

Analisis Ergonomi: Dampak Kebisingan Suara Tembakan Ss-2 Terhadap Prajurit Penembak

Boy Nurtjahyo M.¹ dan Devita Anggiarani².

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Depok, 16424, Indonesia

E-mail: ¹ boymoch@eng.ui.ac.id; ² dan devitaanggi_ti03@yahoo.com.sg

Abstrak

Saat ini RI sedang mengembangkan senjata buatan dalam negeri (SS-2) untuk mendukung pengembangan industri pertahanan negara. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi mengenai aspek ergonomi pada senjata. Tanpa perhatian akan aspek ergonomi, dikhawatirkan akan terdapat aspek dari senjata yang dapat berdampak buruk bagi performa penembakan serta pada kesehatan prajurit secara jangka panjang. Hal ini dapat dieliminasi bila senjata, dalam hal ini senapan tipe SS-2, dalam proses pembuatannya memperhatikan aspek ergonomi secara lebih mendalam. Noise atau kebisingan merupakan satu bagian ergonomi yang sudah menjadi satu hal yang sangat diperhatikan di dunia industri, karena terbukti bahwa kebisingan secara jangka panjang memberikan pengaruh buruk bagi kesehatan manusia. Dalam melakukan analisis terhadap kebisingan suara tembakan, maka dilakukan observasi terhadap tiga faktor utama kebisingan yaitu intensitas suara (desibel), frekuensi suara (Hertz), dan durasi suara (ms). Setelah itu digunakan ANOVA, batas maksimum impuls, dan analisis kebisingan berkelanjutan untuk memperoleh hubungan antara posisi penembakan (berdiri, jongkok, tiarap) dengan faktor kebisingan, hubungan antara faktor kebisingan dengan performa prajurit, dan jumlah batas maksimum impuls yang boleh diterima oleh prajurit. Dari analisis tersebut akan terlihat seberapa besar dampak kebisingan dapat membahayakan prajurit dari segi kesehatan dan performa, serta tindakan apa yang perlu dilakukan untuk mengatasinya.

Kata kunci: Ergonomi, kebisingan, suara tembakan dan SS-2

Abstract

At this moment, the Republic of Indonesia is continuing to develop nation-made weapon and armory, to support the industry of national defense. One of the newest achievements in rifle making is the SS-2 type. Therefore, it needs more evaluation in ergonomic aspects, in order to avoid occurrence of aspects of the weapon which could cause bad effect to the shooting performance and the health of soldiers in long term. This matter could be eliminated if in the making process of the SS-2, consider more intensely on its ergonomic aspects. Noise is a part of ergonomic concern which has been one crucial matter in industry, especially in manufacturing plants. Noise has been proven to cause bad effects on human's health. In analyzing noise generates by firing sound, observation on three primary acoustic factors are needed. These factors are sound intensity (dB), frequency (Hz), and duration of sound exposure (ms). ANOVA analysis, correlation analysis, maximum permissible impulse noise, and continuous sound analysis are used to draw the relation between shooting position (standing, squat, prone), and the acoustic (noise) factors, relation between noise factors and shooter performance, and the maximum number of permissible impulse noise (firing sound) per day. Based on those analyses, the noise impact on soldiers' health and performance could be seen; therefore any preventive measures in dealing with noise impact can be implemented.

Keywords: Ergonomic, noise, firing sound and SS-2.

1. Pendahuluan

Tentara Nasional Indonesia (TNI) merupakan satu unsur yang paling penting dalam mempertahankan kedaulatan bangsa

baik di dalam maupun di luar negeri. Kekuatan TNI dalam mewujudkan pertahanan dan ketahanan negara, sangat dipengaruhi oleh kualitas dari berbagai sumber daya yang berada di dalamnya,

terutama sumber daya manusia. Kemampuan sumber daya manusia dalam melaksanakan tugasnya tentunya dipengaruhi pula oleh berbagai faktor yaitu pelatihan yang diterima, peralatan, fasilitas dan beban kerja serta interaksinya dengan lingkungan.

Ergonomi ialah suatu ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan lingkungan dan alat kerja yang dipakai sehingga dapat berperan untuk menyelesaikan masalah ketidakserasian antara manusia dengan peralatan yang digunakan [1]. Hingga saat ini, TNI belum terlalu memperhitungkan aspek ergonomi dalam peralatan yang digunakannya, dalam hal ini terutama adalah senjata yang digunakan di medan tempur. Salah satu senjata terbaru buatan dalam negeri adalah SS-2 yang diproduksi oleh PT PINDAD (persero). Dalam rangka mendukung perkembangan industri pertahanan dalam negeri, maka Departemen Pertahanan RI bekerja sama dengan Departemen TIUI mengadakan evaluasi ergonomi sehubungan dengan senjata SS-2 tersebut.

Satu hal yang mendapat perhatian dalam evaluasi dan penelitian ergonomi kali ini adalah masalah yang muncul akibat kebisingan suara tembakan yang dapat mengganggu konsentrasi manusia serta dapat mengakibatkan kerusakan permanen pada organ tertentu dan hal ini tentu saja akan mengurangi daya tempur prajurit TNI di medan pertempuran.

2. Kebisingan

Kebisingan atau *noise* merupakan suara yang tidak diinginkan atau dapat didefinisikan sebagai stimulus pendengaran yang tidak memiliki hubungan informasi apapun dengan keberadaan atau penyelesaian tugas [2]. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kebisingan yang diterima oleh telinga manusia adalah faktor akustik primer, akustik sekunder, dan faktor non-akustik [3]. Dalam penelitian kali ini akan di observasi faktor akustik primer yang dianggap sebagai faktor utama yang mempengaruhi tingkat kebisingan, yaitu intensitas suara (desibel), frekuensi suara

(Hertz), dan durasi lamanya pajanan (*exposure*) terhadap suara (dalam milisekon).

Observasi terhadap intensitas suara dilakukan dengan menggunakan *sound level meter*. Observasi terhadap frekuensi suara dan durasi dilakukan dengan melakukan perekaman suara tembakan ke dalam bentuk *.wav* untuk dapat dianalisis lebih lanjut. Observasi dilakukan pada tiga posisi penembakan yaitu berdiri, jongkok dan tiarap. Selain melakukan observasi secara langsung terhadap ketiga faktor kebisingan tadi, disebarkan pula kuisioner untuk mengetahui keluhan secara langsung dari para prajurit penembak yang berhubungan dengan suara tembakan, serta dampak jangka panjang yang mereka ketahui.

Suara tembakan berasal dari ledakan yang dihasilkan ketika amunisi terlontar keluar dari ujung laras. Suara tembakan yang dapat terdengar manusia antara lain terdiri dari suara ledakan gas, putaran amunisi di dalam laras, serta interaksi antara berbagai komposisi senapan yang juga ditentukan oleh dimensi dan material dari senapan. Namun sebagian besar suara yang didengar oleh penembak adalah efek gelombang suara sekunder yang terpancar dari ujung laras. Suara ini berasal dari ledakan gas yang keluar ketika amunisi keluar dari laras. Suara inilah yang ketika direkam dengan *sound level meter* menghasilkan bacaan intensitas tertinggi.

Perekaman suara tembakan dilakukan menggunakan mikropon, *pre-amplifier*, dan komputer atau laptop (dengan instalasi *software audio* tertentu). Contoh hasil bacaan untuk satu kali suara tembakan pada komputer dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1.
Gelombang Suara Tembakan yang Terekam

Dari hasil yang diperoleh kemudian akan dianalisis dengan melihat batas level intensitas suara yang diperbolehkan, ambang ketidaknyamanan telinga pada frekuensi suara tertentu, dan durasi pajanan (*exposure*) suara. Untuk selanjutnya akan dibandingkan dengan peraturan yang ada mengenai batas pajanan (*exposure*) suara [4]. Kemudian dapat ditentukan dampak kebisingan suara tembakan pada organ telinga, dampak secara fisiologis dan secara psikologis pada prajurit penembak, serta cara-cara pengendalian yang dapat dilakukan.

3. Metode Penelitian

Setelah tahap awal penelitian yang meliputi penetapan topik, tujuan, dan batasan masalah, langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data berupa spesifikasi senjata SS-2, hal ini dihubungkan dengan jarak antara sumber suara tembakan yang berada di ujung laras senapan dengan telinga penembak. Pengumpulan data selanjutnya adalah melalui *survey*. Untuk mengetahui dampak secara langsung yang dirasakan prajurit setelah mendengar suara tembakan yang ditembakkannya sendiri serta suara tembakan di sekitarnya, maka disusunlah kuesioner sebagai media untuk mengumpulkan data primer dari prajurit penembak TNI.

Dari pengumpulan data didapatkan informasi mengenai karakteristik responden berdasarkan usia dan masa kerjanya, sensasi yang dirasakan secara langsung oleh prajurit setelah mendengar suara tembakan, pengetahuan prajurit mengenai dampak kebisingan secara jangka panjang, pendapat prajurit akan pengaruh posisi penembakan terhadap tingkat kebisingan suara, serta pengaruh kebisingan terhadap performa penembakan yang mereka lakukan. Dalam menentukan pertanyaan dalam kuisisioner, didasarkan pada *survey* yang pernah dilakukan sebelumnya, serta konsultasi dan masukan dari pihak Litbang DepHan.

Pengumpulan data selanjutnya adalah melakukan pembacaan intensitas suara tembakan dengan *sound level meter*,

perekaman suara tembakan menggunakan *software* tertentu, pengumpulan data akurasi tembakan, dan pengukuran batas frekuensi suara penyebab ketidaknyamanan pada telinga. Selain pengumpulan data dengan observasi secara langsung, perolehan informasi secara studi literatur juga dilakukan untuk mengetahui dampak kebisingan secara medis, fisiologis, dan psikologis. Informasi literatur ini diperoleh dari Departemen THT FKUI-RSCM.

Pengolahan data yang pertama kali dilakukan adalah untuk melihat indikasi awal kebisingan dari hasil kuisisioner yang dibagikan kepada prajurit penembak. Kemudian dalam pengolahan data faktor kebisingan digunakan statistik deskriptif untuk melihat nilai rata-rata (*mean*), modus dan standar deviasi dari perolehan data. Dari sini akan dapat ditentukan karakteristik dari suara tembakan. Analisis dengan melihat batas maksimum suara impuls dan suara berkelanjutan digunakan untuk melihat seberapa berbahaya suara tembakan dilihat dari perhitungan suara impuls [5], dan peraturan pemerintah mengenai suara berkelanjutan [6].

Analisis varian (ANOVA) adalah sebuah prosedur statistik yang dipergunakan untuk melihat signifikansi dari hubungan rata-rata antara dua variabel atau lebih [7]. Tujuan dari analisis varian dalam penelitian ini adalah untuk melihat signifikansi antara posisi penembakan dengan masing-masing faktor kebisingan. Setelah diketahui tingkat signifikansinya, kemudian dilakukan perhitungan tingkat hubungan antara masing-masing faktor kebisingan pada berbagai posisi penembakan dengan menggunakan metode korelasi. Dimana dengan perhitungan korelasi akan terlihat tingkatan hubungan (korelasi) antara posisi menembak berdiri, jongkok, dan tiarap, terhadap faktor intensitas suara, frekuensi suara, dan durasi suara.

Kemudian, dilihat pula grafik yang terbentuk antara tingkatan akurasi tembakan seiring dengan berjalannya waktu. Dengan demikian akan dapat ditentukan dampak kebisingan yang

mungkin terjadi pada prajurit penembak secara langsung maupun untuk jangka panjang. Dari sini kemudian dapat ditentukan jenis pengendalian yang paling tepat untuk melindungi para prajurit penembak dari bahaya kebisingan suara tembakan.

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah semua informasi terkumpul melalui kuesioner dan hasil pengumpulan data, kemudian data diuji untuk dinyatakan telah memenuhi jumlah minimal sampel, *reliable*, dan *valid*. Seluruh pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft Excel dan SPSS 11.5. Hasil yang diperoleh melalui kuisisioner adalah sebagian besar responden berusia 23 – 26 tahun, dengan masa kerja rata-rata sebesar 4 – 5,5 tahun. Dari kuisisioner diketahui indikasi adanya gangguan pendengaran karena 86% responden menyatakan bahwa mereka mengalami telinga berdenging (*tinnitus*) setelah mendengarkan suara tembakan, 68% mengetahui adanya bahaya gangguan pendengaran untuk jangka panjang, 50% responden berpendapat bahwa posisi penembakan berpengaruh terhadap tingkat kebisingan dengan posisi yang paling berpengaruh adalah posisi tiarap, dan 72% responden berpendapat bahwa kebisingan dapat berdampak pada kurang akuratnya tembakan.

Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 adalah hasil pengolahan data.

Tabel 1.
Intensitas Suara pada Berbagai Posisi Penembakan

Intensitas Suara (dB)	Posisi Menembak		
	Berdiri	jongkok	tiarap
Mean	114.428	115.48	115.409
Mode	115	119.3	117.9
StdDev	4.456	3.68	2.438
Range	18	11.8	11
Min	103	108.1	107.8
Max	121	119.9	118.8

Tabel 2.
Frekuensi Suara pada Berbagai Posisi Penembakan

Frekuensi Suara (Hz)	Posisi Menembak		
	berdiri	jongkok	Tiarap
Mean	565.33	578.07	429.09
Mode	452	689	345
StdDev	125.79	183.94	129.084
Range	474	711	516
Min	344	43	237
Max	818	754	753

Tabel 3.
Durasi Suara pada Berbagai Posisi Penembakan

Durasi Suara (ms)	Posisi Menembak		
	Berdiri	jongkok	Tiarap
Mean	176.573	174.509	163.95
Mode	174	175	160
StdDev	4.07	5.397	6.91
Range	23	23	34
Min	161	160	150
Max	184	183	184

Statistik Deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga dapat memberikan informasi yang berguna untuk pengolahan lebih lanjut.

Berdasarkan Tabel 1. Ditunjukkan bahwa suara tembakan SS-2 memiliki tingkat kebisingan yang tinggi, dalam hal ini terlihat dari intensitas suara yang sangat tinggi melebihi 100 dB. Dilihat dari studi-studi sebelumnya, suara dengan tingkat kebisingan mencapai 100 dB hingga 120 dB sangatlah berbahaya bagi manusia [8]. Sebenarnya suara tembakan mengandung berbagai tingkatan frekuensi mulai dari 0 Hz hingga 22000 Hz. Namun dalam hal ini hanya akan dilihat tingkatan frekuensi suara yang terjadi pada saat intensitas suara tembakan mencapai titik tertingginya. Pada Tabel 2. Terlihat bahwa frekuensi suara tembakan berkisar pada tingkatan frekuensi

rendah dan nilai frekuensi tidak terlalu berbeda dengan adanya perubahan posisi menembak. Dari Tabel 3. Terlihat bahwa durasi suara tidak terlalu berubah dengan adanya perubahan posisi menembak.

Pengolahan data dengan analisis varian (ANOVA) digunakan untuk melihat signifikansi fungsi korelasi antara ketiga posisi penembakan pada masing-masing faktor kebisingan, yaitu intensitas, frekuensi, dan durasi. ANOVA antara ketiga posisi pada faktor intensitas suara menghasilkan $p\text{-value} < 0.0001$, ANOVA antara ketiga posisi penembakan pada faktor frekuensi suara menghasilkan $p\text{-value} < 0.0001$, dan ANOVA antara ketiga posisi penembakan pada faktor durasi suara menghasilkan $p\text{-value} < 0.0001$.

Dibandingkan dengan nilai $\alpha = 0.05$ ($> p\text{-value}$), maka dapat dikatakan bahwa fungsi korelasi dari ketiga perhitungan adalah signifikan mendukung hipotesis (H_1) yaitu terdapat pengaruh antara perbedaan posisi menembak pada masing-masing faktor kebisingan suara. Hasil koefisien korelasi intensitas suara pada ketiga posisi penembakan, menunjukkan bahwa koefisien korelasi terkuat adalah antara posisi berdiri dengan jongkok, dengan nilai koefisien menunjukkan hubungan positif rendah. Koefisien korelasi frekuensi suara pada ketiga posisi menunjukkan hubungan negatif rendah. Dan nilai koefisien korelasi durasi suara pada ketiga posisi menunjukkan nilai positif sangat rendah antara posisi tiarap dan berdiri.

Suara tembakan SS-2 dengan rata-rata intensitas 114-115 dB merupakan suara yang menimbulkan kebisingan dengan jenis impuls. Maksimum jumlah impuls yang boleh diterima pada setiap tingkatan intensitas yang dihasilkan oleh suara tembakan SS-2 (dapat dilihat pada Tabel 4) diperoleh dengan rumus berikut ini:

$$n = 10^{16-p/10}$$

dengan, n = Jumlah maksimum intensitas yang diperbolehkan dalam 8 jam
 P = Intensitas impuls maks.

Tabel 4.
Jumlah Impuls Maksimum yang Diperbolehkan

Intensitas suara tembakan (dB)	max impuls /8 jam	max impuls /jam
103	501187	62648
106	251189	31399
107	199526	24941
108	158489	19811
109	125893	15737
110	100000	12500
111	79433	9929
112	63096	7887
113	50119	6265
114	39811	4976
115	31623	3953
116	25119	3140
117	19953	2494
118	15849	1981
119	12589	1574
120	10000	1250
121	7943	993

Hasil perhitungan maksimum impuls per 1 jam di atas berdasarkan asumsi sebagai berikut:

Tabel 5.
Asumsi Durasi Tembakan

Asumsi	(1)	(2)
Durasi per suara tembakan =	164 ms	164 ms
Durasi jeda antar tembakan =	500 ms	1000 ms
1 jam =	3600000 ms	360000 ms
Maks. impuls/1 jam =	5421.68	3092.78

Berdasarkan asumsi pada Tabel 5, diketahui pula bahwa dengan rata-rata durasi tembakan sebesar 164 milisekon dan jeda antar tembakan sebesar 500 ms, maka pada level rata-rata intensitas suara tembakan (114-115dB) jumlah impuls suara tembakan yang dapat terjadi dalam satu jam termasuk dalam *range* berbahaya bagi pendengaran (ditandai dengan warna merah), karena melebihi batas maksimum impuls yang boleh diterima manusia berdasarkan peraturan OSHA (dapat dilihat pada Tabel 6). Hal ini akan semakin berbahaya bagi prajurit apabila suara

tembakan menghasilkan intensitas yang semakin tinggi.

Tabel 6.
Potensi Tingkat Bahaya Impuls Suara Tembakan SS-2

Intensitas suara tembakan	max impuls	max impuls	Asumsi (1)	Asumsi (2)
	/8 jam	/jam		
103	501187	62648	tak berbahaya	tak berbahaya
106	251189	31399	tak berbahaya	tak berbahaya
107	199526	24941	tak berbahaya	tak berbahaya
108	158489	19811	tak berbahaya	tak berbahaya
109	125893	15737	tak berbahaya	tak berbahaya
110	100000	12500	tak berbahaya	tak berbahaya
111	79433	9929	tak berbahaya	tak berbahaya
112	63096	7887	tak berbahaya	tak berbahaya
113	50119	6265	tak berbahaya	tak berbahaya
114	39811	4976	berbahaya	berbahaya
115	31623	3953	berbahaya	berbahaya
116	25119	3140	berbahaya	berbahaya
117	19953	2494	berbahaya	berbahaya
118	15849	1981	berbahaya	berbahaya
119	12589	1574	berbahaya	berbahaya
120	10000	1250	berbahaya	berbahaya
121	7943	993	berbahaya	berbahaya

Seiring dengan peningkatan durasi jeda antar suara tembakan, maka jumlah suara tembakan dalam satu jam dapat berkurang. Dilihat pada asumsi (2), dimana jeda antar tembakan adalah 1000 ms atau 1 sekon, suara tembakan memasuki *range* berbahaya pada tingkat intensitas mulai 116 dB. Maka dapat dinyatakan bahwa semakin jarang prajurit mendengarkan suara tembakan dalam satu jam maka suara tembakan dapat dikategorikan tidak berbahaya bagi pendengaran.

Ketika suara tembakan telah melebihi batas maksimum jumlah impuls suara tembakan, maka suara tembakan dapat dikategorikan ke dalam *continuous noise*

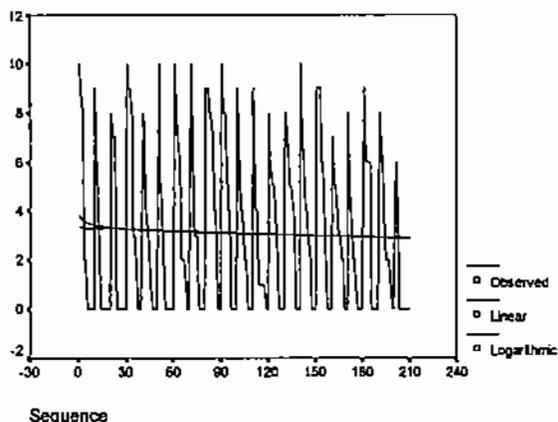
atau kebisingan yang berkelanjutan. Apabila suara tembakan telah dimasukkan dalam kategori ini maka ada batas maksimum lain yang dikeluarkan oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja berupa Keputusan Menteri Tenaga Kerja 1999 [9] sebagai peraturan batas maksimum intensitas suara bagi tenaga kerja seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7.
Batas Pajanan Bising yang Diperkenankan

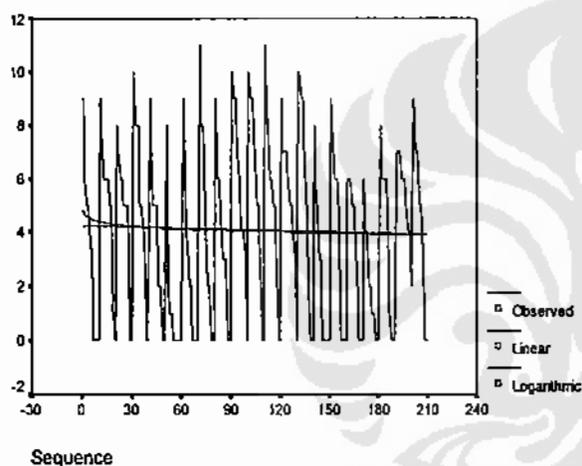
	Lama pajanan per hari	Intensitas (dB)
Jam	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Menit	30	97
	15	100
	7.5	103
	3.75	106
	1.88	109
	0.94	112
Detik	28.12	115
	14.06	118
	7.03	121
	3.52	124
	1.76	127
	0.88	130
	0.44	133
	0.22	136
	0.11	139

Peraturan menyebutkan bahwa suara dengan intensitas mulai dari 103 dB hanya boleh diperdengarkan selama 7,5 menit per hari, dan pada level rata-rata intensitas suara tembakan sebesar 115 dB hanya boleh diperdengarkan selama 28,12 detik. Jika dibandingkan dengan kejadian sesungguhnya di lapangan, maka suara tembakan SS-2 termasuk kategori sangat berbahaya dan sangat melanggar peraturan kebisingan yang dikeluarkan pemerintah.

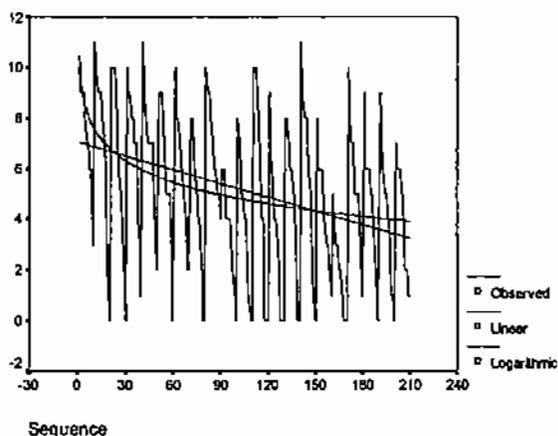
Dari observasi terhadap performa tembakan diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 2.
Kurva Estimasi Regresi Performa Penembakan Terhadap Waktu pada Posisi Berdiri



Gambar 3.
Kurva Estimasi Regresi Performa Penembakan Terhadap Waktu pada Posisi Jongkok



Gambar 4.
Kurva Estimasi Regresi Performa Penembakan Terhadap Waktu pada Posisi Tiarap

Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 menunjukkan garis *trend* yang cenderung horizontal, hal ini disebabkan karena kemampuan dan daya tahan prajurit yang sudah sangat terlatih, sehingga akurasi tembakan dapat dipertahankan hingga mencapai tembakan ke 210 sekalipun. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa performa tembakan cenderung stabil dan belum dapat di buat persamaan regresi dan korelasi yang signifikan terhadap kebisingan. Namun pada grafik tiarap, dimana pada observasi sebelumnya menunjukkan rata-rata tingkat intensitas yang lebih tinggi, terlihat garis linear menurun yang menunjukkan adanya penurunan performa seiring dengan kelelahan yang diterima prajurit, baik itu karena kebisingan atau hal lain belum dapat dibuktikan.

Kebisingan suara tembakan terbukti memiliki tingkat intensitas yang tinggi yang dapat membahayakan prajurit penembak. Secara medis, dampak yang dapat dirasakan pada organ telinga adalah [10]:

1. Adaptasi
2. Peningkatan ambang dengar sementara
3. Peningkatan ambang dengar menetap
4. Trauma akustik

Gangguan pendengaran yang bersifat permanen adalah peningkatan ambang dengar menetap dan trauma akustik. Dimana pada peningkatan ambang dengar menetap, terjadi kerusakan pada sel rambut pada bagian koklea (rumah siput) yang tidak dapat diobati. Kerusakan ini diakibatkan oleh pajanan (*exposure*) yang terus menerus terhadap sumber suara dengan tingkat intensitas tinggi (> 90 dB), misalnya suara tembakan.

Penurunan kemampuan pendengaran tergambar dalam grafik pada Gambar 5.

Gangguan fisiologi akibat pengaruh kebisingan dapat berupa:

1. peningkatan tekanan darah
2. percepatan denyut nadi
3. peningkatan metabolisme basal
4. peningkatan ketegangan otot

Gangguan psikologi akibat pengaruh kebisingan impuls yang berkelanjutan dapat berupa:

1. perasaan tidak menyenangkan
2. perasaan cepat lelah
3. gangguan konsentrasi
4. gangguan emosional
5. stres ringan hingga stres berat

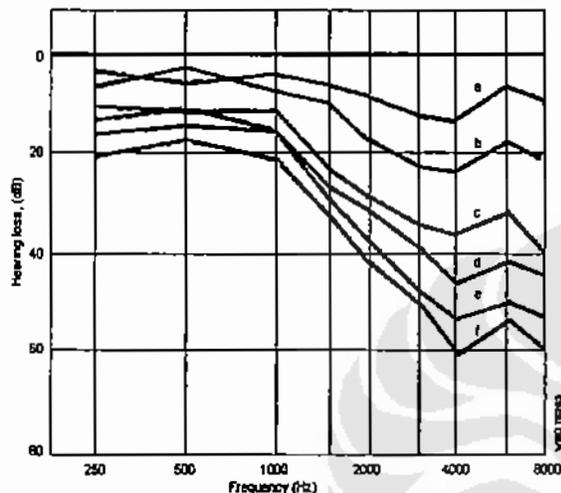


Fig. 3. Hearing loss as a function of number of years of noise exposure. Mean audiograms for 200 miners, best ear tested.
 a < 1 year
 b 1 - 5 years
 c 6 - 10 years
 d 11 - 20 years
 e 21 - 30 years
 f > 30 years

Gambar 5.

Grafik Penurunan Kemampuan Pendengaran

Pengendalian yang dapat dilakukan untuk dapat mengatasi dampak kebisingan suara tembakan SS-2 terhadap prajurit penembak adalah dengan melakukan pengendalian pada penerima kebisingan yaitu dengan menggunakan sumbat telinga (*earplug*), tutup telinga (*earmuff*), atau helm. Di antara peralatan tersebut juga dapat dikombinasikan untuk dapat menghalau secara total kebisingan yang diterima oleh telinga. Selain pengendalian pada penerima, upaya lain yang dapat dilakukan untuk dapat memberi pengetahuan, pencegahan, serta perawatan sehubungan dengan dampak kebisingan suara tembakan terhadap prajurit penembak adalah dengan membuat program konservasi pendengaran di tubuh TNI.

5. Kesimpulan

Karakteristik dari suara tembakan SS-2 menunjukkan bahwa suara tembakan SS-2 ini termasuk dalam suara dengan intensitas tinggi yang berbahaya bagi telinga manusia (103 – 121 dB), namun ketika dibandingkan dengan data ambang ketidaknyamanan telinga dengan kisaran antara 3150 hingga 12000Hz, frekuensi suara pada suara tembakan SS-2 tidak memberikan rasa ketidaknyamanan pada telinga.

Suara tembakan SS-2 dengan kisaran intensitas suara 103-121 dB dan durasi sekitar 164 – 177 ms, memiliki kadar potensi bahaya yang semakin meningkat sesuai dengan jumlah pajanan terhadap impuls (suara tembakan) yang diterima prajurit. Berdasarkan perhitungan OSHA (115 dB = 4976 impuls /jam) diasumsikan jumlah impuls suara tembakan (5421 impuls/jam) telah melanggar batas impuls maksimum yang boleh didengar telinga manusia.

Berdasarkan peraturan Menteri Tenaga Kerja tahun 1999, menyebutkan bahwa suara dengan intensitas 115dB hanya boleh didengar selama 28,12 sekon per hari. Dibandingkan dengan suara tembakan yang didengar oleh prajurit selama beberapa jam per hari, kenyataan ini telah sangat melanggar peraturan pemerintah.

Pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat kebisingan suara tembakan SS-2 adalah:

- Menggunakan sumbat telinga (*earplug*), tutup telinga (*earmuff*), dan helm.
- Membuat program konservasi pendengaran bagi para prajurit penembak.

Daftar Acuan

- [1]. Bridger.R.S, 1995, *Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, p.1.
- [2]. Sander, Mark S. & McCormick, Ernest J. 1993, *Human Factors In*

- Engineering and Design*, McGraw-Hill, Inc.
- [3]. Maher, Robert C., 2006, *AcoustCharacterization of Gunshots*, cited from http://www.coe.montana.edu/ee/rmaher/publications/maher_ieeesafe_0407_109-113.pdf
 - [4]. Soetirto, Indro dan Bashiruddin, Jenny (eds), 2001, Tuli Akibat Bising dalam Buku Ajar Ilmu Penyakit Telinga, Hidung dan Tenggorok, Edisi Kelima, Balai Penerbit FKUI, Jakarta.
 - [5]. Sander, Mark S. & McCormick, Ernest J. 1993, *Human Factors In Engineering and Design*, McGraw-Hill, Inc.
 - [6]. Soetirto, Indro dan Bashiruddin, Jenny (eds), 2001, Tuli Akibat Bising dalam Buku Ajar Ilmu Penyakit Telinga, Hidung dan Tenggorok, Edisi Kelima, Balai Penerbit FKUI, Jakarta.
 - [7]. Montgomery, Douglas C. 1997, *Design and Analysis of Experiment*, 4th ed., John Wiley and Sons, Inc., Canada.
 - [8]. Sander, Mark S. & McCormick, Ernest J. 1993, *Human Factors In Engineering and Design*, McGraw-Hill, Inc.
 - [9]. Soetirto, Indro dan Bashiruddin, Jenny (eds), 2001, Tuli Akibat Bising dalam Buku Ajar Ilmu Penyakit Telinga, Hidung dan Tenggorok, Edisi Kelima, Balai Penerbit FKUI, Jakarta.
 - [10]. Alberti, P.W, (eds), 1991, *Occupational Hearing Loss* dalam *Disease of the Ear, Nose, and Throat. Head Neck Surgery*, 14th ed., WB Saunders, Philadelphia, p. 1053-66