



PEMANTAUAN TAHAP HINGAR SEMASA OPERASI PESAWAT SUKHOI DI NO. 11 SKUADRON

Mohd Rizal Hamid^a, Ahmad Faruq Mohamad Rosli^a, Kesavan Manokaran^a, Siti Shafiqah Shamira Hashin^a, Nik Mohd Dzarrin Ghifari Azmy^a, Baba Md Deros^b, Dian Darina Indah Daruis^{c*}

^a Pusat Pembentukan Pendidikan Lanjutan & Profesional (UKMSHAPE), Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bandar Baru Bangi, Selangor, Malaysia

^b Alfa Persada Sdn Bhd, 16-2, Jalan Klang Sentral 11/KU5, Klang Sentral, 41050 Klang, Selangor, Malaysia

^c Jabatan Kejuruteraan Mekanikal, Fakulti Kejuruteraan, Universiti Pertahanan Nasional Malaysia, Kem Sg. Besi, 57000 Kuala Lumpur, Malaysia

ARTICLE INFO

ARTICLE HISTORY

Received: 01-07-2020

Revised: 31-08-2020

Accepted: 15-09-2020

Published: 31-12-2020

KEYWORDS

PPE

Noise sound level

Desibel (dB)

Countoring

Mapping

PEL

ABSTRACT

Kesedaran terhadap bunyi bising di tempat kerja sememangnya semakin meningkat. Di pengkalan No. 11 Skuadron serta bangunan bersebelahan dengannya, pesawat Sukhoi merupakan punca utama bunyi bising atau hingar yang memberi kesan kepada pekerja dan orang awam. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan kadar bunyi yang dihasilkan oleh pesawat Sukhoi ketika operasi penyelenggaraan. Pesawat Sukhoi mempunyai dua enjin yang merupakan punca bunyi bising di lapangan ini. Kajian ini dijalankan dengan menggunakan alat pengukur bunyi mudah alih Bruel & Kjaer 2250 yang diletakkan di tengah-tengah pesawat di dalam hangar untuk mengukur bunyi pada jarak 10 m, 50 m, 100 m, 500 m, 1000 m dan 1500 m. Enjin pesawat tersebut beroperasi pada dua tahap, 72% RPM dan kemudiannya pada 85% RPM. Pada setiap jarak, golongan yang terdedah berbeza di mana orang awam hanya terlibat bermula dari jarak 1000 m dan ke atas. Pekerja TUDM dan pekerja yang terlibat dengan penyelenggaraan pesawat tersebut terdedah dengan bunyi bermula dari jarak 0 m lagi (yakni berada dibawah enjin pesawat). Data yang diperolehi dianalisa untuk menghasilkan peta hingar dan kontur hingar. Hasil daripada lakaran tersebut, tahap pendedahan hingar dapat dikenalpasti. Bunyi maksima yang telah direkodkan adalah 122 db(A) manakala yang terendah adalah 60 dB(A). Kadar bunyi yang direkodkan semakin rendah apabila jarak dari punca bunyi bertambah.

Awareness of occupational noise and its effects is growing. At No. 11 squadron base, Sukhoi jet was identified as the main culprit of occupational noise that affects not just the employees of the base but also civilian people in the surrounding area. The objective of the study is to identify the noise level produced by Sukhoi two-engines jet during maintenance operations. Investigations were carried out using Bruel & Kjaer 2250 sound level meter hand-analyser. Measurements were performed directly under the Sukhoi jet body and then 10 m, 50 m, 100 m, 1000 m and 1500 m away. The jet engines could operate at two levels, at 72% RPM and at 85% RPM. The civilians are only exposed to its noise from more than 1000 metres away. The results from this study are analysed and noise mapping and noise contouring are produced which give the level of noise exposure. The maximum noise is recorded at 122dB(A) and the minimum is at 60dB(A). The farther the noise from the jet is measured, the lower the values recorded.

1.0 INTRODUCTION

Kebisingan ditakrifkan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki atau bunyi berlebihan juga disebut sebagai hingar. Singh & Davar (2004) menyatakan bahawa bunyi bising atau *noise* merupakan satu perkataan yang berasal dari Latin iaitu “nau-sea” [1]. Cohen & Weinstein (1981) menyatakan bahawa tahap bunyi 0dB merupakan tahap bunyi yang paling lemah boleh didekati oleh manusia manakala 70dB adalah bunyi bising yang terdedah kepada manusia pada jarak 10 kaki [2]. Juga dinyatakan bahawa tahap bunyi bising yang dihasilkan oleh sebuah pesawat yang berlepas adalah 120dB pada jarak 200 kaki. Berdasarkan kajian yang telah lalu berkaitan bunyi yang dihasilkan oleh pesawat sebelum ini, kebanyakannya hanya melibatkan jarak yang agak jauh dan jenis pesawat yang berbeza yakni kebanyakannya pesawat komersial [3-5]. Bagi kajian ini, pemantauan akan dibuat secara lebih dekat hasil bunyi yang dihasilkan oleh jet pejuang generasi ke-4 yang mana sememangnya menghasilkan bunyi yang lebih kuat berbanding pesawat biasa.

Syah (2019) dan Lintang (2009) kedua-duanya bersetuju apabila manusia terdedah kepada bunyi bising yang melebihi 140 dB dalam jangka masa tertentu, kerosakan pada gegendang telinga boleh berlaku dan organ-organ lain juga turut menerima kesan yang sama [6-7]. Selain itu terdapat kesan fisiologi yang lain seperti gangguan psikologi dan konsentrasi. Dalam kajian tersebut juga dengan jelas menyatakan bahawa paras bunyi yang paling ideal dan selamat bagi manusia adalah pada paras 80-85 dB. Nassur et al. (2019) juga berpendapat bahawa kesan bunyi bising yang melebihi had (dibenarkan) bukan sahaja memberi kesan kepada pendengaran manusia malah akan menyebabkan pelbagai masalah kesihatan yang lain seperti tekanan, gangguan rehat atau tidur, kesihatan menurun dan lain-lain lagi [8].

Permasalahan utama yang membawa kepada kajian ini ialah aduan yang diterima daripada pekerja-pekerja teknikal pesawat Sukhoi berkenaan pelindung diri yang dibekalkan tidak dapat menahan bunyi bising yang terhasil ketika pekerja sedang melakukan penyelenggaraan. Disamping itu, aduan juga telah diterima daripada orang awam yang berada di kawasan sekitar lokasi seperti sekolah dan pejabat berhampiran. Objektif utama kajian dilakukan adalah untuk mendapatkan data bagi mengesahkan dakwaan penduduk sekitar bahawa bunyi yang dihasilkan oleh pesawat Sukhoi mengganggu komuniti terutamanya pelajar sebuah sekolah menengah berhampiran. Ia juga bagi membantu pihak organisasi untuk menguatkuasakan peraturan dan menyediakan platform yang terbaik untuk memelihara para pekerja yang terdedah kepada bunyi bising. Berdasarkan hasil kajian, cadangan penambahbaikan dan saranan yang sewajarnya bagi mengawal masalah ini dapat diberikan.

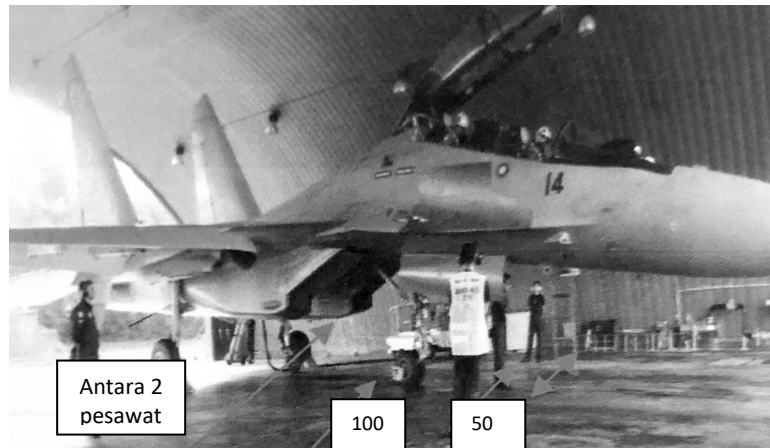
2.0 KAEDAH PENYELIDIKAN

Scholz & Isikveren (1980) menyatakan bahawa di peringkat antarabangsa, kebanyakan negara telah membangunkan sistem penilaian tahap bunyi bising di sekitar lapangan terbang [9]. Kriteria untuk menilai tahap penerimaan (persepsi) daripada kawasan komuniti setempat diambil kira berdasarkan pengalaman dan keadaan semasa. Menurut Bauermeister & Donner (1980), data bagi mengukur tahap bising di kawasan lapangan terbang, adalah paling baik jika ia direkodkan menggunakan sistem pemantauan mudah alih [10].

Bagi melaksanakan kajian kali ini, alat pengukuran tahap bunyi mudah alih (*sound level meter*) berjenama Bruel & Kjaer jenis 2250 yang terkalibrasi dengan perisian BZ-5503 hak milik makmal ergonomik UKM diletakkan mengikut jarak yang telah ditetapkan iaitu pada jarak lingkungan 50 meter, 100 meter, 500 meter, 1000 meter dan 1500 meter dari sumber bunyi dihasilkan oleh pesawat Sukhoi tidak lebih daripada 10 minit setiap kali pengukuran. Rasional jarak tersebut ditetapkan adalah kerana terdapat beberapa kumpulan pekerja atau komuniti yang akan terdedah kepada bunyi yang dihasilkan sebagaimana seperti di Jadual 1 dan sebagai contoh ilustrasi di Rajah 1 (gambaran anak panah tidak melambangkan jarak sebenar seperti di Jadual 1). Selain itu, bagi mengukur kesan gabungan bunyi daripada 2 sumber berlainan, bunyi dari dua enjin juga direkodkan dengan jarak tidak kurang dari 500 meter antara satu sama lain. Pemberat yang paling sesuai digunakan untuk mengukur pendedahan bunyi terhadap orang sekitar adalah pemberat-A desibel (yang dibetulkan pada skala frekuensi pemberat-A dengan menggunakan rujukan paras tekanan bunyi 20mikropaskal) [11].

Jadual 1. Kedudukan alat pengukur daripada golongan yang terdedah

Jarak (lingkungan) kedudukan alat mengukur bunyi (meter)	Golongan yang terdedah
0 (alat pengukur di bawah pesawat)	Pekerja yang terlibat dengan operasi tersebut
10	Pekerja yang terlibat dengan operasi tersebut
100	Pekerja yang berada dengan kawasan sumber dan tidak terlibat secara langsung dengan operasi.
500	Pekerja organisasi yang berada di pejabat
1000	Pelajar sekolah, komuniti atau penduduk sekitar kawasan kajian
1500	



Rajah 1. Pesawat Sukhoi di dalam hangar dan anak panah yang menunjukkan anggaran jarak (tidak mengikut skala) antara sumber bunyi dan tempat data direkod

Pengukuran tahap bunyi mengikut jarak dilaksanakan adalah bertujuan membezakan had pendedahan yang diterima oleh semua peringkat golongan. Hasil daripada pengukuran tersebut pemetaan bunyi dan pengkonturan bunyi akan dilakukan selepas semua data siap dianalisis. Berdasarkan peta bunyi dan kontur bunyi tersebut, ianya akan dapat membantu pihak organisasi dalam mengambil langkah yang sewajarnya.

Bagi mengira tempoh pendedahan yang dibenarkan, persamaan-persamaan 1,2 dan 3 dirujuk [13]:

$$T_{pde} = \frac{8}{2^{0.2(SPL-90)}} \quad (1)$$

Di mana T_{pde} = tempoh pendedahan yang dibenarkan dalam jam
 SPL = tahap tekanan bunyi dalam dBA

Juga kebiasaannya terdapat lebih daripada satu sumber hingar, jadi gabungan sumber-sumber berlainan ini boleh dikira dengan mengira jumlah tahap tekanan bunyi daripada pelbagai sumber tadi.

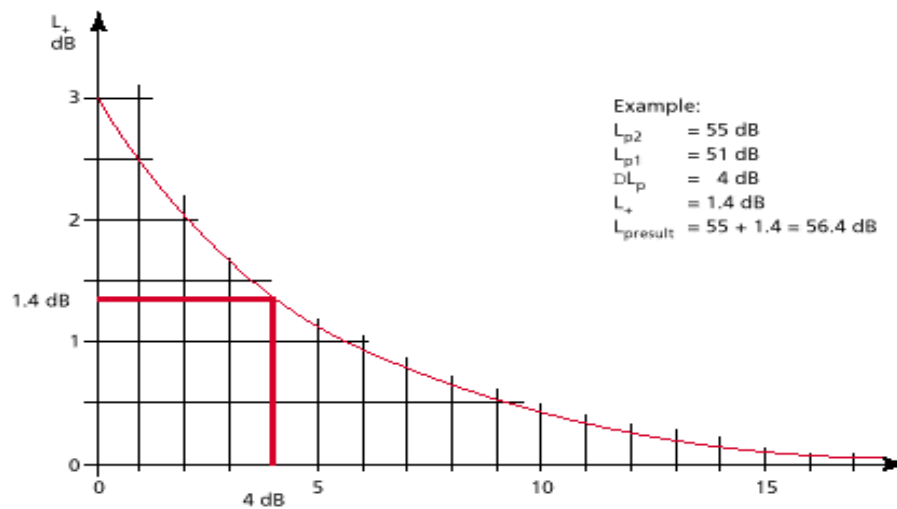
$$SPL_{tot} = 10 \log_{10} \sum_i 10^{0.1SPL_i} \quad (2)$$

Di mana SPL_i = tahap tekanan bunyi daripada sumber i , dBA dengan i =subskrip untuk membezakan sumber berbeza

Secara mudah, penambahan nilai logaritma tahap tekanan bunyi ini boleh dilakukan dengan merujuk Jadual 2 atau Rajah 2. Perbezaan dua nilai (L_{p1} , L_{p2}) dihitung, dan perbezaan ini ($L_{p2}-L_{p1}$) dibaca daripada paksi-x Rajah 2. Nilai pertemuan di paksi-y adalah nilai yang perlu ditambah kepada nilai yang lebih tinggi antara dua nilai (L_{p1} atau L_{p2}) tadi.

Jadual 2. Penambahan tahap bunyi dB

Perbezaan antara 2 tahap dB(A) ditambah pada nilai tahap tertinggi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0



Rajah 2. Rujukan penambahan tahap bunyi (dB) [15]

Selain itu, dos hingar (ND) boleh juga dikira di mana seseorang boleh terdedah kepada sumber hingar berbeza (dengan nilai tahap bunyi berbeza) untuk tempoh berbeza dalam satu-satu hari bekerja. Ia dikira dalam nilai peratus di mana nilai melebihi 100% adalah melebihi had yang dibenarkan OSHA.

$$ND = 100 \sum_j \frac{T_{exj}}{T_{pdej}} \quad (3)$$

Di mana T_{exj} = tempoh pendedahan pada tahap tekanan bunyi tertentu pada tempoh j, jam
 T_{pdej} = tempoh pendedahan dibenarkan untuk tahap tekanan bunyi berkenaan, jam

Nilai dos hingar 100 atau ke bawah adalah diterima dan tidak berisiko. Jumlah yang dikira merupakan kiraan sepanjang tempoh syif bekerja/ pendedahan.

3.0 KEPUTUSAN

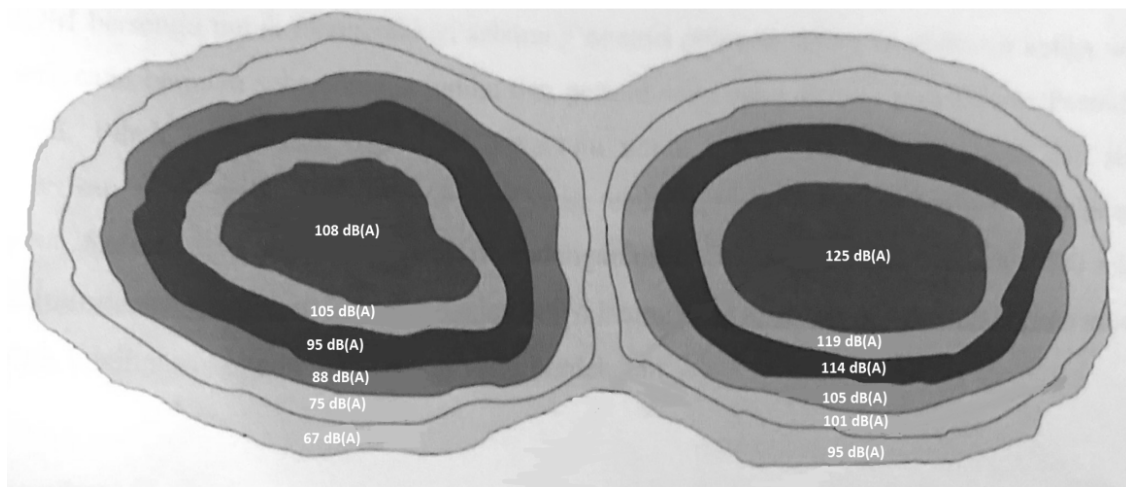
Hasil pengumpulan data yang telah dilaksanakan iaitu dengan meletakkan meter pengukuran tahap bunyi pada kedudukan dan jarak yang telah ditetapkan adalah seperti dalam Jadual 1. Bacaan diambil dalam keadaan kedua-dua enjin pesawat telah dihidupkan secara berasingan dan kemudian bersama-sama dan berada dalam kedudukan 72% dan 85% RPM. Hasil dari pemantauan yang telah dilaksanakan hampir 2 minggu, data telah dikumpul sebagai mana dalam Jadual 3. Data dengan nilai LA_{eq} (dBA) yang direkodkan oleh Ismail et al. (2010) dalam radius 3km jarak dari lapangan terbang di Malaysia menunjukkan hasil kajian ini berada dalam julat yang hampir sama (sekitar 61dBA-93dBA) [12].

Dos hingar adalah mengikut aturan OSHA (2003) ($\leq 100\%$) untuk kesemua golongan yang terdedah pada jarak 0m sehingga ke jarak 1500m kecuali untuk pekerja di bawah pesawat (0 meter) dan 10 meter dari pesawat dengan enjin RPM85% (berwarna oren dalam Jadual 3) [13]. Dos hingar untuk kedua-dua golongan pekerja tersebut adalah melebihi 160% dan 400% sekiranya enjin RPM 85% diselenggara dalam satu hari pada waktu pagi, petang dan malam. Manakala, kesan gabungan kedua-dua enjin pada RPM 72% dan 85% mengakibatkan jumlah tahap tekanan bunyi melebihi 90dBA untuk semua golongan yang terdedah kecuali komuniti sekolah / luar dari kem pada jarak 1500m pada waktu pagi dan petang (berwarna merah di Jadual 3). Kesan gabungan kedua-dua keadaan enjin tidak berbeza dengan nilai tertinggi iaitu yang direkod pada keadaan RPM 85% kerana nilai perbezaan yang besar melebihi 10 jika dirujuk kepada Jadual 3. Pengiraan menggunakan SPL_{tot} di persamaan (2) juga mengesahkan nilai-nilai tersebut.

Jadual 3. Data pemantauan tahap hingar

Jarak meter pengukur tahap bunyi dari punca bunyi (pesawat) (meter)	Bacaan ketika enjin RPM 72%				Bacaan ketika enjin RPM 85%				Kesan gabungan RPM72% & RPM85%		
	Pagi dBA	Petang dBA	Malam dBA	Dos Hingar %	Pagi dBA	Petang dBA	Malam dBA	Dos Hingar %	SPL _{tot} Pagi	SPL _{tot} Petang	SPL _{tot} Malam
0	101	103	105	38.95	118	120	122	411.14	118	120	122
10	98	100	102	25.70	110	114	116	168.29	110	114	116
100	88	90	92	6.42	107	109	110	84.51	107	109	110
500	81	83	85	2.43	98	100	102	25.70	98	100	102
1000	68	70	72	0.40	92	96	98	13.88	92	96	98
1500	60	62	64	0.13	88	90	92	6.42	88	90	92

Lakaran pengkonturan bunyi bagi kedua-dua kawasan adalah seperti di Rajah 3 di mana di sebelah kanan adalah untuk enjin dalam keadaan RPM 85% dan di sebelah kiri RPM 72% dengan menggunakan nilai jumlah tahap tekanan bunyi (persamaan (2) SPL_{tot}) yang direkodkan dari pagi ke malam seperti di Jadual 3.



Rajah 3. Pengkonturan bunyi daripada dua sumber

Jadual 4. Jumlah tahap tekanan bunyi dari pagi ke malam

Jarak	RPM72%	RPM85%
0	108	125
10	105	119
100	95	114
500	88	105
1000	75	101
1500	67	95

Jadual 5. Pendedahan yang dibenarkan mengikut Jangkamasa

Jarak (Meter)	Waktu	RPM 72%		RPM 85% kesan gabungan)	
		dBA	jam	dBA	jam
0	pagi	101	1.7	118	0.2
	petang	103	1.3	120	0.1
	malam	105	1.0	122	0.1
10	pagi	98	2.6	110	0.5
	petang	100	2.0	114	0.3
	malam	102	1.5	116	0.2
100	pagi	88	10.6	107	0.8
	petang	90	8.0	109	0.6
	malam	92	6.1	110	0.5
500	pagi	81	27.9	98	2.6
	petang	83	21.1	100	2.0

Jarak (Meter)	Waktu	RPM 72%		RPM 85% kesan gabungan)	
		dBA	jam	dBA	jam
1000	malam	85	16.0	102	1.5
	pagi	68	168.9	92	6.1
	petang	70	128.0	96	3.5
	malam	72	97.0	98	2.6
1500	pagi	60	512.0	88	10.6
	petang	62	388.0	90	8.0
	malam	64	294.1	92	6.1

Berdasarkan perundangan terkini daripada Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994, Peraturan-Peraturan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (Pendedahan Bising) 2019 P.U.(A) 60 menyebut [14];

- (1) Tiada pekerja boleh terdedah kepada paras pendedahan bising harian melebihi 85dB(A) atau dos bising diri harian melebihi serratus peratus;
- (2) Tiada pekerja boleh terdedah kepada paras bising tekanan bunyi maksimum melebihi 115 dB (A) pada bila-bila masa.

Had pendedahan yang dibenarkan (PEL) adalah seperti Jadual 4 yang diberikan di dalam Akta 139, dan juga telah dikira menggunakan persamaan (1). Selain perlu meningkatkan tahap kualiti peranti perlindungan pendengaran, dan pemantauan pendedahan hingar kepada pekerja, tempoh pendedahan pekerja kepada hingar perlu diambil berat. Tempoh pendedahan untuk tahap tekanan bunyi melebihi 115 dB(A) seperti di jarak 0 meter dan 10 meter dari pesawat atau sumber bunyi hanya terhad antara 5 minit ke 10 minit (0.1 – 0.2 jam dalam Jadual 3). Berkenaan gangguan kepada pelajar sekolah atau komuniti di luar kem, ia akan terjadi apabila penyelenggaraan dilakukan pada keadaan RPM 85% atau apabila dua pesawat diselenggara pada waktu yang sama. Bagaimanapun, kajian ini hanya melihat kepada pengukuran objektif berdasarkan apa yang diberikan oleh peranti pengukur. Brink et al. (2019) mencadangkan penilaian subjektif bagi menilai kejengkelan (*annoyance*) yang mungkin dapat menjelaskan laporan yang dibuat oleh penduduk sekitar.

4.0 RUMUSAN

Berdasarkan data yang diperolehi, had bunyi bising yang dihasilkan oleh pesawat sukhoei dapat menjejaskan sistem pendengaran dan kesihatan dikalangan mereka yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dengan pengoperasian pesawat. Walaupun data yang diambil hanya melibatkan dua tahap iaitu pada ketika enjin pesawat dalam keadaan 72% dan 85% RPM ianya sudah mencukupi untuk menentukan tahap bunyi yang dihasilkan memberi impak kepada manusia. Walau bagaimanapun, impak atau tahap bunyi bising hanya menjejaskan pelajar sekolah dan penduduk kawasan sekitar operasi pesawat apabila lebih daripada satu pesawat diselenggara pada waktu yang sama. Walaupun pada tahap enjin 85 % RPM tahap bunyi bising mencapai 92 dB(A), ia masih tidak memberi impak kesihatan kerana pesawat sukhoei yang beroperasi pada tahap ini hanya pada tempoh masa yang singkat iaitu tidak melebihi 5-10 minit sahaja.

Senarai Rujukan

- [1] Singh, N., & Davar, S. C. (2004). Noise pollution-sources, effects and control. *Journal of Human Ecology*, 16(3), 181-187.
- [2] Cohen, S., & Weinstein, N. (1981). Nonauditory effects of noise on behaviour and health. *Journal of Social Issues*, 37(1), 36-70.
- [3] Brink, M., Schäffer, B., Vienneau, D., Foraster, M., Pieren, R., Eze, I. C., ... & Wunderli, J. M. (2019). A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: Differences between continuous and intermittent noise. *Environment international*, 125, 277-290.
- [4] Lumbantobing, S. S., Faradiba, F., & Assisi, F. (2019). Tingkat Kebisingan Suara di Lingkungan MTS Negeri 34 Jakarta terhadap Kualitas Proses Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, 4(1), 51-64.
- [5] Lugten, M. (2019). Tranquillity by design-architectural and landscape interventions to improve the soundscape quality in urban areas exposed to aircraft noise (Doctoral dissertation, University of Cambridge).

- [6] Syah, A. (2019). Analisa Sebaran Kebisingan Akibat Aktivitas Landing Dan Take-Off Sekitar Bandar Udara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Balikpapan. *Kurva S Jurnal Mahasiswa*, 1(1), 90-99.
- [7] Lintong, F. (2009). Gangguan Pendengaran Akibat Bising. *Jurnal Biomedik*, 1(2).
- [8] Nassur, A. M., Leger, D., Lefevre, M., Elbaz, M., Mietlicki, F., Nguyen, P., ... & Evrard, A. S. (2019). The impact of aircraft noise exposure on objective parameters of sleep quality: Results of the DEBATS study in France. *Sleep medicine*, 54, 70-77.
- [9] Scholz D. & Isikveren, A. T. (ed.) (1980) Aircraft Noise Assessment, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 52(1), pp. 6-9.
- [10] Bauermeister, K., & Donner, U. (1980). Aircraft Noise Monitoring at Airports. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 52(6), 16-18.
- [11] ISO 9612-1997 (1997) Acoustics-Guidelines for the Measurement and Assessment of Exposure to Noise in a Working Environment. Geneva: International Standard Organization.
- [12] Ismail, A. R., Tahir, M. F. M., Nor, M. J. M., Haniff, M. H. M., & Zulkifli, R. (2010). Assessment of Noise Impact: A Case Study Due to Aircraft Activities. National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Studies, Pahang.
- [13] OSHA, 2003. Noise exposure computation. Occupational Safety and Health Standards 1910.95 App A.
- [14] Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994, Peraturan-Peraturan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (Pendedahan Bising) (2019). P.U. (A) 60.
- [15] <http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/12.gif>