

TEKNOLOGI MENANGKAL SERANGAN SINAR LASER GUNA MENDUKUNG KESELAMATAN PENERBANGAN

THE AVERT TECHNOLOGY OF X-RAY ATTACK FOR SUPPORT IN FLIGHT SAFETY

Sovian Aritonang dan Riyadi Juhana

Program Studi Teknologi Daya Gerak dan Program Studi Industri Pertahanan
Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Indonesia
(sovian.aritonang@idu.ac.id dan riyadi.juhana@tp.itb.ac.id)

Abstrak – Dunia penerbangan, baik sipil maupun militer, adalah zona baru yang rentan terkena serangan laser. Jumlah peningkatan angka kejadian yang dilaporkan, menunjukkan ancaman serius terhadap keselamatan penerbangan. Serangan laser pada ketinggian rendah dapat menyebabkan gangguan pengelihatannya yang menyilaukan hingga kebutaan mendadak kepada pilot pada fase kritis sebuah penerbangan, seperti saat mendarat atau tinggal landas. Sinar laser yang terlihat maupun yang tidak terlihat juga dapat menyebabkan kerusakan pada mata manusia. Studi literatur ini menyajikan diskusi dan kesimpulan dari sebuah literatur tentang teknologi baru untuk melindungi mata manusia dari ancaman serangan laser.

Kata Kunci: serangan laser, ancaman laser, pencegahan laser, kacamata pelindung dari laser

Abstract – Aviation, commercial and military are new area that is suffering from laser threats. With increasing incidents being reported, laser attack present a significant threat to laser safety. Bright visible laser light at low altitude causes a distraction and/or flash blindness to the pilot, during a critical phase of flight like landing or takeoff. It is also possible, that a visible or invisible beam could cause permanent damage to a pilot's eye. This literature study presents discussion and conclusion of a literature about novel technology for protection of the human eye against laser threats in visible range.

Keywords: laser attack, laser threat, laser damage prevention, laser protection eyewear

Pendahuluan

P erang di zaman modern sangat bergantung pada sensor optik untuk mengumpulkan informasi. Peralatan optik tersebut digunakan untuk berbagai tujuan, seperti observasi, navigasi, dan pengintaian. Laser adalah alat yang dapat digunakan untuk melawan berbagai peralatan optik, terutama detektor, dan biasanya digunakan untuk mengganggu sensor optik, termasuk mata manusia. Pada mata manusia, retina bertugas menerima cahaya yang diteruskan dari lensa mata. Oleh karena itu, retina dapat terpapar cahaya laser yang merusak.¹

Dari sisi penerbangan sipil, pada tanggal 14 Februari 2016, pesawat Virgin Atlantic yang saat itu menuju New York, menghubungi Pengawas Lalu Lintas Udara Irlandia dan pilot yang bertugas memberi tahu mereka bahwa ko-pilot menderita 'masalah medis'. Kejadian ini dipicu oleh serangan laser yang berasal dari bawah yang diarahkan langsung ke arah kokpit pesawat itu (*Airbus A340*) sesaat setelah lepas landas dari London. Ini adalah contoh dari serangan laser yang dilaporkan. Dalam konteks penerbangan, serangan laser dianggap sebagai tindakan mengarahkan cahaya spesifik ke arah kokpit pesawat terbang menggunakan *laser pointer*, dengan atau tanpa maksud. Industri penerbangan merupakan salah satu metode transportasi yang paling

¹ A. Donval, et al, *New counter- countermeasure techniques for laser anti-dazzling spectacles*, Proceedings Volume 9822, *Advanced Optics for Defense Application: UV through LWIR 982213*, Baltimore, Maryland, United States, 2016.

aman. Namun dengan adanya ancaman baru dan berpotensi mematikan ini industri penerbangan berjuang untuk melakukan pencegahan dari serangan laser.²

Serangan laser pada pesawat telah tercatat sejak pertengahan 1990-an, namun laporan resmi insiden akibat serangan laser benar-benar baru dimulai pada pertengahan tahun 2000-an. Insiden yang dilaporkan sejak saat itu semakin meningkat di seluruh dunia. Di Amerika Serikat saja, jumlah insiden yang tercatat telah meningkat dari 311 pada tahun 2005 menjadi 7.442 pada tahun 2016, atau terdapat peningkatan sebesar 2.293%. Lebih parah lagi, Inggris juga mencatat adanya peningkatan serangan laser sebesar 4.093% sejak 2007. Menurut Eurocontrol (pada tahun 2011), 30 kejadian terjadi pada tahun 2007, sementara 1.258 serangan laser dilaporkan pada tahun 2016. Persatuan Pilot pada maskapai *British Airline* mengklaim bahwa 55% dari mereka mengalami serangan laser pada tahun 2015, diantaranya 4% mengalami 6 serangan atau lebih. Banyak pemerintah dan otoritas penerbangan telah menerapkan beberapa bentuk strategi dalam upaya untuk mengurangi jumlah serangan laser pada pesawat, namun upaya ini masih tidak dapat secara efektif menangkal peningkatan jumlah serangan laser yang ada.

Hanya ada sedikit penelitian yang membahas tentang serangan laser pada

² J. Carroll & D. Richards, "Shining the Light on Public Attitudes Toward Laser Attacks", *Journal Research Gate*, Atlanta, Georgia, USA. 2018.

pesawat, dan literatur yang tersedia tentang bidang ini juga sangat terbatas. Sebagian besar penelitian dan literatur tersebut berfokus pada efek fisiologis pada pilot yang terkena serangan laser, dan konsekuensi potensial pada keselamatan penerbangan.³ Meskipun serangan laser dapat menyebabkan gangguan penglihatan, namun dalam kondisi tertentu, sinar laser yang diarahkan pada pesawat selama fase kritis penerbangan seperti mendarat atau lepas landas dapat menyebabkan kebutaan mendadak kepada pilot. Sinar laser yang terlihat atau tidak terlihat juga dapat menyebabkan kerusakan permanen pada mata pilot.⁴

Solusi yang sering dipakai adalah dengan menggunakan filter atau saringan yang dapat memblokir sinar laser dengan panjang gelombang yang sempit. Namun, filter jenis ini hanya memiliki kemampuan menghambat panjang gelombang tertentu tanpa memperdulikan kekuatan dari cahaya laser. Ketersediaan laser dengan panjang gelombang yang beraneka macam membuat strategi ini kurang praktis. Kelemahan dari alat penyaring ini adalah impresi atau kesan warna yang mungkin dapat terpengaruh dan efek perintangannya hanya terbatas pada beberapa panjang gelombang tertentu saja, padahal ada kemungkinan bahwa serangan laser berasal dari laser dengan panjang gelombang yang lain. Maka dari itu, diperlukan perlindungan yang lebih canggih dan cerdas, dimana filter yang

digunakan dapat bersifat transparan untuk input dengan intensitas sinar laser yang rendah, namun dapat membatasi atau memblokir sinar laser dengan intensitas yang tinggi, dan sangat efektif terhadap sinar laser dengan berbagai panjang gelombang.⁵

Di laboratorium dan pengaturan industri, kacamata pelindung atau kacamata pelindung biasanya dipakai untuk melindungi mata terhadap paparan sinar laser. Teknologi alat pelindung mata ini dibuat berdasarkan pada teknik penyaringan dan biasanya terbuat dari warna atau bahan berwarna yang dipilih karena dapat melindungi mata dari cahaya laser dengan rentang panjang gelombang tertentu. Dengan menggunakan pewarnaan dari bahan-bahan ini, cahaya laser pada panjang gelombang tertentu dapat dilemahkan. Karena proses ini menghambat sebagian dari spektrum warna yang terlihat sebelum mencapai detektor (mata manusia), maka terdapat perubahan yang sangat signifikan terhadap persepsi warna dari cahaya yang ditransmisikan. Akibatnya, kacamata atau pelindung mata ini memiliki kerugian, yaitu persepsi visual tentang warna objek dan gambar yang diamati dapat berubah atau dikaburkan. Misalnya, kacamata yang cocok untuk perlindungan terhadap sinar laser berwarna hijau pada 532 nm atau pada 514,5 nm (emisi laser ion argon), adalah biasanya berwarna oranye. Namun

³ *Ibid.*

⁴ A. Donval, et al, *op.cit.*

⁵ R. A. B. Lopes-Martins, F. Pazzelo Mafra & G De Nucci, *Laser Therapy and Muscle Fatigue: A Promising Research Area*, Journal of NCBI, National Library of Medicine National Institute of Health, Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA, 2016.

kacamata ini tidak memungkinkan pemakainya untuk melihat warna biru atau hijau.⁶ Meskipun tidak semua mengharuskan penggunaan warna tertentu, namun ada beberapa kondisi khusus dimana sangat mengharuskan penggunaan warna tertentu. Salah satu contoh spesifik adalah situasi di dalam kokpit pesawat. Banyak pesawat, baik sipil ataupun militer, menggunakan kode warna yang spesifik untuk menunjukkan informasi kepada pilot. Sebagai tambahan, cahaya yang ditampilkan pada kaca depan pesawat, atau disebut dengan *head-up display*, adalah tampilan berwarna yang apabila ada perubahan warna atau hambatan warna yang dilihat oleh pilot, maka tampilan tersebut tidak akan jelas terbaca.⁷

Penggunaan sinar laser yang dapat membutuhkan penglihatan dari anggota kru kokpit telah menjadi ancaman bahaya, baik kepada pesawat militer ataupun komersial. Maka dari itu, sangat diperlukan proteksi kepada mata pilot dari paparan sinar laser.⁸ Hingga saat ini, kita masih belum bisa menghambat semua panjang gelombang dari sinar laser. Dengan menggunakan teknik penyaringan atau *filtering* yang sudah ada, pilot tidak dapat melihat instrumen berwarna baik dari dalam kokpit maupun dari objek berwarna di luar kokpit. Kebutuhan akan solusi atau alat yang bersifat transparan dan dapat menghambat hanya sinar laser yang berbahaya, adalah motivasi para peneliti saat ini untuk mengembangkan teknologi

⁶ *Loc.cit.*

⁷ *Ibid.*

⁸ *Ibid.*

penghambat laser berbasis kekuatan pancaran sinar laser, daripada hanya dari panjang gelombangnya saja.⁹

Teknologi *KiloLambda's Optical Power Control (OPC)* memberikan solusi terhadap kejadian paparan cahaya yang berlebihan. Kejadian tersebut dapat merusak mata manusia, terutama pilot, juga dapat merusak kamera infra merah karena laser. Teknologi penyaring sinar matahari atau *Dynamic Sunlight Filter (DSF)* adalah solusi pasif untuk mengontrol cahaya matahari yang masuk kedalam kokpit dan penggunaan cahaya matahari tersebut.¹⁰

Dalam studi ini, kita akan mendiskusikan sebuah konsep perlindungan yang baru terhadap cahaya laser yang menyilaukan dan merusak, dengan mengkombinasikan teknologi kacamata pelindung laser atau *Laser Protection Eyewear (LPE)* dengan teknologi penyaring cahaya matahari atau *Visible Dynamic Sunlight Filter (V-DSF)*. Solusi ini berupa penggunaan sebuah kacamata baik untuk siang hari dan juga malam hari, dan memberikan perlindungan dari cahaya yang menyilaukan sebaik LPE, menjadi sebuah kacamata berwarna coklat keabuan.¹¹

⁹ *Ibid.*

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ *Ibid.*

Tujuan dan Metode Pemilihan Literatur

Tujuan dari dilakukannya studi literatur ini adalah :

- Menganalisis bahaya sinar laser.
- Menganalisis bahaya sinar laser dari sisi Kedokteran Penerbangan.
- Menganalisis perkembangan teknologi yang pernah digunakan untuk mencegah bahaya sinar laser dan kelemahan dari teknologi tersebut.
- Mengerti cara untuk mencegah bahaya sinar laser dengan keunggulan dari teknologi terbaru

• Kriteria Pencarian

Literatur yang telah dipublikasikan ini didapatkan dengan menggunakan sebuah komputer jinjing dengan mesin pencari berupa *PubMed*, *Science Direct*, dan *Google Cendekia* atau *Google Scholar* yang dilakukan pada tanggal 28 Mei 2018. Dengan menggunakan kata kunci serta pemikiran logis untuk mencari sumber lain yang mendukung, serta mendapatkan hasil pencarian sebanyak 152 literatur, dengan perincian dari mesin pencari *PubMed* sebanyak 34 sumber, *Science Direct* sebanyak 17 sumber, dan *Google Scholar* sebanyak 101 sumber. Semua pencarian dilakukan pembatasan pada pencarian *full-text literature*, berbahasa Inggris, dan telah dipublikasikan diantara tahun 2013 hingga tahun 2018. Ada beberapa literatur yang didapatkan sebelum tahun 2013, namun untuk dilakukan studi literatur ini hanya

dibatasi hingga 5 tahun sebelumnya agar didapatkan data mengenai perkembangan teknologi terbaru untuk mengatasi faktor bahaya serupa.

• Kriteria Inklusi

Literatur yang didapat harus memiliki korelasi antara perkembangan teknologi terbaru dalam dunia penerbangan dan faktor manusia atau *human factor* dalam upaya mengoptimalkan keselamatan dalam dunia penerbangan.

Daftar pustaka berisikan tentang literatur utama yang akan dibahas pada kesempatan ini dan juga ditambahkan 4 buah literatur-literatur lain yang membantu studi literatur ini.

Masalah Cahaya Laser yang Menyilaukan

Pilot menggunakan organ mata untuk mendapatkan sebagian besar informasi yang diperlukan untuk dapat menerbangkan sebuah pesawat dengan aman. Seorang pilot harus dapat melihat dengan jelas pada jarak tertentu untuk menghindari pesawat lain yang sedang terbang, atau objek tertentu di landasan pacu, instrumen di dalam kokpit, membaca peta, grafik, dan manifes pesawat.

Menerbangkan pesawat di malam hari memberikan tantangan visual tersendiri pada pilot. Untuk memastikan daya lihat pilot agar tetap optimal di malam hari ketika melihat suatu objek baik di dalam ataupun di luar kokpit, mata pilot harus teradaptasi dengan

kondisi penglihatan mesopik. Dalam keadaan tersebut, paparan terhadap cahaya yang terang dapat menyebabkan ketidakmampuan untuk melihat dengan baik, karena deaktivasi dari sel reseptor kerucut pada bola mata. Bila dalam keadaan penglihatan mesopik, lalu mata terpapar sinar laser yang sangat terang, maka gangguan penglihatan sementara hampir dapat dipastikan akan terjadi. Efek gangguan penglihatan tersebut dapat bertahan selama beberapa detik hingga beberapa menit, dan proses penyesuaian atau adaptasi terhadap kegelapan dapat kembali dalam waktu 30 menit atau lebih lama lagi untuk benar – benar kembali sepenuhnya. Ada 4 hal utama yang harus diperhatikan.

Tiga hal pertama adalah efek penglihatan yang terganggu sementara atau menghambat penglihatan pilot, dan yang terakhir adalah kerusakan mata yang dapat terjadi.¹²(Lihat Tabel 1.)

Tabel 1. Kemampuan laser menyebabkan gangguan penglihatan berdasarkan tingkat kekuatan pancaran sinar laser

No	Akibat Pada Mata	Tingkat Power Density Laser ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
1	Tidak ada efek	Dibawah 0,05
2	Sedikit gangguan	Antara 0,05 – 5
3	Silau	Antara 5 – 100
4	Kebutaan Sementara	Antara 100 – 1.000
5	Kerusakan Mata	Diatas 1.000

Sumber: A. Donval, et al, *New counter-countermeasure techniques for laser anti-dazzling spectacles*, Proceedings Volume 9822, *Advanced Optics for Defense Application: UV through LWIR 982213*, (Baltimore, Maryland, United States, 2016).

¹² *Ibid.*

Gambar 1. Sebuah potongan gambar dari video rekaman, menunjukkan seorang tentara Rusia di luar kokpit mengarahkan sinar laser tepat ke arah kokpit pesawat pengintai.



Sumber: J. Carroll & D. Richards, “Shining the Light on Public Attitudes Toward Laser Attacks”, *Journal Research Gate*, Atlanta, Georgia, USA. 2018.

Beberapa pemancar sinar laser yang tersedia untuk umum secara komersial, cukup kuat untuk menyebabkan silau atau kerusakan pada mata. Ada beberapa kejadian tentang pilot yang penglihatannya teralihkan karena laser yang diarahkan tepat ke dalam kokpit pesawat, menggunakan pemancar laser dengan berbagai panjang gelombang dan kekuatan pancarannya. Salah satu contoh efek yang menyilaukan dapat dilihat pada Gambar. 1, dimana pada gambar tersebut menunjukkan potongan gambar dari sebuah video rekaman, yang menunjukkan seorang tentara Rusia di luar kokpit mengarahkan sinar laser tepat ke dalam kokpit pesawat pengintai.¹³ Efek yang diderita oleh kru penerbangan bervariasi tergantung dari jarak pemancar laser dan perbedaan jenis divergensi laser yang digunakan. Jenis sinar laser dengan daya 0,5 mW memiliki divergensi sebesar 1m Rad, dapat menghasikan gangguan

¹³ *Ibid.*

penglihatan bila diarahkan dari jarak 2 mil kepada mata manusia, menyilaukan mata pada jarak 1.200 kaki, menyebabkan buta sementara pada jarak 250 kaki, dan menyebabkan kerusakan pada mata pada jarak 50 kaki. Ancaman utama adalah gangguan tersebut dapat menyebabkan pilot dan kru penerbang lainnya tidak dapat mengoperasikan pesawat secara aman, karena terjadinya disorientasi akibat gangguan penglihatan.¹⁴

Masalah ini membutuhkan solusi untuk melindungi mata dari para kru penerbangan dari ancaman bahaya sinar laser. Solusi yang akan dibahas pada studi literatur ini adalah sebuah kacamata yang berbasis *Laser Protective Eyewear* (LPE) yang telah ada, dan dikombinasikan dengan inovasi *Visible Dynamic Sunlight Filter* (V-DSF), dimana lapisan warna coklat keabuan digunakan untuk mempertahankan keseimbangan warna. Dengan solusi ini, krudapat menggunakan hanya 1 jenis kacamata untuk siang dan malam hari.¹⁵

Desain Inovasi *Laser Protection Eyewear* (LPE) dikombinasikan dengan *Visible Dynamic Sunlight Filter* (V-DSF)

a. *Laser Protection Eyewear* (LPE)

LPE adalah kacamata yang digunakan untuk melindungi mata manusia dari kerusakan akibat gelombang sinar laser yang membahayakan, baik yang terlihat maupun yang tidak terlihat. LPE pada dasarnya sama dengan kacamata

¹⁴ Ibid.

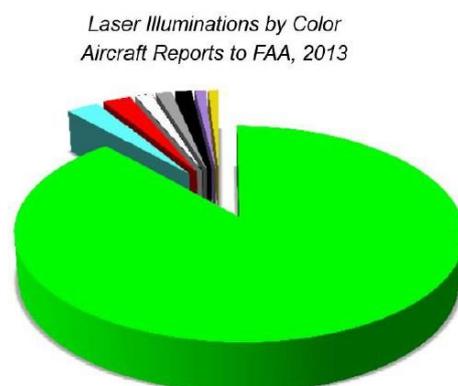
¹⁵ Ibid.

pelindung lainnya, dan lensa dari LPE dapat digabungkan dengan bingkai kacamata pelindung lain. Kacamata pelindung laser bekerja dengan dasar bahwa sinar laser adalah satu frekuensi, sehingga mudah untuk disaring keluar. Kacamata ini meredam sinar dengan panjang gelombang tertentu. Karena pemancar laser saat ini sebagian besar mengeluarkan sinar laser yang berwarna hijau, maka sebagian besar solusi yang disediakan di pasar adalah kacamata dengan kemampuan meredam warna hijau. Namun tetap ada berbagai macam warna sinar laser lain yang ada di pasaran.¹⁶ (Lihat Gambar. 2)

Ada 2 pendekatan terhadap LPE berbasis panjang gelombang.

- Kacamata dengan lensa plastik yang menyerap warna.
- Kacamata dengan beberapa lapisan dielektrik tipis pada lensa kaca atau plastik.

Gambar 2. Macam sinar laser sesuai warna Hijau 92%; Biru 2,4%; Merah 1,9%; Putih 1%; Ungu 0,4%; Kuning 0,1%; Sisa 1,4%



Sumber: FAA, 2013

¹⁶ Ibid.

Pada lensa plastik, lensa dibuat dengan pewarna khusus. Berkebalikan dengan lensa yang diselimuti lapisan dielektrik dibuat dengan teknologi vakum sehingga menciptakan lapisan film tipis pada permukaan lensa kaca atau plastik. Padakacamata yang kedua, panjang gelombang yang tidak diinginkan akan dipantulkan, dan tidak diserap kedalam plastik, sehingga tidak memerlukan proses degradasi bahan plastik yang telah tidak terpakai.¹⁷

LPE telah sangat membantu, namun masih bukan merupakan solusi tuntas terhadap masalah ancaman serangan laser. Beberapa poin utama adalah karena kacamata anti laser hanya dapat melindungi dari 1 atau beberapa sinar laser dengan panjang gelombang spesifik. Pada tahun 2010, tercatat sebesar 7% dari 2.836 kecelakaan yang tercatat pada kumpulan data di *Federal Aviation Administration* (FAA), disebabkan oleh sinar laser yang justru tidak berwarna hijau. Sinar laser berwarna merah telah banyak digunakan selama bertahun-tahun, dan sinar laser berwarna biru dengan kekuatan pancaran yang tinggi juga semakin populer digunakan. Kacamata anti laser akan mengurangi cahaya laser yang masuk, sehingga penglihatan akan menjadi lebih redup. Maka secara umum, kacamata dengan kemampuan menahan berbagai macam panjang gelombang, akan menghasilkan cahaya yang jauh lebih redup, dibandingkan dengan kacamata yang hanya menghambat sinar laser dengan panjang gelombang tertentu.

¹⁷ *Ibid.*

Meskipun bukan solusi yang terbaik, kacamata ini masih dapat memberikan perlindungan yang cukup. Oleh karena itu, sebagai solusi, LPE disediakan dengan perlindungan 3 macam warna, yaitu biru, hijau, dan merah. Tingkat atenuasi dari kacamata juga dapat dibuat sesuai pesanan, mulai dari tingkat nol ke tingkat 2 sampai 3. LPE didesain dengan garis serapan yang cukup sempit, agar masih dapat digunakan untuk melihat warna secara baik.¹⁸

Gambar 3. Kacamata yang dilapisi DSF

Kiri: Kacamata yang dilapisi DSF diterangi cahaya. Kanan: Setelah diterangi cahaya.



Sumber: Hasil penelitian diolah peneliti

b. Visible Dynamic Sunlight Filter (V-DSF)

Dynamic Sunlight Filter (DSF) adalah lapisan yang dapat beradaptasi secara pasif, padat, dan dapat melemahkan variasi cahaya yang terlihat tergantung dengan intensitas warnanya. Hasil transmisi DSF ini berbanding terbalik dengan jumlah cahaya matahari yang menimpa di atasnya. Lapisan penyaring ini didesain untuk dapat berfungsi di lingkungan yang terpapar sinar matahari. DSF ini dapat ditambahkan diatas lensa kacamata seperti DSF dapat dibuat sesuai kegunaan dan permintaan.

¹⁸ *Ibid.*

Visible Dynamic Sunlight Filter (V-DSF) adalah sebuah perkembangan teknologi dari teknologi Kilolambda yang melemahkan intensitas cahaya yang melaluinya. Kemampuan membatasi cahaya tersebut bertambah seiring dengan intensitas cahaya yang masuk. Tidak seperti kacamata pelindung dari sinar matahari konvensional, yang semakin gelap (meredup) ketika terkena sinar matahari saja, V-DSF juga semakin gelap yang terlihat di Gambar 3.

Kacamata dengan lapisan (meredup) bila dipicu oleh panjang gelombang cahaya. Hal ini berarti dibalik kaca penyerap sinar matahari, V-DSF bekerja seperti pada lapisan udara luar.¹⁹ Untuk perlindungan pilot didalam kokpit, V-DSF sangat dibutuhkan. V-DSF bila dikombinasikan dengan LPE dapat menghasilkan 40% transmisi cahaya yang terlihat atau *Visible Light Transmission* (VLT) pada malam hari. Bila diaktifkan, V-DSF menjadi lebih gelap, VLT berkurang menjadi 18%. Hal ini juga dapat diminta sesuai pesanan.

c. Kombinasi LPE dengan V-DSF

Pada masa sekarang, LPE didesain berdasarkan jumlah panjang gelombang yang ingin dicegah dan besarnya hambatan yang dibutuhkan pada setiap panjang gelombang. Sebagai hasilnya, VLT dapat bervariasi mulai dari 18% hingga 50% atau lebih. Untuk penerbangan malam hari, VLT yang dihasilkan harus lebih tinggi, agar tidak mengganggu kemampuan

melihat pilot. Namun pada penerbangan siang hari, jika menggunakan kacamata ini, VLT sekitar 14% hingga 18% adalah yang terbaik di kondisi ini. Maka dari itu, pilot membutuhkan 2 set kacamata LPE, salah satu untuk siang hari, dan lainnya untuk malam hari.²⁰

Teknologi terbaru adalah kombinasi LPE dengan V-DSF, sehingga pilot hanya membutuhkan 1 set kacamata kombinasi ini. (Lihat Gambar 4.) Kacamata kombinasi ini dapat melemahkan 3 macam warna: biru, hijau, dan merah.²¹

¹⁹ *Ibid.*

²⁰ *Ibid.*

²¹ *Ibid.*

Gambar 4. Kacamata Kombinasi LPE dengan V-DSF. Kiri : Tidak terpapar sinar matahari (VLT 36%). Kanan : Kondisi terkena sinar matahari (VLT 15%).



Sumber: Hasil penelitian diolah peneliti

Pembahasan

Sejak penemuan teknologi laser pada tahun 1960, perlindungan terhadap mata manusia dan sensor dari radiasi sinar laser yang menyilaukan dan bersifat merusak menjadi topik yang sering dibicarakan manusia. Selama satuan ukuran dari laser (panjang gelombang) diketahui, keamanan dapat dipastikan dengan menggunakan penyaring laser atau *laser protection filter*. Hal tersebut biasanya terjadi di laboratorium. Namun situasi dapat sangat berbeda pada kebutuhan militer atau keamanan sipil.²²

Laser sendiri merupakan singkatan dari *light amplification by stimulated emission of radiation*. Sinar laser berbeda dari sinar lainnya, karena 1 macam sinar laser hanya terdiri dari 1 warna spesifik (1 panjang gelombang) dan bersifat terarah. Sinar cahaya lain bersifat menyebar, namun pada sinar laser bersifat terfokus meski untuk jarak yang sangat jauh.

Laser, selain dijual secara umum di pasar bebas, juga sering digunakan dalam dunia kesehatan. *Low level laser therapy* atau sering disingkat sebagai LLLT digunakan dalam perawatan

²² *Ibid.*

kecantikan.²³ Dunia kesehatan untuk meningkatkan perfusi dari otot sehingga dapat meningkatkan oksigenasi ke otot dan juga membuang sisa metabolit.²⁴

Laser diklasifikasikan dalam 4 kelas :

1. Kelas 1 : tidak menimbulkan bahaya kerusakan. Contoh : mesin cetak laser (*laser printer*).
2. Kelas 2 : radiasi yang dikeluarkan sebesar 400 – 700 nm, dan disarankan untuk menggunakan kacamata pelindung. Dibagi menjadi 2, yaitu Kelas 2 dan Kelas 2M (dapat berbahaya bila dilihat menggunakan alat optik tertentu).
3. Kelas 3 : dibagi menjadi kelas 3R (*reduced requirements*) dan 3B (membutuhkan pengawasan dari petugas).
4. Kelas 4 : dapat menyebabkan bahaya yang paling serius. Masalah kesehatan dapat muncul pada mata atau kulit.²⁵

Seperti yang telah disebutkan oleh peneliti Donval, bahwa sinar laser dapat membahayakan apabila digunakan secara tidak tepat. Tingkat kerusakan yang ditimbulkan tergantung dari jarak pemancar laser dan target sasaran dan jenis laser yang digunakan. Masalah kesehatan pada mata yang dapat terjadi adalah gangguan penglihatan akibat sinar yang terlalu menyilaukan, kebutaan

²³ *Ibid.*

²⁴ R. A. B. Lopes-Martins, F. Pazzelo Mafra & G De Nucci, *op.cit.*

²⁵ H. Bargman, *Laser Classification Systems*, 2010.

sementara yang mendadak (*temporary flash blindness*) hingga kerusakan pada mata. Penulis setuju dengan peneliti Donval, dimana retina pada bola mata adalah bagian yang sangat sensitif terhadap cahaya. Retina mata berfungsi untuk menangkap gambar yang kita lihat dengan mata, dan meneruskannya ke otak untuk diolah. Apabila terjadi kerusakan pada bagian retina ini, maka resiko kebutaan yang menetap (*permanent vision loss*) dapat terjadi. Oleh karena itu, saya mengusulkan untuk memberikan label peringatan akan bahaya pada setiap pemancar laser agar penggunaanya dapat dengan bijak menggunakannya.

Kesadaran dari masyarakat juga sangat penting terhadap potensi bahaya apa yang dapat ditimbulkan oleh sinar laser, sehingga dapat mengubah perilaku dari masyarakat agar dapat menggunakannya dengan bijak.²⁶

Apa yang akan terjadi apabila sinar laser diarahkan ke kaca pesawat dan menembus ke dalam kokpit? Ketika sinar laser menembus kaca pada kokpit, lapisan film pada kaca akan sinar laser menyebar dan akan meneruskan sinar baru dan akan mempengaruhi awak penerbangan didalamnya.²⁷

Sesuai dengan yang dikatakan peneliti Donval, bahwa Pilot menggunakan organ mata untuk mendapatkan sebagian besar informasi yang diperlukan untuk dapat menerbangkan sebuah pesawat dengan aman. Untuk memastikan daya

lihat pilot agar tetap optimal di malam hari ketika melihat suatu objek baik di dalam ataupun di luar kokpit, mata pilot harus teradaptasi dengan kondisi penglihatan mesopic.²⁸ (Lihat Gambar.5).

Mesopik adalah kondisi dimana cahaya yang menerangi tidak terlalu terang, atau bahkan cenderung redup. Dalam keadaan tersebut, apabila terpapar cahaya yang terang dapat menyebabkan ketidakmampuan untuk melihat dengan baik. Apabila dalam keadaan tersebut, lalu mata terpapar dengan sinar laser yang terang, maka akan terjadi gangguan penglihatan akibat cahaya yang menyilaukan. Efek tersebut bertahan selama beberapa saat, dan waktu yang dibutuhkan mata untuk beradaptasi kembali adalah sekitar waktu 30 menit atau lebih.

²⁶ J. Carroll & D. Richards, *op.cit.*

²⁷ *Ibid.*

²⁸ A. Donval, et al, *op.cit.*

Gambar 5. Contoh kondisi dalam penglihatan mesopic



Sumber: J. Moore, "Laser Defence for Pilots", 2014, dalam <https://www.aopa.org/.../laser-defense-for-pilots>, 20 Mei 2018

Gambar 6. Contoh kondisi dalam penglihatan mesopic



Sumber: Nakagawara, *Aircraft Accidents and Incidents Associated with Visual Disturbances from Bright Lights During Nighttime Flight Operations*, 2006, Federal Aviation Administration (FAA), Office of Aerospace Medicine, Washington, DC 20591

Solusi yang sebelumnya banyak digunakan adalah sebuah kacamata yang berbasis *Laser Protective Eyewear* (LPE), sebuah kacamata yang digunakan untuk melindungi mata manusia dari kerusakan akibat gelombang sinar laser yang membahayakan. Kacamata ini meredam sinar dengan panjang gelombang tertentu. Selama ini, LPE telah sangat membantu, namun masih bukan merupakan solusi tuntas terhadap

masalah ancaman serangan laser. Yang menjadi kekurangannya adalah kacamata ini hanya dapat melindungi dari 1 atau jenis sinar laser lainnya dengan panjang gelombang tertentu. Maka dalam artian, 1 jenis kacamata hanya dapat melindungi dari 1 jenis sinar laser tertentu. Kacamata ini juga mengurangi semuacahaya yang masuk, sehingga penglihatan akan menjadi lebih redup. Maka apabila kacamata ini dibuat untuk melindungi dari 3 macam warna, maka persepsi warna yang dihasilkan juga akan semakin jauh berkurang. Karenaterbatasnya kemampuan untuk menghambat beberapa jenis cahaya, maka pilot membutuhkan 2 set kacamata, yaitu 1 set untuk siang hari, dan 1 set untuk malam hari. Menurut pandangan penulis, hal ini mungkin dapat menyulitkan pilot karena pada saat kritis penerbangan (mendarat atau tinggal landas), pilot akan kesulitan untuk mengganti kacamata, terutama saat pergantian dari siang menuju sore hari.

Teknologi lainnya adalah *Dynamic Sunlight Filter* (DSF) yaitu lapisan yang dapat beradaptasi secara pasif bertujuan untuk melemahkan cahaya masuk sesuai dengan intensitas warnanya. Lapisan penyaring ini didesain untuk berfungsi di lingkungan dengan paparan sinar matahari yang cukup. *Visible Dynamic Sunlight Filter* (V-DSF) adalah sebuah perkembangan teknologi baru dimana alat ini dapat melemahkan intensitas cahaya yang masuk melaluinya. LapisanV-DSF akan semakin meredup tidak hanya dipicu oleh sinar, melainkan juga oleh

panjang gelombang tertentu.

Teknologi yang terbaru adalah kombinasi dari V-DSF dan LPE, dimana alat ini dapat menghasilkan 40% *Visible Light Transmission* (VLT) pada malam hari, dan berkurang menjadi 18% pada siang hari dengan paparan sinar matahari. Sehingga, pilot hanya membutuhkan 1 set kacamata untuk siang dan malam hari. Menurut pandangan penulis, teknologi kacamata kombinasi ini adalah solusi yang terbaik hingga saat ini. Dari segi kepraktisan, kacamata kombinasi memiliki keunggulan. Alat ini juga dapat diatur daya hambatnya sesuai dengan pesanan.

Kesimpulan

Cahaya sinar laser dapat memberikan kegunaan yang positif bila digunakan dengan baik, dan dapat juga membahayakan bila digunakan tidak pada tempatnya. Karena risiko bahaya yang dihasilkan cukup besar dan dapat merugikan kepentingan sipil maupun militer, maka perlu adanya perlindungan untuk menangkal bahaya serangan sinar laser.

Teknologi terbaru untuk menangkal serangan sinar laser terhadap mata manusia adalah kacamata kombinasi yang merupakan gabungan dari teknologi *laser protection eyewear* (LPE) dengan *visible dynamic sunlight filter* (V-DSF) yang memberikan satu solusi untuk melindungi mata pada saat siang ataupun malam hari. Pada saat malam hari, V-DSF tidak teraktivasi, sehingga dapat memberikan

perlindungan dari sinar laser berwarna biru, hijau, dan merah. Sedangkan saat siang hari, V-DSF teraktifkan secara otomatis dan berfungsi sebagai kacamata pelindung dari sinar matahari.

Daftar Pustaka

Jurnal

- Bargman, H. 2010. "Laser Classification Systems. *J. Clin. Aesthet. Dermatol.*" 3, 7. *Journal of NCBI*. National Library of Medicine National Institute of Health, Rockville Pike Bethesda MD, 20894 USA
- Carroll, J. & D. Richards. 2018. "Shining the Light on Public Attitudes Toward Laser Attacks". *Journal Research Gate*. Atlanta, Georgia, USA.
- Lopes-Martins, R. A. B., Pazzelo Mafra, F. & De Nucci, G. 2016. "Laser Therapy and Muscle Fatigue: A Promising Research Area, *Photomed. Laser Surg.*" 34, 273–275. *Journal of NCBI*. National Library of Medicine National Institute of Health, Rockville, Pike, Bethesda MD, 0894 USA.
- ### Laporan
- Donval, A et al. 2016. "New counter-countermeasure techniques for laser anti-dazzling spectacles". *Proceedings Volume 9822, Advanced Optics for Defense Application: UV through LWIR 982213*, Baltimore, Maryland, United States.
- Nakagawara. 2006. "Aircraft Accidents and Incidents Associated with Visual Disturbances from Bright Lights During Nighttime Flight Operations". *Federal Aviation Administration (FAA), Office of Aerospace Medicine*, Washington, DC, 20591.
- Ritt, G., Walter, D. & Eberle, B. 2013. "Research on laser protection: an overview of 20 years of activities at Fraunhofer IOSB". *Proc. SPIE 8896*, 88960G–15.

International Society for Optics and
Photonics Germany

Website

Moore, J. 2014. “Laser Defence for Pilots”,
dalam [https://www.aopa.org/.../laser-
defense-for-pilots](https://www.aopa.org/.../laser-defense-for-pilots), 20 Mei 2018.