

# RANCANG BANGUN PENGHITUNG JUMLAH TEMBAKAN SENAPAN SERBU SECARA OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR VIBRASI DI PT PINDAD

## DESIGN OF AUTOMATIC WEAPON SHOOT COUNTERS USING VIBRATION SENSORS AT PT PINDAD

Arief Afandy<sup>1</sup>, R. Djoko Andreas Navalino<sup>2</sup>, Nur Rachman Supadmana Muda<sup>3</sup>

PRODI TEKNOLOGI PERSENJATAAN, FAKULTAS TEKNOLOGI PERTAHANAN,  
UNIVERSITAS PERTAHANAN  
(arief4fandy@gmail.com, djoko.navalino@idu.ac.id, nurrudal@gmail.com)

**Abstrak** - Sebagai perawatan Senjata, Pengembangan Penghitung Jumlah Tembakan di Negara Maju Sudah memasuki tahapan produksi masal. PT PINDAD selaku Industri dalam Negeri yang memproduksi Senjata memerlukan penelitian awal pengembangan Penghitung Jumlah Tembakan secara mandiri. Penelitian ini Bertujuan menghasilkan rancangan alat penghitung jumlah tembakan senapan serbu secara otomatis dengan v-model berdasarkan User Requirement PT PINDAD. Penghitung Jumlah Tembakan yang dikembangkan menggunakan v-model terdiri dari Microcontroller dan Sensor berdasarkan masukan dari PT PINDAD. Didapatkan hasil bahwa dalam Pengembangan V-Model, Prototipe dengan microcontroller Arduino Pro Micro dan Sensor Vibrasi MPU-6050 belum lolos pada tahapan Accepting User dikarenakan Pada pengujian Tembakan Single-Shot memiliki ketelitian yang rendah, yaitu 30% dan Tembakan Rentetan memiliki ketelitian 40%.

**Kata Kunci:** Penghitung Jumlah Tembakan, Arduino, Sensor Vibrasi, V-Model, MPU-6050

**Abstract (English)** – As a weapon treatment, the development of The Weapon Shoot Counter in many countries has entered the stage of mass production. PT PINDAD as the Domestic Industry that produces Weapons requires preliminary research to develop an independent The Weapon Shoot Counters. This study aims to produce a design for counting the number of assault rifles automatically using the v-model based on the User Requirements of PT PINDAD. Shots Counter developed using v-model consists of a Microcontroller and a Sensor based on discussion from PT PINDAD. The results show that in the V-Model Development, Prototype with Arduino Pro Micro and MPU-6050 Vibration Sensor has not passed the Accepting User stage because Single-Shot testing has low accuracy, which is 30% and Series Shot has an accuracy of 40%.

**Keywords:** Weapon Shoot Counters, Arduino, Vibration Sensors, V-Model, MPU-6050

### Pendahuluan

Sebagai perawatan senjata, Pengembangan Penghitung Jumlah Tembakan (*Weapon Shot Counter*) di

negara maju sudah memasuki tahapan produksi masal. Visible Assets, Inc telah mengembangkan Penghitung Jumlah Tembakan RuBee wireless *Weapon Shot*

Counter (WSC) dan mensuplai 16000 WSC untuk digunakan Militer Estonia (*Estonian Defense Forces*) pada tahun 2019 (Gagar, 2015). Penelitian mengenai Pengembangan Penghitung Jumlah Tembakan sudah dilakukan sejak NAVSEA mempublikasikan penelitian pada tahun 2001 dan pada tahun 2007 diharapkan dapat diimplementasikan pada senapan ringan pada tahun 2007 (Jones, 2006). Menurut penelitian yang dilakukan Bar-David pada tahun 2013, Pengembangan Penghitung Jumlah Tembakan dapat disusun dari komponen microcontroller dan Sensor Vibrasi berjenis Accelerometer (Bar-David, 2013). penelitian mengenai lokasi sensor vibrasi yang optimal pada sistem penghitung Jumlah Tembakan otomatis. Didapatkan hasil bahwa lokasi yang optimal berada di chamber, muzzle dan stock (Gagar, 2015).

Microcontroller merupakan sebuah sistem computer dalam ukuran yang kecil dan berbentuk seperti sebuah chip. Integrated Circuit (IC) microcontroller terdapat sebuah sistem minimum yang biasanya terdiri dari mikroprosesor, ROM, RAM, I/O dan clock seperti yang dimiliki dalam sebuah komputer pada umumnya (Arduino, 2020). Jenis Microcontroller yang paling umum digunakan adalah

Arduino. Arduino adalah papan rangkaian elektronik yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler jenis AVR dari Atmel dan bersifat open source. Untuk menuliskan program kedalam Arduino, digunakan program Arduino IDE. Bahasa pemrograman yang dimiliki Arduino relatif mudah dan dilengkapi dengan kumpulan library program yang cukup lengkap. Untuk compile program dari komputer ke Arduino tersedia bootloader yang mudah didalam software Arduino IDE (Arduino, 2020).

Sensor adalah sebuah peralatan elektronik yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Sensor memiliki analogi yang mirip dengan panca indra manusia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Sensor fisika mendeteksi besaran suatu besaran berdasarkan hukum-hukum fisika. Salah satu jenis besaran fisika adalah Getaran atau Vibrasi. Vibrasi adalah gerakan yang berulang-ulang dengan tempo yang cepat. Gerakan dari getaran akan membentuk suatu gelombang yang merepresentasikan parameter getaran. Dalam Sensor Vibrasi terdapat 3 jenis

transducer yang digunakan yaitu : Velocity Sensor, Displacement Sensor, Accelerometer Sensor (MPU-6050, 2019).

Senapan serbu adalah jenis senjata api otomatis laras panjang yang memiliki pilihan jenis tembakan (selective-fire) secara semi otomatis dan otomatis. Senapan Serbu menggunakan amunisi kaliber menengah (5,56 mm) (Allsop, 1997). Senapan serbu termasuk kategori senapan mesin ringan, yang dapat menembak secara full-otomatis sebagai senjata pendukung. Senapan Serbu 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.

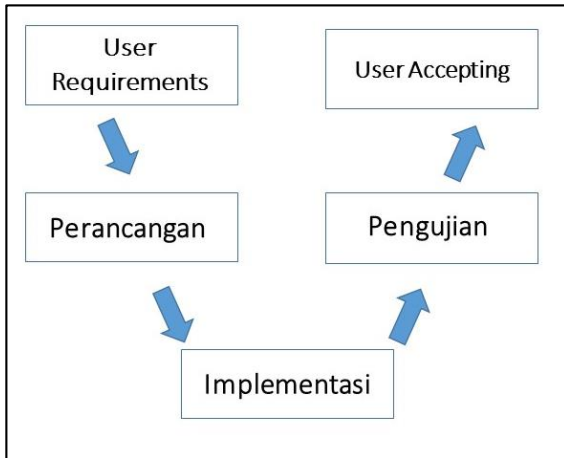
Setiap Tembakan pasti menghasilkan hentakan getaran. Jenis Senjata yang diproduksi dalam Negeri dan umum digunakan di TNI adalah Pindad Senapan Serbu SS2-V1. Penggunaan Senjata oleh TNI perlu dipantau untuk mengetahui strategi perawatan yang efektif terhadap performa senjata. Salah satu jenis pemantauan perawatan yang umum digunakan adalah dengan menghitung penggunaan senjata berdasarkan Penghitungan berapa peluru digunakan.

PT Pindad selaku Industri Pertahanan dalam Negeri memerlukan penelitian awal untuk mengembangkan Penghitung Jumlah Tembakan. Maka dalam penelitian ini dilakukan Analisa Requirement dari User dan dilakukan perancangan prototipe Penghitung Jumlah Tembakan.

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Kuantitatif Eksperimen. Penelitian Rancang bangun merupakan jenis penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan sebuah rancangan/prototipe suatu alat yang mendekati fungsi tertentu.

Untuk menghasilkan Prototipe dalam penelitian ini, peneliti merancang dengan metode V-Model. Metode V-Model merupakan metode Di dalam V-Model, tahapan pengujian di dalam satu siklus dilakukan secara paralel. Jadi di dalam V-Model terdapat fase Verifikasi di satu sisi dan fase Validasi di sisi lainnya. Dalam metode V-model, terdiri dari 2 sisi yaitu disisi kiri yaitu perancangan dan sisi kanan adalah pengujian.



**Gambar 1** Skematik V-Model dalam penelitian Pengembangan Prototipe penghitung Jumlah Tembakan  
 Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Teknik Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi perancangan Prototipe terdiri dari proses User Requirements, Proses Perancangan. Sedangkan Pengujian prototipe meliputi proses Implementasi, proses Pengujian, dan proses Accepting.

Proses User Requirement adalah proses peneliti melakukan pendataan kebutuhan dari pengguna. Proses Perancangan merupakan tahapan pengembangan hardware dan software berdasarkan hasil analisa kebutuhan pengguna.

Proses Implementasi adalah proses dimana prototipe siap diterapkan di Senapan Serbu Pindad SS2-V1. Dan proses Pengujian adalah proses prototipe menghitung Jumlah Tembakan

berdasarkan vibrasi tembakan. Dan proses terakhir dari V-Model adalah accepting dari user mengenai kelayakan prototipe untuk dikembangkan menjadi produk masal.

Pada tahap pembahsan, dilakukan analisa mengenai bagaimana tahapan perancangan prototipe penghitung jumlah tembakan dengan menggunakan V-Model. Hasil perancangan akan dibahas dan dibandingkan dengan Penghitung jumlah Tembakan (Weapon Shoot Counter) yang dikembangkan oleh negara lain

**Hasil dan Pembahasan**

**User Requirements PT Pindad**

User Requirements adalah tahapan peneliti menggali informasi dari pengguna mengenai prototype Penghitung Jumlah Tembakan secara otomatis dengan menggunakan Sensor Vibrasi. Pengumpulan informasi dilakukan dalam bentuk wawancara pihak PT Pindad persero diwakili oleh Bapak Rakhmad Aryo Baskoro, S.T., M.Sc., selaku manajer pengembangan produk & proses senjata Divisi Inovasi Senjata PT Pindad persero.

Hasil dari tahapan user requirement adalah dokumen requirement user yang ditandatangani bersama oleh user dan peneliti. Dokumen ini ini memuat spesifikasi system, ukuran prototipe, dan kegunaan prototipe.

**Tabel 1.** Spesifikasi Prototipe yang disyaratkan Dokumen Requirement User

Nama	Deskripsi
Dimensi	Panjang : 4 cm Lebar : 2.5 cm Tinggi : 2 cm
Power	Baterai / Power Bank
Letak	Picatinny Rail
Sensor	Sensor Vibrasi

Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Operasional Requirement yang disyaratkan oleh user adalah prototipe dapat menghitung secara otomatis keluaran jumlah tembakan senapan serbu. Dan Prototipe dapat digunakan tanpa mengganggu fungsi teknis dan fungsi operasional senjata.

Dari Operasional Requirement mengisyaratkan bahwa prototipe harus memiliki ukuran yang kecil dan diletakan diluar (external) dari senjata. Maka pemilihan komponen harus memenuhi persyaratan Dokumen Requirement User. Peneliti memilih menggunakan

microcontroller berjenis Arduino Pro Micro. Arduino Pro Micro merupakan jenis Arduino yang memiliki ukuran terkecil jika dibandingkan dengan jenis Arduino lain, semisal Arduino UNO yang memiliki ukuran 75 x 54 x 13 mm. Berikut ini merupakan spesifikasi Arduino Pro Micro.

**Tabel 2.** Spesifikasi Arduino Pro Micro

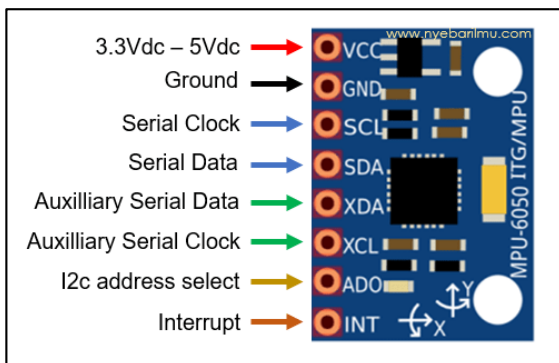
Nama	Deskripsi
Operating Voltage	5V
Digital I/O Pins	14
Analog Input Pins	6
Flash Memory	32 KB
Clock Speed	16 MHz
Panjang	33 mm
Lebar	18 mm
Tinggi	13 mm

Sumber: Arduino, 2020

Dengan Ukuran Arduino Pro Micro tersebut, masih sesuai dengan ukuran yang disyaratkan dari prototipe.

Komponen yang digunakan untuk sensor yang disyaratkan dalam dokumen Requirement User adalah Sensor Vibrasi. Dari 3 Transduser yang dimiliki Sensor Vibrasi. Peneliti menggunakan Sensor Vibrasi jenis Acclerometer. Pertimbangan peneliti memilih menggunakan

Accelerometer adalah sesuai penelitian yang dilakukan oleh Bar-David pada tahun 2013 untuk menghasilkan Weapon Shoot Counter dengan menggunakan Accelerometer. Komponen Sensor Vibrasi Accelerometer yang digunakan dalam penelitian ini adalah MPU6050. MPU6050 merupakan jenis sensor *Inertial Measurement Unit (IMU) Sensor*. Ini artinya 2 Jenis sensor Accelerometer dan Gyroscope dikemas jadi 1 modul MPU-6050.



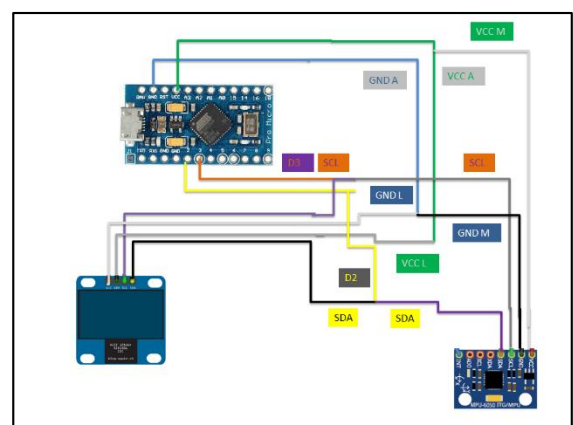
**Gambar 2.** Sensor MPU6050  
 Sumber: Mumun, 2019

MPU-6050 memiliki ukuran 22 x 17 x 5 mm, Sehingga masih masuk toleransi ukuran dari Prototipe yang dikembangkan. Dikarenakan ukurannya yang harus kecil, maka peneliti menggunakan OLED 0.96 inch 128x64 untuk menampilkan data pengukuran.

## Perancangan Prototipe

Setelah Analisa komponen-komponen yang akan digunakan dalam pengembangan prototipe dan terverifikasi oleh user sesuai dengan yang tertulis di Dokumen Requirement User. Peneliti mulai melakukan Perancangan Prototipe Penghitung Jumlah Tembakan. Perancangan Rangkaian Prototipe diverifikasi oleh user terlebih dahulu sehingga meminimalisir kesalahan Pengembangan di tahap selanjutnya (Makersbox, .

Tahapan Perancangan dari Prototipe terdiri dari perancangan Hardware dan Perancangan Software. Perancangan Hardware terdiri dari Perancangan Rangkaian dari prototipe dapat dilihat pada gambar



**Gambar 3.** Rangkaian Elektronik Prototipe  
 Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Perancangan Software adalah tahapan menuliskan program dan perintah melalui Arduino IDE dan kemudian melakukan compile program kedalam Arduino Prototipe (Sumanto, 2016). Structure code yang utama digunakan pada arduino adalah pemanggilan library, fungsi setup() dan loop(). Dalam penelitian ini, Bagian yang dilakukan optimasi adalah bagian penghitung jumlah tembakan.

```

if (ax<-2000){
  n_tembakan++;
  Serial.print("Tembak.....");Serial.println(n_tembakan);
}

u8g.firstPage();
tampil_led = n_tembakan;
do {
  draw();
} while( u8g.nextPage() );

display.display();
delay(2);

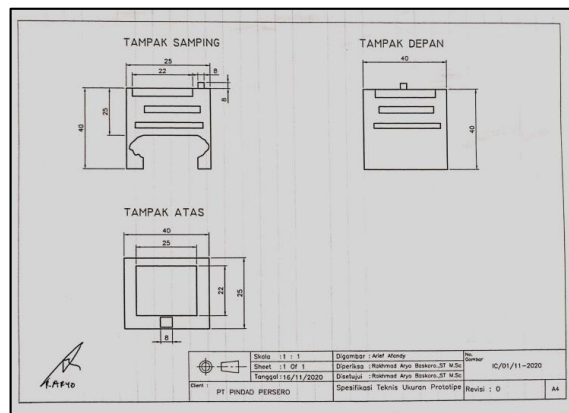
```

**Gambar 4.** Perancangan Software Arduino Prototipe  
 Sumber: Diolah Peneliti, 2021

**Implementasi Prototipe**

Setelah proses perancangan software dan hardware prototype. Maka rangkaian akan dikemas dalam sebuah casing yang terbuat dari bahan plastik. Casing ini berukuran 48 x 25 x 30 mm. Ukuran ini berhasil mereduksi rangkaian yang awalnya dirangkai di protoboard berukuran 250 x 100 mm, dapat direduksi kedalam pcb yang berukuran 40 x 20 mm sehingga rangkaian dapat masuk kedalam casing. Untuk desain casing prototipe

telah divalidasi oleh user dalam dokumen spesifikasi Teknis Ukuran Prototipe.



**Gambar 5.** Desain Spesifikasi Kemasan Prototipe  
 Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Dari dokumen tersebut, peneliti menerapkan desain tersebut dalam ukuran sebenarnya. Akan tetapi disebabkan ukuran yang masih panjang dan terlalu ekstrim melakukan solder pada kotak yang begitu kecil, maka ada bagian dari microcontroller yang muncul keluar. Bagian yang berada diluar ini berfungsi sebagai port kabel usb tempat daya listrik. Untuk bentuk implementasi pengemasan rangkaian dapat dilihat pada gambar dibawah ini

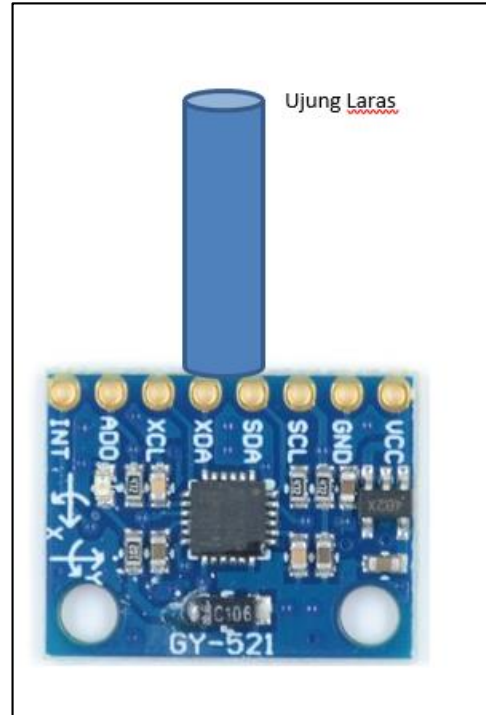


**Gambar 6.** Tampak Atas prototipe Penghitung Jumlah Tembakan  
*Sumber: Diolah Peneliti, 2021*



**Gambar 7.** Tampak Samping prototipe Penghitung Jumlah Tembakan  
*Sumber: Diolah Peneliti, 2021*

Prototipe akan di implementasikan dan diletakan di Picatiny Rail Senjata SS2. Picatiny Rail adalah Bantalan Rel yang berada di Senjata dan berfungsi meletakan akasesoris aksesoris senjata seperti teleskop. Dengan meletakan Prototipe di Picatiny Rail, Tidak akan mengganggu fungsi dari senjata. Penempatan Posisi Sensor MPU-6050 sangat mempengaruhi pembacaan dari Acceleration dan gyroscope (Feriadi, 2017). Untuk Penempatan posisi dari Sensor MPU-6050 dapat dilihat pada gambar 8



**Gambar 8.** Posisi peletakan sensor MPU6050  
*Sumber: Diolah Peneliti, 2021*

Pada MPU-6050 terdapat arah pembacaan sumbu x dan sumbu y. Dimana arah sumbu x searah dengan ujung laras dan sumbu y tegak lurus dengan ujung laras.

### **Pengujian Prototipe**

Protoype yang siap digunakan, sekarang akan digunakan untuk mengambil data getaran saat menembakan peluru. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 30 Desember 2020 di Lorong Tembak PT Pindad Bandung dengan menggunakan Senjata Pindad SS2-V1 yang sudah dimodifikasi dengan Picatiny-Rail. Sensor



diletakan diatas picatiny rail dengan posisi pin seperti ditunjukkan gambar 8.

Pengujian Prototipe dilakukan dalam Kondisi Senjata Ditahan dengan mounting. Kondisi ini yang paling mudah di atur dibandingkan dengan kondisi Senjata dipegang dengan 2 tangan tanpa

ditahan mounting. Pengujian dilakukan dengan 2 variasi jenis tembakan, yaitu tembakan Berikut Hasil Pengukuran Getaran Tembakan Single-Shoot dan Tembakan Rentetan. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Percepatan (a) dan Gyroscope (G) pada tembakan Single-Shot

Iterasi ( $200 \times 10^{-3} \text{ s}$ )	Ax (g)	Ay (g)	Az (g)	Gx ( $^{\circ}/\text{s}$ )	Gy ( $^{\circ}/\text{s}$ )	Gz ( $^{\circ}/\text{s}$ )	Suara	Tembakan
...	...	...	...	...	...	...	...	
1	-29308	13232	32767	-4852	3461	2611	42	1
2	2472	1648	17036	671	-53	85	56	
...	...	...	...	...	...	...	...	
10	648	1328	16400	358	9	76	54	
11	536	1256	16408	329	53	153	54	
12	-3208	3272	14032	-769	174	399	47	2
13	-336	392	16380	249	15	128	48	
...	...	...	...	...	...	...	...	
26	808	1588	16444	322	25	145	56	
27	684	1524	16396	310	58	93	55	
28	-1372	724	16684	116	102	97	59	
29	-548	1148	16000	368	27	108	49	
...	...	...	...	...	...	...	...	
45	496	916	16304	321	23	93	53	
46	1200	1284	16592	421	8	108	59	

Sumber: Diolah Peneliti, 2021

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Percepatan (a) dan Gyroscope (G) pada tembakan Rentetan

Iterasi ( $200 \times 10^{-3} \text{ s}$ )	Ax (g)	Ay (g)	Az (g)	Gx ( $^{\circ}/\text{s}$ )	Gy ( $^{\circ}/\text{s}$ )	Gz ( $^{\circ}/\text{s}$ )	Suara	Tembakan
...	...	...	...	...	...	...	...	
5	540	1412	16260	325	23	72	56	
6	516	1508	16240	395	1	98	55	
7	520	1376	16272	360	40	61	55	
8	-21108	32767	-4400	-5108	-609	-2627	86	1
9	-32768	6288	-32768	913	10225	-5596	45	2
10	-4264	-1444	16900	-356	488	19	773	3

Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Dikarenakan setiap tembakan akan menghasilkan hentakan kebelakang sesuai dengan hukum Newton ke 3. Maka peneliti menggunakan data percepatan searah sumbu x saja untuk mengetahui nilai pembacaan jumlah tembakan.

Peneliti menggunakan pembatasan nilai pembacaan percepatan sumbu x adalah – 2000 g. Ini berarti ketika nilai pembacaan  $a_x$  melebihi -2000 g, maka akan terbaca sebagai 1 tembakan.

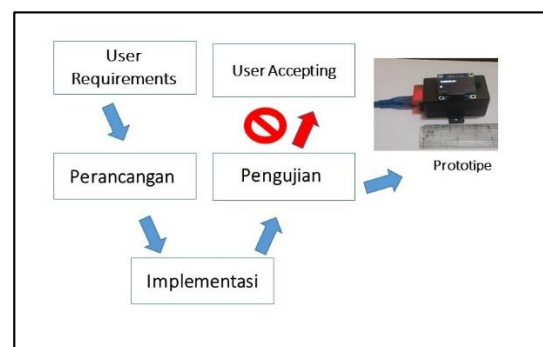
Pada Penembakan Single-Shoot, Peneliti Menggunakan 5 Butir Peluru dan dari hasil Pembacaan Prototipe dapat membaca 2 Tembakan. Sedangkan pada Tembakan Rentetan dari 10 Peluru pada prototipe membaca tembakan sebanyak 3 butir. Ini menandakan bahwa Prototipe memiliki Ketelitian Pembacaan 40 % pada Tembakan Single-Shoot dan 30 % Pada pembacaan Tembakan Rentetan.

### Accepting Prototipe

Pada Tahapan Accepting Prototipe, Prototipe dinilai oleh user apakah layak untuk masuk Ketahapan Manufacture / Produksi Massal. Pada Penelitian ini, Prototipe belum lolos pada tahapan User Accepting. Hal ini disebabkan Prototipe masih memiliki Ketelitian yang rendah yaitu 40% untuk tembakan Single-Shoot

dan 30% untuk Rentetan. Padahal untuk peralatan militer, disyaratkan memiliki ketelitian 95%.

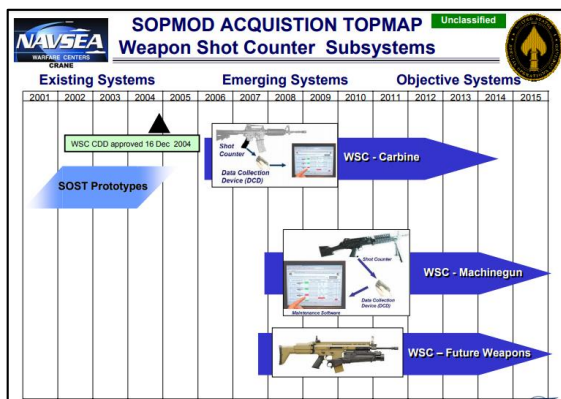
Ketelitian ini dapat ditingkatkan dengan 2 cara, yaitu dengan mengatur nilai batas pembacaan  $a_x$  sehingga optimal dan meningkatkan delay dari  $200 \times 10^{-3}$  s menjadi 1 ms atau  $1 \times 10^{-3}$  s.



**Gambar 9.** Hasil Pengembangan Penghitung Jumlah Tembakan dengan v-model  
Sumber: Diolah Peneliti, 2021

Dengan Hasil ketelitian Kecil, maka Prototipe ini masih belum disetujui oleh user sehingga tidak Lolos pada Tahap User Accepting. Untuk mendapatkan Prototipe Penghitung Jumlah Tembakan yang baik diperlukan waktu penelitian dan pengembangan yang panjang. NAVSEA dalam mengembangkan Prototipe Weapon Shot Counter memerlukan waktu 4 tahun dari 2001 hingga 2004. Gambar 10 merupakan Timeline pengembangan Weapon Shot Counter dari NAVSEA. Untuk mendapatkan Hasil

yang lebih baik, dapat menggunakan sensor vibrasi yang lebih sensitif. Dan diperlukan pengujian penembakan yang lebih banyak.



**Gambar 10.** Timeline Pengembangan Weapon Shot Counter NAVSEA  
Sumber: Jones, 2006

## Kesimpulan Rekomendasi dan Pembatasan

Telah dihasilkan Prototipe penghitung jumlah tembakan senapan serbu secara otomatis dengan menggunakan sensor getaran MPU6050, dan Microcontroller Arduino Pro Micro. Pengembangan prototype dilakukan dengan menggunakan V-Model yang memiliki tahapan User-Requirement, Perancangan, Implementasi, Pengujian, dan User Accepting.

Dalam Pengembangan V-Model, Prototipe belum lolos pada tahapan Accepting User dikarenakan Pada pengujian Tembakan Single-Shot memiliki

ketelitian 30% dan Tembakan Rentetan memiliki ketelitian 40%. Ketelitian yang kecil ini dapat di perbaiki dengan pemilihan Komponen Sensor Vibrasi yang lebih sensitif.

## Daftar Pustaka

- Allsop, Derek. 1997. *Brassey's Essential Guide to Military Small Arms. Design Principles and Operating Meethods.* Brassey's (UK) Ltd
- Arduino. 2020. *What Is Arduino.* diunduh rabu 3 September 2020 jam 12.37 WIB. <https://www.arduino.cc/>
- Bar-David A. 2013. Yuval Spector. "System and method for automated gun shot measuring". Patent US8571815 B2; Oct 29, 2013
- Feriadi, Indra. 2017. "Analisis Sistem Pengukuran Getaran MEMS Accelerometer ADXL345". *Jurnal Manutech* 2017
- Gagar, Daniel & P. Foote . 2015. "Automated Shot Counter System for Through-life Support of Target Rifles". *Cranfield University*
- Jones, Michael H. 2006. "Weapon Shot Counter (WSC) Development". *National Defense Industria lAssociation Small Arms Symposium: NAVSEA Warefare Centers Crane*
- MakersBox. "Arduino for Nerf: Chronograph and Shot Counter". <https://www.instructables.com/id/Arduino-for-Nerf-Chronograph-and-Shot-Counter/>, diakses pada 3 September 2020 jam 12.37 WIB

Mumun. 2019. "Arduino and MPU6050 Accelerometer and Gyroscope Tutorial".

<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-and-mpu6050-accelerometer-and-gyroscope-tutorial/>

Sumanto, Budi. 2016. Purwarupa Sistem Monitoring Getaran Rotating Equipment Dengan Sensor MPU 6050. Journal Amplifier Vol. 6 No. 2, Mei 2016