



## Kesiapan Teknisi Awak Pesawat Udara Menghadapi Paparan Bahan Toksik di Bandar Udara

Yuli Subiakto<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Kesehatan TNI AU Ciumbeluei, Bandung, Jawa Barat

<sup>1</sup> Fakultas Farmasi Militer, Universitas Pertahanan RI

Info Artikel	ABSTRAK
<p><b>Histori Artikel:</b> Diajukan: 11 Desember 2024 Direvisi: 10 Januari 2025 Diterima: 31 Januari 2025</p>	<p>Transportasi udara merupakan sarana transportasi secara cepat ke daerah yang jauh. Pada masa pandemi Covid-19 yang terjadi tahun 2020 sampai dengan pertengahan tahun 2022 terjadi penurunan jumlah penumpang dan barang, tetapi pasca pandemi Covid-19 tahun 2022 s.d 2023 terjadi peningkatannya jumlah penumpang dan barang domestik dan penerbangan internasional. Bandar udara sebagai area penyiapan pesawat udara dan pergerakan sarana transportasi pendukung terjadi polusi udara akibat pembakaran mesin pesawat dan transportasi pendukung. Semakin banyaknya jumlah penerbangan di bandar udara berdampak terhadap peningkatan polutan berupa sisa pembakaran, sisa pelumas, sisa pembakaran bahan bakar berupa Karbon monoksida (CO), Hidrogen sianida (HCN), Natrium dioksida (NO<sub>2</sub>), Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan bahan lain. Kondisi tersebut berdampak terhadap kesehatan personel penerbangan khususnya teknisi awak pesawat. Efek tersebut dapat mengganggu kinerja dan kesehatan teknisi awak pesawat mulai dari gangguan pernafasan, gangguan mata, gangguan kulit, gangguan darah, gangguan saraf, gangguan sistem imun, kanker dll. Teknisi awak pesawat diharapkan memiliki derajat kesehatan yang tinggi agar tidak mempengaruhi kinerja dan memiliki kesiapan yang tinggi dalam menyiapkan pesawat udara. Sehingga teknisi pesawat udara harus memiliki derajat kesehatan yang tinggi terbebas dari paparan bahan bakar, sisa bahan bakar, sisa bahan pelumas pada saat mempersiapkan pesawat di bandar udara. Langkah yang disiapkan untuk mencegah paparan bahan toksik di bandar udara tersebut dilakukan langkah promotive, preventif, kuratif dan rehabilitative.</p>
<p><b>Kata kunci:</b> Kesiapan Teknisi Awak Pesawat Udara Bahan Toksik Bandar Udara</p>	<p><i>Air transportation is a means of transportation that is capable of moving people and goods quickly to distant areas. During the Covid-19 pandemic which occurred in 2020 to mid-2022, there was a decrease in the number of passengers and goods, but after the Covid-19 pandemic in 2022 to 2023, there was an increase in the number of domestic passengers and international flights. Airports as an area for preparing aircraft and the movement of supporting transportation means cause air pollution due to the combustion of aircraft engines and supporting transportation. The increasing number of flights at airports has an impact on increasing pollutants in the form of combustion residue, lubricant residue, fuel combustion residue in the form of carbon monoxide (CO), hydrogen cyanide (HCN), sodium dioxide (NO<sub>2</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), and other materials. This condition has an impact on the health of flight personnel, especially flight crew technicians. These effects can interfere with the performance and health of flight crew technicians, ranging from respiratory problems, eye problems, skin disorders, blood disorders, nervous disorders, immune system disorders, cancer, etc. Flight crew technicians are expected to have a high level of health so as not to affect performance and have high readiness in preparing the aircraft. Aircraft technicians must have a high level of health free from exposure to fuel, residual fuel and lubricants when preparing the aircraft at the airport. The steps taken to prevent exposure to toxic materials at airports include promotive, preventive, curative and rehabilitative.</i></p> <p>Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved</p>
<p><b>Keywords:</b> Readiness Aircraft Crew Technician Toxic Materials Airport</p>	
<p><b>Penulis Korespondensi:</b> Yuli Subiakto Email: <a href="mailto:y.subiakto09@gmail.com">y.subiakto09@gmail.com</a></p>	

## I. PENDAHULUAN

Transportasi udara merupakan sarana transportasi yang mampu memindahkan orang dan barang secara cepat ke seluruh dunia dengan menggunakan pesawat udara. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi penerbangan telah menjadikan pesawat udara dapat terbang menjangkau lebih jauh (daya jelajah jauh), membawa penumpang dan barang dalam jumlah besar, memberikan kenyamanan, keamanan, keselamatan, kecepatan dan ketepatan waktu. Keselamatan penerbangan merupakan bagian yang paling diutamakan, yang merupakan suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya. Penyelenggaraan bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan wajib memenuhi standar keselamatan di bidang penerbangan yang terdiri dari sumber daya manusia, sarana dan/atau prasarana, standar operasional prosedur, lingkungan dan sanksi (Kementerian Perhubungan RI, 2015). Standar keamanan penerbangan tersebut mengacu pada peraturan internasional penerbangan dan dokumen International Civil Aviation Organization. Pesawat udara dalam pengoperasiannya sangat tergantung pada manusia, kondisi lingkungan, mesin dan manajemen penerbangan (Rainford & Gradwell, 2006).

Pesawat udara dalam kegiatan operasional penerbangan membutuhkan bahan bakar, bandara, pengatur lalu lintas udara dalam rangka tetap menjaga keamanan dan keselamatan terbang (Republik Indonesia, 2009). Pesawat udara sebelum melaksanakan terbang melakukan persiapan pesawat, pemanasan pesawat, pelaksanaan taxi yang dilanjutkan take off, demikian juga pada saat landing pesawat udara akan masuk jalur taxi dan parkir area di bandar udara. Berdasarkan laporan dari Dirjen Perhubungan Udara terjadi peningkatan jumlah penumpang dan barang pada penerbangan domestik dan penerbangan internasional pasca pandemi Covid -19. Jumlah penerbangan domestik dan internasional berdasarkan data dari Dirjen Perhubungan Udara Kemenhub Tahun 2022 sd 2023 dibandingkan tahun 2020 s.d 2023 (Kementerian Perhubungan RI, 2020–2023). Bandar udara sebagai area penyiapan pesawat dan pergerakan sarana transportasi pendukung terjadi polusi udara akibat pembakaran mesin pesawat dan transportasi pendukung Semakin banyak jumlah penerbangan di bandar udara berdampak terhadap peningkatan polutan berupa sisa pembakaran, sisa pelumas, sisa pembakaran bahan bakar berupa Karbon monoksida (CO), Hidrogen sianida (HCN), Natrium dioksida (NO<sub>2</sub>), Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan bahan lain (Witten, Zeiger, & Ritchie, 2011, Chatuvedi, 2010). Kondisi lingkungan bandar udara berpolusi berdampak terhadap kesehatan personel penerbangan khususnya teknisi awak pesawat. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 32 tahun 2021 pasal 20, telah mengatur standar emisi gas buang sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh sertifikat kelaikudaraan, yang ditindaklanjuti dengan pengaturan persyaratan untuk bahan bakar terbuang, gas buang untuk pesawat udara yang digerakkan dengan mesin turbin dan emisi CO<sub>2</sub> pesawat udara (Republik Indonesia, 2021). Efek gas buang pesawat udara dan emisi CO<sub>2</sub> pesawat udara tersebut dapat mengganggu kinerja dan kesehatan teknisi awak pesawat mulai dari gangguan pernafasan, gangguan mata, gangguan kulit, gangguan darah, gangguan saraf, gangguan sistem imun, kanker dll.

Teknisi awak pesawat merupakan personel yang terlibat dalam penerbangan terkait pada kegiatan, pemeliharaan dan penyiapan pesawat udara dengan dilengkapi sertifikat sesuai bidang tugasnya. Pada pelaksanaan kegiatannya berpotensi terpapar oleh bahan-bahan yang terkait dalam kegiatan penerbangan dan non penerbangan yang meliputi bahan bakar, bahan pelumas, sisa bahan bakar, kebocoran bahan pelumas, cairan hidrolik. Sesuai Permenkes No 44 Tahun 2014 bahwa Pelabuhan dan Bandar Udara Sehat adalah suatu kondisi wilayah Pelabuhan atau Bandar udara yang bersih, aman, nyaman dan sehat untuk komunitas pekerja dan Masyarakat Pelabuhan atau bandar udara dalam melaksanakan aktivitasnya (Kementerian Kesehatan RI, 2014). Penyelenggaraan pelabuhan dan bandar udara sehat masing-masing instansi dan badan usaha melakukan pembinaan sesuai dengan kewenangannya. Pembinaan diarahkan pada obyek penyelenggaraan yang berdampak pada penurunan risiko Kesehatan Masyarakat yang berkaitan dengan kegiatan salah satunya pengelolaan kualitas udara. Teknisi awak pesawat diharapkan memiliki derajat kesehatan yang tinggi, memiliki kesiapan tinggi dalam menyiapkan pesawat udara untuk dapat terbang dalam keadaan aman, nyaman, tepat waktu dan keselamatan terbang baik bagi awak pesawat, penumpang dan barang. Teknisi pesawat terbang terbebas dari paparan bahan bakar, sisa bahan bakar, dan bahan pelumas pada saat mempersiapkan pesawat saat di bandar udara. Langkah yang disiapkan untuk mencegah paparan bahan toksik di bandar udara dengan melakukan langkah pencegahan, pemeriksaan, penanganan korban paparan.

## II. METODE

Transportasi udara pasca pandemi Covid-19 telah menunjukkan peningkatan yang sangat besar seiring dengan semakin banyaknya penerbangan domestik dan penerbangan internasional melaksanakan pengangkutan manusia dan barang. Berdasarkan data dari Laporan DirjenPerhubungan Udara Kemenhub Tahun 2020 – 2023 ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan data pada Tabel 1 jumlah penumpang pesawat di 5 (lima) Bandar Udara pada Keberangkatan Penerbangan Domestik Tahun 2020-2023 menunjukkan peningkatan pasca pandemi *Covid-19*, tahun 2022 sebesar 89,81%, tahun 2023 sebesar 119,92%, bila dibandingkan tahun 2021. Pada Tabel 2 jumlah penumpang pesawat di 5 (lima) Bandar Udara pada Keberangkatan Penerbangan internasional Tahun 2020-2023 menunjukkan peningkatan pasca pandemi Covid-19, tahun 2022 sebesar 993, 88%, tahun 2023 sebesar 2,210, 90% dibandingkan tahun 2021.

**Tabel 1.** Jumlah Penumpang Pesawat di 5 Bandara Utama Pada Keberangkatan Penerbangan Domestik Tahun 2020-2023

No.	Bandara Utama	Tahun			
		2020	2021	2022	2023
1.	Kualanamu	1.313.501	1.358.551	2.349.151	2.543.261
2.	Soekarno Hatta	8.621.796	7.945.377	16.065.900	18.538.674
3.	Juanda	2.747.248	2.471.367	4.316.508	5.201.166
4.	Ngurah Rai	1.775.528	1.825.064	3.878.209	4.721.260
5.	Hasanudin	1.7977.572	1.763.972	2.553.138	2.786.001
<b>Total</b>		<b>16.255.645</b>	<b>15.364.331</b>	<b>29.162.906</b>	<b>33.790.362</b>

**Tabel 2.** Jumlah Penumpang Pesawat di 5 Bandara Utama Pada Keberangkatan Penerbangan Internasional Tahun 2020-2023

No.	Bandara Utama	Tahun			
		2020	2021	2022	2023
1.	Kualanamu	1.313.501	1.358.551	2.349.151	2.543.261
2.	Soekarno Hatta	8.621.796	7.945.377	16.065.900	18.538.674
3.	Juanda	2.747.248	2.471.367	4.316.508	5.201.166
4.	Ngurah Rai	1.775.528	1.825.064	3.878.209	4.721.260
5.	Hasanudin	1.7977.572	1.763.972	2.553.138	2.786.001
<b>Total</b>		<b>16.255.645</b>	<b>15.364.331</b>	<b>29.162.906</b>	<b>33.790.362</b>

Dengan semakin meningkatnya jumlah penumpang maka semakin banyak pesawat yang beroperasi yang berimplikasi dengan pulih secara bertahap industri penerbangan pasca pandemi. Disamping itu, resiko atas kesehatan menjadi perhatian untuk para teknisi pesawat udara.

## III. HASIL DAN DISKUSI

Pesawat udara pada saat ini dalam rangka memenuhi kebutuhan penumpang dan barang menggunakan pesawat jet, sehingga bahan bakar yang digunakan berupa avtur (Aviation Turbin Fuel) atau secara internasional lebih dikenal dengan nama Jet A-1. Avtur atau Aviation Turbine Fuel termasuk bahan bakar untuk pesawat yang menggunakan mesin turbin atau juga mesin jet dan Aviation gasoline atau Avgas untuk mesin piston. Ada berbagai standar dari American Society for Testing and Materials (ASTM) untuk Avgas, dan hampir semua Avgas yang ada di pasar Amerika Serikat saat ini memiliki kandungan timbal rendah, yaitu Avgas 100LL. Meskipun kadar kandungan timbal tersebut tergolong rendah, apabila terhirup atau tertelan maka timbal dapat menimbulkan keracunan (PT Pertamina, 2022 ;Dong, Migdal, & Carr, n.d.). secara rinci jenis-jenis bahan bakar pesawat diantaranya.

### **Avgas (Aviation Gasoline)**

*Avgas* merupakan bahan bakar pesawat untuk jenis pesawat dengan mesin piston. Bahan bakar *Avgas* merupakan bahan bakar yang diolah dari *gasoline* atau bensin yang kemudian disempurnakan dari segi *volatily*, titik beku, titik didih, dan *flash point*nya. *Avgas* ini diklarifikasikan ke dalam beberapa jenis, di antaranya: (9), (10)

1) *Avgas 100 / DEF-STAN 91-90 / ASTM D-910*. Ciri-ciri dari *Avgas 100* yaitu nilai oktan yang tinggi karena adanya tambahan zat aditif yaitu *lead* atau timbal, dan memiliki warna hijau.

2) *Avgas 100LL*. Sama halnya dengan *Avgas 100*, akan tetapi *avgas 100LL* merupakan *Avgas* dengan kadar timbal lebih sedikit, di mana *LL* merupakan singkatan dari *Low Lead*, dan warna dari *Avgas 100LL* adalah biru.

3) *Avgas 82UL / ASTM 6227*. Biasa digunakan untuk mesin pesawat yang memiliki rasio kompresi rendah, dengan tidak adanya tambahan timbal di dalamnya, sehingga angka oktan di dalamnya tidak bertambah. Warna dari bahan bakar *Avgas 82UL* adalah ungu.

### **Avtur (Aviation Turbine Fuel)**

*Avtur* dipergunakan untuk pesawat dengan mesin turbin atau mesin jet. *Avtur* didesain khusus untuk bahan bakar pesawat udara dengan tipe mesin turbin (*external combustion*). Performa atau nilai mutu jenis bahan bakar *Avtur* ditentukan oleh karakteristik kemurnian, model pembakaran turbin, dan daya tahan struktur pada suhu yang rendah.

*Avtur* digunakan untuk penerbangan sipil, pesawat komersial. *Avtur* yang digunakan untuk penerbangan sipil dibagi menjadi tiga (3), yaitu *Jet A-1*, *Jet A*, dan *Jet B*. Adapun perbedaan dari ketiganya terdapat pada *freezing point* atau titik beku, dimana *Jet A-1* paling rendah bila dibandingkan dengan *Jet A* dan *Jet B*, merupakan bahan bakar *avtur* yang mempunyai titik beku paling rendah.

*Avtur Jet A-1 / DEF STAN 91-91 / ASTM-D1665 / F-35*. *Avtur Jet A-1* merupakan *avtur* yang paling banyak digunakan untuk pesawat sipil atau komersial, di mana memiliki kelebihan titik bekunya yang mencapai  $-47^{\circ}\text{C}$ . Titik beku *Avtur* mendukung pesawat untuk melakukan proses perjalanan ketika terbang jelajah (*cruising*) dengan ketinggian mencapai 30.000 kaki, hingga 40.000 kaki. Penerbangan pada ketinggian perjalanan tersebut, suhu *ambient* atau *freestream* dapat mencapai  $-45^{\circ}\text{C}$ . Oleh karena itu, apabila pesawat tidak menggunakan *avtur Jet A-1* ketika terbang jelajah, maka dapat dipastikan bahan bakar *avtur* akan menjadi es karena membeku, dan pesawat akan mengalami kegagalan mesin, dan pesawat akan terjatuh saat melakukan perjalanan jelajah. Bahan bakar *Jet A-1* di beberapa negara mempunyai beberapa penamaannya, yaitu di Inggris disebut dengan *DEF STAN 91-91*, untuk *NATO* disebut sebagai *F-35*, dan *ASTM* Internasional menyebutnya sebagai *D1665*.

*Avtur Jet A / F-35 / ASTM-D16 / DEF-STAN 91-91*. *Avtur Jet A* mempunyai *flash point*  $-40^{\circ}\text{C}$ , tidak digunakan pada pesawat komersial yang di Indonesia, biasanya digunakan pada pesawat latih atau pesawat yang menggunakan mesin *jet* yang tidak terbang pada ketinggian yang begitu tinggi (kurang lebih hanya berada pada ketinggian maksimal 10.000 kaki), karena akan berbahaya bagi pesawat jenis ini untuk terbang seperti pesawat jelajah yaitu 30.000 kaki hingga 40.000 kaki, dengan alasan suhu udara menjadi penyebab di dalamnya.

*Avtur Jet B / CAN-CGSB 3 / ASTM D-6615*. Bahan bakar *avtur Jet B* dikhususkan untuk negara dengan cuaca ekstrem, yaitu negara yang memiliki suhu atau temperatur sangat dingin, seperti negara-negara di Eropa dan Amerika bagian utara. *Avtur Jet B* memiliki *flammability* tinggi, sehingga sangat cocok untuk negara dengan cuaca ekstrem. Bahan bakar *avtur Jet B* tidak dipergunakan di Indonesia, karena sangat rumit dalam proses penyimpanannya, dimana membutuhkan penanganan ekstra.

*Avtur* untuk pesawat militer. *Avtur* jenis ini menggunakan simbol *JP* atau *Jet Propellant*, meliputi :

a) *JP-4*. Bahan bakar *JP-4* adalah *Avtur* dengan titik beku sangat rendah. *NATO* memberi kode untuk *Avtur JP-4* sebagai *F-40*, dengan sebutan *Avtag*. Pada dasarnya *JP-4* disebut dengan *Jet B* dalam versi bahan bakar sipil.

b) *JP-5*. Bahan bakar *JP-5* adalah *avtur* yang memiliki warna kuning, mempunyai titik beku  $-46^{\circ}\text{C}$ . *NATO* memberi kode *JP-5* sebagai *F-44* dengan sebutan *Avcat*.

c) *JP-8*. Bahan bakar *JP-8* merupakan *avtur* yang paling banyak digunakan, karena *JP-8* adalah *Jet A-1* apabila dijelaskan dalam versi sipil. Bahan bakar *JP-8* disebut *NATO* dengan kode *F-34*.

Bahan bakar *JP* di Indonesia melalui PT Pertamina disediakan dua produk bahan bakar untuk pesawat, yaitu *Avtur (Jet A-1)* dan *Avgas*. PT. Pertamina selalu memastikan penanganan dan kualitas setiap produk bahan bakar, di setiap tahap pemindahan produknya, mulai dari kilang, hingga dipergunakan pesawat, sesuai dengan standar regulasi *Joint Inspection Group (JIG)*. Bahan bakar *Jet A-1* telah terdaftar pada *TSCA EINECS/ ELINCS* dan *AICS*, serta tersertifikasi *OSHA 29 CFR 1910.1200*.

Kemudian untuk produk *Avgas*, telah sesuai dengan versi terbaru dari Standar Pertahanan 91/90 yang biasa digunakan pada pesawat yang menggunakan mesin piston dan helikopter ringan, di mana *avgas* yang disediakan oleh PT. Pertamina adalah *avgas 100LL*. *Avgas* tersebut merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dengan kadar kandungan aditif timbal kurang dari 0,56 gram di setiap liternya. *Avgas* dari PT Pertamina telah terdaftar pada *TSCA EINECS/ ELINCS* dan *AICS*, dan tersertifikasi *OSHA 29 CFR 1910.1200*.

### **Sisa Pembakaran Bahan Bakar**

Sisa pembakaran bahan bakar di bandar udara bersumber dari proses pemeliharaan pesawat, pemanasan pesawat sebelum terbang, pembakaran bahan bakar saat menuju landasan pacu, pada saat pesawat melakukan take off (lepas landar), pembakaran bahan bakar pesawat saat landing (saat mendarat) dan menuju tempat parkir pesawat, pembakaran bahan bakar kendaraan pendukung penerbangan bus, minibus, kendaraan penarik bagasi, kendaraan penunjang penerbangan lainnya. Sisa pembakaran bahan bakar tersebut meliputi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, CO dan SO<sub>2</sub> dan constrails. Peningkatan jumlah frekuensi penerbangan berpotensi menghasilkan polutan yang dilepas ke udara di bandar udara. Sisa pembakaran bahan bakar pesawat terbang berupa emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, CO dan SO<sub>2</sub>, constrails global (C. Winder & S Michaelis, 2005, Kementerian Perhubungan, 2015, Kementerian Perhubungan, 2021).

### **Bahan Pelumas pada Pesawat Udara**

Bahan pelumas dalam penerbangan dirancang untuk melumasi pada rentang temperatur pengoperasian yang luas, bagian-bagian mesin yang bergerak seperti bantalan, roda gigi, poros bubungan, lengan ayun, dinding silinder, ring piston, batang dorong, dan soket serta memberikan fungsi tambahan untuk pendinginan mesin, kebersihan dan penghambatan korosif. Sehingga bahan pelumas pada pesawat udara sangat penting untuk menjaga mesin pesawat tetap beroperasi dengan baik, tidak mudah rusak yang dapat mengganggu penerbangan. Bahan pelumas pesawat udara didasarkan pada mineral oils, syntetic oils.

Mobil Jet Oil 254 adalah pelumas sintetik, digunakan untuk tipe pesawat turbin gas udara dengan performa ekstra tinggi generasi ketiga yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pesawat komersial dan militer. Produk tersebut diformulasikan dari bahan dasar ester yang disiapkan secara khusus dan diperkaya dengan aditif bahan kimia unik. Hasilnya, produk memiliki stabilitas termal dan oksidatif yang lebih baik, tahan terhadap kerusakan dan pembentukan endapan, serta mempertahankan sifat fisik sesuai spesifikasi militer. Mobil Jet Oil 254 memiliki sifat fisik yang mirip dengan pelumas turbin gas generasi sebelumnya yang tersedia saat ini. Rentang suhu kerja efektif pelumas adalah antara -40°C (-40 °F) hingga 232°C (450°F).

Mobil Jet Oil 254 direkomendasikan untuk mesin turbin gas pesawat jenis turbo-jet, turbo-fan, turbo-prop, dan turbo-shaft (helikopter) yang digunakan dalam penerbangan komersial maupun militer. Produk pelumas tersebut cocok untuk tipe pesawat mesin turbin gas yang digunakan di kalangan industri atau kelautan. Mobil Jet Oil 254 disetujui berdasarkan klasifikasi High Thermal Stability (HTS), Spesifikasi Militer AS MIL-PRF-23699. Produk pelumas tersebut kompatibel dengan pelumas turbin gas sintetik lainnya yang memenuhi MIL-PRF-23699. Namun, pencampuran dengan produk lain tidak disarankan karena campuran akan menimbulkan kehilangan beberapa karakteristik performa unggul Mobil Jet Oil 254. Mobil Jet Oil 254 sangat kompatibel dengan semua logam yang digunakan dalam konstruksi turbin gas. Selain itu pelumas Mobile Jet Oil 254 digunakan pada Karet F (Viton A), Karet H (Buna N), dan bahan seal lainnya yang umum digunakan.

### III.1 Bahan Toksik dalam Penerbangan

Pajanan bahan toksik dalam penerbangan bersumber dari bahan bakar, sisa pembakaran bahan bakar, bahan pelumas, pelarut, cairan hidrolik, karbon monoksida, karbon dioksida, Hydrogen Cyanida. (1) Ernstings p.524) Paparan bahan toksik dalam penerbangan dapat terjadi pada saat mempersiapkan pesawat udara di area taxi way, penyiapan pesawat udara pada saat siap terbang, pemeriksaan pesawat udara setelah terbang, kegiatan dukungan penerbangan seperti bis, minibus, alat angkut barang, alat angkut bahan bakar. Paparan bahan toksis dapat mengganggu kinerja teknisi pesawat terbang, kesehatan dan dapat berpotensi menimbulkan kecelakaan pesawat udara secara tidak langsung.

Pajanan bahan toksik bahan bakar dapat terjadi pada saat pengisian, terjadi kebocoran pada tangki dan pembongkaran bahan bakar pada pesawat atau kendaraan penunjang. Efek toksik yang ditimbulkan bahan bakar tersebut meliputi (Kementerian Perhubungan, 2015, Kementerian Perhubungan, 2021). Paparan pada saluran pernafasan. Paparan pada saluran pernafasan dapat menimbulkan asphyxia (keadaan sesak nafas). Produk sisa pembakaran yang menimbulkan racun utama, yang dibagi dalam dua kelas yaitu gas yang menimbulkan sesak nafas, bekerja mencegah pengambilan oksigen oleh sel, dengan gejala berupa hilangnya kesadaran sampai terjadi kematian. Menghasilkan gas pengiritasi langsung, yang menyebabkan ketidakmampuan terutama akibat iritasi saluran pernafasan bagian atas, serta terjadinya kerusakan jangka panjang yang lebih dalam di paru-paru. Efek dari bahan toksik berupa sesak nafas dan iritasi paru-paru tergantung pada akumulasi bahan (dosis), jumlah dari masing-masing konsentrasi dikalikan waktu pemaparan. Pada keracunan akibat pajanan berat berupa henti nafas sampai terjadi kematian.

Paparan pada mata terjadi sebagai akibat paparan bahan bakar pada mata, dimana mata merupakan sistem tubuh yang memiliki kerawanan yang tinggi terhadap paparan bahan bakar, yang dapat mengganggu penglihatan. Efek yang ditimbulkan berupa timbulnya iritasi mata, mulai dari tingkat ringan berupa kemerahan, keluarnya air mata berlebihan, tingkat sedang berupa rasa sakit pada mata dan rasa pedih pada mata dan tingkat berat sampai terjadi kerusakan pandangan, kebutaan.

Paparan pada kulit terjadi sebagai akibat kontak bahan bakar terhadap kulit secara langsung. Bahan bakar memiliki sifat non polar, sehingga paparan terhadap kulit dapat mengiritasi kulit mulai dari tingkat ringan berupa kemerahan pada kulit, rasa terbakar, iritasi kulit. tingkat sedang berupa blister (melepuh), sampai tingkat berat berupa luka bakar hebat. (Winder, 2010)

Gangguan darah, sebagai akibat paparan bahan bakar yang bersifat sistemik masuk kedalam pembuluh darah, dimana material bahan bakar seperti Pb dan material halus lainnya, mempengaruhi berupa penurunan kadar Hb, penurunan oksigen darah, meningkatkan karbon monoksida (CO) pada darah sampai terjadi sianosis yang berupa gangguan pernafasan. (Chris Winder, n.d.). Gangguan saraf akibat pajanan bahan bakar terjadi saat terjadi pajanan secara sistemik, dimana materil bahan bakar seperti Pb dan material halus lainnya, mempengaruhi sistem saraf.

#### III.1.1 Bahan Toksik

Bahan pelumas merupakan bahan yang bersifat non polar (minyak) dapat menimbulkan efek toksik berupa mual, muntah, nyeri perut, diare dan pendarahan lambung. Sumber paparan bahan pelumas kedalam tubuh berasal dari tertelan, terhirup, kontak pada kulit, kontak pada mata, kontaminasi pada pangan. Terjadi sebagai akibat penggunaan pelumas dan senyawa pengawet secara berlebihan di ruang kargo, bahan pengawet pada bagian dalam pesawat, tertelannya bahan pelumas, kontaminasi bahan pelumas pada pangan, kebocoran mesin.

Cairan hidrolik. Cairan hidrolik bersifat nonpolar yang bersumber dari bahan mineral atau sintetis dapat menimbulkan paparan yang menimbulkan toksik sama dengan pelumas. Sumber paparan cairan hidrolik dapat terjadi secara langsung, mengkontaminasi pangan, kebocoran sistem hidrolik, saat pengisian cairan hidrolik. Efek yang ditimbulkan akibat paparan berupa mual, muntah, nyeri perut, diare dan pendarahan lambung.

Grease. Greases umumnya mengandung bahan mineral atau sintesis base oils dengan metal soaps. Sumber pajanan bahan toksik grease berasal dari pajanan langsung, tertelan. Efek yang ditimbulkan mual, muntah, nyeri perut, diare dan pendarahan lambung. Bahan Hydrazine. Penggunaan hydrazine pada pesawat F16, sebagai reduktor kuat yang bersifat ekstotermis menghasilkan banyak energi yang berperan sebagai starter pada proses pembakaran pesawat terbang. Sumber pajanan bahan toksik terjadi saat terjadi kebocoran sistem pembakaran, Efek yang ditimbulkan akibat pajanan bahan toksik hydrazine dapat sangat berbahaya bila terkena tubuh manusia berupa luka bakar.

Bahan kimia khusus. Bahan kimia khusus yang sering digunakan pada pesawat udara meliputi senyawa komponen perekat, cairan pendingin, pencegahan korosi, cairan redaman, pelumas kering, oli peralatan, bahan pelumas, pelindung, sealant, perekat, resin epoksi, cairan penyangga kejut. Sumber paparan bahan toksik bahan kimia khusus dapat terjadi secara langsung, saat pengisian, saat pembongkaran, saat terjadi kebocoran.

### III.1.2 Sisa Pembakaran

Sisa pembakaran bahan bakar pesawat terjadi saat pengoperasionalan pesawat udara, pembakaran bahan bakar bersumber dari kegiatan pemanasan mesin pesawat, pemeliharaan pesawat, pengoperasionalan kendaraan penunjang penerbangan di bandar udara. CO<sub>2</sub> (Carbon dioxide) memiliki afinitas yang lebih tinggi dibandingkan oksigen, sehingga tubuh tidak mampu menyerap oksigen dari luar. Efek yang ditimbulkan mulai dari sakit kepala, kelelahan, gangguan penglihatan, penurunan konsentrasi, rasa sakit, sesak nafas. CO (Carbon monoxide) memiliki sifat sebagai gas tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa. Paparan Carbon monoxide secara sistemik menimbulkan ikatan dengan darah yang berupa carboxyhemoglobin (COHb) (G.J. Salazar, 2013) Efek yang ditimbulkan berupa keracunan pada tahap ringan mulai dari asphyxia menghasilkan sakit kepala, kelelahan, dan mual, gangguan penglihatan, penurunan konsentrasi, rasa sakit. Pada tahap sedang mulai sesak nafas henti nafas, dan pada tahap berat terjadi henti nafas sampai terjadi kematian. (Hageman, 2019) Pada pajanan jangka panjang dapat menyebabkan kehilangan memori dan kerusakan sistem saraf pusat. Hubungan antara kadar COHb dan tanda dan gejala teridiri atas (Harvard Campus Services, n.d)

Tabel 3. Kadar COHb dengan Tanda dan Gejala (Bradly, 2016)

%COHb	Tanda dan Gejala
0 -10%	-
10 - 20	Tightness across forehead, possible slight headache, and dilation of cutaneous blood vessels.
20 - 30	Headache and throbbing in tempels, easily fatigued, and possibly dizziness
30 - 40	Severe headace, weakness, dizziness, confusion, vision dimness, nausea, vomiting, ang collapse
40 - 50	Sign and symptoms same as above, but severity is higher, increased pulse and respiratory rate.
50 – 60	Increased respiratory and pulse rate, coma, intermittent convulsion, and Cheyne-Stokes respiration.
60 – 70	Coma, intermittent convulsion, depressed heart action and respiratory rate, and possible death.
70 – 80	Weak pulse, slow respiration, respiratory failure and death within a few hours
80 – 90	Death in less then an hour
> 90	Death in afew minutes.

Hydrogen Cyanida. Cyanida merupakan racun darah yang terjadi secara sistemik membentuk ion blood cyanide (CN<sup>-</sup>), yang bekerja menghambat enzim Cytochrom oxydase. (2), Pada penghambatan enzim tersebut berdampak oksigen yang dibawa oleh hemoglobin tidak mampu dimetabolisme. Akibatnya oksigen dalam darah tidak dapat dilakukan metabolisme yang berkitab peningkatan jumlah karbon monoksida (CO). Efek yang ditimbulkan mulai dari sesak nafas, terjadi sianosis, dan henti nafas. (11) Konsentrasi blood CN<sup>-</sup> dan toksisitas yang ditimbulkan berhubungan

dengan kadar CN dalam darah sebagai berikut (Martin Brtnicky, 2020). Mild (ringan) (0,5-1,0ug/mL), tanda dan gejala berupa muka memerah, nadi cepat, sadar dan pusing. Moderate (sedang) (1,0 – 2,5 ug/mL), tanda dan gejala berupa pingsan tetapi masih responsif terhadap rangsangan, takikardia, dan takipnea. Severe (berat) (2,5 ug/mL), tanda dan gejala koma, tidak responsif, hipertensi, pernafasan lambat, terengah-engah, midriasis, sianosis pada konsentrasi tinggi dan terjadi kematian.

Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>). Nitrogen Dioxide merupakan gas tidak berwarna, tidak berasa dan memiliki bau tajam. Memiliki dampak terjadinya kerusakan pada paru-paru, penyakit paru-paru (setelah paparan jangka Panjang), terjadi infeksi pernafasan. SO<sub>2</sub> (Sulfur Dioxide). SO<sub>2</sub> (Sulfur Dioxide) menimbulkan gangguan pernafasan, berupa sesak nafas. Material polutan. Keracunan terjadi terhirup atau tertelan selain itu, timbal dapat memengaruhi kesehatan manusia dalam berbagai cara, termasuk berdampak pada sistem saraf, sel darah merah, dan sistem kardiovaskular. Sisa pembakaran Hydrazine khususnya pada pesawat F16 dapat menimbulkan iritasi pada kulit dan jaringan lunak pada mata, saluran pernafasan. Fine and ultrafine particles. Fine and ultrafine particles (partikel halus dan sangat halus) merupakan partikel yang dapat terhirup dengan dampak terhadap kesehatan berupa gangguan terhadap hidup, iritasi terhadap tenggorokan dan mata, emphysema, bronchitis, alergi, asthma, infeksi. Pyrolytic product dari engine oils, fluids, and lubricant. Pyrolytic product dari engine oils, fluids, and lubricant (produk pirolitik dari oli mesin, cairan, dan pelumas) terjadi sebagai akibat kebocoran yang masuk kedalam ventilasi udara dalam pesawat. Efek yang ditimbulkan berupa multi gejala termasuk disfungsi (gangguan) sistem saraf pusat dan iritasi selaput lender. Gejala lain berupa pusing, mual, disorientasi, penglihatan kabur, serta terjadinya kesemutan pada kaki dan lengan sering kali dilaporkan oleh awak pesawat.

### III.1.3 Kesiapan Menghadapi Paparan Bahan Toksik Terhadap Teknisi Awak Pesawat.

Teknisi awak pesawat memiliki peranan penting dalam menyiapkan pesawat udara untuk dapat terbang memindahkan orang dan barang dari satu tempat ke tempat lain melalui jalur udara dalam keadaan aman, selamat, nyaman, tepat waktu. Lingkup tugas teknisi pesawat udara berada di workshop, di dalam pesawat, dan bandar udara, memiliki potensi terpajan oleh bahan-bahan toksik yang dapat mengganggu kinerja dan kesehatan. Guna menjaga teknisi awak pesawat udara tetap memiliki kinerja yang tinggi dan derajat kesehatan yang tinggi, perlu upaya dengan langkah promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif yang berkesinambungan. Teknisi pesawat udara harus menyadari adanya potensi paparan bahan toksik di bandar udara dan memahami upaya promotive, preventif, kuratif dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menggunakan Personal Protection Equipment (PPE) (masker, google, sarung tangan, baju kerja, sepatu) pada saat bekerja dalam penerbangan. (Katja dkk, 2022)
2. Melaksanakan pekerjaan sesuai Standard Operating Procedure (SOP) yang ketat.
3. Memiliki awareness (kehati-hatian) terhadap potensi paparan bahan toksik di bandar udara dan di pesawat (Kania dkk, 2022).
4. Memahami kondisi tubuh saat terpajan bahan toksik di bandar udara, dalam pesawat.
5. Melaksanakan pola hidup sehat dan tidak mengkonsumsi bahan-bahan berbahaya seperti Narkoba, merokok.
6. Melaksanakan medical check up rutin dan berkesinambungan.
7. Teknisi awak pesawat udara mampu memberikan pertolongan kepada teknisi lain yang mengalami paparan bahan toksik dan memindahkan korban di tempat yang aman (J Burdon, 2023).
8. Tenaga kesehatan mampu memberikan pertolongan saat gawat darurat dengan melakukan triage, dekontaminasi, perawatan korban darurat (pemberian oksigen 100%), dan pemberian antidot (McClure, 2019).
9. Tenaga kesehatan mampu melaksanakan evakuasi medis untuk mendapatkan pelayanan kesehatan lanjutan terhadap korban.
10. Pengelola Bandar Udara dan Maskapai Penerbangan mampu melaksanakan pendidikan, latihan dan sosialisasi kesehatan dan keselamatan kerja untuk menegah paparan bahan toksi dalam penerbangan.

#### IV. KESIMPULAN

Teknisi awak pesawat merupakan personel yang memiliki kemampuan dan keahlian dalam menyiapkan pesawat udara untuk dapat terbang memindahkan penumpang dan barang dalam keadaan aman, nyaman, selamat, tepat waktu dari satu bandar udara ke bandar udara sesuai tujuannya. Teknisi awak pesawat harus memiliki kinerja yang tinggi dan memiliki derajat kesehatan yang tinggi terbebas dari penyakit yang diakibatkan oleh pekerjaan, berupa paparan bahan bakar, bahan pelumas, sisa pembakaran bahan bakar dari pesawat udara, kendaraan penunjang penerbangan, dan bahan narkoba. Perkembangan transportasi udara pasca pandemi Covid-19 berdampak terhadap semakin banyaknya polutan yang dihasilkan pesawat udara pada penerbangan domestik dan penerbangan internasional, kendaraan penunjang di bandar udara. Kondisi tersebut menuntut perhatian dari pengelola bandara, maskapai penerbangan untuk memperhatikan kesehatan teknisi awak pesawat untuk tetap memiliki kinerja yang baik dan derajat kesehatan yang tinggi melalui langkah promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bendtsen, K. M., Bengtsen, E., Saber, A. T., & Vogel, U. (2023). A review of health effects associated with exposure to jet engine emissions in and around airports. *BMC Public Health*, 23(1), 1–43.
- Brtnicky, M., Pecina, V., Baltazar, T., Galiova, M. V., Balakova, L., Bes, A., & Radziemska, M. (2020). Environmental impact assessment of potentially toxic elements in soils near the runway at the international airport in Central Europe. *Sustainability*, 12(7224).
- Brough, M. B. (2016). Best practices: Emergency medical management of hydrazine exposure. Wright State University, Dayton, Ohio.
- Burdon, J., Budrik, L. T., Bur, X., Hageman, G., Howard, C. V., Roig, J., Coxon, L., et al. (2023). Health consequences of exposure to aircraft contaminated air and fume events: A narrative review and medical protocol for the investigation of exposed aircrew and passengers. *Environmental Health*, 22, 1–43.
- Chaerunnisa, K., Saleh, L. M., & Awaludin. (2022). Identifikasi hazard and risk K3 Unit ARFF Bandara Sultan Hasanuddin Makassar. *Hasanuddin Journal of Public Health*, 3(1), 42–46.
- Chatuvedi, A. K. (2010). Aviation combustion toxicology: An overview. *Journal of Analytical Toxicology*, 34(1), 1–10.
- Dong, J., Migdal, C. A., & Carr, D. (n.d.). Aircraft piston engine oils and turbine engine oils.
- Hageman, G., van Broekhuizen, P., & Nihom, J. (2024). The role of carbon monoxide in aerotoxic syndrome. *NeuroToxicology*, 100, 107–116.
- Harvard Campus Services. (n.d.). Environmental health & safety fact sheet: Carbon monoxide detector—Residential units.
- Kementerian Kesehatan RI. (2014). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 44 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan dan Bandar Udara Sehat.
- Kementerian Perhubungan RI. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 21 Tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Penerbangan.
- Kementerian Perhubungan RI. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 55 Tahun 2015 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139: Bandar Udara (Aerodrome).
- Kementerian Perhubungan RI. (2020–2023). Laporan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Tahun 2020, 2021, 2022, 2023.
- Kementerian Perhubungan RI. (2021). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 15 Tahun 2021 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 34: Persyaratan untuk Bahan Bakar Terbuang, Gas Buang, dan Emisi CO<sub>2</sub> Pesawat Udara.
- McClure, M. B. (2019). Methods for decontamination of a bipropellant propulsion system. NASA Johnson Space Center, White Sands Test Facility, Las Cruces, New Mexico.
- Official Journal of the European Union. (2023). Regulation (EU) 2023/2405 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 on ensuring a level playing field for sustainable air transport (ReFuelEU Aviation).
- PT Pertamina. (2022, December 29). Jenis-jenis bahan bakar pesawat. Pertamina Insight. Retrieved from [https://onesolution.pertamina.com/Insight/Page/Jenis\\_jenis\\_bahan\\_bakar\\_pesawat](https://onesolution.pertamina.com/Insight/Page/Jenis_jenis_bahan_bakar_pesawat)

- Rainford, D. J., & Gradwell, D. P. (2006). *Ernsting's Aviation Medicine* (4th ed.). Edward Arnold (Publisher) Ltd.
- Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.
- Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 32 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Penerbangan.
- Salazar, G. J. (n.d.). Carbon monoxide: A deadly menace. *Medical Facts for Pilots*. Federal Aviation Administration Civil Aerospace Medical Institute.
- Sibomana, I., Good, N. A., Hell, P. T., Rosado, L., & Mattie, D. R. (2019). Acute dermal toxicity of new, used, and laboratory-aged aircraft engine oils. *Toxicology Reports*, 6, 1246–1253.
- Winder, C. (2010). Hazardous chemicals on jet aircraft: Case study—Jet engine oils and aerotoxic syndrome.
- Winder, C., & Michaelis, S. (2005). Crew effect from toxic exposure on aircraft. *Handbook of Environmental Chemistry*, 4(Part H), 223–x. <https://doi.org/10.1007/107246>
- Witten, M. L., Zeiger, E., & Ritchie, G. D. (2011). *Jet Fuel Toxicology*. CRC Press, Taylor & Francis Group.