

## **BAB II**

### **Tinjauan Pustaka**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1 Senapan Serbu**

Senjata api (bahasa Inggris: firearm) adalah senjata yang melepaskan satu atau lebih proyektil yang didorong dengan kecepatan tinggi oleh gas yang dihasilkan oleh pembakaran suatu propelan. Proses pembakaran cepat ini secara teknis disebut deflagrasi. Senjata api dahulu umumnya menggunakan bubuk hitam sebagai propelan. Salah satu jenis senjata api adalah senapan serbu (Hogg, 1983). Senapan serbu adalah senjata api otomatis laras panjang, yang memiliki pilihan tembakan (*selective-fire*) dan menggunakan amunisi kaliber menengah. Senapan serbu termasuk kategori senapan mesin ringan, yang dapat menembak secara full-otomatis sebagai senjata pendukung. Senapan berjenis ini bekerja secara semi otomatis dan otomatis, mampu melingkupi area yang luas serta mampu menembakkan munisi dengan RoF (*Rate of Fire*) 600 – 1000 peluru/menit dengan magasen berisi 30 butir Munisi 5,56 mm dan panjang laras 460 – 508 mm.

##### **2.1.1.1 Sistem Kerja Senapan Serbu**

Senapan serbu bekerja seperti senjata ringan pada umumnya. Headquarters, U.S. Army Materiel Command (172) dalam paparannya menjelaskan mengenai sistem kerja senjata ringan berdasarkan urutan sebagai berikut:

1. *Feeding* (Pengisian Peluru)
2. *Chambering* (Memasukan Peluru)
3. *Locking* (Penguncian Peluru)
4. *Firing* (Letusan pada Kamar laras)
5. *Unlocking* (Peluru terlepas karena dorongan gas tembakan)
6. *Extracting* (Penarikan Longsong sisa)

7. *Ejecting* (Pelemparan langsung keluar)
8. *Cocking* (Penegangan kembali kokang)



**Gambar 2.1 Komponen Senapan Serbu**

Sumber: Pindad (2020)

Allsop menjelaskan secara ringkas sistem kerja dari senjata ringan yaitu penembak menekan pemicu senjata dengan jari telunjuknya. ketika picu senjata ditekan maka akan menggerakkan mekanisme yang disebut sebagai *Trigger mechanism* yang pada akhirnya melepaskan *hammer* atau pelatuk. Pelatuk ini akan memukul pin penembak di dalam *bolt*. *hammer* bergerak mundur lalu ditahan oleh *Sear*, kemudian akan dilepaskan ketika *bolt* sudah mengunci peluru di dalam chamber dan picu ditekan. pada *trigger group* ini juga terdapat serangkaian mekanisme yang memungkinkan senjata dipilih untuk mode semi otomatis maupun full otomatis dengan menggunakan selektor (Allsop, 1997).

### 2.1.2 Performa Senapan Serbu

Performa sebuah senjata merupakan sesuatu yang penting untuk dijaga. Hal tersebut agar dapat membantu pengguna menjalankan misinya dengan lancar. Untuk menjaga performa tentu harus dilakukan pengukuran variabel yang menunjukkan tingkat performa dari senjata tersebut.

Beberapa variabel yang menunjukkan performa dari senapan serbu adalah akurasi, kecepatan proyektil, dan *rate of fire*. Akurasi adalah tingkat ketepatan proyektil mengenai target. Kecepatan proyektil biasanya dilihat dari kecepatan awal proyektil saat tepat keluar dari laras. Dan *rate of fire*

merupakan jumlah peluru yang mampu ditembakkan oleh senapan tiap menit (DoD, 2005).

Pengujian pada sebuah senjata diperlukan untuk mengetahui performanya. Pada pengujian tersebut diperlukan instrumentasi yang dapat merekam dan atau mengukur masing-masing variabel tersebut. Pengujian biasanya dilakukan ketika sedang melakukan pemeliharaan (*maintenance*). Dalam pemeliharaan juga dilakukan pengecekan komponen dari senapan, karena kondisi komponen merupakan faktor terbesar yang mempengaruhi performa dari senjata.

### **2.1.3 Pindad SS2**

Pindad SS2 adalah senapan serbu yang diproduksi oleh industri pertahanan dalam negeri, dan banyak digunakan oleh TNI dan Polri. SS2 merupakan singkatan dari Senapan Serbu 2. Senapan serbu ini merupakan penerus dari SS1. Senapan ini diproduksi oleh PT Pindad Bandung berdasarkan senapan FN FNC dengan lisensi dari perusahaan senjata Fabrique Nationale (FN), Belgia. Pindad SS1 menggunakan peluru kaliber 5.56 x 45 mm standar NATO dan memiliki berat kosong 4,01 kg. Senapan ini bersama-sama dengan M16. Terdapat pengembangan dari SS1 yaitu Senapan Serbu 2 (SS2). SS2 adalah senjata api otomatis yang merupakan senapan laras panjang atau karabin, yang memiliki pilihan tembakan (*selective-fire*), dan menggunakan amunisi kaliber menengah. SS2 masuk dalam kategori di antara senapan mesin ringan, yang berfungsi untuk menembak secara full-otomatis sebagai senjata pendukung, senjata otomatis yang menggunakan peluru ukuran peluru pistol sebagai senjata api jarak dekat.

Varian PINDAD SS2 Lahir dari sebuah pengembangan untuk menambah performa dari SS1, SS2-V1 merupakan varian pertama dari keluarga SS2 dengan panjang laras 460 mm yang dapat mengenai target sejauh 400 meter dengan sangat akurat menggunakan munisi kaliber 5.56 x 45 mm. Salah satu fitur SS2 adalah charging handle yang akan tertarik

kebelakang saat peluru telah habis, pengguna hanya perlu mengganti magazine, kemudian menekan tombol bolt-catch tanpa mengokang, dan senjata pun akan kembali siap untuk ditembakkan. Berikut ini merupakan gambar senapan serbu SS2-V1 dan spesifikasinya



**Gambar 2.2 Pindad SS2**

Sumber: Affandy (2020)

#### SPESIFIKASI PINDAD SS2

Calibre	: 5.56 x 45 mm
Length	: Butt extended: 985 mm Butt folded: 742 mm
Barrel	: Length: 460 mm Rifling: 6 grooves, RH 177.8 mm (7"•) twist
Weight	: With empty magazine: 4.3 kg
Sight	: Optical sight (Trijicon)
Rate of Fire: Cyclic	: 720 - 760 rpm
Effective automatic fire	: 120 – 200 rpm
Effective single shot	: 60 rpm
Ammunition	: - Ordinary ball cartridge MU5-Tj or SS 109 - Blank cartridge MU5-H
Effective Range	: 400 m

Terdapat beberapa varian lain dari SS2, yaitu SS2-V2 yang memiliki berat kosong 3.82 kg dan berat isi 4.18 kg. SS2-V2 lebih mudah dalam mobilitas serta handal dalam pertempuran jarak menengah. Kemudian ada Varian SS2-V1 dengan Heavy Barrel. Penambahan heavy barrel pada SS2-V1 HB berdampak kepada bertambahnya panjang laras menjadi 500 mm. Penambahan panjang laras ini membawa peningkatan pada performa, dengan membuat senjata ini lebih akurat saat menembak. Selain itu, dengan fitur heavy barrel, senjata memiliki daya tahan yang lebih terhadap

panas akibat tembakan yang terus-menerus. Selanjutnya ada varian SS2-V4 yang memiliki bodi yang lebih ringkas dilengkapi dengan picatiny rail dan fitur keamanan yang diperbaharui. Senapan terbaik kebanggaan Indonesia yang telah 11 kali memenangkan kompetisi menembak AASAM & AARM mempunyai akurasi tembakan yang jitu dengan menggunakan 6 ulir laras setebal 7 inch.

Varian terakhir dari SS2 adalah Varian SS2-V5 yang mendapatkan beberapa upgrade untuk meningkatkan performanya. Popor lipat yang menjadi standar pada SS2-V5 diganti dengan popor model teleskopik. Pada bagian handguard, disematkan rail pada kiri, kanan, atas, dan bawah untuk memasang berbagai aksesoris. Pada rail bawah, sudah terpasang sebuah vertical foregrip yang dapat menambah ergonomi dan kenyamanan dalam penggunaan senjata.

#### **2.1.4 Sensor Suara**

Suara merupakan suatu hal yang unik dan memiliki range frekuensi tertentu dan intensitas suara yang bisa dan tidak bisa didengar oleh manusia. Satuan untuk mengukur intensitas suara tersebut adalah desibel (dB), sedangkan satuan dari frekuensi suara adalah Hertz (Riyani, 2019).

Sensor suara merupakan sensor yang dapat mendeteksi sinyal suara. Sensor suara mengubah gelombang sinusoidal suara menjadi gelombang sinusoidal listrik (*alternating sinusoidal electric current*). Sensor suara bekerja berdasarkan besar/kecilnya kekuatan gelombang suara yang mengenai membran sensor yang menyebabkan bergeraknya membran sensor yang juga terdapat sebuah kumparan kecil di balik membran tadi naik & turun. Kecepatan gerak kumparan menentukan kuat-lemahnya gelombang listrik yang dihasilkannya (Aryanti, 2016). Sensor suara umumnya mampu mendeteksi suara dengan frekuensi 20Hz - 38kHz.

Informasi yang dapat diperoleh dari sensor suara adalah perubahan tegangan yang dapat menunjukkan intensitas dari suara dan juga frekuensinya berdasarkan perubahan tegangan tiap waktu. Informasi atau

sinyal suara yang dihasilkan oleh sensor suara dapat dilakukan pengolahan sesuai dengan pengaplikasian yang akan diterapkan dari sinyal tersebut.

### **2.1.5 Pengolahan Sinyal**

Sinyal suara biasanya dapat digambarkan dengan *waveform*, informasi yang diberikan oleh *waveform* adalah amplitudo dan waktu. Data dari sinyal suara dapat dilakukan pemrosesan atau pengolahan untuk diaplikasikan dalam tujuan tertentu misalnya sistem pengenalan suara. Beberapa pengolahan sinyal suara yang dapat dilakukan adalah *low pass filter*, *high pass filter*, *wavelet transform*, dan *fast fourier transform*.

#### **2.1.5.1 Low Pass Filter dan High Pass Filter**

Filter merupakan suatu pengolahan yang dilakukan untuk melewatkan frekuensi tertentu yang diinginkan, dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan (Farida, 2018). Beberapa contoh filter adalah *low pass filter* dan *high pass filter*. Tapis lolos rendah atau *low pass filter* adalah pengolahan sinyal yang digunakan untuk meneruskan sinyal berfrekuensi rendah, dan meredam ataupun memblokir sinyal berfrekuensi tinggi (Huelsman, 2003). Pengolahan ini dapat dilakukan pada sinyal listrik, sinyal suara, ataupun data digital seperti citra dan suara (Saptono, 2014). Sebaliknya tapis lolos tinggi atau *high pass filter* meneruskan sinyal berfrekuensi tinggi, dan meredam sinyal berfrekuensi yang rendah (Widiarto, 2012). Untuk meloloskan sinyal pada rentang frekuensi tertentu maka dapat dilakukan dengan cara menggabungkan kedua tapis ini atau disebut *band pass filter*.

#### **2.1.5.2 Wavelet Transform**

Transformasi wavelet atau *wavelet transform* merupakan suatu proses pengubahan data dalam bentuk lain agar lebih mudah dianalisis. Transformasi wavelet menghasilkan energi citra yang terkonsentrasi pada sebagian kecil koefisien transformasi dan kelompok lain yang mengandung sedikit energi (Sutarno, 2010). Proses transformasi wavelet dapat dilakukan dengan konvolusi atau dengan proses pererataan dan pengurangan secara

berulang. Proses ini banyak digunakan pada proses dekomposisi, deteksi, pengenalan (*recognition*), pengambilan kembali citra (*image retrieval*), dan lainnya (Zhang,2004).

### 2.1.5.3 Transformasi Fourier Cepat

*Fast Fourier transform* atau Transformasi Fourier Cepat merupakan metode untuk mentransformasikan sinyal domain waktu menjadi sinyal domain frekuensi. Transformasi ini penting dalam analisis sinyal karena karakteristik sinyal domain frekuensi dapat diamati dengan lebih jelas dan dimanipulasi dengan lebih mudah daripada sinyal domain waktu. Di domain frekuensi, sinyal direpresentasikan sebagai serangkaian nilai yang menunjukkan banyaknya satuan sinyal yang berada di frekuensi tertentu. (Faradiba, 2017). Transformasi Fourier banyak digunakan untuk aplikasi sains, misalnya: fisika, teori numerik, pemrosesan sinyal, statistik, akustik, optik, geometri, dan lain-lainnya (Brigham E,1988).

FFT, adalah suatu algoritma untuk menghitung transformasi fourier diskrit dengan cepat dan efisien. Karena banyak sinyal-sinyal dalam sistem komunikasi yang bersifat kontinyu, sehingga untuk kasus sinyal kontinyu kita gunakan transformasi fourier. Transformasi Fourier didefinisikan oleh rumus:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (2.1)$$

(1)

Dimana  $s(f)$  adalah sinyal dalam domain frekuensi (*frequency domain*),  $s(t)$  adalah sinyal dalam domain waktu (*time domain*), dan  $e^{-j2\pi ft}$  adalah konstanta dari nilai sebuah sinyal,  $f$  adalah frekuensi dan  $t$  adalah waktu. FFT merupakan salah satu metode untuk transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang spectrum suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam

menganalisa spektrum frekuensi suara yang telah direkam (Sipasulta, 2014)

### 2.1.6 Algoritma Deteksi Puncak

Algoritma deteksi puncak merupakan sebuah algoritma yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu puncak dalam sebuah rentetan data sinyal sehingga dapat dianalisis lebih lanjut. Melakukan identifikasi dan menganalisis puncak suatu sinyal ini dapat sangat bermanfaat dalam mengetahui adanya perubahan yang signifikan dalam rentetan data sinyal tertentu (Palshikar, 2009). Salah satu algoritma deteksi puncak memerlukan beberapa parameter yang perlu didefinisikan terlebih dahulu disesuaikan dengan sinyal yang akan diolah, parameter tersebut adalah *lag*, *threshold*, dan *influence*. *Lag* menentukan seberapa banyak data yang akan dihaluskan dan seberapa adaptif algoritme terhadap perubahan rata-rata data jangka panjang. Semakin stasioner data, semakin banyak *lag* yang harus didefinisikan. Jika data berisi tren yang berubah-ubah kian waktu, maka harus dipertimbangkan seberapa cepat ingin algoritme beradaptasi dengan tren ini. *Threshold* merupakan parameter besar nilai standar deviasi yang bernilai diatas pergerakan nilai rata-rata sehingga algoritma ini akan mengklasifikasikan sebagai titik data sinyal baru. *Influence* adalah z-score pada algoritma, parameter ini menentukan pengaruh sinyal pada threshold deteksi algoritma terhadap nilai rata-rata dan standar deviasi.

### 2.1.7 Signal to Noise Ratio

*Signal to noise ratio* adalah perbandingan (*ratio*) antara sinyal dengan derau (*noise*). *Signal to noise ratio* biasa disebut dengan disingkat menjadi SNR. Variabel ini dalam ranah sains dan teknik merupakan ukuran yang membandingkan tingkat dari sinyal yang diharapkan dengan tingkat derau di latar belakang (Welvaert dkk, 2013). SNR menunjukkan seberapa besar sinyal yang berisikan informasi yang diharapkan dibandingkan

dengan sinyal derau (*noise*) yang tidak termasuk dalam informasi yang diinginkan.

Sinyal audio merupakan bentuk sinyal informasi yang kualitasnya dapat dipengaruhi oleh derau atau noise (Kharunnisa dkk, 2018). SNR menjelaskan seberapa jelas informasi yang diperoleh dari sinyal audio tersebut. Semakin tinggi nilai SNR menunjukkan bahwa informasi yang dibawa oleh sinyal tersebut lebih tinggi daripada derau (*noise*) yang terbawa pada sinyal. Selain itu, nilai SNR yang tinggi berarti informasi akan lebih mudah diterima ataupun diterjemahkan. Formulasi yang digunakan untuk menghitung SNR ditunjukkan pada persamaan 2.2

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (2.2)$$

Dimana  $P_{signal}$  merupakan besarnya daya (*power*) dari sinyal tanpa derau, dan  $P_{noise}$  merupakan besarnya daya (*power*) dari derau. Persamaan 2.3 digunakan untuk menghitung daya dari masing-masing P.

$$P(x) = 1/N \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x(n)^2 \quad (2.3)$$

Daya pada sinyal biasanya dinyatakan dalam db (desibel), sehingga digunakan persamaan 2.4 untuk mendapatkan daya dalam desibel

$$P_{db} = 10 \cdot \log_{10}(P) \quad (2.4)$$

Sehingga persamaan untuk menghitung SNR menjadi

$$SNR_{db} = 10 \log_{10} \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (2.5)$$

$$SNR_{db} = 10 \log_{10}(P_{signal}) - 10 \log_{10}(P_{noise}) \quad (2.6)$$

Perhitungan SNR dilakukan untuk mengetahui seberapa baik informasi yang dibawa oleh sinyal. Jika nilai SNR-nya rendah ini menunjukkan tingginya derau dibandingkan dengan sinyal. Apabila hal ini ditemui maka perlu dilakukan pemrosesan, sehingga diperoleh sinyal yang dapat diterima ataupun diterjemahkan dengan baik.

## 2.2 Hasil Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan tesis ini merupakan referensi bagi penelitian lebih lanjut tentang rancang bangun alat ukur RoF portabel. Namun terdapat perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu sebagai referensinya.

Bar-David (2013) membuat paten sistem dan metode untuk pengukuran tembakan senjata secara otomatis. Paten ini menghasilkan sistem monitoring jumlah tembakan yang hemat energi. Rancang bangun alat ini menggunakan sensor vibrasi, dan *microprocessor* sebagai otaknya.

Gagar (2015) melakukan penelitian untuk membangun sistem penghitung jumlah tembakan otomatis. Penelitian ini digunakan untuk mendukung pemeliharaan dari senapan serbu. Alat yang dihasilkan berfungsi untuk memantau degradasi laras yang diakibatkan oleh banyaknya penembakan yang dilakukan.

Afandy (2020) melakukan penelitian rancang bangun penghitung jumlah tembakan senapan serbu. Prototipe yang dibangun menggunakan sensor vibrasi dan arduino. Tingkat akurasi terbaik dari prototipe ini adalah 94%.

Ketiga penelitian diatas berfokus pada penghitungan jumlah penembakan sedangkan penelitian yang akan dilakukan untuk membangun alat yang dapat menghitung RoF, dan berbasis sinyal suara yang dihasilkan ketika penembakan

Penelitian melakukan analisis sinyal suara juga telah banyak dilakukan, misalnya Ade Riyani (2019) melakukan identifikasi suara manusia menggunakan FFT. Faradiba (2017) melakukan penelitian mengenai pengenalan pola sinyal suara manusia menggunakan metode

*Back Propagation Neural Network*. Kemudian Djadjat Sudrajat (2019) melakukan digitalisasi sinyal suara manusia dengan algoritma linear predictive coding. Namun penelitian-penelitian tersebut berfokus pada suara manusia, dan belum diaplikasikan pada pengukuran RoF senapan serbu.

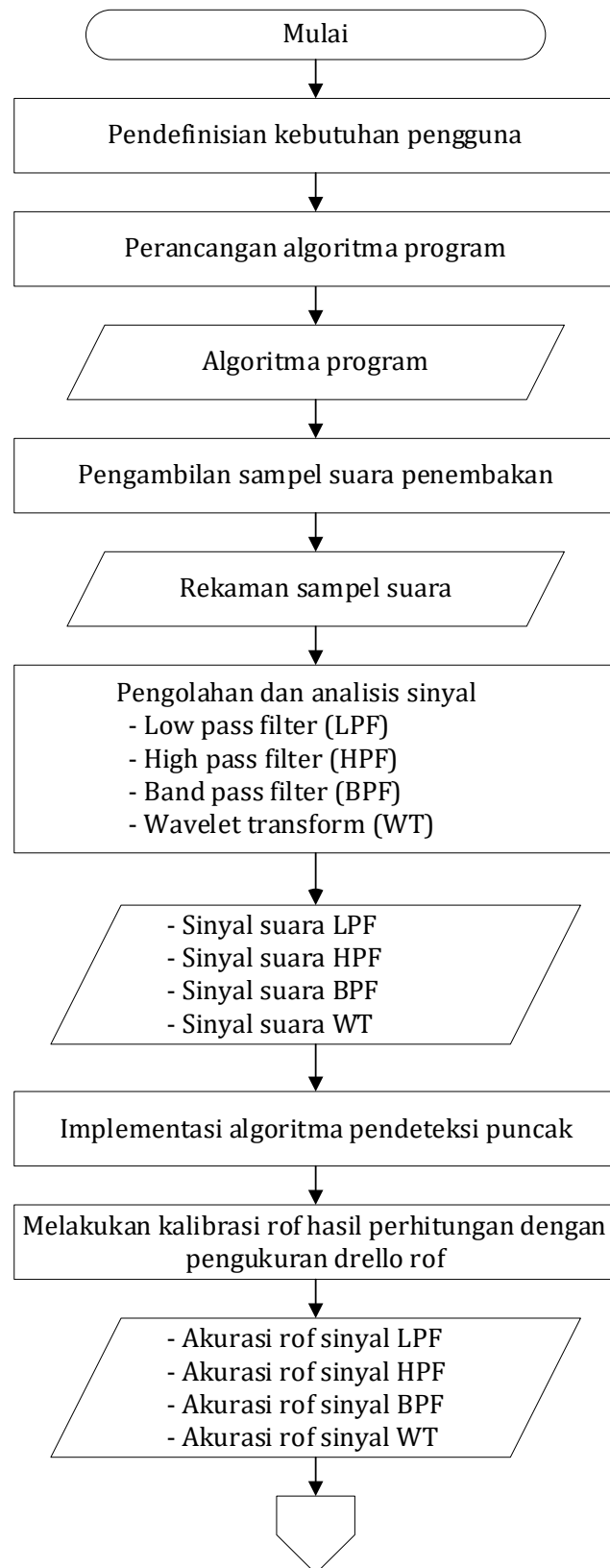
Singh (2021) melakukan penelitian melakukan analisis suara tembakan. Penelitiannya berfokus pada membedakan suara penembakan dengan suara yang mirip dengan suara penembakan. Hasil dari penelitian ini adalah sistem yang dapat mengenali suara penembakan dibandingkan suara ledakan dari plastik yang mirip dengan suara penembakan.

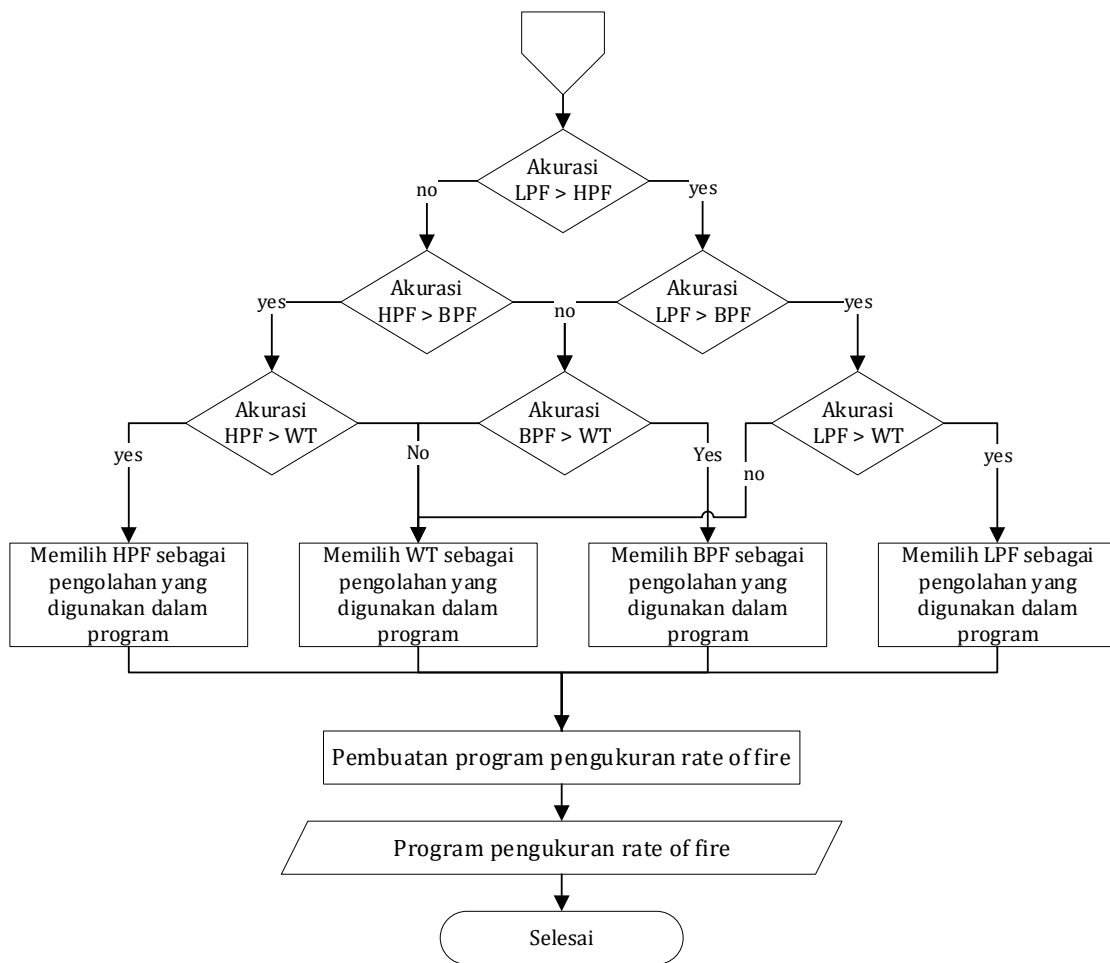
Tabel 2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Asaf Bar-David, Yuval Spector	System and Method for Automated Gun Shot Measuring	Paten sistem monitoring jumlah tembakan yang hemat energi menggunakan sensor vibrasi	Penelitian untuk pemeliharaan senjata	Fokus penelitian bukan pada perhitungan RoF
2	Daniel Gagar, C. Hockley, P. Forte	Automated Shot Counter System for Through Life Support of Target Rifles	Membangun sistem penghitung jumlah tembakan otomatis	Penelitian untuk pemeliharaan senjata Diterapkan pada senapan serbu	Fokus penelitian bukan pada perhitungan RoF
3	Arief Afandy	Rancang Bangun Penghitung Jumlah Tembakan Senapan Serbu secara Otomatis Menggunakan Sensor Vibrasi di PT Pindad	Prototipe penghitung jumlah tembakan senapan serbu berbasis sensor vibrasi	Penelitian alat ukur untuk pemeliharaan dan perawatan senjata Berbasis mikrokontroller	Fokus penelitian bukan pada perhitungan RoF. Sensor yang digunakan sensor vibrasi
4	Faradiba	Pengenalan Pola Sinyal Suara Manusia Menggunakan Metode Back Propagation Neural Network	Mampu mengenali suara manusia dengan akurasi pengujian mencapai 74%	Penelitian mengenai analisis sinyal suara	Tidak diaplikasikan untuk mengukur RoF
5	Ade Riyani dkk	Mengidentifikasi Sinyal Suara Manusia Menggunakan Fast Fourier Transform (Fft) Berbasis Matlab	Sistem yang diuji dapat mengenali suara dengan baik	Penelitian mengenai analisis sinyal suara; fft	Tidak diaplikasikan untuk mengukur RoF

6	Djadjat Sudrajat	Digitalisasi Sinyal Suara Manusia dengan Algoritma Linear Predictive Coding	Sistem pengenalan suara yang hemat memori	Penelitian mengenai pengolahan sinyal suara	Tidak diaplikasikan untuk mengukur RoF
7	Rajesh Baliram Singh dkk	Data Collection, Modeling, and Classification for Gunshot and Gunshot-like Audio Events: A Case Study	Sistem yang dapat membedakan suara penembakan dengan suara yang mirip dengan suara penembakan	Penelitian mengenai pengolahan sinyal suara penembakan	Fokus penelitian bukan pada perhitungan RoF
8	Sutarno	Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Citra Wajah	Melakukan analisis perbandingan beberapa macam wavelet transform untuk pengenalan citra wajah	Penelitian menggunakan pengolahan <i>wavelet transform</i>	Tidak diaplikasikan untuk pengolahan sinyal suara penembakan

### 2.3 Kerangka Berpikir





**Gambar 2.5 Kerangka Berpikir**

Sumber: diolah peneliti