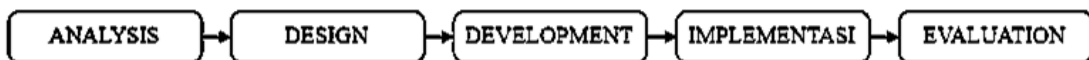


BAB III

KONSEP RANCANGAN

Pembuatan Proyek Akhir dengan judul “*Autonomous Railways Monitoring Robot Berbasis Raspberry Pi* Sebagai *Prototipe* Robot Alat Bantu Inspeksi Rel Kereta Api” ini menggunakan metode ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementasi, and Evaluation*) merupakan metode yang berisi proses generik dalam melakukan suatu desain instruksional. Metode ini menerapkan pedoman deskriptif untuk mendukung kinerja yang efektif dalam 5 langkah yaitu Analisis yang bertujuan untuk melakukan identifikasi kebutuhan yang diperlukan. Desain yang bertujuan untuk merancang dan merekonstruksi gambaran perencanaan dari alat baik berupa desain mekanik, desain elektronik dan desain perangkat lunak. Development bertujuan untuk pengembangan lebih lanjut atau perealisasi dari desain mekanik, desain elektronik dan desain *software*. Implementasi bertujuan untuk mensinergikan dari tiap mekanik, elektronik dan perangkat lunak. Sedangkan yang terakhir, Evaluasi yang bertujuan untuk mengevaluasi segala kekurangan dan kelebihan dari proyek akhir ini untuk didapatkan kinerja yang lebih optimal. Secara berurutan garis besar dapat dilihat blok diagram mengenai konsep perancangan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan Alur Konsep Rancangan

A. Analisis

Analisis pada pembuatan proyek akhir prototipe ini dibagi menjadi rincian mengenai kebutuhan alat dan bahan guna mendukung pembuatan alat, pada tahap analisis ini dibagi menjadi 2 yaitu identifikasi kebutuhan dan analisis kebutuhan, di tiap identifikasi kebutuhan dan analisa kebutuhan akan membahas mengenai *hardware* dan *software* yang digunakan pada proyek akhir prototipe ini.

1. Identifikasi Kebutuhan

Pada pembuatann proyek akhir prototipe ini, ada beberapa kebutuhan untuk dapat membantu proses pengerjaan proyek akhir ini, yang dibagi menjadi *Hardware* dan *Software*:

a. Hardware

Pada bagian *Hardware* dibagi menjadi 2 bagian yaitu perancangan mekanik dan elektronik alat proyek akhir yang dijelaskan di bawah ini:

1) Mekanik

- a) Kerangka Robot
 - Rangka Rover Plastik
 - Sekrup
- b) Inspeksi dan Monitoring Rel
 - Roda
 - Plastik mika
 - *Bracket* Servo
- c) Panel Box
 - Kotak Plastik

2) Elektronik

- a) Untuk pengontrol dan pengolahan data utama pada robot dibutuhkan Mini PC Raspberry Pi B 3+
- b) Untuk media pendeteksi patahan pada rel kereta api dibutuhkan sensor Ultrasonic HC-SR 04
- c) Untuk mengaktifkan dan menunjukkan titik koordinat saat robot mendeteksi kerusakan dibutuhkan modul GPS UBLOK NEO 6 M
- d) Untuk kendali kontrol saat robot berda pada mode autonomous dibutuhkan kontroler APM 2.8
- e) Untuk pengendali kecepatan motot brushless diperlukan ESC (Electronic Speed Control)
- f) Untuk penggerak utama pada robot saat melakukan inspeksi diperlukan Motor Brushless

- g) Untuk kendali utama robot pada saat manual kisaran jarak 0 – 1.5 Kilometer. Radio Control
- h) Untuk komunikasi jarak jauh atau sebagai media perantara antara GCS(*Ground Control Station*) dengan APM (*Ardupilot Modul*) dibutuhkan Telemetri 915 Mhz
- i) Untuk menggerakkan bracket kamera dibutuhkan 2 Motor Servo
- j) Untuk kebutuhan monitoring keadaan rel kereta api secara langsung diperlukan Kamera FPV
- k) Untuk sumber catu daya utama robot dibutuhkan Baterai Lithium Polymer

b. Software

- 1) Software Terminus Bahasa Pemrograman Python
- 2) Software Pemrograman Visual Studio Code
- 3) Software Mission Planner

2. Analisis Kebutuhan kebalik sama identifikasi

Analisis kebutuhan mengacu pada identifikasi kebutuhan yang telah dipaparkan, berikut adalah beberapa analisis kebutuhan pada bagian hardware ataupun software guna mendukung pengerjaan proyek akhir:

a. Hardware

1) Mekanik

a) Kerangka Robot

Dalam perancangan alat proyek akhir ini, kerangka robot digunakan sebagai media kerangka utama media peletakan seluruh komponen proyek akhir.

- Rangka rover plastik yang berfungsi sebagai media utama kerangka utama robot pada proyek akhir ini.
- Sekrup berfungsi sebagai media untuk mengencangkan rangka rover.

b) Inspeksi dan Monitoring Rel

- Roda Plastik berdiameter 8 cm yang berfungsi sebagai media berpindah robot untuk bergerak maju dan mundur.

- Plastik Mika L ukuran 10 cm yang berfungsi sebagaiudukan sensor ultrasonic.
 - *Bracket* Servo yang berfungsi sebagaiudukan servo 4 axis sekaligus sebagaiudukan kamera fpv.
- c) Panel Box
- Kotak plastik berfungsi sebagai tempat modul elektronik.

2) Elektronik

Perancangan perangkat Elektronik disesuaikan dengan identifikasi kebutuhan yang diperlukan pada tiap komponen untuk menunjang alat, seperti yang telah dipaparkan di atas:

a) Raspberry Pi B+

Perangkat Raspberry ini berguna sebagai pengontrol dan pengolah data utama pada saat robot mendeteksi kerusakan yang kemudian akan dikirimkan ke website.

b) Sensor Ultrasonic HC-SR 04

Sensor pendeteksi patahan rel pada proyek akhir ini menggunakan sensor ultrasonik tipe HC-04 dan mempunyai kemampuan akurasi dalam pengukuran jarak.

c) GPS UBLOK NEO 6 M

GPS UBLOK NEO 6-M menggunakan tegangan kerja 3 Volt – 5 Volt, modul ini digunakan untuk mengaktifkan dan menunjukkan koordinat lokasi kerusakan pada rel yang dideteksi oleh sensor ultrasonik dengan menerima dan memroses sinyal dari satelit navigasi.

d) APM (Ardupilot Modul)

Pengendali utama pada robot saat mode Auto menggunakan Ardupilot Modul ini karena lebih mudah untuk disetting dan dikonfigurasi. Bentuk yang portable dan dapat diisikan beberapa jenis firmware rover dan mudah mengisikan settingan parameter sesuai kebutuhan dengan input 5 Volt.

e) ESC (Electronic Speed Control)

ESC Electronic Speed Control dibutuhkan untuk pengendali kecepatan motor serta memberikan catu daya pada motor *brushless* dan perangkat elektronik pada robot. Pada proyek akhir ini membutuhkan tegangan arus 12 Volt DC.

f) Motor Brushless

Motor brushless dibutuhkan untuk penggerak utama robot saat robot melakukan inspeksi pada rel kereta api. Pada robot ini Motor brushless dengan spesifikasi 3600Kv dan membutuhkan tegangan 12 Volt DC.

g) Radio Control

Radio Control menggunakan frekuensi 2.4Mhz digunakan sebagai kendali utama robot pada saat manual kisaran jarak 0 – 1.5 Kilometer. Keluaran *radio receiver* langsung digunakan untuk mengendalikan servo dan ESC yang kemudian dapat menggerakkan brushless motor sebagai penggerak utama robot.

h) Modul Telemetri

Modul telemetri menggunakan tipe 915 Mhz dibutuhkan untuk komunikasi jarak jauh atau sebagai media perantara antara GCS(*Ground Control Station*) dengan APM (*Ardupilot Modul*).

i) Motor Servo

Penggerak 4 arah *bracket* kamera FPV pada proyek akhir ini menggunakan motor servo dengan I/O dari PWM dan membutuhkan tegangan 5 Volt DC.

j) Kamera FPV(First Person View)

Kamera FPV digunakan sebagai media utama yang memonitoring keadaan secara langsung kondisi Rel kereta dan dapat dilihat secara Real-Time oleh GCS(*Ground Control Station*).

k) Baterai Lithium Polymer

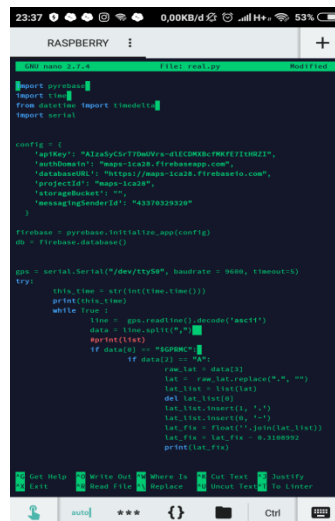
Baterai Lithium-Polymer dibutuhkan untuk memberikan catu daya utama rangkaian rover seperti ESC, APM, Motor Brushless, Motor Servo, Kamera FPV, GPS, dan modul Telemetry yang terintegrasi oleh APM yang membutuhkan tegangan kerja 5 Volt.

3) Software

Dalam bagian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu pemrograman raspberry, Autopilot dan Pemrograman Website firebase.

a) Software Terminus

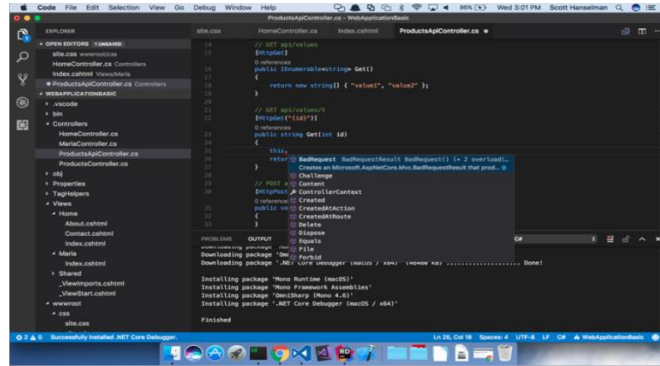
Dalam Pemrograman pada Raspberry Pi Proyek akhir ini menggunakan bahasa Python Terminus merupakan aplikasi Terminal yang *cross-platform*, selain pada Linux, Android, Terminus juga bisa digunakan pada sistem operasi Windows dan Mac OS X. Terminal emulator ini dibuat dengan menggunakan teknologi web, yaitu menggunakan *framework* Electron. Terminus juga memperhatikan efisiensi penggunaan. Dengan menggunakan Terminus pada saat pemrograman berlangsung dapat membuka beberapa terminal dengan menggunakan tab seperti pada browser, sehingga memungkinkan *coding* dengan banyak terminal dan dapat dengan mudah beralih ke terminal lainnya.



Gambar 2. Tampilan Software Turminus

b) Software Pemrograman Visual Studio Code

Dalam pembuatan proyek akhir ini juga dibutuhkan suatu web yang dapat menampilkan laporan pada saat robot mendeteksi koordinat kerusakan dan beberapa *Graphical User Interface* yang berguna untuk melihat hasil inspeksi proyek akhi ini. Oleh karena itu pemrograman website menggunakan aplikasi Visual Studio dengan bahasa Python dan Javascript karena terdapat banyak fitur yang tersedia untuk diskusi.



Gambar 3. Tampilan Software Visual Studio Code

c) Software Mission Planner

Dalam instalasi pemrograman dan setting konfigurasi parameter pada APM menggunakan software *Open Source* Mission Planner 2.02.24 latest sebagai *Graphical User Interfce* bawaan modul APM itu sendiri. Pada aplikasi ini juga yang memungkinkan Ground Control Station dapat menjalankan proyek akhir ini jarak jauh secara Autonomous/Autopilot.



Gambar 4. Tampilan Software Mission Planner APM

B. Design

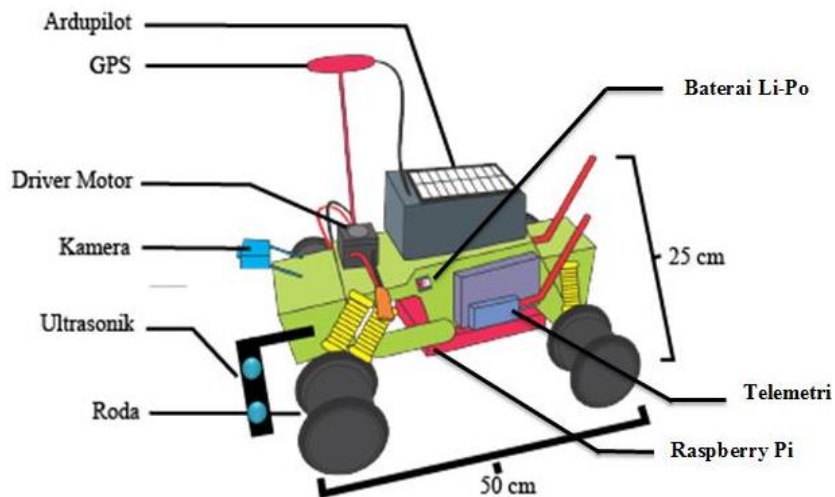
1. Hardware

a. Perancangan Mekanik

Pada bagian perancangan desain mekanik dibagi menjadi 2 bagian yaitu desain frame robot tampak menyeluruh dan desain frame robot tampak dari atas.

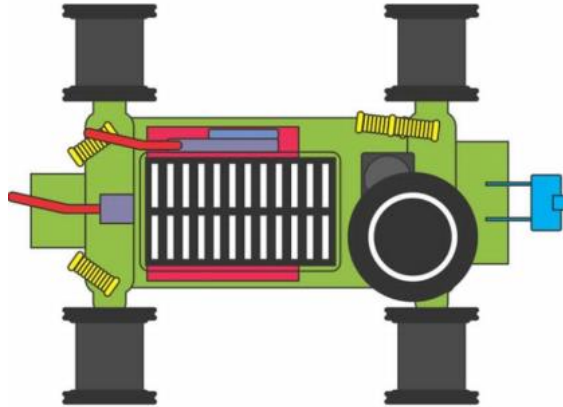
1) Desain Frame Robot tampak menyeluruh

Desain Frame Robot menggunakan bahan plastik frame bekas mobil *Rover RC* dengan panjang 50 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 25 cm. Pemilihan bahan plastik karena bersifat ringan dan cukup kuat untuk menopang seluruh komponen robot dan serta harganya terjangkau. Pada desain frame tampak menyeluruh ini terdapat bagian inspeksi kerusakan, kamera monitoring, dan panel box pada gambar dibawah.



Gambar 5. Desain Tampak Keseluruhan

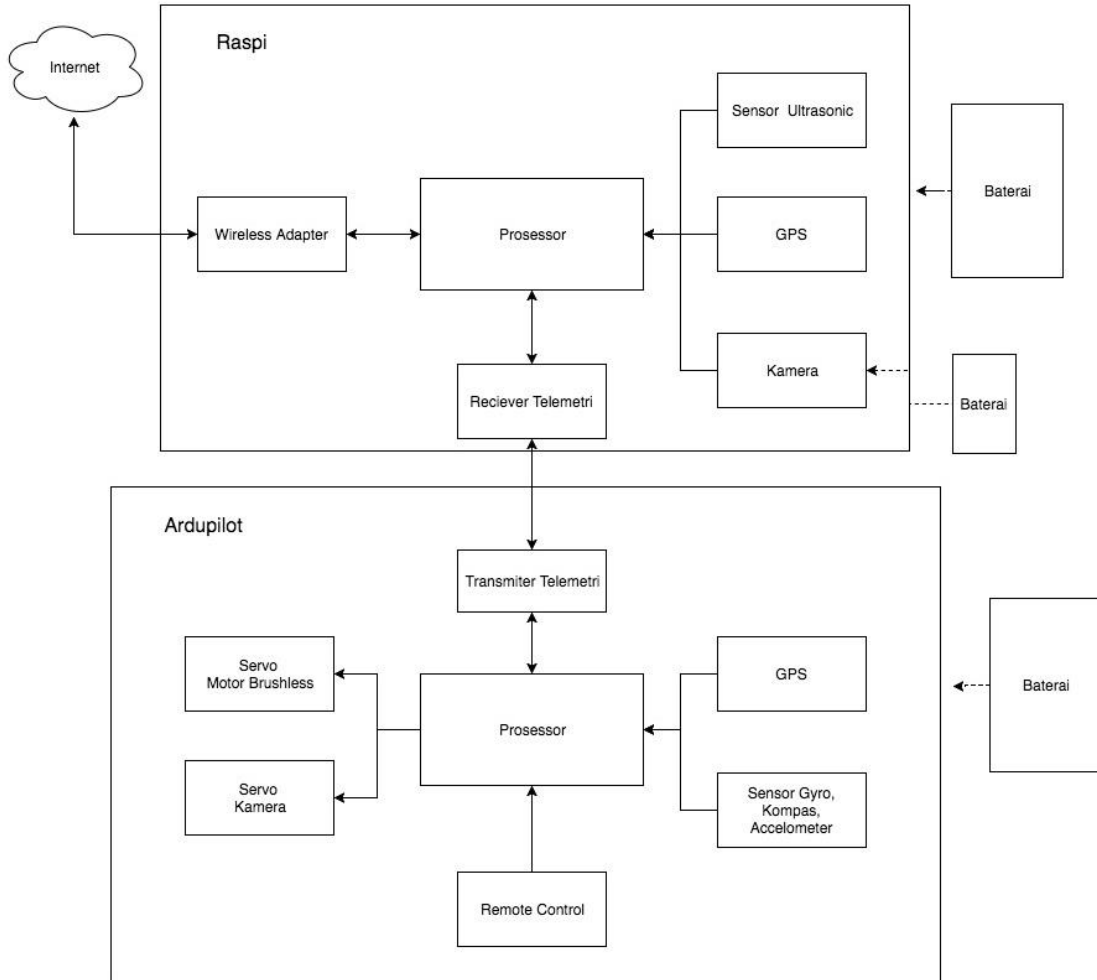
2) Desain Frame Tampak dari Atas



Gambar 6. Desain Tampak Atas

Gambar 29. Merupakan desain tampak atas dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 25 cm yang telah terdapat komponen-komponen robot. Desain ronot juga harus disesuaikan dengan miniatur Rel Kereta Api agar laju robot saat simulasi inspeksi tidak anjlok.

b. Perancangan Elektronik



Gambar 7. Perancangan Blok Diagram Sistem Kerja Alat

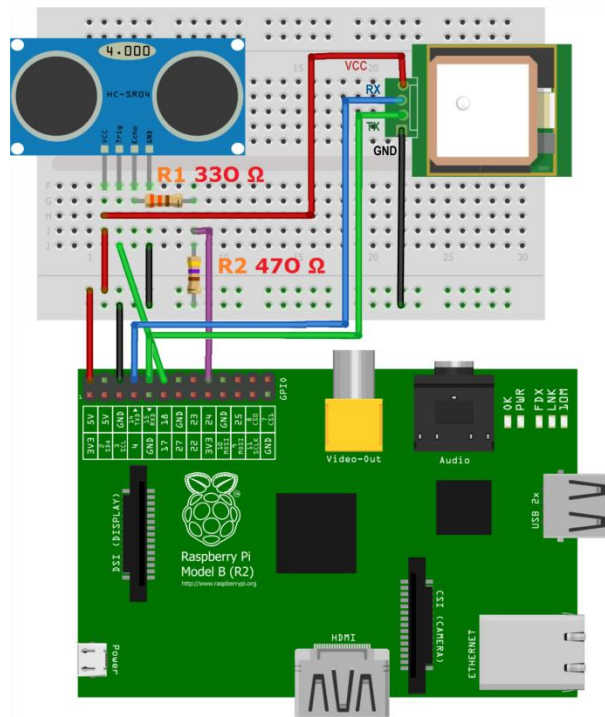
Dari Skema **Gambar 30**. diatas merupakan blok sistem kinerja alat yang akan dibuat. Dari blok diagram diatas terdapat dua mode yaitu mode manual yang dikendalikan oleh Radio Kontrol dan Mode Autonomous yang diendalkan jarak jauh menggunakan modul telemetri perbedaan antara Mode Autonomous dengan metode manual yaitu robot hanya dapat dioperasikan dari jarak 0 sampai dengan maksimal 1,5 Km sedangkan dengan Mode Autonomous digunakan untuk jarak robot lebih dari 1,5 Km dikendalikan melalui Ground Control Station dengan menentukan titik koordinat yang akan ditempuh oleh robot. Terdapat sensor yang

menghasilkan informasi patahan dan kondisi visual rel kereta api secara realtime, proses pendeteksian patahan rel kereta dilakukan oleh sensor ultrasonic kemudian dikirimkan dan diolah oleh raspberry dan modul GPS dan output berupa notifikasi koordinat GPS dimana terdapat patahan atau retakan rel kereta yang akan dikirimkan ke firebase website *Inspection Robot*. Disaat bersamaan *FPV Camera* juga akan menampilkan kondisi visual secara langsung kondisi rel kereta api.

Alat ini terbagi menjadi 3 sub-bagian yaitu input, proses, dan output. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 30**. Masukan atau *input* dari alat ini adalah patah atau retakan rel kereta api, visual langsung kondisi rel kereta api dan pembacaan sensor. Sensor yang digunakan adalah Sensor Ultrasonic SR-04 dan Sensor Kamera. Sensor ini berguna untuk mendeteksi keberadaan patahan atau retakan pada rel kereta api. Kemudian data yang diperoleh sensor akan masuk pada bagian proses. Bagian proses menggunakan Mikrokontroler Raspberry Pi. Mikrokontroler ini nantinya akan mengaktifkan GPS dan Tahap output adalah mengirimkan koordinat kepada website server berupa notifikasi alamat koordinat kerusakan rel kereta api sesuai yang terdeteksi oleh sensor ultrasonic. Hasil dari output nantinya akan ditampilkan pada sebuah website server atau disebut GCS (Ground Control Station).

1) Desain GPIO Raspberry Pi

Modul raspberry yang digunakan memiliki Pin General Purpose Input/Output. Dengan begitu pemilihan port untuk sensor ultrasonic dan modul GPS yang akan digunakan untuk sebagai rangkaian inspeksi bisa disesuaikan dengan letak pin GPIO yang ada. Desain rangkaian dan port GPIO yang digunakan pada Raspberry Pi Proyek akhir ini dapat dilihat pada Gambar 31. dan Tabel 32.



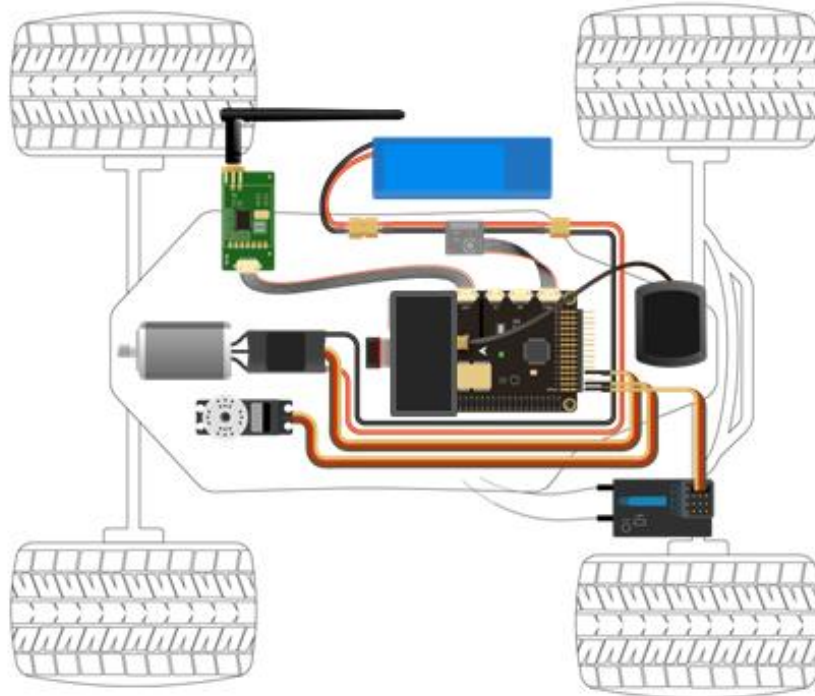
Gambar 8. Skema Rangkaian GPIO pada Raspberry

Tabel 1. Kebutuhan GPIO Raspberry sebagai rangkaian inspeksi

Kebutuhan	Keterangan
Sensor Ultrasonic	VCC 5 Volt (Pin 2)
	Trig/GPIO 24 (Pin 18)
	Echo/GPIO 8 (Pin 24)
	Ground (Pin 6)
Modul GPS Neo Ublok 6-M	VCC 3.3 Volt (Pin 1)
	TXD/GPIO 14 (Pin 8)
	RXD/GPIO 15 (Pin 10)
	Ground (Pin 6)

Tabel 3. kebutuhan GPIO Raspberry Pi agar mempermudah proses pengkabelan pada proyek akhir ini maka di desain sebuah skematik berupa rangkaian dengan komponen.

2) Desain Rangkaian APM

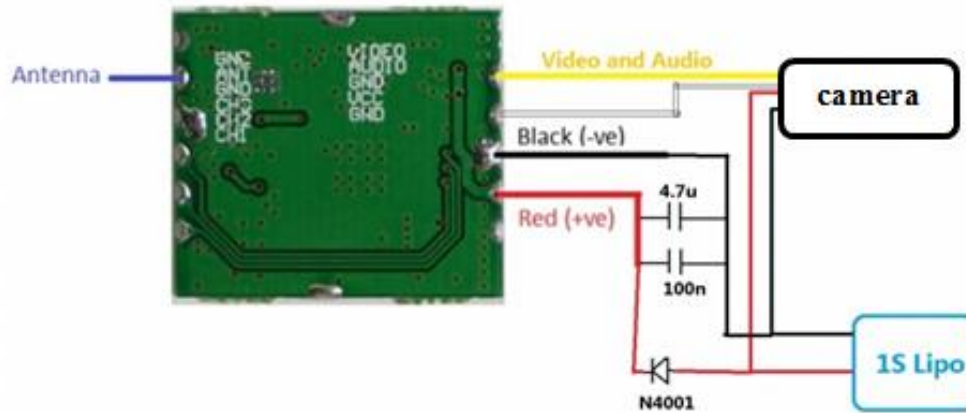


Gambar 9. Skema Rangkaian APM

Tabel 2. Kebutuhan Port I/O APM

Kebutuhan	Keterangan
Radio Receiver	Port input APM (PIN 1 Servo) (PIN 2 Servo) (PIN 3 ESC + Power 5v)
Servo 1	Port Output APM (PIN 1)
Servo 2	Port Output APM (PIN 2)
ESC	Port Output APM (PIN 3)
Modul GPS Neo UBLOK	New Style GPS Port APM
Radio TX Telemetri	Telemetri Port APM
Camera FPV	Port I/O

3) Desain rangkaian Kamera FPV



Gambar 10. Skema Rangkaian Kamera FPV

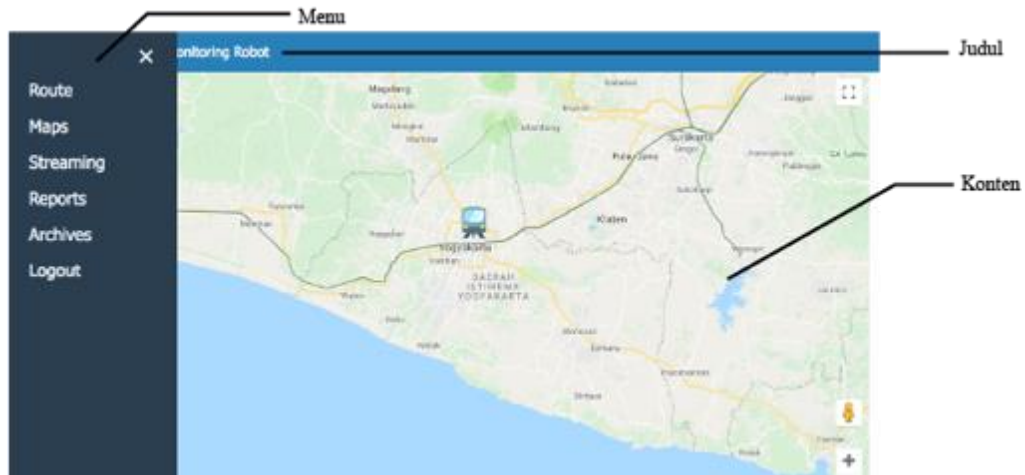
Tabel 3. Kebutuhan Rangkaian Kamera FPV

No	Komponen	Spesifikasi
1	Transmitter TX5823	5.8Ghz/170mA 5V
2	Camera TVL	Angle lens 600TVL
3	Dioda	1N4001
4	2xKapasitor	4.7u & 100n
5	Baterai Li-Po	1S 700mAh 25C
6	Antena	Mushroom/Clover Antenna

2. Software

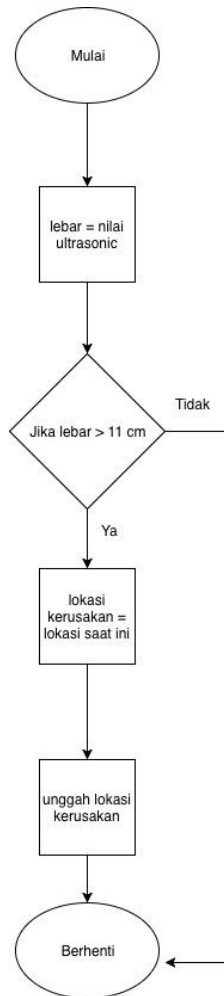
Pada perancangan proyek akhir ini diperlukan perangkat lunak sebagai interface antara *robot* dengan *user* untuk menjalankannya, Dalam membangun proyek akhir ini menggunakan tiga jenis *software*, yaitu yang pertama *software Turminus* yang digunakan untuk dalam memprogram dan meng-*compile Raspberry Pi* dengan bahasa *python*, yang kedua adalah *software Visual Studio Code* digunakan untuk membangun *server website firebase*. Dan yang ketiga adalah *software Mission Planner* yang digunakan untuk kendali *Autonomous/Autopilot*.

a. Desain Tampilan Website



Gambar 11. Desain Website

b. Flowchart Algoritma Program Raspberry Pi

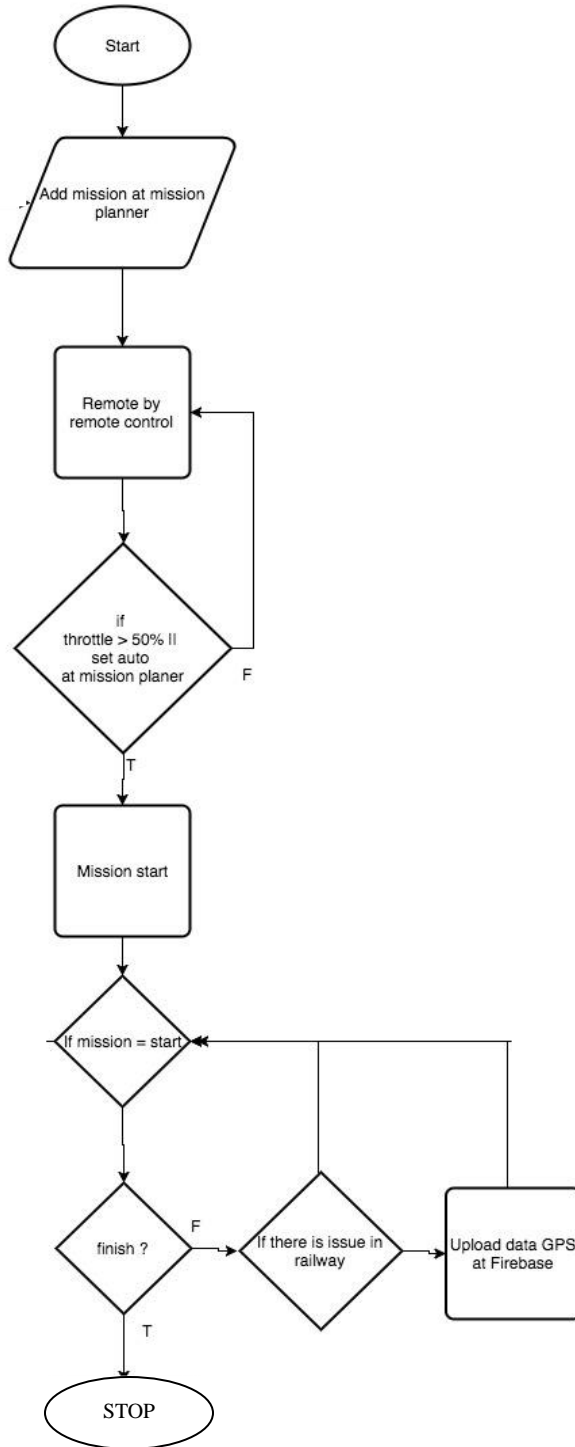


Gambar 12. Flowchart Algoritma Program Raspberry Pi

Ketika alat ini diaktifkan, perintah pertama yang dikerjakan adalah mengaktifkan seluruh sistem terlebih dahulu. Ketika setelah beberapa detik indikator sinyal radio control dan satellite GPS mendeteksi titik koordinat aktif robot ini. Ketika proyek akhir robot ini dijalankan variabel jarak yang diperoleh dari pengambil nilai jarak dari sensor ultrasonic. Setelah variabel berhasil disandingkan kemudian variabel jarak dibandingkan dengan kondisi minimal < 11 cm yang merupakan kondisi batas normal patahan untuk menentukan nilai dari cm keanggotaanya. Variabel jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonic dengan rel kereta api. Setelah variabel berhasil

disandingkan kemudian variabel jarak ukur dari sensor ultrasonik dengan rel kereta. Setiap nilai jarak yang dideteksi oleh sensor ultrasonik akan dibandingkan dengan nilai jarak keanggotaan dari variabel patahan. Apabila nilai variabel yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik pada rentang <11 sistem akan tetap melakukan pemrosesan *true* sesuai dengan prosedurnya sebaliknya apabila nilai variabel yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik pada rentang >11 sistem akan melakukan pemrosesan *false* sesuai dengan prosedurnya akan mengirimkan notifikasi titik atau *marker* koordinat kerusakan pada website firebase. Nilai dari sensor ultrasonik dan modul GPS akan menjadi *input* dari sistem proyek akhir ini dan Output dari sistem pada proyek akhir ini adalah notifikasi titik atau *marker* koordinat kerusakan pada website firebase yang akan diterima dan dibaca oleh GCS(*Ground Control Station*).

c. Flowchart Algoritma kendali mode robot



Gambar 13. Flowchart Algoritma kendali mode robot

Proyek akhir robot prototipe ini dapat dikontrol secara *autonomous* dengan tujuan agar robot prototipe ini dapat berjalan secara otomatis sesuai dengan koordinat tujuan yang ditentukan oleh petugas ketika robot sudah diluar jangkauan dari radio kontrol. Untuk menjalankan mode *autonomous* petugas langkah pertama menghubungkan telemetri antara *Ground Control System (CGS)* dengan robot ARMR melalui *software* Mision Planner, kemudian petugas mentukan koordinat tujuan secara manual maupun menggunakan data koordinat yang sudah tersedia di menu route pada *website* proyek akhir ini. Mode *autonomous* pada proyek akhir robot ini dapat tetap berjalan melakukan misi inspeksi setelah robot proyek akhir ini diluar jangkauan radio kontrol.

C. Development

Tahap *Development* atau sering disebut pengembangan dalam proyek akhir berupa prototipe ini merupakan pengembangan dari perencanaan yang telah dibuat dalam bentuk *hardware* atau *software* yang siap untuk diimplementasikan. Berikut adalah tahapan dari proses *development*:

1. Hardware

a. Mekanik

- 1) Pertama yang haru dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dengan menganalisis kebutuhan elektronik proyek akhir ini.
- 2) Mewujudkan kerangka robot tampak menyeluruh sesuai dengan rancangan yang sudah didesain.
- 3) Mewujudkan kerangka robot dan pemetaan komponen tampak dari atas sesuai dengan desain dibuat dengan frame plastik bekas *RC Rover*.
- 4) Mengubah ukuran rongga gearbox agar motor brushless dapat masuk dan menggerakkan roda.
- 5) Menguji ketahanan dan kekuatan mekanik dari segala resiko kerusakan.

b. Elektronik

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dengan menganalisis kebutuhan elektronik.

- 2) Merealisasikan kebutuhan elektronik sesuai dengan analisis kebutuhan elektronik rancangan proyek akhir ini.
- 3) Menguji hasil kinerja setiap komponen elektronik yang telah dibuat dan di setting.

2. *Software*

Software yang digunakan adalah Turminus, Visual Studio Code, dan Mission Planner APM. *Software* Turminus digunakan untuk memprogram Raspberry Pi menggunakan bahasa Python. *Software* Visual Studio Code digunakan untuk memprogram Website Ground Control Station proyek akhir ini, dan *Software* Mission Planner digunakan untuk pemrograman dan setting konfigurasi parameter pada Modul Ardupilot atau APM.

a. Turminus

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dengan menganalisis perangkat baik *input*, proses maupun *output*.
- 2) Merealisasikan desain flowchart ke dalam bentuk program dan mensimulasikan ke dalam bentuk hardware.
- 3) Menguji program secara keseluruhan dan menampilkan hasil *output* dari program.

b. Visual Studio Code

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dengan menganalisis perangkat baik *input*, proses maupun *output*.
- 2) Merealisasikan desain website dalam bentuk tampilan website asli.
- 3) Menguji kinerja website secara keseluruhan dan mengetahui apa yang ditampilkan ketika rangkaian inspeksi mendeteksi suatu patahan pada rel kereta api.

c. Mission Planner

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dengan menganalisis perangkat baik *input*, proses maupun *output*.

- 2) Menginstalasi *firmware* Rover APM 2.8 *latest*.
- 3) Setting dan konfigurasi parameter pada APM.
- 4) Menguji settingan dan konfigurasi seacara keseluruhan dan menampilkan hasil olah data APM pada mission planner.

D. Implementation

Implementation atau tahap implementasi merupakan suatu tahapan merealisasikan tahapan pengembangan yang sudah dibuat, Berikut merupakan beberapa hasil dari tahap implementasi dari perancangan yang terdiri dari tahap desain *hardware* dan *software*.

1. Hardware

a. Mekanik

- 1) Frame Robot Tampak Keseluruhan



Gambar 14. Frame Robot Tampak Keseluruhan

Gambar 37. Merupakan implementasi dari desain frame robot tampak keseluruhan yang telah dipasang seluruh komponen elektronik dan komponen pendukung lainnya.

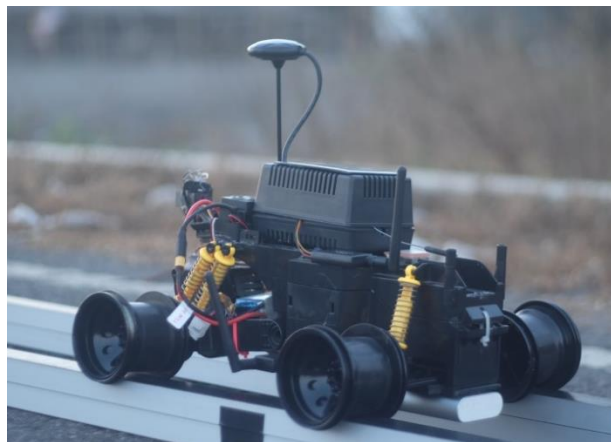
2) Frame Robot Tampak dari samping

Gambar 38. merupakan implementasi dari desain frame robot tampak keseluruhan yang telah dipasang seluruh komponen elektronik dan komponen pendukung lainnya.



Gambar 15. Implementasi desain keseluruhan dari samping

3) Frame Robot Tampak dari Samping Belakang

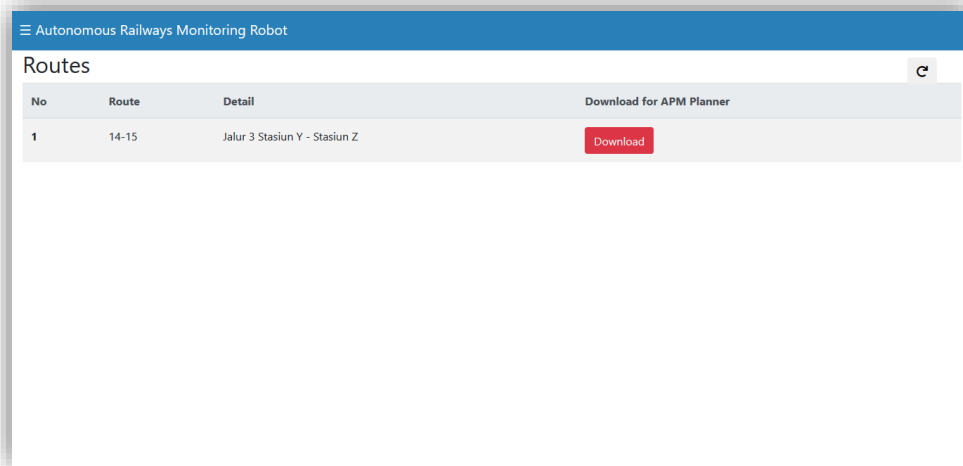


Gambar 16. Robot Tampak dari Samping Belakang

2. *Software*

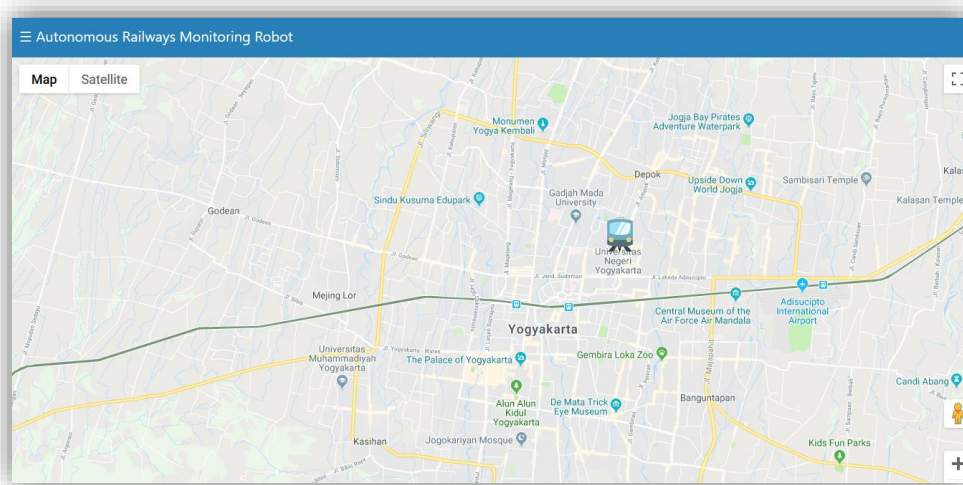
Software pada proyek akhir ini berupa Website yang dapat diakses melalui <http://armruny.site:8000>. Berikut ini adalah menu website dari proyek akhir ini.

- a. Menu *Routes* digunakan untuk menentukan data rute perjalanan robot yang akan ditempuh.















Gambar 17. Menu *Routes* Website

- b. Menu *Maps* digunakan untuk melihat posisi proyek akhir robot ini secara *real time* saat sedang melakukan monitoring rel kereta api.



Gambar 18. Menu *Peta* Website

- c. Menu *Report* digunakan untuk menampilkan laporan dan koordinat kerusakan rel kereta api yang terdeteksi oleh proyek akhir robot ini.

No	Date	Longitude/Latitude	Description	Action
1	14:07 07/17/18	-7.9538082, 110.3068957	warning	 
2	14:07 07/17/18	-7.9538086, 110.3068903	warning	 
3	14:07 07/17/18	-7.9538031, 110.30689000000001	warning	 
4	14:07 07/17/18	-7.9538079, 110.3068923	warning	 
5	14:07 07/17/18	-7.9538017, 110.3068904	warning	 
6	14:07 07/17/18	-7.9538046, 110.3068904	warning	 

Gambar 19. Menu Report Website

- d. Menu *Archives* digunakan untuk mengarsipkan laporan kerusakan yang sudah diselesaikan oleh petugas.

No	Date	Longitude/Latitude	Description
1	02:07 07/20/18	-7.7771633, 110.3881011	warning
2	02:07 07/20/18	-7.5663786, 110.193047	None
3	02:07 07/20/18	-7.7771637, 110.3881004	warning
4	02:07 07/20/18	-7.7771617, 110.3880968	warning
5	02:07 07/11/18	-7.7771637, 110.3881013	warning

Gambar 20. Menu Achieves Website

E. Evaluation

Evaluation merupakan tahapan akhir pada pembuatan proyek akhir ini dimana dilakukan pengujian dari alat yang telah dibuat, Berikut merupakan hasil dari tahapan *evaluation* dari pembuatan proyek akhir ini yang terdiri dari Uji Fungsional dan Uji Kinerja Sistem.

1. Uji Fungsional

Pengujian fungsional merupakan pengujian yang dilakukan pada setiap bagian dari masing-masing alat yang digunakan pada proyek akhir ini. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui perangkat yang digunakan telah bekerja dengan fungsinya, Berikut adalah jabaran tabel dari uji fungsional :

a. Pengujian Tegangan Vin Raspberry Pi

Pengujian tegangan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan, yang dilakukan dengan mengukur pin input yang terhubung dengan sumber tegangan 5 Volt. Proses pengukuran juga dilakukan dalam dua kondisi yaitu saat kondisi PIN I/O Raspberry tanpa beban atau belum tersambung dengan apapun, dan dalam kondisi saat PIN I/O Raspberry dengan beban dalam artian sudah tersambung dengan beban seperti Sensor Ultrasonic HCSR-04, Modul GPS Ublok Neo 6-M.

Tabel 4. Rencana Hasil Pengujian tegangan Raspberry Pi

No.	Pengukuran	Vin (Volt)	Vin terbaca (Volt)	Error(%)
1.	I/O Tanpa Beban			
2.	I/O Dengan Beban			

b. Pengujian Sensor Ultrasonic HCSR-04

Pengujian sensor ultrasonik untuk menentukan kecepatan yang digunakan robot ini saat melakukan inspeksi dan mengetahui akurasi dan ketelitian dari sensor jarak yang digunakan. Pada pengujian sensor ultrasonik ini dilakukan sebanyak 12 kali dengan kecepatan robot 1 m/s – 6 m/s, Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan setiap kecepatan diuji coba 2 kali.

Tabel 5. Rencana Hasil Uji Coba Sensor Pendeteksi Patahan

No	Kecepatan	Lebar patahan minimum yang terdeteksi	Hasil Ukur Mistar
1	1 m/s		
2	1 m/s		
3	2 m/s		
4	2 m/s		
5	3 m/s		
6	3 m/s		
7	4 m/s		
8	4 m/s		
9	5 m/s		
10	5 m/s		
11	6 m/s		
12	6 m/s		
Error (%)			

c. Pengujian Sensor Gyro sebagai Pendeteksi Kemiringan

Pengujian sensor gyro bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sensor gyro apakah dapat mendeteksi kemiringan dari objek replika rel kereta api. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran sudut dari 0° sampai 40° setiap kenaikan sudut dengan selisih 5°. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan mengacu

dengan busur sudut, dapat dilihat pada **Tabel 8.** yang merupakan rencana tabel pengujian sensor gyro sebagai pendeteksi kemiringan.

Tabel 6. Rencana Hasil Uji Coba Sensor Girooskop

No	Kemiringan Sumbu X Replika Rel (Der(%))ajat)	Kemiringan Sumbu X Sensor Girooskop (Derajat)	Rasio
1	0°		
2	5°		
3	10°		
4	15°		
5	20°		
6	25°		
7	30°		
8	35°		
9	40°		
10	45°		

d. Pengujian GPS Robot

Dalam pengujian GPS ini dilakukan pengujian dengan cara *tracking* dengan memindahkan objek robot ke suatu titik lokasi koordinat tertentu secara *continue* dengan jeda waktu yang tidak ditentukan dalam keadaan bergerak.

Tabel 7. Rencana pengujian GPS

No	Gambar	Sensor	Koordinat
1			
2			
3			
4			
5			

2. Uji Kinerja

Uji kinerja untuk mengetahui unjuk kerja dari proyek akhir *Inspection Autonomous Railways Monitoring Robot*” Berbasis *Raspberry Pi* Sebagai *Prototipe* Robot Alat Bantu Petugas Inspeksi Rel Kereta Api. Pada proses pengujian uji kinerja akan diidentifikasi seberapa akurat titik koordinat kerusakan yang terdeteksi oleh sistem, serta output ke website firebase. Berikut **Tabel 10.** merupakan rancangan pengujian untuk uji kinerja sistem ke firebase.

Tabel 8. Rancangan Pengujian untuk uji kinerja Sistem ke Firebase.

No	Gambar	Keterangan
1		
2		
3		

A. Spesifikasi Alat

Pada pembuatan proyek akhir *Inspection Autonomous Railways Monitoring Robot*” Berbasis *Raspberry Pi* Sebagai *Prototipe* Robot Alat Bantu Petugas Inspeksi Rel Kereta Api ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Ukuran Alat : Panjang 50 cm, Lebar 30 cm, Tinggi 25 cm
2. Mini PC : Raspberry Pi B+
3. Sensor : Sensor Ultrasonic, Sensor Gyro, GPS
4. Jenis Motor : Brushless 27.4 - 14.8V 3600KV
5. Kamera : Mini Camera TX 5.8 G / 40 channel
6. APM : Ardupilot v2.8
7. Telemetri : Telemetri 915 Mhz
8. Power : Baterai Li-Po 3S 2300 MAh/ 11.1V & Power Bank
9. Bahasa Pemrograman : Bahasa Python dan C++
10. Objek yang dideteksi : Patahan, Kemiringan, dan Kondisi visual rel kereta

B. Pengoperasian Alat

Pengoperasian pada alat proyek akhir ini terdapat dua mode yaitu : Mode Manual dimana proyek akhir ini dikendalikan dengan menggunakan Radio Kontrol , dan Mode *Autonomous/Autopilot* yang dikendalikan menggunakan integrasi Telemetry dan GPS dengan media antarmuka Mission Planner. Berikut ini langkah-langkah pengoperasian alat.

1. Mode Manual

- 1) Memposisikan robot ini diatas replika rel kereta api.(gambar)
- 2) Menyiapkan laptop/smartphone untuk mengakses website.
- 3) Menyalakan saklar pada robot.
- 4) Mengecek semua indikator led pada robot memastikan bahwa semua menyala.
- 5) Menyalakan radio kontrol.
- 6) Robot dijalankan.

2. Mode *Autonomous*

- 1) Memposisikan robot ini diatas replika rel kereta api.(gambar)
- 2) Menyiapkan laptop/smartphone untuk mengakses website.
- 3) Menyalakan saklar pada robot.
- 4) Mengecek semua indikator led pada robot memastikan bahwa semua menyala.
- 5) Membuka software antar muka *Mission Planner*.
- 6) Tancapkan Modul TX Telemetry pada port USB dan hubungkan dengan software antar muka *Mission Planner*.
- 7) Setting Waypoint atau titik koordinat yang akan di tempuh oleh robot pada *Maps Mission Planner*.
- 8) Pilih Start – Guided – Auto.