



## ANALISA PERBANDINGAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS ANTARA PENA PEMUKUL SS1-V1 BUATAN PINDAD DENGAN M16-A1 BUATAN AMERIKA

Suhendro Oktosatrio<sup>1</sup>, Sugihandoko<sup>2</sup>, Taufan TjandraKusuma<sup>3</sup>

Teknik Mesin Pertahanan. Akademi Militer<sup>1,2,3</sup>

[suhendrooktosatrio@nikmesinhan.akmil.ac.id](mailto:suhendrooktosatrio@nikmesinhan.akmil.ac.id), [sugihandoko@nikmesinhan.akmil.ac.id](mailto:sugihandoko@nikmesinhan.akmil.ac.id),

[taufantjandrakusuma@nikmesinhan.akmil.ac.id](mailto:taufantjandrakusuma@nikmesinhan.akmil.ac.id)

### Abstract

*This research analyzes the differences in physical and mechanical properties between the firing pin of the SS1-V1, manufactured by Pindad, and the firing pin of the M16-A1, manufactured in the United States. The main focus is to determine the cause of frequent damage to the SS1-V1 firing pin, while the M16-A1 firing pin does not experience similar issues. Testing included hardness tests, microstructure analysis, and material composition analysis, showing that although both pins have similar material structures, there are significant differences in composition and design. As a result, the author recommends changes in the composition, structure, and design of the SS1-V1 firing pin to make it stronger and more durable.*

**Keywords:** firing pin, SS1-V1, M16-A1, physical properties, mechanical properties, composition, design, strength, durability.

### Abstrak

Penelitian ini menganalisis perbedaan sifat fisis dan mekanis antara pena pemukul SS1-V1 buatan Pindad dan pena pemukul M16-A1 buatan Amerika. Fokus utama adalah untuk mengetahui penyebab seringnya kerusakan pada pena pemukul SS1-V1, sedangkan pena pemukul M16-A1 tidak mengalami masalah serupa. Pengujian meliputi uji kekerasan, struktur mikro, dan komposisi material, menunjukkan bahwa meskipun kedua pena memiliki struktur material yang sama, terdapat perbedaan signifikan dalam komposisi dan desain. Hasilnya, penulis merekomendasikan perubahan pada komposisi, struktur, dan desain pena pemukul SS1-V1 agar lebih kuat dan tahan lama.

**Kata kunci:** pena pemukul, SS1-V1, M16-A1, sifat fisis, sifat mekanis, komposisi, desain, kekuatan, tahan lama.

## PENDAHULUAN

Taruna Akademi Militer, sebagai calon pemimpin TNI AD di masa depan, harus memiliki berbagai keterampilan, termasuk kemampuan menembak, baik menembak tepat, tembak tempur, maupun tembak reaksi menggunakan senapan seperti SS1-V1 buatan Pindad dan M16-A1 buatan Amerika. Keterampilan ini sangat penting bagi mereka sebagai calon Perwira dan Komandan Peleton yang akan memimpin prajurit dengan kemampuan menembak yang beragam. Namun, pelatihan menembak yang optimal memerlukan dukungan senapan yang berkualitas dan akurat, karena kondisi senapan yang tidak baik akan mempengaruhi hasil latihan dan menutupi kemampuan asli Taruna. Di lapangan, sering kali senapan yang digunakan oleh Taruna memiliki kondisi yang tidak seragam, dengan beberapa mengalami masalah seperti magazen longgar, macet, kelongsong yang tidak keluar sempurna, hingga pena pemukul patah, terutama pada senapan SS1 yang lebih sering mengalami kerusakan dibandingkan M16-A1. Pena pemukul, sebagai komponen penting dalam persenjataan, berperan krusial dalam menembakkan munisi, dan ketika terjadi kerusakan, akan sangat mempengaruhi kinerja senapan dan latihan menembak Taruna. Keadaan ini menunjukkan bahwa perbaikan dan pemeliharaan senapan sangat penting agar pelatihan menembak berjalan maksimal, mendukung peningkatan kemampuan menembak Taruna Akademi Militer.

## LANDASAN TEORI

Senapan adalah senjata laras panjang yang digunakan oleh militer dan penegak hukum, dirancang untuk mencapai jarak tembak yang jauh dan akurat dibandingkan pistol. Dengan kamar terpisah dari laras dan dilengkapi magazen untuk peluru, senapan memiliki desain khusus, termasuk laras panjang dan popor yang mendukung stabilitas saat digunakan. Di Indonesia, senapan yang umum digunakan oleh TNI AD adalah senapan SS1 buatan Pindad dan M16 A1 buatan Amerika. Terdapat variasi senapan dengan laras pendek untuk pertempuran jarak dekat, serta senapan khusus untuk sniper yang memiliki kaliber besar dan teropong canggih, memungkinkan mereka untuk menembak sasaran jauh dengan presisi tinggi.





## Senapan M16A1



Gambar 1. Senapan M16

Senapan M16A1 adalah senjata buatan Amerika yang menggunakan munisi kaliber 5,56 mm. Dengan panjang total 1.006 mm dan laras sepanjang 20 inci, senapan ini memiliki berat 7,8 lb (3,5 kg) tanpa magasen dan 8,79 lb (4,0 kg) dengan magasen penuh yang berisi 30 butir peluru. Senapan ini menggunakan sistem gas-operated dengan rotating bolt, dan dapat menembak secara semi-otomatis maupun otomatis. Jarak tembak efektifnya mencapai 550 m, dengan maksimum 3.534 m. Kecepatan awal peluru adalah 3.110 ft/s (948 m/s), dan kecepatan tembaknya bervariasi antara 12-15 peluru per menit secara berkelanjutan, hingga 700–950 peluru per menit secara siklis.

Komponen utama senapan M16A1 meliputi kas atas dan laras, rangkaian pemukul, kas bawah, rangkaian picu, dan popor, serta magasen yang terdiri dari lima bagian, yaitu rumah peluru, plat dasar, pegas pengantar peluru, plat peneguh, dan pengantar peluru.

## Senapan Serbu (SS)



Gambar 2. Senapan SS1 V1

Senapan Serbu (SS) adalah senjata serbu yang dikembangkan oleh PT PINDAD dari proyek lisensi senjata FNC FNH (Fabrique Nationale Herstal, Belgia) yang juga terlibat dalam pembuatan M-16 Amerika Serikat. SS lebih maju dibandingkan senjata sebelumnya, memenuhi standar NATO, dan mengaplikasikan teknologi balistik baru dengan bentuk ulir dalam laras yang meningkatkan akurasi.

Melalui lisensi dengan FN Herstal, PT PINDAD belajar tentang karakteristik senjata, memungkinkan mereka untuk membandingkan desain dengan M-16. SS1, berkaliber 5.56 mm, kini menjadi salah satu senjata organik TNI, mampu beroperasi dalam mode semi atau fully automatic dengan akurasi optimal hingga 600 meter. Berat senapan ini sekitar 4,71 kg kosong dan 5,07 kg saat terisi penuh, serta memiliki dampak dan kebisingan yang minimal.

Proses produksi SS1 menuntut spesifikasi tinggi agar dapat dioperasikan dalam berbagai posisi dengan akurasi tembakan yang baik. Adaptasi desain dilakukan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan TNI, menghasilkan versi SS1 1, 2, 3, dan 5.

## Cara Kerja Senapan

Proses kerja senapan terdiri dari delapan gerakan berurutan yang terjadi saat senjata ditembakkan. Berikut adalah ringkasan dari delapan gerakan tersebut:

1. **Gerakan Pengisian (Feeding):** Menempatkan peluru di dalam ekor senapan, dapat





- dilakukan secara manual, menggunakan magasen, tromol, atau rantai.
2. **Gerakan Pemasukan (Chambering):** Penutup bergerak maju untuk mendorong peluru ke dalam kamar senapan hingga rapat.
  3. **Gerakan Penguncian:** Menempatkan penutup sehingga rapat dengan kamar, menahan tekanan gas dari dalam laras. Ini bisa dilakukan dengan berbagai mekanisme penguncian seperti penguncian tetap, beban, putar, sayap, engsel, dan blok.
  4. **Gerakan Penembakan (Firing):** Penarikan penarik yang menyebabkan pemukul memukul pena pemukul dan memicu letusan.
  5. **Gerakan Pembukaan Penguncian:** Menggerakkan penutup agar tidak terkunci lagi, bisa dilakukan secara manual atau otomatis menggunakan tekanan gas.
  6. **Gerakan Penarikan Kelongsong:** Saat penguncian terbuka, penggait menarik kelongsong keluar dari kamar.
  7. **Gerakan Pelemparan Kelongsong:** Kelongsong yang ditarik akan mengenai pelempar kelongsong dan terlempar ke samping.
  8. **Gerakan Penegangan:** Gerakan kebelakang pembawa penutup menegangkan pegas dan mempersiapkan peluru untuk tembakan berikutnya.

#### Cara Kerja Semi Otomatis

1. Setelah tembakan pertama, penarik masih ditarik.
2. Saat gerak kebelakang selesai, pembawa penutup bergerak ke depan, mendorong pengumpul penarik.
3. Ketika penarik dilepas, tuas penarik menurunkan pal tembak, membebaskan pemukul untuk tembakan selanjutnya.

#### Pena pukul.



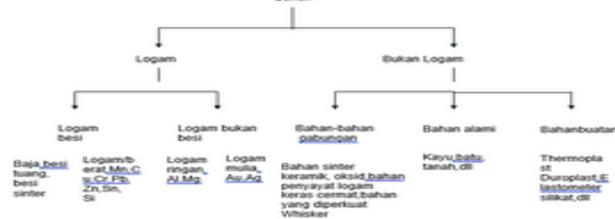
Gambar 3. Pena Pemukul

Pena pemukul adalah alat pada senjata yang memukul penggalak untuk menghasilkan tembakan, kecuali pada senjata berbasis listrik. Ada beberapa jenis pena pemukul:

- a. Pena pemukul tetap (Fixed firing pin): Terintegrasi dengan penutup tanpa pegas, umumnya digunakan pada pistol mitraliur dengan sistem blow back.
- b. Pena pemukul terus menerus (Continuous firing pin): Berfungsi untuk penegangan, pemukulan, dan pengendoran kembali, contohnya pada revolver dan mortir.
- c. Pena pemukul bergerak bebas (Free floating firing pin): Dapat dipisahkan tanpa pegas, bergerak bebas.
- d. Pena pemukul inersia (Inertia firing pin): Dapat dipisahkan, memiliki pegas yang menekan pena pemukul, muncul saat ada pemukul, contohnya pada pistol P-1 dan P-2 Pindad serta pistol M1911A1.
- e. Pena pemukul perkusi (Percussion firing pin): Dapat dibongkar, dilengkapi pegas, dan memukul penggalak secara langsung, contohnya pada SMR M60.
- f. Peralatan tembak listrik (Electric firing mechanism): Menghasilkan tembakan melalui aliran listrik secara mekanik atau kimia saat penarik ditarik.

Pena pemukul pada senapan terbuat dari baja, yang merupakan alloy utama besi dengan

karbon. Karbon berfungsi sebagai agen penguat, mencegah pergeseran atom besi dalam lattice. Kualitas baja dapat dikontrol dengan memvariasikan jumlah karbon dan komposisi alloy. Baja dengan kadar karbon hingga 5,1% dianggap sebagai baja, sedangkan yang lebih tinggi disebut besi. Selain itu, ada kelas baja yang menggunakan material alloy lain, di mana keberadaan karbon tidak diinginkan. Baja juga sering digunakan sebagai bahan pelapis rompi anti peluru.



Gambar 4. Garis Besar Bahan Teknik

### Bahan Teknik

Penemuan baja dimulai sejak zaman kuno ketika teknik peleburan logam berkembang di Mesir pada 3000 SM dan pembuatan perhiasan besi sudah ada sebelumnya. Pada 1000 SM, Yunani memperkenalkan heat treatment untuk penguatan besi. Pada abad ke-14, teknik pemaduan menciptakan besi tempa melalui proses reduksi bijih besi dengan arang dalam tungku, menghasilkan sponge iron dengan slag. Pengrajin belajar membuat baja dengan memanaskan besi tempa dan arang dalam boks tanah liat untuk meningkatkan kadar karbon. Pada masa modern, pembuatan baja dilakukan di blast furnace yang dikembangkan oleh Sir Henry Bessemer pada 1855, dan sejak 1960 mini mills mulai memproduksi baja dari besi bekas. Besi dapat diolah menjadi berbagai produk, seperti besi tuang, baja konstruksi, dan baja tuang.

### Proses pembuatan baja

Baja adalah bahan yang mudah dibentuk dan memiliki banyak kegunaan. Jenis baja bervariasi berdasarkan kekuatan, kekerasan, keuletan, kemampuan las, dan daya tahan karat. Baja dibuat dari besi mentah, seperti besi kasar, besi kasar putih (mengandung 5%-30% Mn dan 3%-4,5% C), dan besi kasar kelabu (mengandung 1%-3% Si dan 3% C). Proses pembuatan baja melibatkan metode asam atau basa, tergantung pada kandungan fosfor dan sulfur. Proses asam digunakan untuk memurnikan besi dengan kandungan fosfor rendah, sedangkan proses basa digunakan untuk besi dengan kandungan fosfor tinggi. Baja diproduksi di dapur pengolahan baja dari besi kasar, besi bekas, dan logam paduan.

### Proses Konverter.

Proses konverter digunakan untuk pembuatan baja, dengan konverter terbuat dari pelat baja yang dilapisi batu tahan api dan memiliki pipa berlubang di bagian bawah untuk menghembuskan udara. Konverter dapat diputar untuk memasukkan bahan baku dan mengeluarkan hasil.

### Sistem kerja:

1. Dipanaskan dengan kokas hingga  $\pm 1500^{\circ}\text{C}$ .
2. Dimiringkan untuk memasukkan bahan baku baja ( $\pm 1/8$  dari volume konverter).
3. Ditegakkan kembali.
4. Udara bertekanan 1,5-2 atm dihembuskan.
5. Setelah 20-25 menit, konverter dijungkirkan untuk mengeluarkan baja.

**Proses Bessemer (asam):** Dalam proses ini, besi kasar kelabu yang kaya silikon dan rendah fosfor diolah dalam konverter dengan lapisan batu tahan api dari kuarsa asam ( $\text{SiO}_2$ ). Fosfor tidak dapat direduksi tanpa batu kapur, dan jika tidak diolah dengan benar, fosfor dapat merusak lapisan konverter. Proses ini cocok untuk besi dengan kandungan silikon sekitar 1,5-2%.

**Proses Thomas** adalah metode pembuatan baja dalam konverter yang dilapisi dolomit ( $\text{CaCO}_3 +$

MgCO<sub>3</sub>), disebut proses basa. Proses ini mengolah besi kasar putih yang kaya fosfor (1,7-2%) dan rendah silikon (0,6-0,8%). Udara dihembuskan ke besi cair, mengoksidasi silikon, mangan, fosfor, dan karbon. Terak terbentuk dengan penambahan batu kapur, kemudian baja cair diproses lebih lanjut.

**Proses Siemens Martin** menggunakan tungku terbuka dengan bahan bakar gas atau minyak, menghasilkan baja karbon sedang dan rendah. Tungku mencapai suhu 900-1.200°C. Besi kasar dan baja bekas dicairkan, karbon direduksi dengan bijih besi atau serbuk besi, dan baja cair dipisahkan dari terak. Proses ini memakan waktu sekitar 12 jam, dan terak basa dapat digunakan sebagai pupuk.

**Proses Dapur Listrik.** Dapur listrik khusus digunakan untuk mengolah baja, menghasilkan baja listrik. Proses ini memanfaatkan arus listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan muatan, baik dalam bentuk padat maupun cair, dengan suhu tinggi melalui busur cahaya electrode dan induksi listrik.

Keuntungan:

1. Mampu mencapai temperatur tinggi dengan cepat.
2. Temperatur dapat diatur dengan presisi.
3. Efisiensi termal tinggi.
4. Cairan besi terlindungi dari kotoran dan pengaruh lingkungan, sehingga kualitasnya baik.
5. Kerugian akibat penguapan minimal.

**Proses Dapur Kopel.** Dapur kopel digunakan untuk mengolah besi kasar kelabu dan besi bekas menjadi baja atau besi tuang. Prosesnya meliputi:

1. Pemanasan pendahuluan untuk menghilangkan uap cair.
2. Menyalakan bahan bakar (arang kayu dan kokas) selama ± 15 jam.
3. Menghembuskan kokas dan udara dengan kecepatan rendah hingga mencapai kedalaman 700–800 mm dari dasar tungku.
4. Memasukkan 10–15% besi kasar dan baja bekas.
5. Baja cair dikeluarkan setelah 15 menit melalui lubang pengeluaran.

Gas CO yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk pembangkit mesin lain.

### Proses Dapur Cawan

Proses dapur cawan dimulai dengan memasukkan baja bekas dan besi kasar ke dalam cawan, lalu ditutup rapat. Gas panas dimasukkan untuk memanaskan cawan, mencairkan muatan. Baja cair kemudian siap dituang untuk dijadikan baja istimewa dengan menambahkan unsur paduan yang diperlukan.

### Komposisi Kimia Baja

Baja adalah besi (Fe) dengan tambahan unsur karbon (C) hingga 1,67%. Kadar karbon yang lebih tinggi mengakibatkan:

1. Kuat leleh dan kuat tarik meningkat.
2. Keliatan berkurang.
3. Kesulitan dalam pengelasan.

Penambahan unsur seperti Mangan (Mn), Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Nikel (Ni), dan tembaga (Cu) meningkatkan kekuatan baja tanpa mengorbankan keuletan.

### Faktor yang Mempengaruhi Sifat Baja

1. **Struktur Mikro:** Kristal Fe dan C menyusun struktur mikro yang meliputi ferit, perlit, dan sementit.
2. **Ukuran Butir:** Penghalusan butir meningkatkan kuat leleh, keuletan, dan keliatan.
3. **Endapan Antar Butiran:** Unsur seperti timah (Sn), antimon (Sb), dan arsen (As) dapat



menurunkan keuletan.

4. **Kandungan Unsur Non-logam:** Gas terlarut seperti Oksigen (O) dan Nitrogen (N) dapat menyebabkan sifat getas.
5. **Sifat Tahan Panas dan Korosi:** Baja tahan karat biasanya mengandung Chromium lebih dari 12%. Tipe-tipe baja tahan karat meliputi martensit, ferit, dan austenit, masing-masing sesuai untuk lingkungan yang berbeda.

Baja tahan panas berfungsi pada suhu tinggi (hingga 650°C) dengan kandungan karbon yang lebih tinggi.

### **Pengujian Yang Akan Dilaksanakan**

#### **Uji kekerasan.**

Uji kekerasan adalah metode untuk mengukur ketahanan suatu bahan terhadap penetrasi oleh material lain, yang terbagi dalam tiga jenis: kekerasan goresan, lekukan, dan pantulan. Pada logam, kekerasan lekukan adalah yang paling sering digunakan. Dua metode yang umum adalah Uji Kekerasan Brinell dan Vickers. Uji Brinell melibatkan penekanan bola baja berdiameter 10 mm atau paduan karbida tungsten pada permukaan material dengan beban hingga 3000 kg, tergantung pada kekerasan material, dan mengukur diameter lekukan menggunakan mikroskop. Uji Vickers menggunakan piramida intan dengan sudut 136 derajat antara permukaan, diukur dengan mikroskop untuk menghitung kekerasan Vickers (VHN) menggunakan rumus  $VHN = 1,854P/D^2$ , di mana P adalah beban yang diberikan, dan D adalah diagonal lekukan. Permukaan benda uji harus bersih, sejajar, dan rata untuk memastikan pengukuran yang akurat.

#### **Uji metalografi.**

Pengujian metalografi dilakukan untuk mengamati struktur mikro spesimen yang bertujuan mendukung hasil pengujian kekerasan Vickers. Dalam pengujian ini, sisa potongan dari benda uji tarik diamati menggunakan mikroskop metalurgi dengan berbagai tingkat perbesaran, seperti 50, 100, 200, 500, dan 1250 kali, guna mengetahui ukuran dan bentuk butir serta distribusi atom logam. Sebelum pengamatan, benda uji harus dipersiapkan dengan proses grinding, polishing, dan etching. Grinding dilakukan untuk menghaluskan permukaan menggunakan kertas ampelas dari yang kasar hingga halus. Polishing dilakukan untuk membuat permukaan mengkilap menggunakan autosol dan bubuk alumina, diikuti dengan proses etching menggunakan larutan HNO<sub>3</sub> 2,5% untuk mengungkap struktur mikro. Setelah selesai, permukaan yang sudah bersih dan mengkilap diperiksa dan dipotret dengan mikroskop di laboratorium, biasanya menggunakan perbesaran 500 kali.

#### **Uji komposisi.**

Uji komposisi adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui bahan penyusun yang terkandung dalam spesimen, yang penting untuk menentukan sifat-sifat fisik logam tersebut. Data komposisi ini mendukung analisis metalografi dan struktur mikro benda uji, serta membantu dalam menarik kesimpulan. Setelah pemotongan, benda uji dipasang padaudukan menggunakan mesin mounting, kemudian permukaannya dihaluskan dengan kertas ampelas dari kekasaran 120 hingga 1200, sama seperti pada proses penghalusan untuk struktur mikro. Setelah siap, benda uji diletakkan padaudukan alat uji yang dikenal sebagai spektrumeter, untuk analisis lebih lanjut.

## **METODE PENELITIAN**

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis struktur material pena pemukul pada senapan SS1 dan M16, serta mengetahui penyebab pena pemukul SS1 lebih mudah patah dibandingkan M16. Dengan data yang diperoleh, faktor-faktor yang memengaruhi kelemahan SS1 akan diidentifikasi, sekaligus kelebihan dan kekurangannya dibandingkan M16. Proses penelitian meliputi pengambilan sampel pena pemukul, penentuan lokasi penelitian, jenis pengujian, alat ukur yang digunakan, serta prosedur penelitian.





## Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada diagram di bawah ini :



Gambar 5. Diagram Alir

## Alat dan Bahan

- a. Alat yang digunakan
  - 1) MacroHardness Vickers tester merk Shimadzu tipe 340 – 4930.
  - 2) Mikroskop optic logam merk Olympus type PME 3
  - 3) Spektrometer
- b. Bahan. Baja yang terdapat pada pena pemukul dari senapan SS1-V1 buatan pindad dan M16-A1 buatan Amerika.

## Pengambilan Data

a. Uji Komposisi. Mengetahui komposisi material yang terkandung dalam suatu logam sangat diperlukan di dalam upaya penentuan sifat-sifat fisis logam tersebut. Dengan data komposisi material pendukung yang diperoleh, maka akan mendukung analisis metalografi dan struktur mikro benda uji, sekaligus untuk mendapatkan kesimpulan pada hal yang sama.

- 1) Persiapan Benda Uji. Langkah-langkah persiapan yang dilakukan untuk benda uji komposisi material adalah sebagai berikut :
  - a) Setelah pemotongan, benda uji diberi dudukan dengan cara memasang *mounting* dengan *mounting machine*.
  - b) Penghalusan permukaan benda uji dilakukan dengan cara yang sama dengan penghalusan permukaan benda uji struktur mikro, yakni menggunakan amplas dari kekasaran 120 hingga 1200.
- 2) Pelaksanaan Pengujian. Benda uji yang telah disiapkan, kemudian akan diuji dengan meletakkannya pada dudukan yang ada pada alat uji. Alat uji ini disebut dengan *spektrometer*.

b. Uji Struktur Mikro (Metallografi). Adapun langkah-langkah pengujian metallografis dan analisa struktur mikro ini adalah sebagai berikut :

- a) Memasang rol film yang telah disiapkan sebelumnya pada kamera.
- b) Memeriksa benda uji dan struktur mikro yang tampak di bawah mikroskop dan pada layar TV yang tersedia.
- c) Menentukan lokasi gambar yang diinginkan dengan cara menggeser-geser benda uji dengan menggunakan dial yang ada.



- d) Mengambil gambar yang dimaksud dengan menggunakan kamera yang telah terpasang pada alat uji tersebut.
- e) Perbesaran yang digunakan dalam pengamatan ini adalah perbesaran 100 X.



Gambar 6. Struktur mikro pena Pemukul M16-A1



Gambar 7. Struktur mikro pena pemukul SS1-V1 sebelum diamati

c. Uji Kekerasan. Kekerasan bahan mengindikasikan ketahanannya terhadap deformasi permanen akibat gaya luar. Uji kekerasan Vickers menggunakan penumbuk berbentuk piramida intan dengan sudut 136°. Nilai Kekerasan Vickers (VHN) dihitung sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Beban pengujian biasanya antara 1 hingga 120 kg, tergantung kekerasan logam. Luasan lekukan diukur dari panjang diagonal dengan mikroskop berperbesaran 100 kali. Untuk hasil akurat, permukaan benda uji harus rata, sejajar, dan bersih. Setelah panjang diagonal diukur, nilai Vickers dihitung menggunakan persamaan khusus.

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{D^2} \quad (1)$$

Atau juga ditentukan dengan persamaan

$$VHN = \frac{1,854 P}{D^2}$$

(George E)

Dimana:

VHN = Harga kekerasan Vickers(kg/mm<sup>2</sup>)

P = Benda yang bekerja pada penetrator intan (kg)

D = Diagonal bekas penekanan penetrator intan (mm)

θ = Sudut antara permukaan piramida yang berhadapan = 136°

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Pembahasan

Analisis terhadap hasil pengujian dapat diawali dengan menentukan jenis bahan logam pembentuk benda uji / specimen. Dengan mengetahui jenis bahan logam benda uji dapat segera terkoreksi dan terevaluasi apabila terjadi penyimpangan dan perbedaan. Identifikasi bahan benda uji merupakan langkah awal dalam analisis dan pembahasan ini.

- a. Uji Komposisi.

Tabel 1. Data pengujian uji komposisi

No	Nama Unsur	Simbol	Komposisi dalam %	
			M16-A1	SS1-V1
1	Karbon	C	1.0362	0.5183

2	Silisium	Si	0,3324	0.3577
3	Belerang/sulfur	S	0,0178	0,0047
4	Phospor	P	0,0095	0,0000
5	Mangan	Mn	0,7848	0.9178
6	Nikel	Ni	0.9686	0.4702
7	Cromium	Cr	1.5174	0.4792
8	Molibdenum	Mo	0,2069	0.2630
9	Tembaga	Cu	0.0478	0.3054
10	Wolfram	W	0,0253	0.0211
11	Titanium	Ti	0,0059	0.0041
12	Timah	Sn	0,0049	0.0113
13	Aluminium	Al	0,0741	0.1099
14	Timbal	Pb	0,0220	0,0271
15	Kalsium	Ca	0,0364	0,0027
16	Seng	Zn	0,0454	0,0196
17	Ferrum	Fe	94.86	96.49
Jumlah Total			100,021	100,021

b. Metalografi ( Struktur Mikro ).

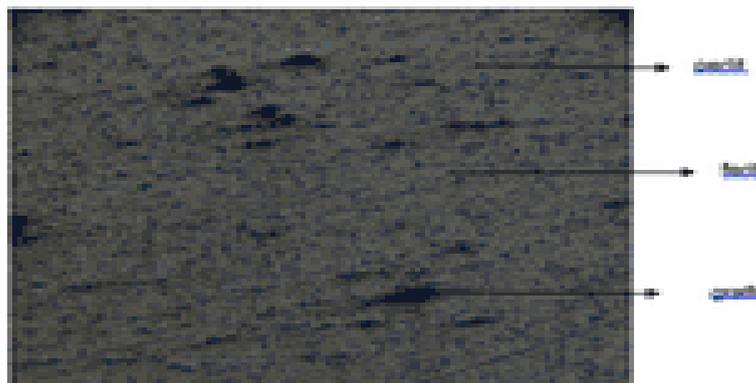
Karbon dalam struktur mikro besi baja dapat berupa karbida besi (sementit) atau grafit. Ferit bersifat lunak dan kenyal, grafit keras namun rapuh, sementara perlit keras tetapi tidak rapuh. Ferit tampak putih, perlit berupa titik-titik hitam, dan grafit adalah titik-titik hitam menggumpal. Struktur dominan dalam besi baja disebut matriks, yang dapat diubah melalui proses pembekuan, pendinginan, dan perlakuan panas. Struktur matriks ini berpengaruh besar terhadap kekerasan dan sifat mekanis besi baja, sehingga tiap jenis besi baja diklasifikasikan berdasarkan struktur matriksnya.

Hasil Pengujian  
 Pengamatan terhadap struktur mikro (metallografi ) pada benda uji pena pemukul senapan SS1 adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Struktur mikro pena Pemukul senapan M16-A1 setelah diamati

Pengamatan terhadap struktur mikro dan metallografi pada benda uji pena pemukul senapan SS1-V1 adalah sebagai berikut :



Gambar 9 Struktur mikro pena pemukul senapan SS1-V1 setelah diamati

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada benda uji pena pemukul senapan SS1-V1 maupun pena pemukul M16-A1, struktur mikro yang terlihat pada kedua pena pemukul adalah sama yaitu struktur mikro perlit. Dari foto struktur mikro menunjukkan struktur mikro perlit lah yang paling dominan. Kita dapat melihat dari gambar hasil pengujian bahwa struktur mikro antara pena pemukul senapan SS1 dan M16 yang mirip, dengan demikian kedua pena pemukul ini akan memiliki sifat yang sama namun memiliki komposisi yang berbeda. Pada hal ini justru pena pemukul milik SS1 lebih keras dibandingkan dengan pena pemukul M16.

c. Komposisi Material

Pengujian komposisi pada pena pemukul senapan SS1 dan M16 menunjukkan bahwa kedua spesimen memiliki unsur-unsur yang hampir sama, termasuk karbon (C), silisium (Si), mangan (Mn), nikel (Ni), khromium (Cr), molibdenum (Mo), wolfram (W), yang berfungsi sebagai penguat dan penambah ketahanan karat. Unsur lain seperti tembaga (Cu), titanium (Ti), dan timah (Sn) berperan dalam meningkatkan keuletan dan kelicinan, serta mengurangi keausan. Unsur merusak seperti sulfur (S) dan fosfor (P) tidak ada. Kadar karbon berkisar 0,5%-1,7%, menunjukkan standar kekerasan dan keuletan yang baik. Patahnya pena pemukul senapan SS1 tidak disebabkan oleh perbedaan komposisi material dengan M16, tetapi oleh variasi kecil dalam kandungannya.

d. Uji Kekerasan.

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan variasi kekerasan di setiap titik uji. Hal ini disebabkan oleh perlakuan panas seperti *flame hardening*, di mana pemanasan hanya dilakukan pada permukaan, sementara bagian dalam tidak terkena panas. Perlakuan ini meningkatkan kekerasan permukaan pena pemukul, sehingga lebih tahan terhadap keausan akibat gesekan.

1) Cara Penghitungan Kekerasan SS1-V1

$$\begin{aligned}
 \text{(a) Diketahui} &= \\
 D1 &= 0.44 \\
 \text{Maka VHN} &= \frac{1,854 \times 30}{0.44^2} \\
 &= 55.62 \\
 &0.1936 \\
 &= 287.293 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{(b) Diketahui} &= \\
 D2 &= 0.46 \\
 \text{Maka VHN} &= \frac{1,854 \times 30}{0.46^2} \\
 &= 55.62 \\
 &= 0.2116 \\
 &= 262.854 \text{ kg/mm}^2 \\
 \text{(c) Diketahui} &= \\
 D3 &= 0.45 \\
 \text{Maka VHN} &= \frac{1,854 \times 30}{0.45^2} \\
 &= \frac{55.62}{0.2025} \\
 &= 274.667 \text{ kg/mm}^2 \\
 \text{(d) Rata-rata} &= \frac{D1 + D2 + D3}{3} \\
 &= \frac{287.293 + 262.854 + 274.667}{3} \\
 &= \frac{824.814}{3} \\
 &= 274.938 \text{ kg./mm}^2.
 \end{aligned}$$

## 2) Cara Penghitungan Kekerasan M16-A1

$$\begin{aligned}
 \text{(a) Diketahui} &= \\
 D1 &= 0.55 \\
 \text{Maka VHN} &= \frac{1,854 \times 30}{0.55^2} \\
 &= \frac{55.62}{0.3025} \\
 &= 183.868 \text{ kg/mm}^2 \\
 \text{(b) Diketahui} &= \\
 D2 &= 0.53 \\
 \text{Maka VHN} &= \frac{1,854 \times 30}{0.53^2} \\
 &= \frac{55.62}{0.2809} \\
 &= 198.006 \text{ kg/mm}^2 \\
 \text{(c) Diketahui} &= \\
 D3 &= 0.54 \\
 \text{Maka VHN} &= \frac{1,854 \times 30}{0.54^2} \\
 &= \frac{55.62}{0.2916} \\
 &= 190.741 \text{ kg/mm}^2 \\
 \text{(d) Rata-rata} &= \frac{D1 + D2 + D3}{3} \\
 &= \frac{183.868 + 198.006 + 190.741}{3} \\
 &= \frac{572.615}{3} \\
 &= 190.972 \text{ kg./mm}^2.
 \end{aligned}$$



Tabel 2. Data pengujian Vickers pena pemukul senapan SS1-V1

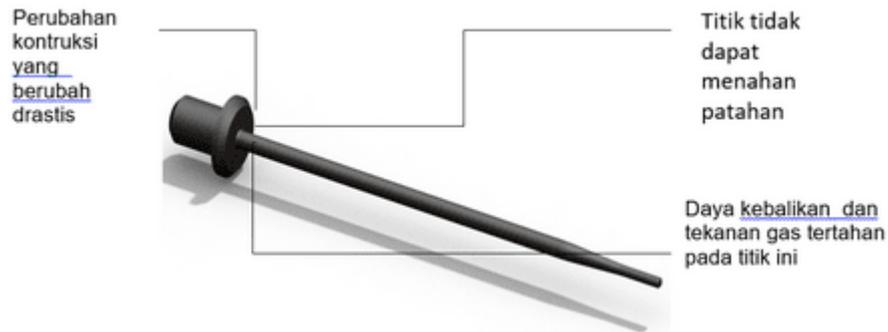
No	Lokasi Pengujian	Kekerasan VHM ( kg/mm <sup>2</sup> )
1	D1	287.293
2	D2	262.854
3	D3	274.667
4	Jumlah	824.816
5	Rata-rata	274.938

Tabel 3. Data pengujian Vickers pena pemukul senapan M16-A1

No	Lokasi Pengujian	Kekerasan VHM ( kg/mm <sup>2</sup> )
1	D1	183.868
2	D2	198.006
3	D3	190.741
4	Jumlah	572.615
5	Rata-rata	190.872

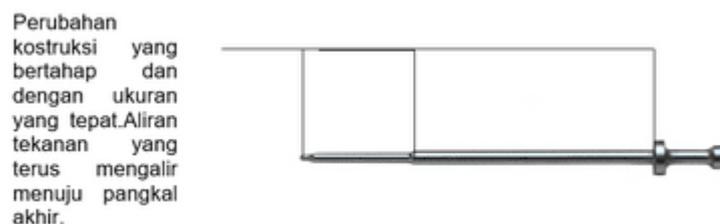
## e. Pengamatan Lain.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, baik uji komposisi, struktur mikro dan uji kekerasan menunjukkan pena pemukul senapan SS1-V1 dan pena pemukul senapan M16-A1 memiliki beberapa perbedaan, hal ini membuat penulis melakukan pengamatan dari aspek bentuk (konstruksi) kedua pena pemukul. Karena dari hasil ketiga pengujian yang telah dilakukan tidak ada yang menunjukkan dari aspek tersebutlah patahnya pena pemukul. Justru pena pemukul milik senapan SS1 yg lebih keras sering patah dibandingkan pena pemukul M16 yang tingkat kekerasannya lebih rendah. Dari segi konstruksi kita dapat melihat dengan jelas perbedaan konstruksi pena pemukul senapan SS1-V1 dengan pena pemukul M16-A1. Pada pena pemukul senapan SS1-V1 bentuknya adalah tirus, bentuknya dari besar perlahan-lahan menjadi kecil.



Gambar 10 Pena Pemukul senapan SS1-V1

Hal ini memungkinkan ketika pena pemukul ini telah memukul penggalak pada munisi dan mendapat daya kebalikan, daya ini terus mengalir sampai ke pangkal pena pemukul. Namun karena bentuk konstruksinya yang kurang seimbang dibagian belakangnya, hal ini yang mungkin menyebabkan kurangnya daya tahan terhadap daya tolak. Sedangkan pada pena pemukul senapan M16 dapat kita lihat bentuknya, dimana dari ukurannya yang sangat sistematis pada bagian ujung mengecil dengan bentuk mengkerucut. Selain itu pena pemukulnya pada bagian belakang dimana pena pemukul senapan SS1-V1 sering mengalami kerusakan, dalam hal ini patah. Pena pemukul M16 memiliki diameter yang lebih besar dan tidak siku-siku pada sudutnya, melainkan membentuk seperti bentuk cekung namun tidak begitu cekung.



Gambar 11 Pena Pemukul senapan M16

Saat terjadinya letusan, timbul gas, separuh gas ini akan mendorong munisi keluar dari laras dan separuh lagi akan mendorong penutup ke belakang. Tekanan gas yang mendorong penutup ke belakang ini akan mengenai pena pemukul juga. Pada senapan M16, tekanan ini mengalir terus ke pangkal pena pemukul. Tetapi pada pena pemukul senapan SS1 tekanan gas ini akan terhimpun di titik dimana terjadi perbedaan konstruksi yang tiba-tiba. Dan lama kelamaan akan mampu membuat pena pemukul ini patah.

### SIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Perbedaan sifat fisis dan mekanis untuk Senapan SS1-V1 buatan Pindad berbeda secara signifikan dari M16-A1 dalam hal komposisi dan desain.
- Komposisi material untuk Pena pemukul SS1 mengandung lebih banyak tembaga, membuatnya lunak dan mudah patah sedangkan M16 memiliki lebih sedikit tembaga, dengan komposisi karbon, nikel, dan kromium yang lebih tinggi, membuatnya keras, ulet, dan tahan karat.
- Desain untuk Pena pemukul M16 memiliki bentuk yang lebih tirus sedangkan SS1 memiliki perubahan ekstrim pada bagian belakang, sehingga tekanan tidak tersalur dengan baik,



menyebabkan kerusakan..

### Saran

Adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah agar pena pemukul SS1 dibuat mirip dengan pena pemukul M16 yang tirus dan stabil dalam desain, sehingga lebih kuat dan tahan lama. Selain itu, komposisi bahan perlu diubah dengan mengurangi tembaga serta menambah nikel dan kromium agar tahan karat dan lebih ulet. Karbon juga ditingkatkan untuk kekuatan tambahan. Sebagai referensi, pena pemukul RRA LAR-9 merupakan kombinasi desain M16-A1 dari Amerika dan SS1-V1 buatan Pindad, di mana bagian belakangnya lebih menyerupai pena pemukul SS1-V1 dengan bentuk yang lebih sederhana.

### Daftar Pustaka

- Kodiklat TNI AD. 2005. Pengetahuan Teknik Senapan. Bandung: Pusat Pendidikan Peralatan.  
 Pindad,PT. 1997. Senapan SS1-V1. Bandung: PT Pindad.  
 Pindad, PT. 2010. Pengetahuan Dasar Senjata Ringan. Bandung: PT Pindad.  
 Pindad,PT. 2010. Weapons And Accessories Defence Products. Bandung: PT Pindad.  
 Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1984. Pengetahuan Bahan Teknik. Bandung: Pradnya Paramita.  
<http://survivalstasion.org>  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Pindad\\_SS1#Detail\\_desain](http://id.wikipedia.org/wiki/Pindad_SS1#Detail_desain)  
<http://indomiliter.mywapblog.com/ss1-senapan-produksi-dalam-negri.xhtmll>  
[http://www.rockriverarms.com/index.cfm?fuseaction=category.display&category\\_id=236](http://www.rockriverarms.com/index.cfm?fuseaction=category.display&category_id=236)