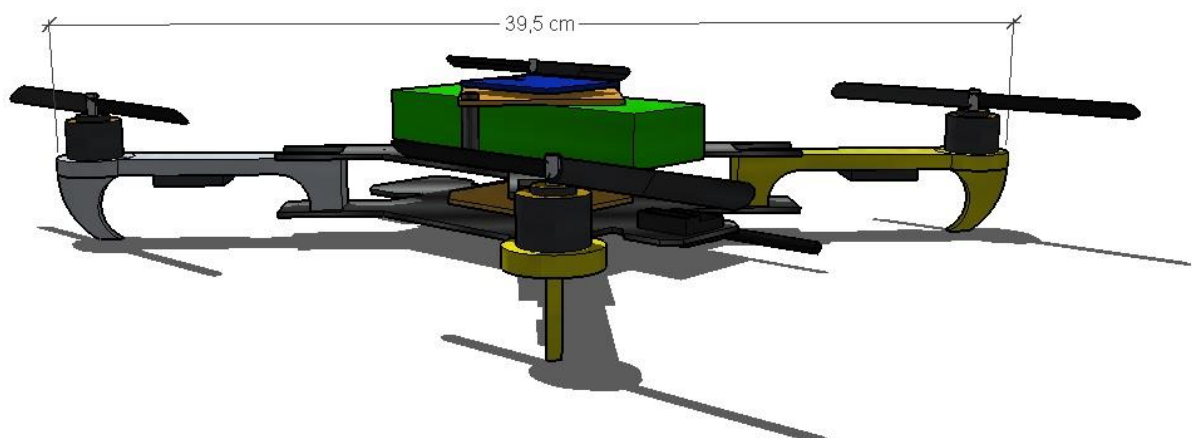
Gambar 4.1. Lebar Bagian Tengah *Quadcopter Robot*



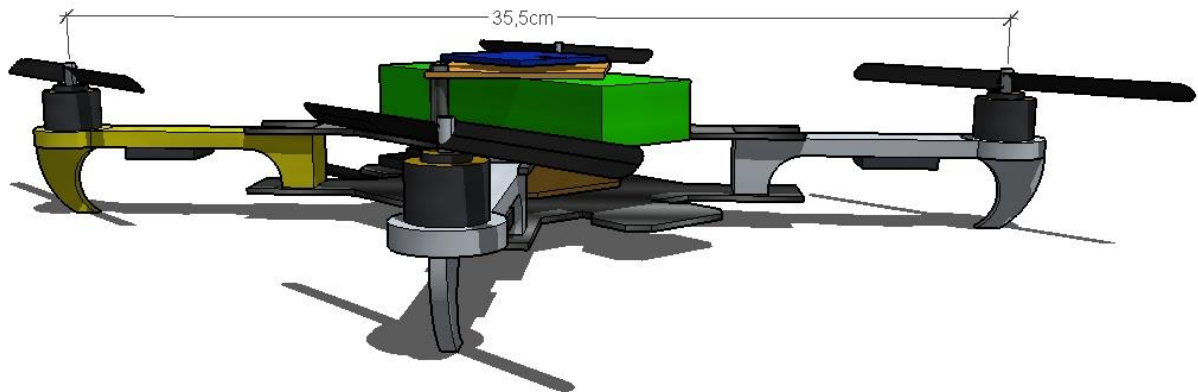
Gambar 4.2. Panjang Sisi *Quadcopter Robot*



Gambar 4.3. Jarak Antar Motor *Quadcopter Robot*

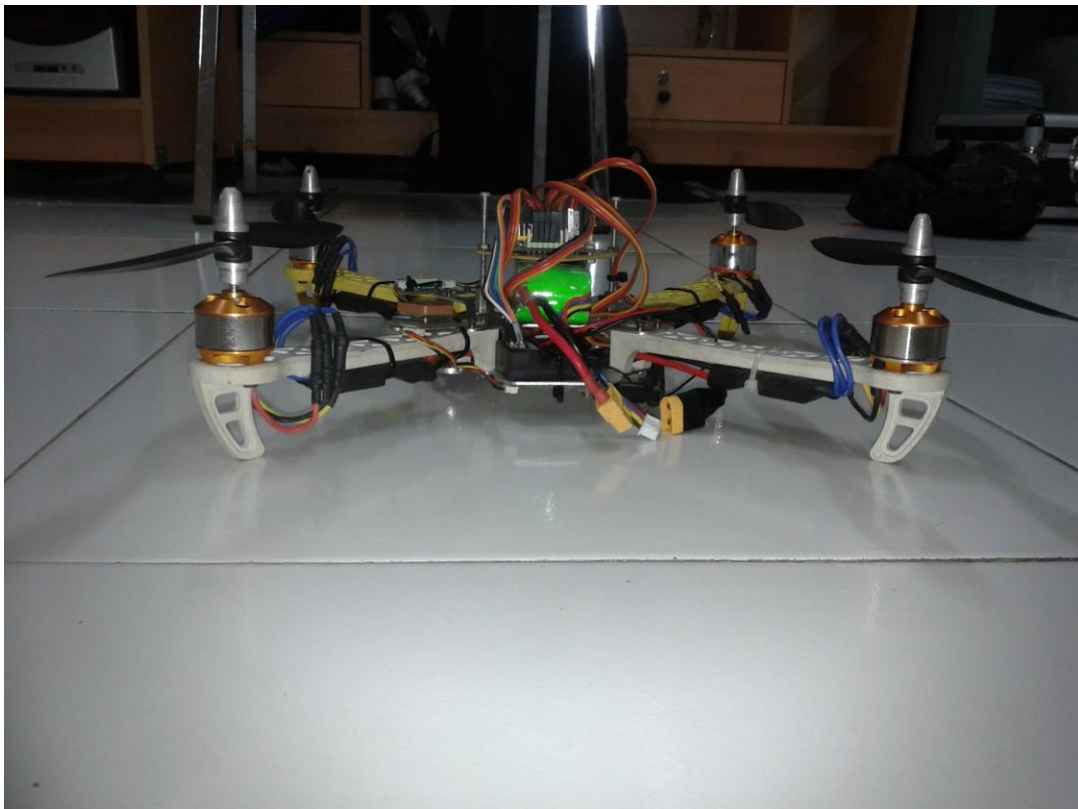


Gambar 4.4. Panjang Sisi Diagonal *Quadcopter Robot*



Gambar 4.5. Jarak Antar Motor Diagonal *Quadcopter Robot*

Setelah *frame quadcopter robot* tersedia, maka peneliti mulai melakukan penyusunan komponen-komponen *quadcopter robot* beserta *wiring* kabel komponen-komponennya. Gambar dibawah ini memperlihatkan hasil dari penyusunan dan *wiring* kabel komponen-komponen *quadcopter robot*.



Gambar 4.6. *Quadcopter Robot* Tampak Belakang



Gambar 4.7. *Quadcopter Robot* Tampak Atas



Gambar 4.8. *Quadcopter Robot* Tampak Samping

4.1.1.2. Hasil Pengujian Jarak Sinyal *Radio Transmitter 2.4 GHz dan 433 MHz*

Pengujian jarak sinyal *radio transmitter 2.4 GHz dan 433 MHz* bertujuan untuk mendapatkan hasil jarak maksimal yang dapat dilakukan oleh kedua modul *wireless* tersebut.

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan data perhitungan teori menggunakan redaman *Free Space Loss* (tanpa memperhitungkan redaman-redaman yang lain) dengan data *real* yang didapatkan dilapangan secara langsung.

$$Free\ Space\ Loss = 92,5 + 20 \times Log(d) + 20 \times Log(f)$$

$$Log(d) = \frac{FSL}{20} - \frac{92,5}{20} - \frac{20 \times Log(f)}{20}$$

$$Log(d) = \frac{FSL}{20} - 4,625 - Log(f)$$

$$d = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - 4,625 - Log(f)\right)}$$

Keterangan :

d = Jarak (Km)

f = Frekuensi (GHz)

4.1.1.2.a. Proses Perhitungan Jarak Maksimal *Radio Transmitter 2.4*

GHz

Diketahui :

Frekuensi = 2.4 GHz

Transmitter Gain = 20 dBm

Receiver Gain = -121 dBm

Free Space Loss Max = 20 - (-121) = 141 dB

$$d = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - 4,625 - \text{Log}(f)\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{141}{20} - 4,625 - \text{Log}(2.4)\right)} = 10^{(7,05 - 4,625 - 0,38)}$$

$$d = 10^{(2,045)} = 110,917 \text{ Km}$$

4.1.1.2.b. Proses Perhitungan Jarak Maksimal *Radio Transmitter* 433

MHz

Diketahui :

$$\text{Frekuensi} = 433 \text{ MHz} = 0,433 \text{ GHz}$$

$$\text{Transmitter Gain} = 20 \text{ dBm}$$

$$\text{Receiver Gain} = -121 \text{ dBm}$$

$$\text{Free Space Loss Max} = 20 - (-121) = 141 \text{ dB}$$

$$d = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - 4,625 - \text{Log}(f)\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{141}{20} - 4,625 - \text{Log}(0,433)\right)} = 10^{(7,05 - 4,625 - (-0,3635))}$$

$$d = 10^{(2,7885)} = 614,47 \text{ Km}$$

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Jarak Sinyal dari *Radio Transmitter* 2.4GHz dan 433 MHz

Frekuensi Transmisi	Jarak Maksimal (Redaman FSL)	Jarak Maksimal (Data di lapangan)
2.4 GHz	110,917 Kilo meter	200 meter
433 MHz	614,47 Kilo meter	34 meter

Dari table diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan *radio control* 2.4 GHz dianjurkan untuk tidak digunakan melebihi jarak 200 meter. Untuk penggunaan *radio telemetry* 433 MHz penangkapan data yang dapat dilakukan oleh *telemetry* tersebut hanya berjarak maksimal 34 meter, selebihnya akan mengalami gangguan komunikasi.

Dari perancangan *quadcopter robot* yang telah peneliti buat, kestabilan *quadcopter robot* tidak akan terganggu jika lebih dari 34 meter, hal ini dikarenakan *radio telemetry* 433 MHz hanya digunakan sebagai sinyal input ke computer untuk pemantauan saja. Kestabilan *quadcopter robot* akan dipengaruhi oleh *radio control* 2.4 GHz, oleh karena itu peneliti tidak menganjurkan pengguna *quadcopter robot* menggunakannya hingga melebihi jarak 200 meter.

4.1.1.3. Hasil Pengujian Data Sensor Kemiringan (MPU6050)

Pengujian data sensor kemiringaan (MPU6050) ini adalah bertujuan untuk mendapatkan perbandingan data sudut kemiringan yang didapatkan oleh sensor kemiringan dengan data *real* yang didapatkan dengan mengukur langsung ke *quadcopter robot* menggunakan alat ukur sudut kemiringan (Busur).

Dengan Error (%) :

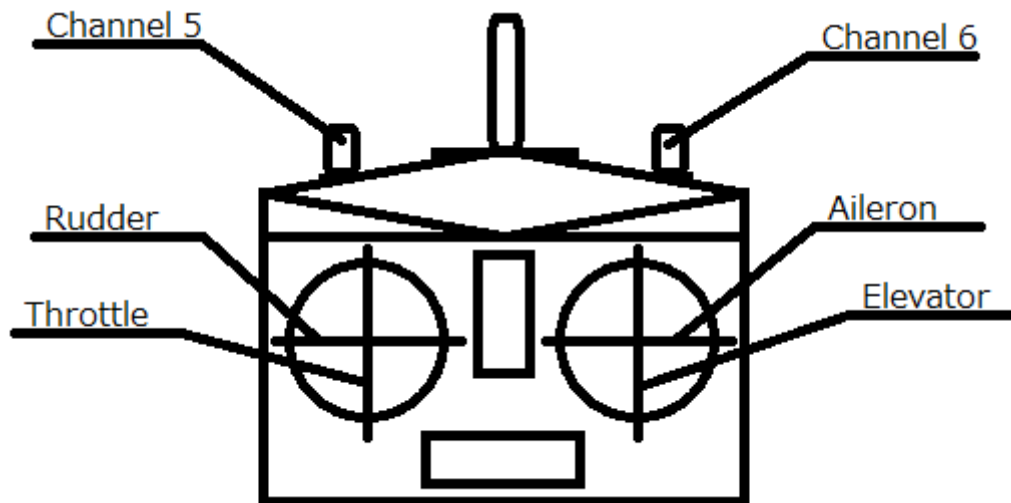
$$\frac{(Sudut Pengukuran Sensor Rata-Rata)-(Sudut Pengukuran Busur)}{360} \times 100\%$$

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Data Sensor Kemiringan (MPU6050)

Sumbu	Pengukuran Sensor Ke-					Rata - Rata	Pengukuran Sudut Menggunakan Busur	Error (%)
	1	2	3	4	5			
X	45,19	45,25	45,22	45,44	45,0	45,22	45	0,0611
	30,32	30,7	30,12	30,26	30,38	30,356	30	0,0989
	10,44	10,51	10,15	10,26	10,2	10,312	10	0,0867
	-0,95	-0,41	-0,17	-0,78	0,75	-0,312	0	0,0867
	-10,33	-10,72	-10,46	-10,89	-10,6	-10,6	-10	0,1667
	-30,17	-30,27	-30,51	-30,37	-30,57	-30,378	-30	0,105
	-45,4	-45,22	-45,49	-45,88	-45,71	-45,54	-45	0,15
Rata – Rata Error Sumbu X								-0,0374
Y	45,23	45,7	45,09	44,93	45,65	45,32	45	0,0889
	30,3	30,45	30,18	30,55	30,51	30,326	30	0,11056
	10,58	10,05	10,54	10,09	10,48	10,348	10	0,0967
	-0,89	-0,7	0,4	-0,54	-0,27	-0,4	0	0,112
	-10,89	-10,4	-10,79	-10,78	-10,4	-10,652	-10	0,1812
	-30,28	-30,74	-30,08	-30,3	-30,86	-30,452	-30	0,1256
	-45,8	-44,99	-45,61	-45,23	-45,2	-45,366	-45	0,10167
Rata – Rata Error Sumbu Y								-0,0348

Dari table diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Accelerometer Gyroscope Sensor* (MPU6050) masih memiliki banyak *noise*. Maka dari itu, peneliti menganjurkan untuk selalu melakukan kalibrasi sensor. Berikut adalah cara untuk mengkalibrasi sensor MPU6050 menggunakan *radio control 2.4 GHz*:

1. Letakkan *quadcopter robot* di bidang datar dan pastikan tidak terjadi guncangan pada *quadcopter robot*.
2. Turunkan saklar *channel 5* dan naikan saklar *channel 6*.



Gambar 4.9. Tombol Radio Control 2.4 GHz

3. Perhatikan lampu yang berkedip di *radio telemetry 433 MHz*, jika berhenti berkedip maka turunkan saklar *channel 6*.

4.1.1.4. Hasil Pengujian Perubahan Kecepatan Motor Terhadap Sudut *Quadcopter Robot*

Pengujian perubahan kecepatan motor terhadap sudut *quadcopter robot* ini adalah bertujuan untuk mendapatkan data respon dari *quadcopter robot* dalam sistem penstabilan.

**Tabel 4.3. Hasil Pengujian Perubahan Kecepatan Motor Terhadap Sudut
*Quadcopter Robot***

Percobaan Ke-	Sudut Sumbu X	Sudut Sumbu Y	RPM* Motor 1 (Kiri Depan)	RPM* Motor 2 (Kanan Belakang)	RPM* Motor 3 (Kanan Depan)	RPM* Motor 4 (Kiri Belakang)
1	45	0	0	6120	6120	0
2	30	0	1320	5520	5520	1320
3	10	0	3240	4530	4530	3240
4	0	0	3960	3960	3960	3960
5	-10	0	4530	3240	3240	4530
6	-30	0	5520	1320	1320	5520
7	-45	0	6120	0	0	6120
8	0	45	6120	0	6120	0
9	0	30	5520	1320	5520	1320
10	0	10	4530	3240	4530	3240
11	0	0	3960	3960	3960	3960
12	0	-10	3240	4530	3240	4530
13	0	-30	1320	5520	1320	5520
14	0	-45	0	6120	0	6120

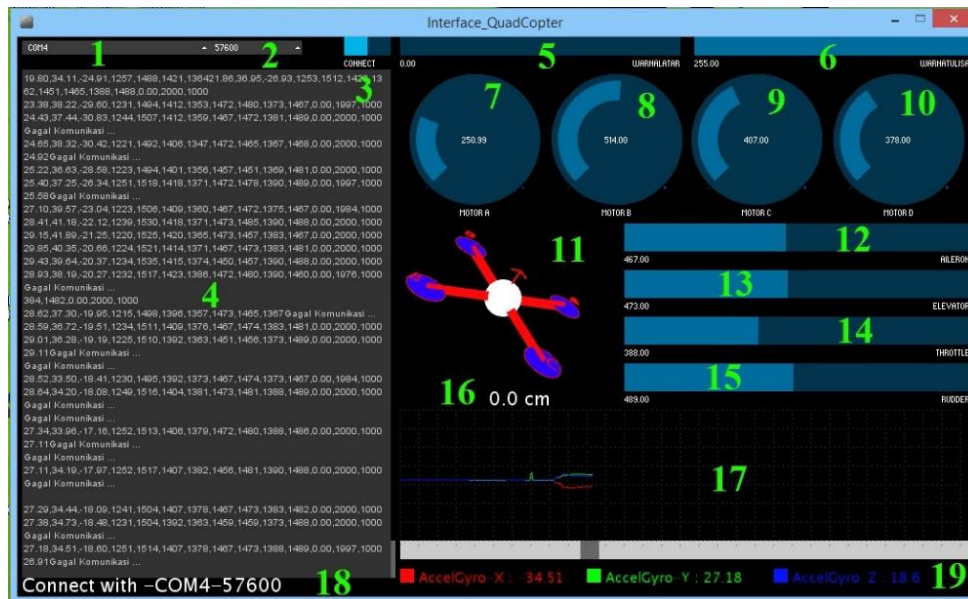
*) *Throttle* sebesar 20%

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa respon yang diberikan oleh keempat *brushless motor dc* terhadap perubahan sudut cukup baik. Hal ini dikarenakan peneliti menggunakan teknik pengendalian PID untuk merubah dan mengatur kecepatan dari keempat *brushless motor dc*.

4.1.2. Hasil Pembuatan dan Pengujian Software

4.1.2.1. Hasil Pembuatan Program HMI (*Human Machine Interface*)

Sistem pemantauan kestabilan *quadcopter robot* mempunyai sebuah program komputer yang dibuat menggunakan program Processing IDE. Panjang dan lebar dari program yang dibuat adalah 800 x 600 *pixel*. Dengan wilayah tersebut, peneliti menyusun tempat-tempat penampilan data *quadcopter robot* yang terdiri dari *Scroll Down Text Box* yang digunakan untuk menampilkan data yang didapatkan oleh *radio receiver* 433 MHz ke komputer, *Visual Rotary Knob* yang digunakan untuk menampilkan data persentase kecepatan *brushless motor dc*, *Visual Slider* yang digunakan untuk menampilkan data persentase *channel* yang didapatkan oleh *radio receiver* 2.4 GHz, *3D Object Quadcopter* yang digunakan untuk menampilkan kemiringan dari *quadcopter robot*, *2D Line Graphic* yang digunakan untuk menampilkan grafik perubahan sudut dari *quadcopter robot*. Gambar dibawah ini memperlihatkan tata letak dari program HMI (*Human Machine Interface*) untuk *quadcopter robot*.



Gambar 4.10. Tataletak visual program HMI (*Human Machine Interface*) untuk *Quadcopter Robot*

Keterangan dari Desain Antarmuka :

1. *Dropdown List* 1, untuk memilih *Com Port* yang akan digunakan dalam komunikasi serial.
2. *Dropdown List* 2, untuk memilih *Baudrate* yang akan digunakan dalam komunikasi serial.
3. *Toggle Switch* 1, untuk mengaktifkan *Com Port* dan *Baudrate* yang telah terpilih dari kedua *Dropdown List* diatas.
4. *Dropdown Text Box*, untuk menampilkan data mentah yang diterima oleh *Com Port*.
5. *Slider Input* 1, untuk menentukan kontras warna latar belakang keseluruhan.
6. *Slider Input* 2, untuk menentukan kontras warna tulisan keseluruhan.
7. *Rotary Knob* 1, untuk menampilkan indikator kecepatan Motor A.

8. *Rotary Knob 2*, untuk menampilkan indikator kecepatan Motor B.
9. *Rotary Knob 3*, untuk menampilkan indikator kecepatan Motor C.
10. *Rotary Knob 4*, untuk menampilkan indikator kecepatan Motor D.
11. *3D Object*, untuk menampilkan indikator kemiringan dari *quadcopter robot*.
12. *Slider Output 1*, untuk menampilkan nilai *Aileron* yang didapatkan dari *quadcopter robot*.
13. *Slider Output 2*, untuk menampilkan nilai *Elevator* yang didapatkan dari *quadcopter robot*.
14. *Slider Output 3*, untuk menampilkan nilai *Throttle* yang didapatkan dari *quadcopter robot*.
15. *Slider Output 4*, untuk menampilkan nilai *Rudder* yang didapatkan dari *quadcopter robot*.
16. *Ultrasonic Label*, untuk menampilkan data yang didapatkan dari sensor ultrasonic.
17. *2D Line Graphic*, untuk menampilkan nilai sudut x (warna merah), sudut y (warna hijau), sudut z (warna biru) yang didapatkan dari *quadcopter robot* dalam bentuk grafik garis.
18. *Label Connect Indicator*, untuk menampilkan indikator koneksi *Com Port* dan *Baudrate*.
19. *Label Axes*, untuk menampilkan nilai sudut x (warna merah), sudut y (warna hijau), sudut z (warna biru) yang didapatkan dari *quadcopter robot* dalam bentuk angka.

4.1.2.2. Hasil Pengujian Koneksi Program HMI dengan *Quadcopter Robot*

Pengujian koneksi program HMI (*Human Machine Interface*) dengan *quadcopter robot* adalah bertujuan untuk menjelaskan cara pengkoneksian program Hmi dengan *quadcopter robot* dan membuktikan bahwa koneksi antara program HMI dengan *quadcopter robot* berjalan lancar.

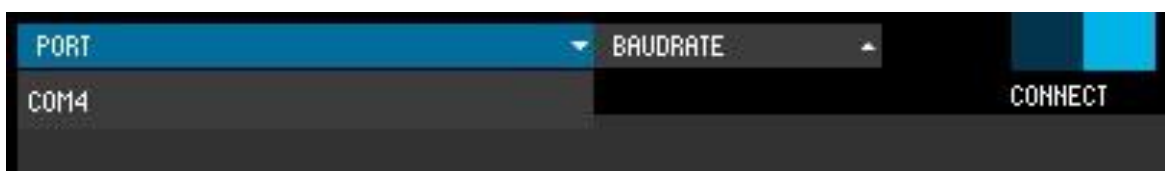
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Koneksi Program HMI dengan *Quadcopter Robot*

Percobaan Ke-	Tombol pada program HMI	Kriteria Pengujian	Hasil Pengujian
1	Tombol “Connect” pada program ditekan hingga tergeser ke kiri	Menampilkan Tulisan “Gagal Koneksi ...”	Koneksi Terhubung
2	Tombol “Connect” pada program ditekan hingga tergeser ke kanan	Menampilkan data-data dari <i>quadcopter robot</i>	Koneksi Tidak Terhubung

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pengkoneksian antara program HMI dengan *quadcopter robot* memiliki indikator keberhasilan yang akan ditampilkan oleh program HMI. Jika pengkoneksian berhasil, maka program HMI akan

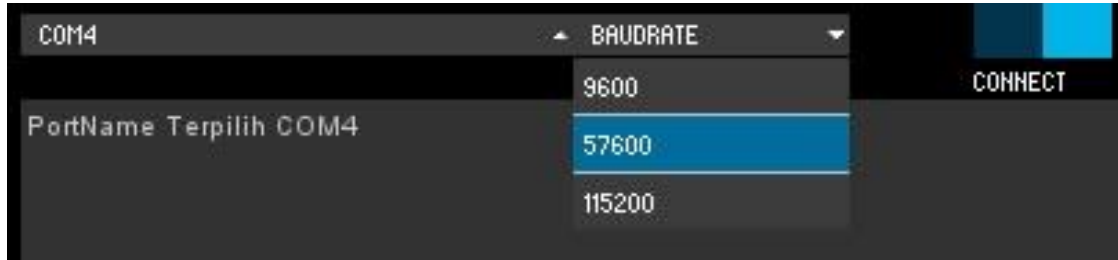
menampilkan data-data yang dikirimkan oleh *quadcopter robot* kedalam *text box* yang telah peneliti sediakan. Berikut ini adalah tahap-tahap pengkoneksian program HMI dengan *quadcopter robot*:

1. Sambungkan *quadcopter robot* dengan baterai.
2. Nyalakan *radio control transmitter 2.4 GHz* hingga lampu indikator pada *radio control receiver 2.4 GHz* berwarna hijau.
3. Jika lampu indikator pada *radio control receiver 2.4 GHz* tidak berwarna hijau melainkan merah, maka tekan tombol yang ada pada bagian atas *radio control receiver 2.4 GHz* hingga lampu indikator berkedip dan berwarna hijau.
4. Jika tahap ke 2 dan ke 3 telah berhasil, maka perhatikan lampu indikator *transmitter* yang ada pada *radio telemetry transmitter 433 MHz*.
5. Jika lampu indikator *transmitter* yang ada pada *radio telemetry transmitter 433 MHz* berkedip merah, maka proses pengiriman data telah berhasil.
6. Jalankan program HMI pada komputer yang telah terkoneksi dengan *radio telemetry receiver 433 MHz*.
7. Pastikan *driver radio telemetry receiver 433 MHz* telah terinstal di komputer tersebut.
8. Pilih *communication port* dengan menggunakan *menu drop down* yang telah peneliti sediakan di bagian pojok kiri atas program HMI.



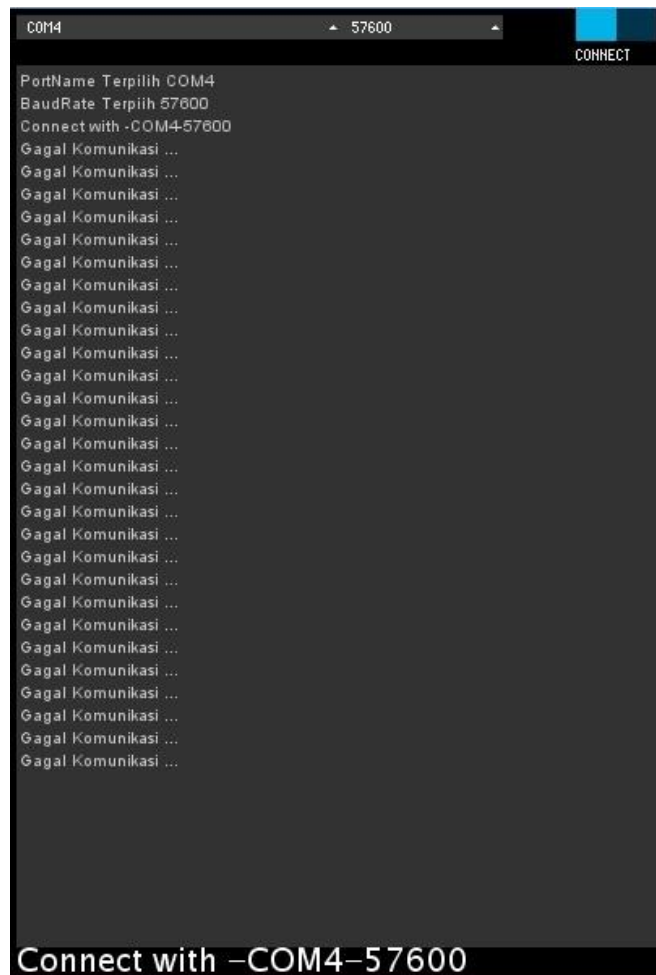
Gambar 4.11. Pemilihan Port Communication (Pojok Kiri Atas)

9. Pilih *communication baudrate* dengan menggunakan *menu drop down* yang telah peneliti sediakan di bagian pojok kiri atas program HMI.



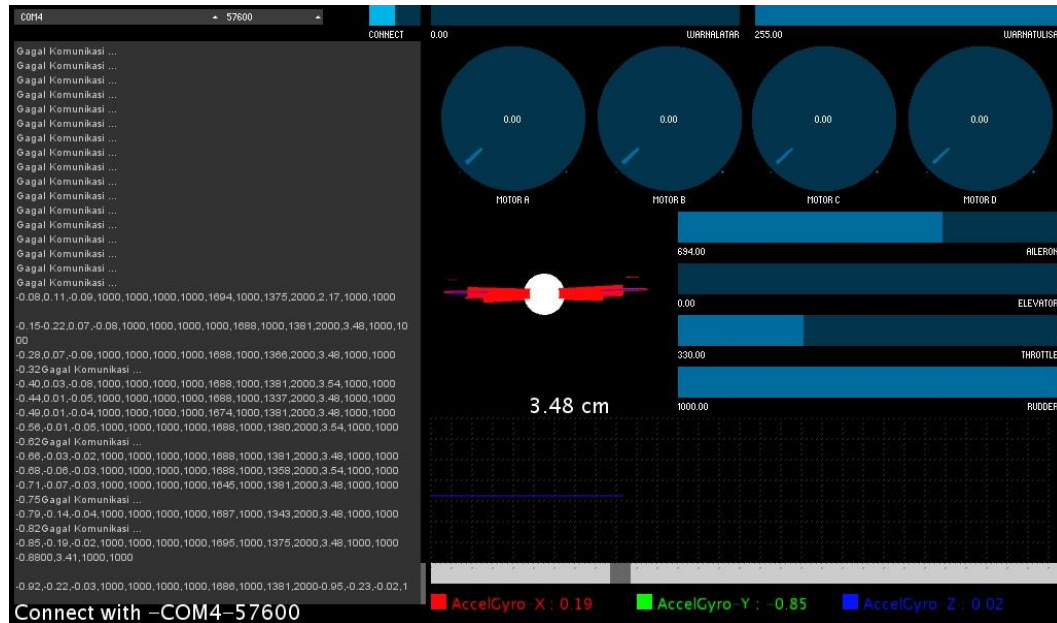
Gambar 4.12. Pemilihan *Baudrate Communication* (Pojok Kiri Atas)

10. Tekan tombol *connect* yang telah peneliti sediakan di bagian pojok kiri atas program HMI untuk mengkoneksikan program HMI dengan *quadcopter robot*.



Gambar 4.13. Tombol *Connect* ditekan tetapi belum terkoneksi dengan *quadcopter robot*

11. Jika berhasil terkoneksi, maka tampilannya akan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.14. Koneksi HMI dengan *Quadcopter Robot* Berhasil

4.2. Kelebihan dan Kekurangan Alat

Dari pembahasan hasil pengujian bisa terlihat adanya kelebihan dan masih terdapatnya kekurangan pada sistem pemantauan kestabilan *quadcopter robot* berbasis MultiWii SE v2.5. berikut ini beberapa kelebihan dan kekurangannya:

4.2.1. Kelebihan Alat

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka alat dan program HMI yang dibuat memiliki beberapa kelebihan, antara lain :

1. Dengan menggunakan program pemantauan kestabilan *quadcopter robot* maka dapat mempermudah pemantauan data yang dimiliki oleh *quadcopter robot*.
2. Mempermudah melakukan penstabilan *quadcopter robot* dengan melihat grafik dan sikap dari *quadcopter robot* dari visualisasi 3D dan 2D grafik.

3. Mempermudah melakukan pemantauan kecepatan setiap motor yang ada pada *quadcopter robot* menggunakan visualisasi *rotary knob*.
4. Mempermudah melihat data yang dikirim oleh *radio control 2.4 GHz* menggunakan data visualisasi *slider*.

4.2.2. Kekurangan Alat

Dari beberapa kelebihan diatas, alat dan program HMI yang telah dibuat masih memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

1. Pembacaan data kecepatan motor pada *quadcopter robot* masih dalam bentuk persentase dan bukan dalam bentuk *rotation per minute*.
2. Pembacaan data sudut yang dilakukan oleh MPU6050 masih memiliki *noise* yang mengakibatkan *quadcopter robot* perlu melakukan kalibrasi sudut terlebih dahulu sebelum *take off* (lepas landas).
3. Jarak maksimal yang dapat melakukan pemantauan kestabilan menggunakan program HMI hanya berjarak 30 cm.