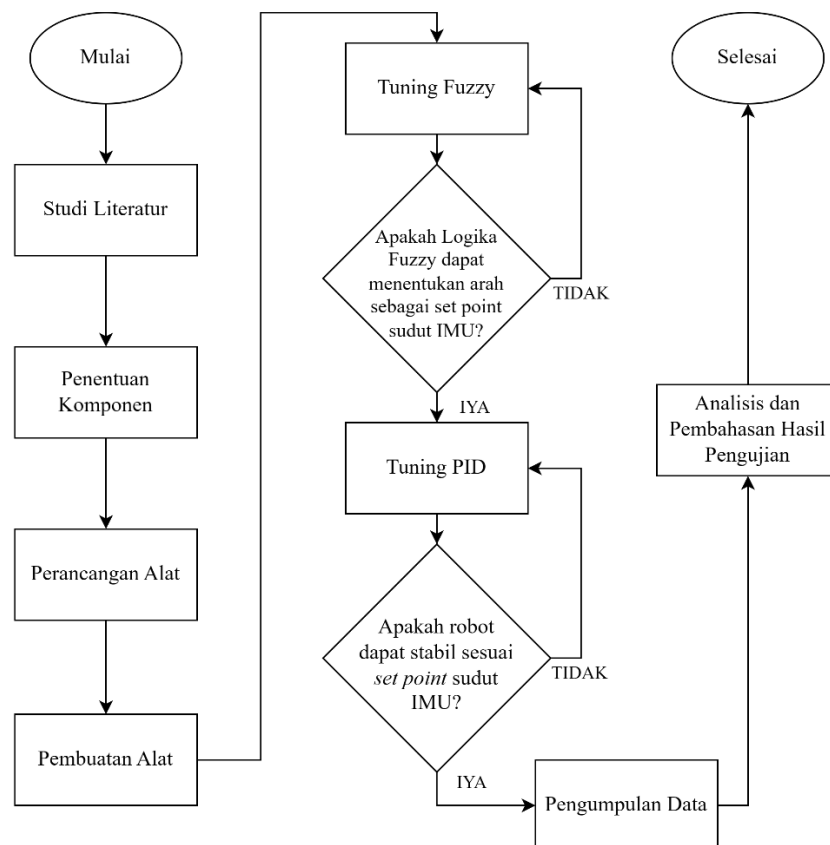


BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

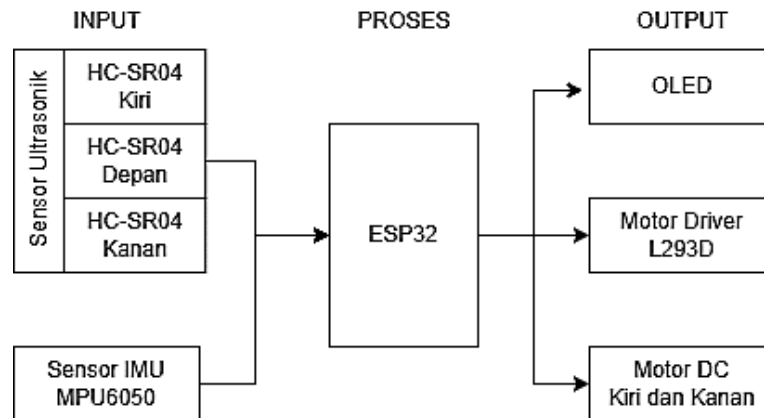
Tahapan penelitian ini mengacu pada gambar 3.1 yaitu pada tahapan awal melakukan studi literatur dengan mengkaji penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Tahap selanjutnya yaitu perancangan alat mulai dari penentuan komponen seperti mikrokontroler, sensor, dan aktuator yang akan digunakan. Setelah komponen siap, alat dapat dirancang untuk melakukan pengujian. Pengujian alat dilakukan dengan cara merancang sistem kendali logika fuzzy sebagai penentu arah gerak robot. Keluaran dari logika fuzzy tersebut akan digunakan sebagai *set point* pada sistem kendali PID. Kendali PID ini berfungsi untuk penstabil gerak robot berdasarkan nilai *set point*. Tahap terakhir yaitu analisis dan pembahasan dari hasil pengujian alat yang sudah dirancang dengan sistem kendali logika fuzzy dan PID.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

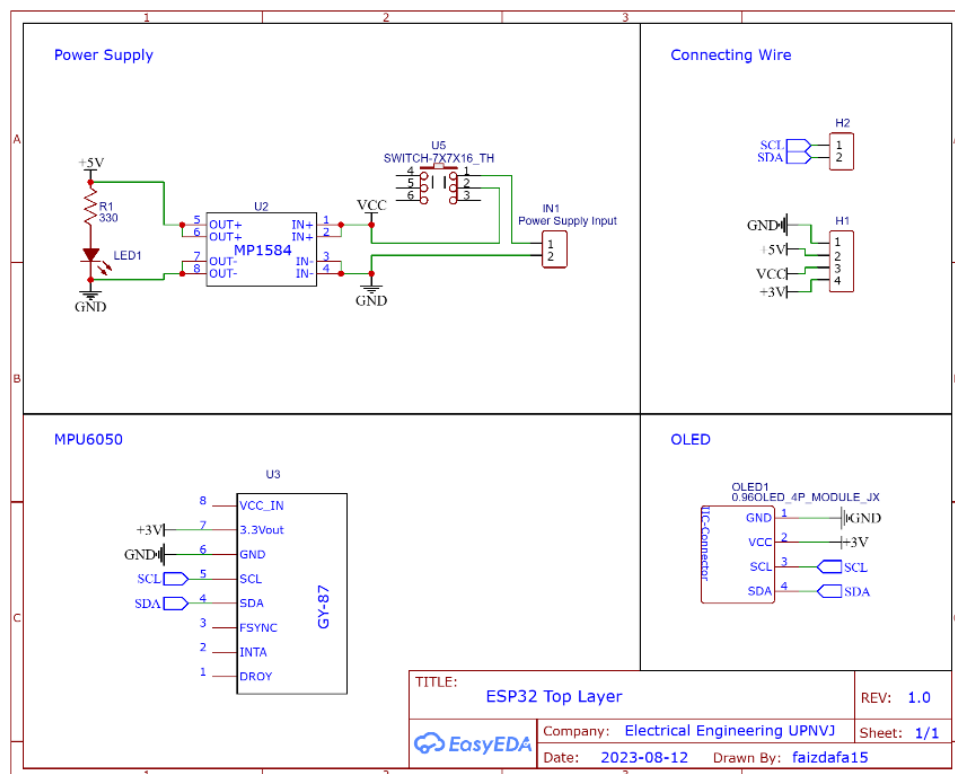
3.2 Perangkat yang digunakan

Pada penelitian ini, sistem kendali logika fuzzy dan PID akan diteliti dengan merancang alat berupa *mobile robot* dengan perangkat sesuai dengan gambar 3.2 di bawah ini.

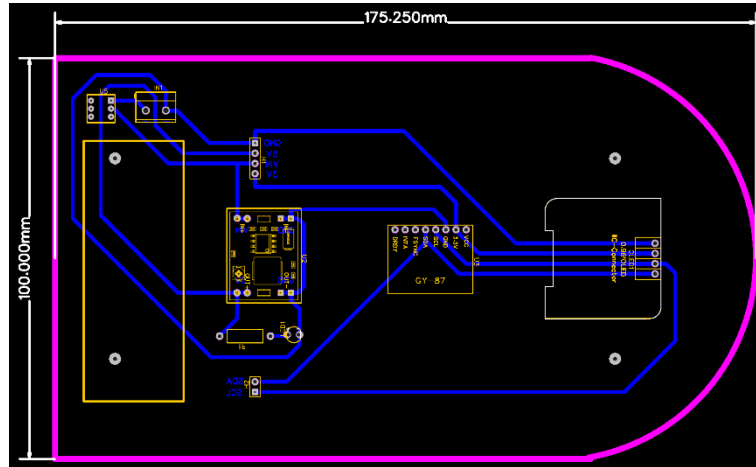


Gambar 3.2 Diagram Blok Mobile Robot

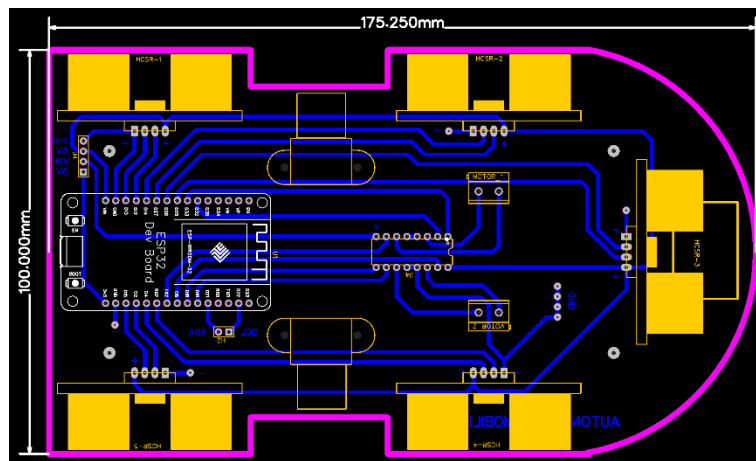
Mobile Robot akan dirancang menggunakan *printed circuit board* (PCB) dengan desain seperti bentuk robot *micromouse* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 dan 3.4.



(a)



(a)



(b)

Gambar 3.4 Desain PCB Mobile Robot, (a) layout atas, (b) layout bawah

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif dengan eksperimen. Data dikumpulkan dengan melakukan uji coba atau manipulasi variabel-variabel pada sistem kendali Fuzzy-PID. Variabel pada logika fuzzy berupa data pembacaan dari tiga sensor ultrasonik (kanan, depan, dan kiri) yang divariasikan dengan meletakkan objek disekitar robot, sehingga logika fuzzy akan menentukan keputusan berupa sudut atau arah gerak robot. Keluaran dari logika fuzzy tersebut akan digunakan sebagai setpoint PID. Variabel pada PID berupa parameter K_p , K_i , dan K_d dengan *tuning* menggunakan metode osilasi Ziegler Nichols 2. Data yang telah dikumpulkan akan dicatat dan dianalisis pada tahap selanjutnya.

3.4 Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data pada logika fuzzy menggunakan *confusion matrix* karena dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kinerja sistem klasifikasi. *Confusion matrix* banyak diterapkan dalam mengevaluasi kinerja pengklasifikasi pada dataset yang mampu memprediksi kelas dengan benar dan mengidentifikasi dimana model tersebut bisa saja melakukan kesalahan. Empat sel utama confusion matrix yaitu TP (*True Positive*), FP (*False Positive*), TN (*True Negative*), dan FN (*False Negative*) yang digunakan untuk klasifikasi kelas yang benar dan salah [30], [31].

Tabel 3.1 *Multiclass Confusion Matrix*

		Nilai Prediksi			
		C ₁	C ₂	...	C ₃
Nilai Aktual	C ₁	C _{1,1}	FP	...	C _{1,N}
	C ₂	FN	TP	...	FN

	C ₃	C _{N,1}	FP	...	C _{N,N}

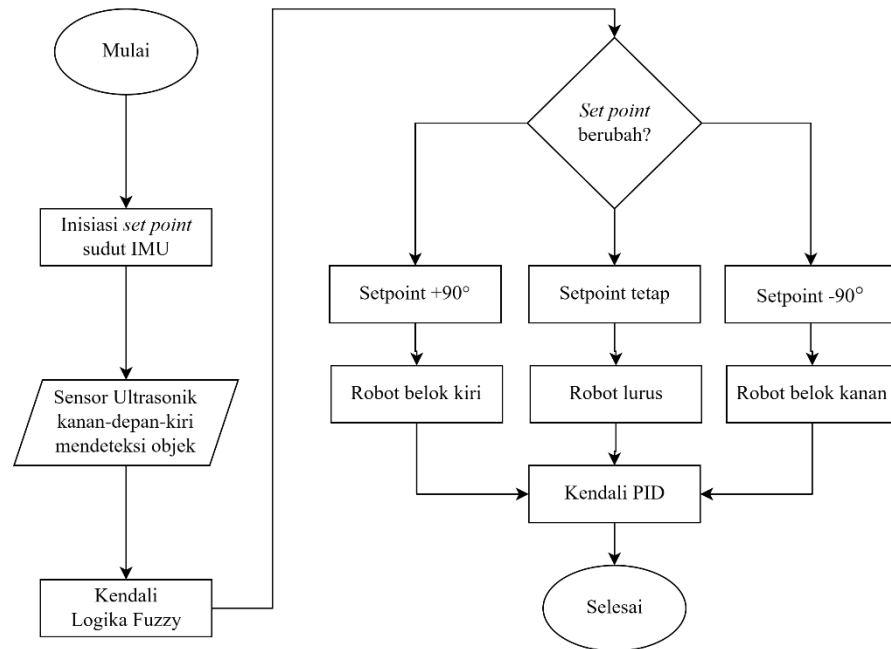
Dengan menganalisis keempat sel utama tersebut, kita dapat menghitung metrik evaluasi seperti akurasi dan presisi dengan rumus ditunjukkan pada rumus (9) dan (10).

$$Akurasi = \frac{\sum_{i=1}^N TP(C_i)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{i,j}} \quad (9)$$

$$Presisi_{kelas} = \frac{TP(C_i)}{TP(C_i) + FP(C_i)} \quad (10)$$

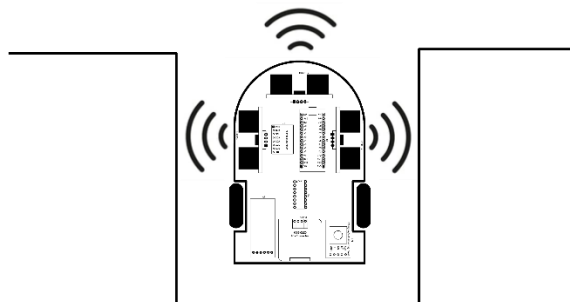
3.5 Implementasi

1. Alur Kerja Sistem

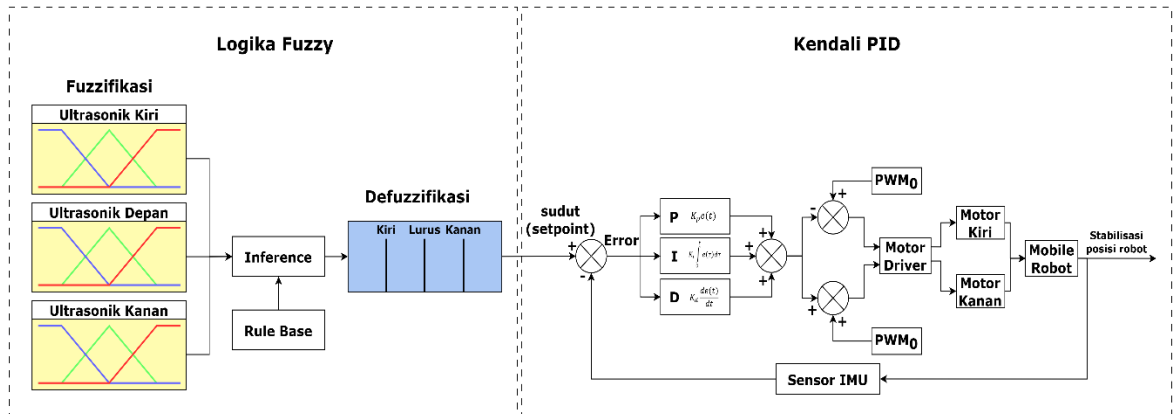


Gambar 3.5 Flowchart Alur Kerja Sistem

Berdasarkan Gambar 3.5 tentang flowchart alur kerja sistem pada penelitian ini yaitu dimulai dengan menginisiasi *set point* untuk sudut sensor IMU sebagai acuan awal posisi robot. Nilai sudut IMU ini akan ditentukan oleh pembacaan sensor ultrasonik yang akan mendeteksi objek disekitarnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Ilustrasi mobile robot mendeteksi objek disekitarnya



Gambar 3.7 Diagram Blok Fuzzy-PID

Pembacaan jarak robot dengan objek akan dijadikan nilai masukan pada logika fuzzy. Logika fuzzy berfungsi untuk menggeneralisasi ketidakpastian objek menjadi suatu anggota himpunan. Keluaran logika fuzzy berupa keputusan nilai sudut dari hasil perhitungan fuzzy. Nilai sudut ini akan menentukan arah pergerakan robot sehingga robot dapat menghindari objek disekitarnya. Pergerakan robot pada setiap *set point* akan distabilisasikan oleh kendali PID.

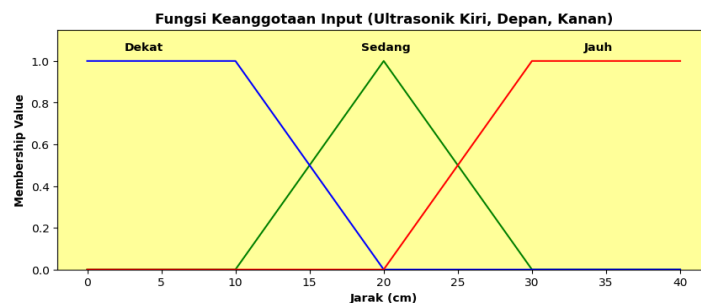
2. Logika Fuzzy

a. Variabel fuzzy

Variabel input berupa pembacaan dari sensor ultrasonik kiri, depan, dan kanan. Variabel output yaitu hasil keputusan fuzzy berupa nilai sudut untuk digunakan oleh sensor IMU pada sumbu z sebagai set point.

b. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi berupa fungsi keanggotaan himpunan dari input sensor ultrasonik dengan masing-masing pembacaan sensor ultrasonik akan dikelompokkan menjadi dekat, sedang, dan jauh.



Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Input Fuzzy

Berdasarkan gambar 3.8 di atas, maka fungsi keanggotaan dekat, sedang, dan jauh dapat dituliskan dalam matematis yang mengacu pada rumus (1), (2), dan (3). Variabel input sensor ultrasonik dituliskan dalam x seperti pada persamaan (11), (12), dan (13).

$$\mu_{Jauh}(x) = \begin{cases} 0 & x < 20 \\ \frac{x-a}{b-a} & 20 \leq x \leq 30 \\ 1 & x > 30 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{Dekat}(x) = \begin{cases} 1 & x < 10 \\ \frac{b-x}{b-a} & 10 \leq x \leq 20 \\ 0 & x > 20 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 10 \text{ atau } x > 30 \\ \frac{x-a}{b-a} & 10 \leq x \leq 20 \\ \frac{c-x}{c-b} & 20 \leq x \leq 30 \end{cases} \quad (13)$$

c. Inference (Rule Base)

Inferensi fuzzy berupa basis aturan untuk menentukan keluaran berdasarkan beberapa kondisi yang berbeda. Aturan-aturan fuzzy tersebut dapat diubah atau disesuaikan dengan kondisi lingkungan atau sistem yang berubah-ubah, sehingga sistem fuzzy dapat terus beradaptasi dan memberikan hasil yang optimal. Basis aturan fuzzy model Takagi-Sugeno-Kang dengan mengacu persamaan (4) ditunjukkan pada tabel 3.2.

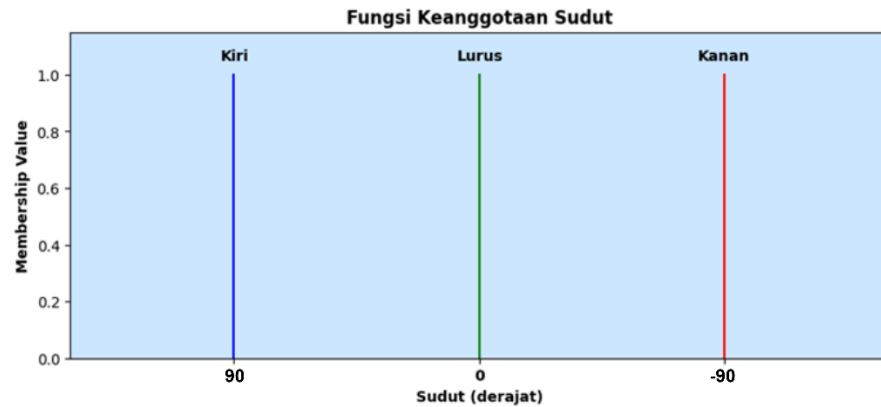
Tabel 3.2 Basis Aturan Fuzzy Takagi-Sugeno-Kang

No.	Ultrasonik Kiri	Ultrasonik Depan	Ultrasonik Kanan	Sudut (°)
1	Dekat	Dekat	Dekat	-90
2	Dekat	Dekat	Sedang	-90
3	Dekat	Dekat	Jauh	-90
4	Dekat	Sedang	Dekat	0

5	Dekat	Sedang	Sedang	0
6	Dekat	Sedang	Jauh	-90
7	Dekat	Jauh	Dekat	0
8	Dekat	Jauh	Sedang	0
9	Dekat	Jauh	Jauh	0
10	Sedang	Dekat	Dekat	90
11	Sedang	Dekat	Sedang	-90
12	Sedang	Dekat	Jauh	-90
13	Sedang	Sedang	Dekat	0
14	Sedang	Sedang	Sedang	0
15	Sedang	Sedang	Jauh	-90
16	Sedang	Jauh	Dekat	0
17	Sedang	Jauh	Sedang	0
18	Sedang	Jauh	Jauh	0
19	Jauh	Dekat	Dekat	90
20	Jauh	Dekat	Sedang	90
21	Jauh	Dekat	Jauh	-90
22	Jauh	Sedang	Dekat	90
23	Jauh	Sedang	Sedang	90
24	Jauh	Sedang	Jauh	-90
25	Jauh	Jauh	Dekat	0
26	Jauh	Jauh	Sedang	0
27	Jauh	Jauh	Jauh	0

d. Defuzzifikasi

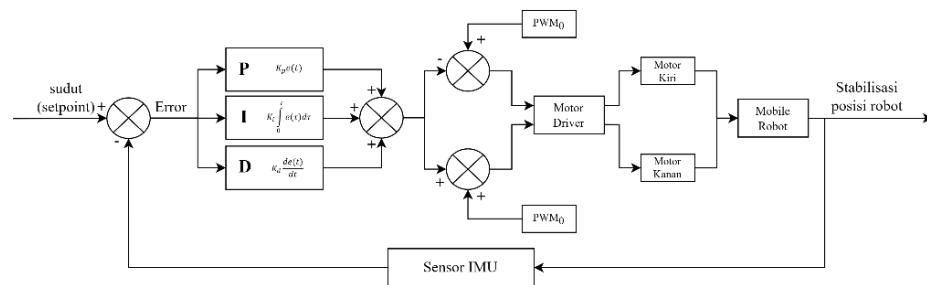
Defuzzifikasi berupa fungsi keanggotaan output dimana output pada fuzzy tipe Takagi-Sugeno-Kang berupa dikrit atau singleton. Keanggotaan output berupa sudut yang dibagi menjadi -90, 0, dan 90 seperti gambar 3.9.



Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Output Fuzzy (Singleton)

3. Kendali PID pada Stabilisasi Posisi Robot

Berikut ini merupakan sistem perhitungan kendali PID untuk stabilisasi posisi robot berdasarkan set point sudut dari sensor IMU.



Gambar 3.10 Diagram Blok PID Stabilisasi Robot

Adapun variabel-variabel perhitungan untuk kendali PID pada stabilisasi posisi robot dengan perhitungan parameter PID berdasarkan persamaan (6). Setelah mendapatkan parameter yang optimal, maka output PID akan digunakan untuk nilai aktuator berupa *pulse width modulation* (PWM) seperti yang ditunjukkan pada persamaan (14) sampai (16).

$$\text{Error} = \text{setpoint} - \text{sensor}_{\text{IMU}} \quad (14)$$

$$\text{PWM Kanan} = \text{PWM}_0 + \text{PID} \quad (15)$$

$$\text{PWM Kiri} = \text{PWM}_0 - \text{PID} \quad (16)$$

Keterangan:

PWM_0 : konstanta basis pwm

3.6 Jadwal Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan dilakukan selama 7 (tujuh) bulan dan dibagi ke beberapa tahap dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 3.3 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Waktu																											
	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5				Bulan 6				Bulan 7			
Merumuskan masalah																												
Studi Literatur																												
Perancangan Alat																												
Pelaksanaan Penelitian																												
Pengambilan Data																												
Hasil dan Pembahasan																												
Kesimpulan																												