

**DIREKTORAT TEKNOLOGI DAN INDUSTRI PERTAHANAN
SUBDIT PERIZINAN**

PENGEMBANGAN SENJATA NEURO (*NEUROPHARMACOLOGY, DIRECTED ENERGY WEAPONS, DAN BRAIN-COMPUTER INTERFACES*): TANTANGAN, PELUANG DAN ANCAMAN BAGI INDONESIA

Oleh : Gede Priana Dwipratama, S.E., M.M.
Penata Tk. I III/d / e-mail : dwipratama0986@gmail.com
APN Ahli Muda Subbag TU Dit Tekindhan Ditjen Pothan Kemhan

I. Pendahuluan.

Pada akhir tahun 2016 di Havana, Kuba, sekelompok diplomat, pejabat intelijen, dan personel militer Amerika Serikat mengalami penyakit misterius yang melemahkan fungsi neurofisiologis, kognitif dan menyebabkan cedera otak traumatis. Penyebab penyakit tersebut tidak dapat ditemukan oleh para ahli. Gejala yang dirasakan oleh para penderitanya meliputi sakit kepala, pusing, kelelahan, mual, kecemasan, vertigo, kehilangan ingatan, dan kesulitan kognitif lainnya. Semua melaporkan perasaan gelombang tekanan di kepala mereka yang dimulai dari rasa tidak nyaman.

Insiden - insiden tersebut tidak hanya terjadi pada pejabat pemerintah, bahkan anak - anak dan hewan peliharaan juga menunjukkan gejala - gejala yang sama. Beberapa tahun terakhir informasi tersebut mulai muncul ke wilayah publik dan memunculkan berbagai teori tentang senjata sonik, gelombang mikro, insektisida, jangkrik, histeria massal, dan lain sebagainya. Dr. James Giordano, seorang ahli saraf dan salah satu ilmuwan yang ditunjuk oleh *U.S. Departement of State (DOS)* menyampaikan tanggapan singkat atas hasil penyelidikannya dalam *U.S. Special Operations Command (USSOCOM)/J5 Donovan Group SOFWERX* tahun 2018, bahwa kasus di Kuba sebagai suatu hal yang disengaja untuk diarahkan, dan tampaknya merupakan *beta test* dari beberapa jenis senjata saraf (neuro).

Menurut *National Academies of Sciences (2020)*, penyebab yang paling masuk akal untuk insiden tersebut merupakan suatu bentuk dari energi terarah (*directed energy*). Menurut Lloyd (2021), gejala penyakit yang disebut sebagai *Anomalous Health Incidents (AHI)* tersebut meliputi munculnya suara keras secara tiba - tiba seperti suara pekikan, kicauan, *clicking* dengan sensasi getaran atau tekanan yang kuat di kepala dan nyeri di telinga. Selain itu, menurut *U.S. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020)*, pasien mengalami gejala berupa pusing, mudah lelah, gangguan keseimbangan, sakit kepala, dan gangguan konsentrasi, namun banyak yang menjadi penyakit kronis bertahun - tahun kemudian sejak munculnya gejala awal.

Menurut Krishnan (2018), serangan yang terjadi di Kuba merupakan salah satu dari penggunaan senjata neuro yang pertama kali diketahui. *Military Neuroscience and the Coming Age of Neurowarfare, 1st edition, Emerging Technologies, Ethics and International Affairs (2018)* mendefinisikan senjata neuro sebagai senjata yang secara khusus menargetkan otak atau sistem saraf pusat untuk mempengaruhi keadaan mental orang yang menjadi sasaran, kapasitas mental, dan pada akhirnya perilaku orang tersebut dengan cara yang spesifik dan dapat diprediksi (hal. 11).

Ltc Christina Hayes dalam pemaparan tesisnya di *Duke Counterterrorism and Public Policy, Sanford School of Public Policy* tentang *Directed Energy Neuroweapons: Coercive Competition's Tool of Choice* menyatakan bahwa senjata neuro energi terarah akan menjadi salah satu pilihan senjata dalam kompetisi *gray zone* karena karakteristiknya yang terselubung dan tidak dapat diatribusikan. Hayes juga menyampaikan *Strategic Risk Analysis* oleh James Giordano dimana menurutnya ada utilitas besar untuk pengembangan senjata neuro dalam *irregular warfare*, dimana lingkungan ancaman bersifat asimetris, *amorphous*, kompleks, cepat berubah dan tidak pasti.

Menurut Putric (2022), Senjata Neuro diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu Neurofarmakologi (*Neuropharmacology*), Senjata Energi Terarah (*Directed Energy Weapons*), dan Antarmuka Otak - Komputer (*Brain-Computer Interfaces*). Menurut Khrishnan (2018), beberapa kategori yang termasuk dalam *neurowarfare* merupakan *Brainwashing, Psychotronic Weapons, Directed Energy Weapons (DEW), Nonlethal Weapons (NLW), Psychological Operations, Military Deception, dan Cyber Warfare*. Menurut Wheeler (2017), gelombang atau energi dibawa melalui berbagai media termasuk cahaya, radio, dan suara. Gelombang dapat digunakan sebagai senjata jika energinya cukup terkonsentrasi di suatu ruang dan waktu. Gelombang suara berupa frekuensi radio (RF)-DEW atau gelombang elektromagnetik dapat menjadi senjata sonik dan ultrasonik. Senjata berbasis gelombang merupakan *broad class* yang menggunakan energi intens untuk melumpuhkan, merusak atau menghancurkan.

A. Latar Belakang Masalah.

Otak manusia memiliki sekitar 100 miliar neuron yang saling berhubungan. Hal ini membuat kemampuan kognitif manusia menjadi lebih tinggi dari spesies primata. Kompleksitas organ tersebut juga dapat menjadi inang dari berbagai penyakit klinis seperti kejang, depresi, kecemasan, parkinson dan lain sebagainya. Membuka kunci rahasia otak manusia merupakan salah satu tantangan ilmu pengetahuan terbesar yang pernah dilakukan. Kemajuan dalam penelitian ilmu saraf memungkinkan manusia untuk lebih memahami otak, mengembangkan teknologi dalam membaca dan menuliskan aktivitas otak sehingga dapat lebih memahami perilaku dalam pengambilan keputusan. Menurut Kosal & Putney (2023), Amerika Serikat dan RRT telah memulai berbagai program penelitian *neuroscience* yang berkolaborasi dengan beberapa negara seperti Kanada, Korea Selatan, Jepang, Australia dan Uni Eropa yang dikenal dengan *International Brain Initiative* (hal. 1).

Amerika Serikat dengan *U.S. Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN) Initiative* menyatakan bahwa penelitian *neuroscience* bertujuan untuk mempercepat pengembangan dan penerapan yang inovatif dalam menghasilkan teknologi revolusioner dengan menunjukkan cara sel individu dan sirkuit saraf yang kompleks saling berinteraksi. Selain Amerika Serikat, Kosal & Putney juga menyatakan, RRT dengan *The China Brain Project's* berfokus pada pengembangan teknologi untuk mendiagnosis pengobatan gangguan otak, meniru kecerdasan manusia, dan menghubungkan manusia dengan mesin (hal. 1). *Neuroscience* atau studi tentang otak dan sistem saraf manusia.

Menurut *Gramm & Branagan (2021)*, *BRAIN Initiative* menggunakan dana dalam bidang *Neuroscience* yang bersumber dari komitmen pemerintah sebesar USD 100 juta, dan dari swasta sebesar USD 200 juta setiap tahunnya. Pada tahun 2019, U.S. *National Institute of Health (NIH)* telah mengalokasikan dana sebesar USD 1.3 miliar dalam program ini. Beberapa organisasi pemerintah yang juga terlibat dalam program ini selain NIH antara lain *National Science Foundation (NSF)*, *the Food and Drug Administration (FDA)*, *the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)*, *the Intelligence Advanced Research Projects Activity (IARPA)*, dan *the Military Services*. *Gramm & Branagan (2021)* juga mengutip pernyataan Dr. Al Emondi seorang ahli saraf dan insinyur listrik, bahwa tujuan utama dari penelitian ini untuk mengembangkan *communications link* ke dalam otak manusia tanpa perlu melalui proses operasi atau pembedahan (hal. 21).

Fenomena yang dikenal dengan Sindrom Havana telah berkembang menjadi fenomena global dan menjadi masalah keamanan nasional utama bagi Amerika Serikat. Pada November 2021, lebih dari 200 kasus sindrom ini telah dilaporkan di setidaknya 16 negara, sumber gejala ini masih belum terverifikasi dan Dr. James Giordano dalam *SOFWERX, "J5 Donovan Group Radical Speaker Series: Neuroweapons"* meyakini kemungkinan besar penyebabnya merupakan sejenis *Radio Frequency - Directed Energy Weapons (RF - DEW)*. Kejadian Sindrom Havana yang mungkin disebabkan oleh penggunaan senjata neuro perlu menjadi kewaspadaan, bukan hanya bagi Amerika Serikat, namun juga bagi berbagai negara lainnya termasuk Indonesia.

B. Rumusan Masalah.

Apakah pengembangan senjata neuro baik Neurofarmakologi, Senjata Energi Terarah, dan Antarmuka Otak - Komputer telah benar terjadi dan memungkinkan untuk digunakan baik oleh *state* maupun *non-state actor*?

C. Tujuan Penulisan Artikel.

Menganalisis pengembangan dan kemungkinan penggunaan senjata neuro baik Neurofarmakologi, Senjata Energi Terarah, dan Antarmuka Otak - Komputer baik oleh *state* maupun *non-state actor*.

II. Tinjauan Pustaka.

Menurut *Gramm & Branagan (2021)* yang mengutip dari Armin Krishnan dalam *Military Neuroscience and the Coming Age of Neurowarfare, 1st edition, Emerging Technologies, Ethics and International Affairs*, senjata neuro adalah senjata yang secara spesifik menargetkan otak atau sistem pusat saraf manusia dengan tujuan untuk mempengaruhi keadaan, kapasitas mental, dan perilaku manusia secara spesifik dan terprediksi (hal. 3). Menurut Washington, Dinh, Ibarra & Kua (2023), senjata neuro merupakan suatu teknologi senjata yang dapat menurunkan atau memodifikasi sistem pusat saraf manusia dengan tujuan mempengaruhi fungsi kognitif, emosional atau motorik musuh (hal. 71).

Senjata neuro merupakan senjata dengan sasaran spesifik pada otak atau sistem pusat saraf manusia yang dapat menurunkan atau memodifikasinya dengan tujuan mempengaruhi fungsi kognitif, emosional, mental, fungsi motorik, dan perilaku pihak musuh. Menurut *Departement of Pharmacology University of Oxford*, Neurofarmakologi adalah studi tentang efek obat - obatan terhadap sistem saraf manusia dengan tujuan untuk mengembangkan senyawa tertentu yang dapat memberikan manfaat terapeutik bagi pasien penderita gangguan jiwa dan neurologis. Menurut *Putric (2022)*, Neurofarmakologi merupakan penggunaan obat - obatan yang mempengaruhi fungsi kognitif dan perilaku manusia dengan *re-engineering neurones*, molekul, dan sistem saraf. Neurofarmakologi merupakan bidang keilmuan tentang penggunaan dan efek obat - obatan yang dapat mempengaruhi fungsi kognitif dan perilaku manusia dengan tujuan untuk mengembangkan senyawa tertentu yang dapat memberikan manfaat terapeutik bagi pasien penderita gangguan jiwa dan neurologis melalui *re-engineering neurones*, molekul, dan sistem saraf.

Menurut *Putic (2022)*, Antarmuka Otak - Komputer merupakan teknologi yang menghubungkan gelombang otak ke perangkat eksternal seperti komputer, senjata dan *drone*, sehingga memungkinkan manusia mengendalikan mesin tanpa harus hadir secara fisik (hal. 1). Menurut *Krishnan (2016)*, Antarmuka Otak - Komputer adalah teknologi yang memungkinkan seseorang menerima informasi dari komputer atau perangkat, dan mengirimkan informasi dari otak ke komputer sebagai perangkat input atau untuk mengendalikan mesin (hal. 9). Antarmuka Otak - Komputer merupakan teknologi yang menghubungkan gelombang otak ke perangkat eksternal seperti komputer, senjata, *drone*, dan perangkat lainnya yang memungkinkan manusia menerima dan mengirimkan informasi dari otak ke komputer, serta mengendalikan mesin tanpa hadir secara fisik.

III. Analisis Data atau Pembahasan.

Tiana Putric dalam tesisnya dengan judul *Neuroweapons: the Future of Warfare (2022)* mengklasifikasikan senjata neuro menjadi 3 jenis yaitu Neurofarmakologi (*Neuropharmacology*), Senjata Energi Terarah (*Directed Energy Weapons*), dan Antarmuka Otak - Komputer (*Brain-Computer Interfaces*). Neurofarmakologi merupakan penggunaan obat - obatan yang mempengaruhi fungsi kognitif dan perilaku manusia dengan *re-engineering neurones*, molekul, dan *nervous system* atau sistem saraf. Neurofarmakologi menggunakan 3 (tiga) jenis obat – obatan meliputi *Modafinil* yang mampu meningkatkan kesadaran situasional pasukan, meningkatkan memori, menciptakan kewaspadaan tinggi, dan memungkinkan pasukan untuk tetap terjaga selama 90+ Jam, *Captagon* yang mampu mengubah suasana hati dengan menghilangkan empati dan memicu kekerasan, serta *Propranolol* yang dapat mencegah pengguna mengembangkan ingatan emosional dan menekan rasa takut.

Senjata neuro berikutnya merupakan Senjata Energi Terarah yang memanfaatkan energi seperti gelombang mikro, radio, akustik, dan elektromagnetik berupa *Active Denial System* dengan memanfaatkan gelombang frekuensi yang sangat tinggi untuk menstimulasikan panas dan menciptakan sensasi terbakar pada kulit, dan *Long Range Acoustic Device (LRAD)* dengan memanfaatkan frekuensi suara baik terdengar atau tidak untuk melumpuhkan, melukai, atau membunuh musuh. LRAD mampu mengeluarkan suara hingga 160, 180, dan 200 desibel yang cukup untuk menginduksi mual, kavitasi tubuh, kontraksi otot, kehilangan penglihatan sementara, paru - paru dan organ kerusakan, aritmia jantung, deformasi sel dan kematian. Menurut *Gramm & Branagan (2021)*, Sindrom Havana pertama kali dilaporkan pada akhir tahun 2016 ke Kedutaan Besar Amerika Serikat di Kuba oleh personel CIA yang beroperasi di bawah perlindungan diplomatik.

Personel tersebut dilaporkan mengalami sensasi suara dan tekanan yang aneh saat berada di rumahnya, diikuti oleh pusing dan sakit kepala yang menyakitkan. Personel yang sama juga mengalami insiden kedua pada awal Januari 2017 serta 4 orang personel lainnya dalam beberapa bulan berikutnya. Kejadian ini membuat Amerika Serikat menarik sebagian besar staf diplomatiknya dari Kuba. Pada bulan September 2017, seorang personel USAID dan istrinya yang bertugas di Kedutaan Besar AS di Tashkent Uzbekistan juga melaporkan gejala - gejala yang sama dengan yang dialami di Kuba. Kasus Sindrom Havana telah terjadi di 16 negara pada kurun waktu tahun 2016 - 2021 meliputi Kuba, Uzbekistan, RRT, Rusia, Polandia, Georgia, Australia, Taiwan, Inggris, Amerika Serikat, Kyrgyzstan, Austria, Jerman, Vietnam, India, dan Kolombia. Sebagian besar penderita sindrom tersebut merupakan pegawai di pemerintahan, termasuk diplomat, pegawai kedutaan, intelijen hingga keluarga dan kerabatnya.

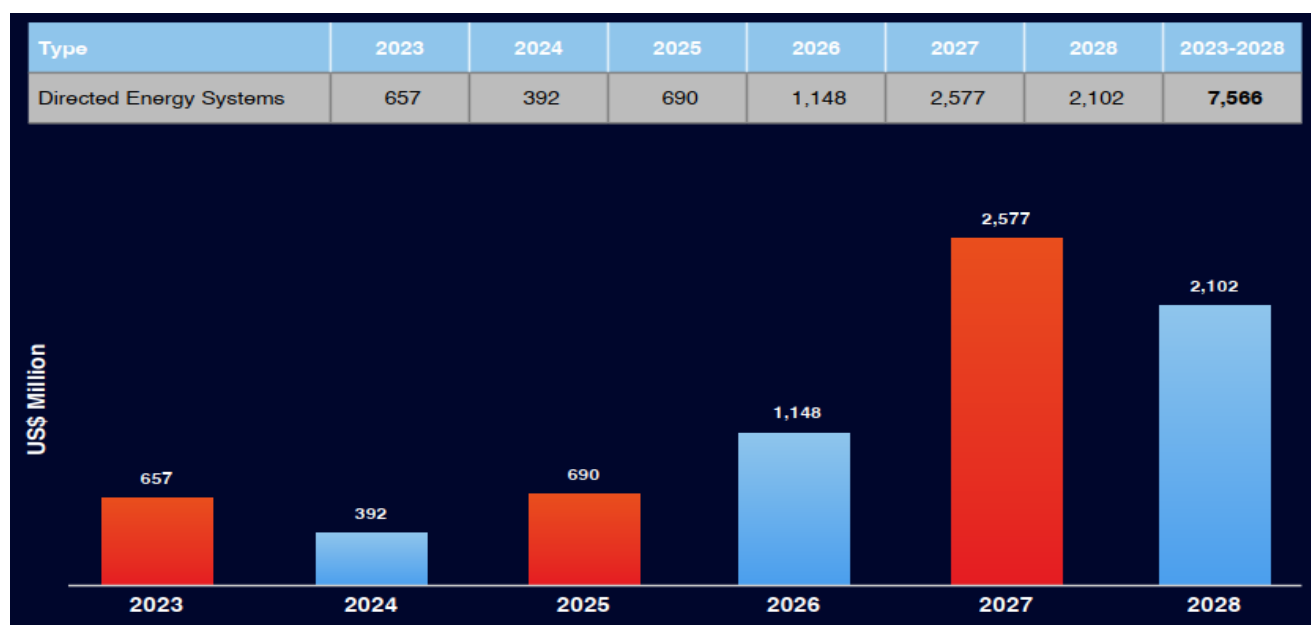
Country	Year	Targets
<i>Cuba</i>	<i>2016 - 2017</i>	<i>Over 40 DOS and CIA personnel at U.S. Embassy in Havana</i>
<i>Uzbekistan</i>	<i>2017</i>	<i>One USAID officer at Embassy</i>
<i>China</i>	<i>2017-2018</i>	<i>Several U.S. diplomats and trade reps</i>
<i>Russia</i>	<i>2017</i>	<i>CIA Eurasian covert ops chief</i>
<i>Poland</i>	<i>2019</i>	<i>Senior CIA official</i>
<i>Georgia</i>	<i>2019</i>	<i>Same senior CIA official</i>
<i>Australia</i>	<i>2019</i>	<i>Two senior CIA officials</i>
<i>Taiwan</i>	<i>2019</i>	<i>Same two senior CIA officials</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>2019</i>	<i>Two White House staffers</i>
<i>United States</i>	<i>2019-2020</i>	<i>White House staffer (2019 same as in UK), two NSC members, two White House staffers</i>
<i>Kyrgyzstan</i>	<i>2020</i>	<i>Military officer and CIA officer</i>
<i>Austria</i>	<i>2021</i>	<i>About two dozen U.S. intelligence officers, diplomats, and other government officials</i>
<i>Germany</i>	<i>2021</i>	<i>Three U.S. diplomats</i>
<i>Vietnam</i>	<i>2021</i>	<i>Two U.S. diplomats</i>
<i>India</i>	<i>2021</i>	<i>One CIA officer on CIA Director's staff</i>
<i>Colombia</i>	<i>2021</i>	<i>Over a dozen U.S. officials and family tied to USEMB in Bogota</i>

Sumber: Thesis from Naval Postgraduate School Monterey, California
Table 1. Havana Syndrome Cases, CAO November 2021

Thesis dari Naval Postgraduate School, Monterey, California tentang Neurowar is Here! oleh Joshua D. Gramm and Brian A. Branagan (2021) menyampaikan tentang upaya pemerintah RRT untuk mendominasi di bidang *Neuroscience*. Pada tahun 2015, RRT meluncurkan *China Brain Project* dengan tujuan agar dapat lebih memahami otak manusia. Program tersebut diluncurkan 2 tahun setelah program *BRAIN Initiative* Amerika Serikat diluncurkan dan diperkirakan nilai investasinya mencapai miliaran dolar hingga tahun 2030. *Chinese Central Military Commission* (CMC) juga meluncurkan upaya paralel dengan *China Brain Project* untuk mengeksplorasi penggunaan *Neuroscience* di bidang militer. Hal ini menunjukkan sinergitas antara penelitian sipil dan militer (*dual-use*) (hal. 73 - 74). *Gramm & Branagan* juga menyampaikan adanya potensi kasus lain penggunaan senjata neuro oleh RRT melalui pernyataan Jin Canrong, Wakil Dekan Sekolah Hubungan Internasional Universitas Renmin di Beijing yang mengklaim bahwa PLA telah menggunakan senjata gelombang mikro yang tidak mematikan terhadap pasukan militer India untuk merebut kembali wilayah sengketa di Ladakah dekat Tibet pada bulan Agustus 2020.

The Brain and Consciousness Research Center di Moskow Rusia mendirikan laboratorium untuk mengembangkan teknologi baru seperti *neuromorphic computing - computer processors* yang dapat beroperasi seperti otak manusia. Pada tahun 2019, Perusahaan Rusia *Neurobotics* dan *the Moscow Institute of Physics and Technology* menjalankan proyek bersama untuk menemukan cara dalam memvisualisasikan aktivitas otak seseorang sebagai sesuatu yang nyata (hal. 79).

Menurut *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028*, pasar senjata energi terarah atau sistem laser paling cepat berkembang dibandingkan dengan pasar jenis senjata lainnya. Pasar senjata energi terarah diperkirakan bernilai USD 647 juta pada tahun 2023 dan akan terus tumbuh dengan CAGR sebanyak 26,2%, sehingga bernilai USD 2,1 miliar pada tahun 2028. Amerika Serikat sejauh ini merupakan negara terbesar pasar senjata energi terarah dengan pengeluaran kumulatif sebesar USD 6,5 miliar. Program ini mencakup komponen Litbang dari Program *the Indirect Fire Protection Capability (IFPC) - High Energy Laser* dengan nilai USD 5.2 miliar. Beberapa program lainnya termasuk Program *Iron Beam* Israel sebesar USD 148 juta. Selain itu juga termasuk penelitian Jepang tentang *high power laser systems* dan pengembangan teknologi radiasi dari *High Power Microwave (HPM)* senilai masing - masing sebesar USD 220 juta dan USD 185 juta, serta *Durga II* India sebesar USD 50 juta.

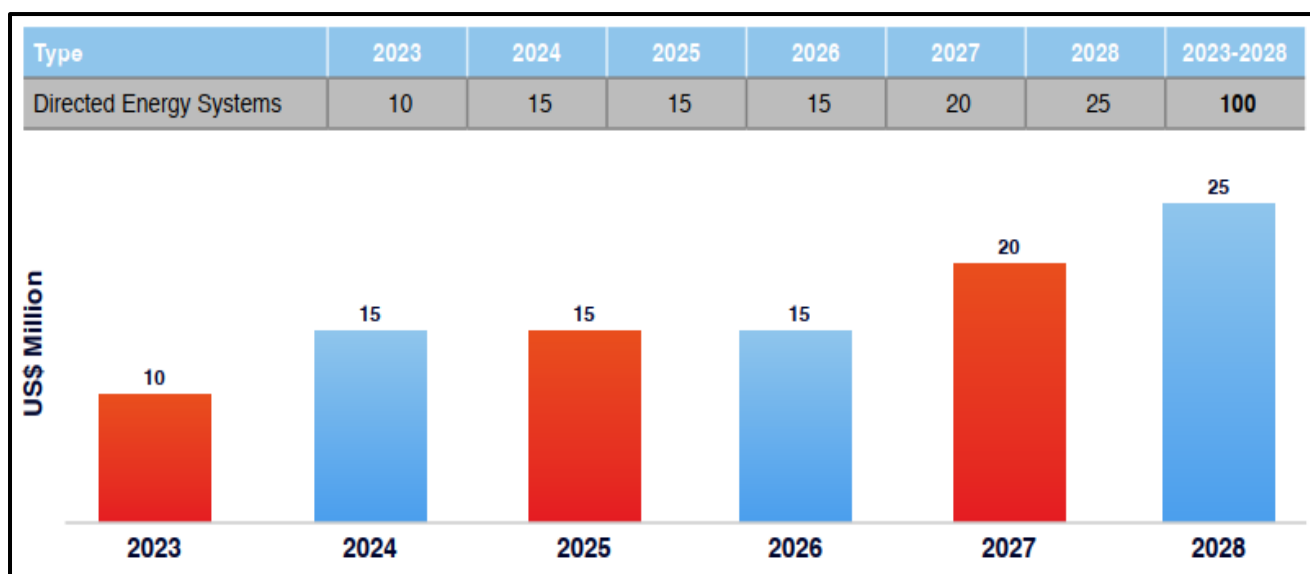


Selected Countries: Directed Energy Systems Market, 2023 - 2028, US\$ Millions

Sumber: *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028*

Angkatan bersenjata Perancis berkomitmen membangun dan mengembangkan senjata laser untuk sistem pertahanan darat melalui Litbangnya. *Office National d'Etudes et de Recherches Aeronautiques* (ONERA) atau Pusat Penelitian Dirgantara Nasional bertanggung jawab atas semua upaya Litbang terkait pengembangan senjata tersebut dengan rencana pra-operasional pada tahun 2025. Salah satu program unggulan dalam kategori ini merupakan *Tactical Advanced Laser Optical System (TALOS)* yang melibatkan 9 negara - negara di Eropa termasuk Perancis. Pada Agustus 2019, CILAS produsen teknologi laser dan optik Perancis mengumumkan dimulainya program yang bertujuan untuk menciptakan produk yang siap dikembangkan secara massal pada tahun 2025. Data dari *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Perancis hingga mencapai USD 100 juta pada tahun 2023 - 2028.

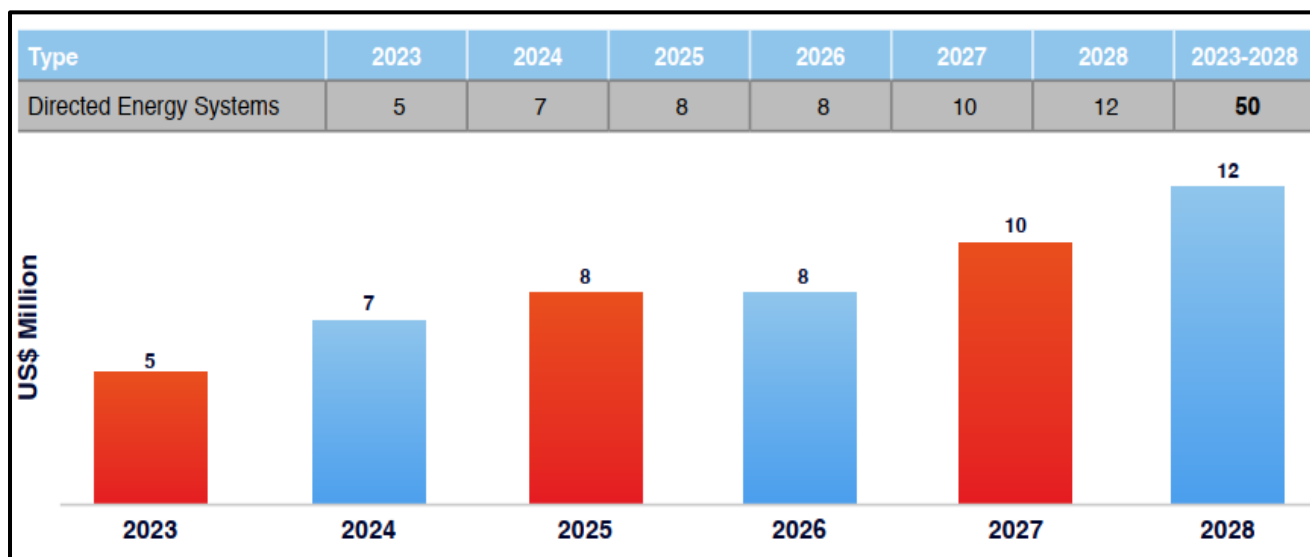
India ...



France: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028

India sedang mengembangkan *Directionally Unrestricted Ray-Gun Array Gun Array* (DURGA)-II yang merupakan salah satu program andalan senjata energi terarah sistem ringan berkekuatan sebesar 100 kilowatt, serta dapat diintegrasikan pada *platform* darat, laut, dan udara. Pada tahun 2017, terdapat pemberitaan yang terkonfirmasi di media tentang pengujian DURGA-II menggunakan truk di selatan kota Chitradurga. Senjata laser tersebut diduga mengenai target pada jarak 250 km. Lebih dari USD 50 juta diperkirakan akan dikeluarkan untuk proyek ini selama periode tahun 2023 - 2028. *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah India hingga mencapai USD 50 juta pada tahun 2023 - 2028.



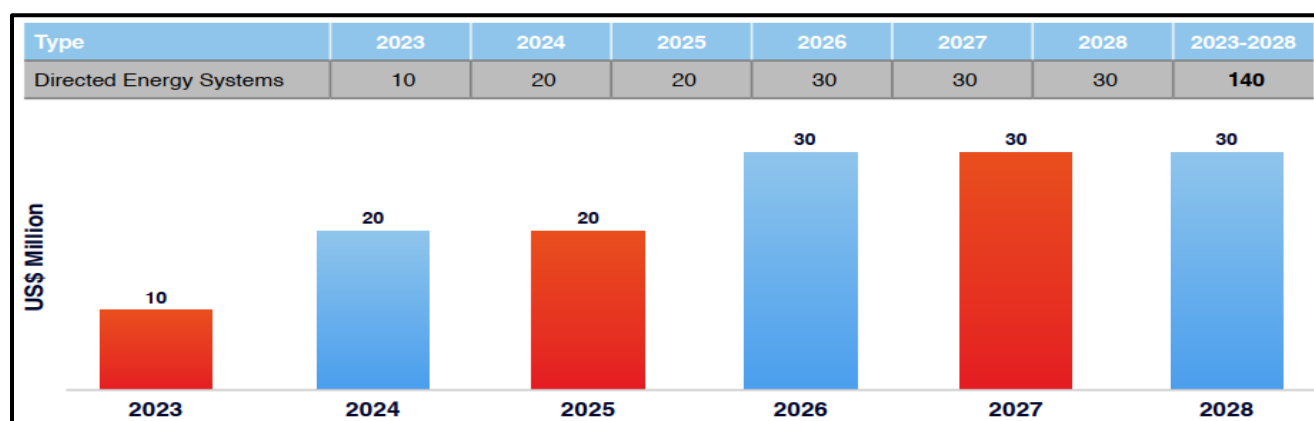
India: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: Global Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028

Pada bulan Maret 2022, Israel mengumumkan rencana investasi pengembangan senjata laser sistem pertahanan udara yang dinamakan *Iron Beam* dengan nilai sekitar USD 150 juta. *Iron Beam* merupakan *High Energy Laser Weapon System* (HELWS) berkekuatan 100 kw dan dikembangkan oleh *Rafael Advanced Defense Systems*. Senjata ini dapat meng-*intercept* ancaman seperti *Rolling Airframe Missiles* (RAMs), UAVs, Roket, dan Mortar. Israel berhasil melakukan pengujian pertamanya pada April 2022.

Global ...

Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028 menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Israel hingga mencapai USD 140 juta pada tahun 2023 - 2028.

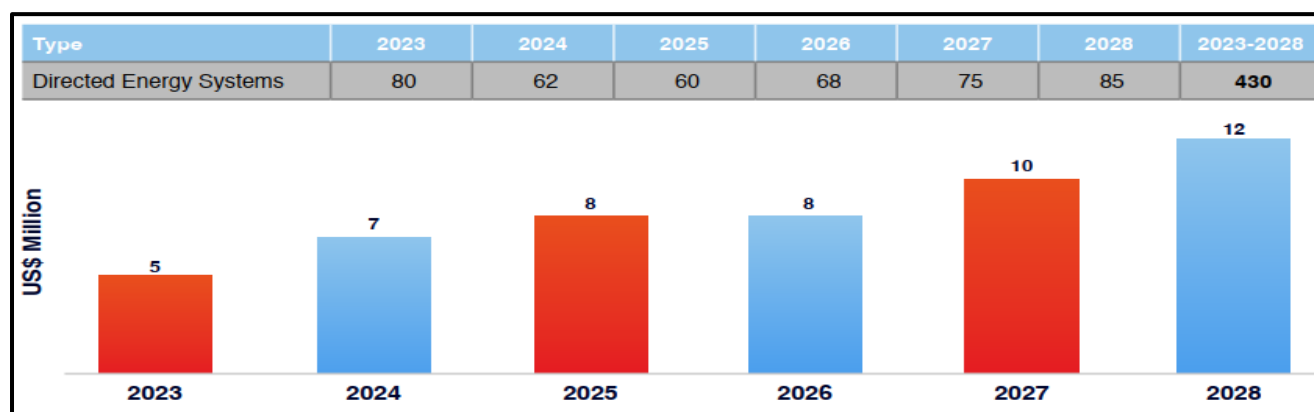


Israel: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028*

Kementerian Pertahanan Jepang mengumumkan pada bulan Februari 2022 bahwa mereka akan memulai Litbang berskala penuh dalam pengembangan senjata *High Power Microwave* (HPM) atau senjata gelombang mikro berdaya tinggi untuk menghancurkan UAVs atau *Drone*. Sistem persenjataan ini diharapkan dapat melumpuhkan target dengan kecepatan cahaya, memiliki kemampuan untuk merubah arah penyinaran dan mengatasi serangan saturasi. Jepang berencana untuk mengembangkan prototipe senjata tersebut pada tahun 2027 dan dilanjutkan dengan produksi berskala penuh. Total anggaran yang diperkirakan akan dibelanjakan untuk program ini sebesar USD 210 juta pada periode tahun 2023 - 2028.

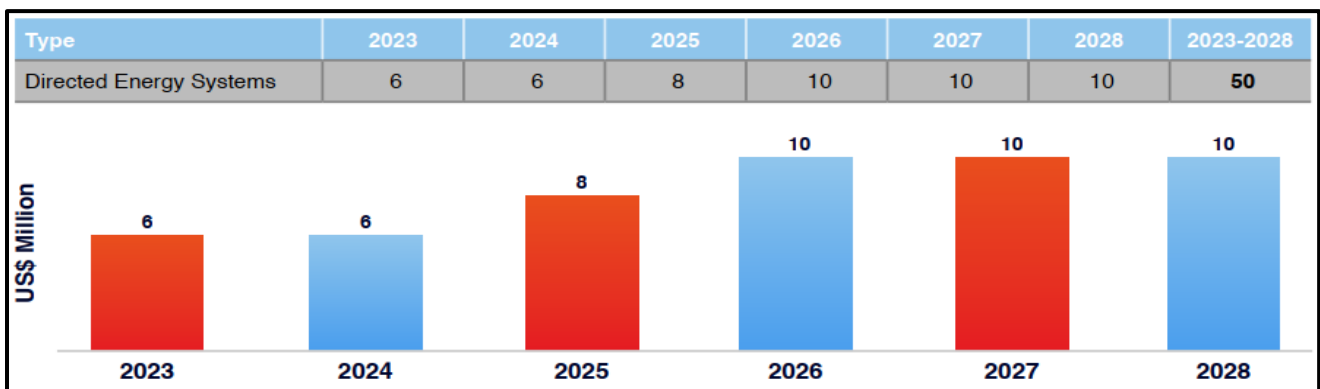
Selain HPM, Jepang juga melaksanakan penelitian dalam *High - Power Lasers Systems*. Kementerian Pertahanan Jepang juga berinvestasi dalam pengembangan *High - Power Lasers Systems* yang memiliki kemampuan respon cepat terhadap ancaman udara dan berbiaya rendah. *Mitsubishi Heavy Industries* (MHI) dan *Kawasaki Heavy Industries* (KHI) memperkenalkan 2 prototipe senjata laser pada *DSEI Japan 2023 Show*. Sistem MHI merupakan laser fiber berkekuatan 10 kw, sedangkan KHI memperkenalkan prototipe sistem laser yang dipasang di kendaraan. Pemerintah Jepang diperkirakan menghabiskan dana sebesar USD 220 juta untuk Litbang dan pengadaan senjata ini. *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Jepang hingga mencapai USD 430 juta pada periode tahun 2023 - 2028.



Japan: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028*

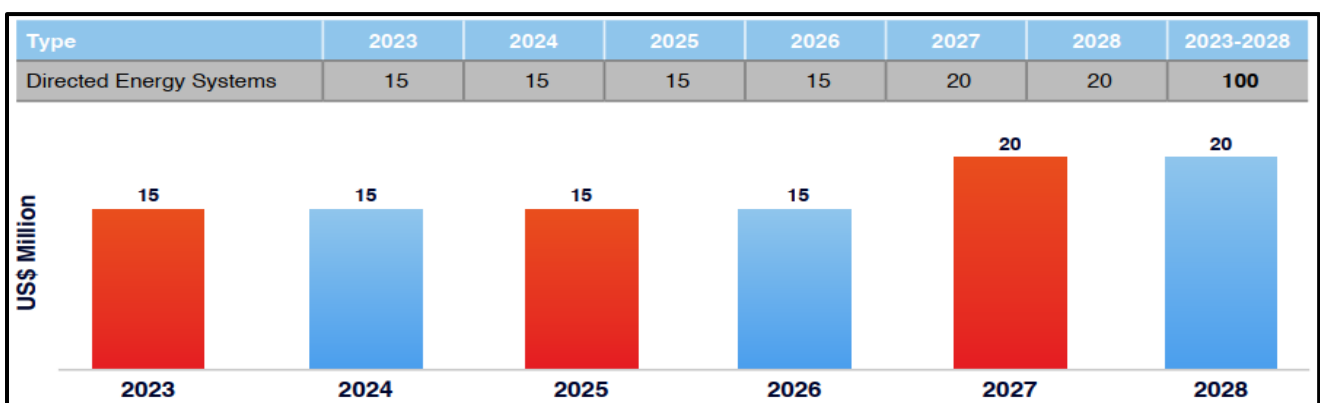
Turki mengembangkan *Armol Vehicle Mounted Laser System* (VMLS) yang dipasang pada *Otokar Cobra 4x4 Light Armour Vehicle* (LAV). Senjata laser ini berkekuatan 1,25 kw yang mampu menembus plat baja setebal 3 mm pada jarak 400 meter. Kemampuan lainnya berupa dazzling cameras dan optik lainnya dengan jangkauan maksimum 7,5 km, dan menghancurkan UAV dan IED pada jarak hingga 1 km. Program ini diperkirakan akan menghabiskan dana sebesar USD 25 juta pada periode tahun 2023 - 2028. Selain itu, pada November 2022, TUBITAK *Informatics and Information Security Advanced Technologies Research Centre* (BILGEM) memamerkan *JARMOL Laser System* yang memiliki sistem semi otonom berkekuatan 5 kw, dan dapat menghilangkan target UAV pada jarak hingga 2 km. Sistem ini telah diintegrasikan penuh kedalam BMC *Kirpi Mine-Resistant Ambush Protected Vehicle* (MRAP) termasuk sistem energinya sendiri, sehingga memungkinkan untuk sepenuhnya mandiri dalam melaksanakan operasi militer. *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Turki hingga mencapai USD 50 juta pada periode tahun 2023 - 2028.



Turkey: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028*

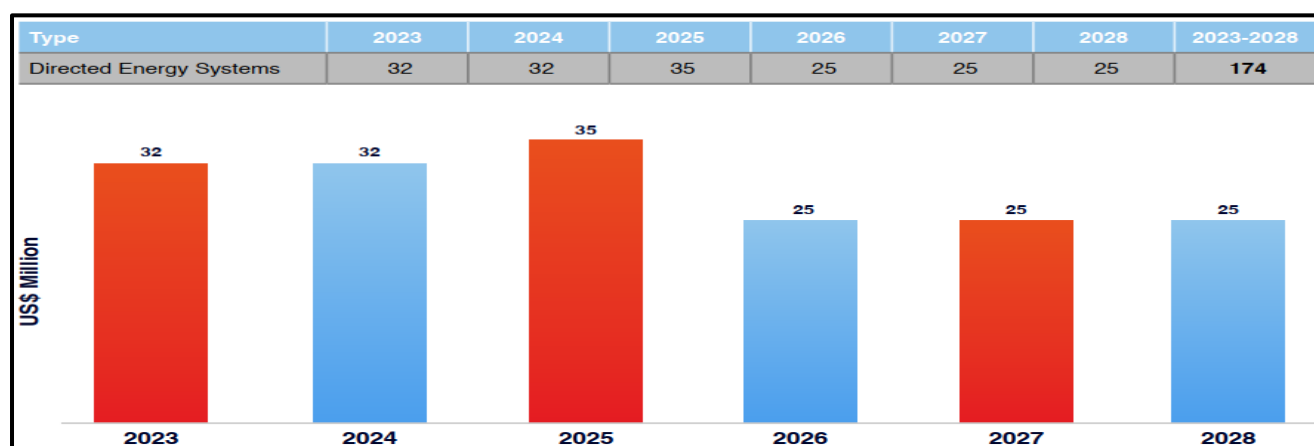
Uni Emirat Arab membeli *Iron Beam - High Energy Laser Weapon System* (HELWS) dari Israel. *Rafael Advanced Defense Systems* telah membuka fasilitas di Uni Emirat Arab untuk membangun berbagai senjata termasuk *Iron Beam* dan memamerkannya pada *IDEX 2023* di Abu Dhabi. *Iron Beam* diharapkan dapat meningkatkan kemampuan sistem pertahanan rudal utama Uni Emirat Arab. Senjata laser ini berkekuatan 100 kw yang dapat meng-*intercept* misil dan *Unmanned Aircraft System* (UAS) dari jarak ratusan meter hingga beberapa kilometer. Program ini diperkirakan memiliki nilai total sekitar USD 100 juta selama periode tahun 2023 - 2028. *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Uni Emirat Arab hingga mencapai USD 100 juta pada periode tahun 2023 - 2028.



UAE: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028*

Kementerian Pertahanan Inggris telah mengembangkan senjata laser jarak jauh bertenaga tinggi yang disebut *DragonFire* sejak tahun 2017. Senjata ini dibangun dengan biaya sebesar USD 115 juta dan pengujian pertama dilakukan pada bulan November 2022 di *Defence Science and Technology Laboratory's (DSTL's) Porton Down*. Perusahaan yang terlibat dalam proyek ini antara lain *MDBA Missile Systems* yang bertugas dalam pengembangan sistem komando dan kontrol yang canggih dan kemampuan pemrosesan gambar, *Leonardo* bertugas dalam bidang *beam director*, dan *QinetiQ* yang dalam generator laser. Pembelanjaan terkait program ini diperkirakan mencapai USD 135 juta pada periode tahun 2023 - 2028. Selain itu, pada November 2021, Kementerian Pertahanan Inggris juga telah berkontrak dengan nilai sekitar USD 100 juta untuk konsorsium pengembangan program *Advanced Laser and Radio Frequency Demonstrators* yang dipimpin oleh *Thales* dan *Raytheon UK*. Senjata energi terarah ini akan diintegrasikan pada kapal angkatan laut dan kendaraan lapis baja. Laser pertama akan diuji menggunakan *Navy's Type 23 Frigate*, sementara laser kedua akan diintegrasikan pada *British Army's Wolfhound Armoured Vehicle*. Program ini diperkirakan akan menghabiskan biaya sebesar USD 40 juta selama periode tahun 2023 - 2025. *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Inggris hingga mencapai USD 174 juta pada periode tahun 2023 - 2028.



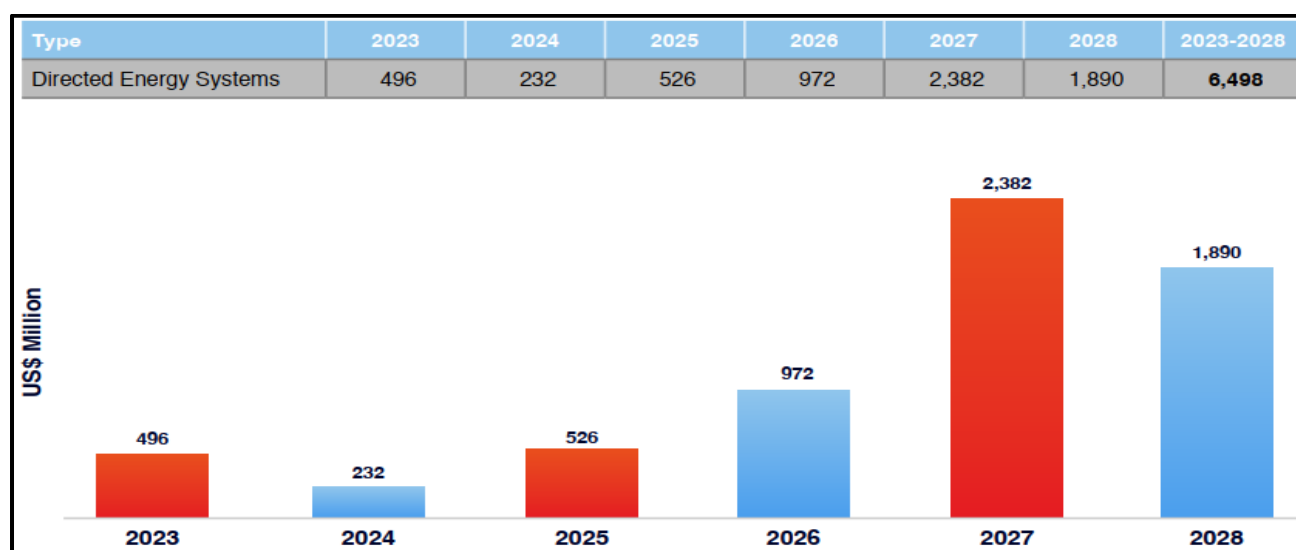
UK: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028*

Amerika Serikat mengembangkan senjata energi terarah berupa program *Indirect Fire Protection Capability (IFPC) - High Energy Laser (HEL)* yang melibatkan pengembangan dan pengujian 4 Prototipe IFPC-HEL yang diintegrasikan pada *Heavy Expanded Mobility Tactical Truck (HEMTT) Palletized Load System (PLS)* untuk menghancurkan rudal jelajah, UAV, roket, artileri, dan mortir. Sekitar USD 5,2 miliar telah dianggarkan dalam fase Litbang program ini dan dibelanjakan pada periode tahun 2022 - 2028. Program kedua yang dikembangkan oleh Amerika Serikat merupakan *Solid-State Laser Concepts and Architectures*. Program ini dalam fase Litbang pada material dan arsitektur laser *solid-state* yang canggih untuk angkatan darat Amerika Serikat senjata energi terarah berbasis laser. *Solid-State Laser Concepts and Architectures* melibatkan eksperimen dengan teknologi laser canggih yang didasarkan pada konsep laser *solid-state* yang tidak konvensional, bersama dengan modul daya cerdas, dan sistem manajemen termal canggih. Tujuan eksperimen tersebut untuk mengembangkan *low size, weight, and power (SWaP)* senjata energi terarah yang mampu diarahkan dengan peningkatan sifat spektral, termal, termo-mekanis, dan termo-optik, sekaligus meningkatkan kemampuan laser taktis bagi angkatan darat Amerika Serikat. Total biaya yang dianggarkan untuk program ini sebesar USD 58,2 juta selama periode tahun 2023 - 2028.

Program ...

Program ketiga yang dikembangkan oleh Amerika Serikat merupakan *Directed Energy MSHORAD/M-SHORAD Inc 2*. Program ini merupakan pengembangan prototipe *Maneuver Short Range Air Defense Increment 2* yang diharapkan dapat meningkatkan pertahanan udara jarak pendek dengan menggunakan 50 *kw-class laser* yang diintegrasikan pada Kendaraan Tempur Stryker untuk menghancurkan helikopter, UAV, roket, artileri, mortir, dan menjalankan operasi intelijen, pengawasan, dan pengintaian. Amerika Serikat telah menganggarkan sebesar USD 1,1 miliar untuk pengembangan program ini selama periode tahun 2023 - 2028. Program keempat merupakan *Next Generation DE Concept Development & Analysis – Air and Missile Defence Technology* yang telah menggunakan anggaran sekitar USD 73,7 juta selama periode 2023 - 2028. Kegiatan Litbang program ini meliputi pengembangan optik adaptif, *beam control*, dioda laser diodes, *target dan beacon illuminator lasers*, *laser diagnostics* dan algoritma pelacakan. Tujuan akhir dari Litbang ini merupakan peningkatan *lethality* dari sistem senjata energi terarah di masa depan. *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Inggris hingga mencapai USD 6.498 juta pada periode tahun 2023 - 2028.



US: Directed Energy Systems Market, 2023 – 2028, US\$ Millions

Sumber: *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028*

Senjata neuro yang ketiga merupakan Antarmuka Otak - Komputer (*Brain-Computer Interfaces*) yang menghubungkan gelombang otak ke perangkat eksternal seperti komputer, senjata dan *drone*, sehingga memungkinkan manusia mengendalikan mesin tanpa harus hadir secara fisik. *Tiana Putic* menjelaskan Antarmuka Otak - Komputer dalam *Thesis* tentang *Neuroweapons: the Future of Warfare* berupa *Mind - Controlled Drone* yang menggunakan *headset* non-invasif dengan memonitor sinyal otak dan mentransfernya ke *drone* sehingga memungkinkan untuk menerbangkan *drone* menggunakan pikiran mereka. Selain itu juga terdapat *Neural Dust* atau debu saraf, dimana sebuah sensor elektronik seukuran sebutir pasir ditanamkan langsung di bawah tengkorak ke dalam otak. Sensor tersebut kemudian menciptakan sinyal jarak jauh yang kuat antara otak prajurit dan perangkat seperti *drone*.

Pengembangan senjata neuro termasuk *dual-use* sistem energi terarah tidak bisa lepas dari peran *Rare Earth Elements* (REEs) atau Logam Tanah Jarang (LTJ). Sifat *dual-use* membuat LTJ juga dibutuhkan oleh industri komersial dalam pengembangan *high-tech devices*, perangkat keras komputer, alat komunikasi, televisi hingga kendaraan berteknologi *hybrid* atau elektronik.

Dari ...

Dari sisi militer LTJ menjadi komponen strategis yang digunakan oleh Industri Pertahanan untuk mengintegrasikan *electronic display*, sonar, laser dan *guiding systems* dalam Alpalhankam modern termasuk senjata neuro, khususnya senjata energi terarah dan antarmuka otak - komputer. Sifat *dual-use* LTJ kemudian menjadi tantangan baru geopolitik berbagai negara di dunia dalam mengamankan mineral berharga ini. RRT telah memulai operasi penambangan di berbagai wilayah negara untuk mengekstraksi LTJ dengan sumber utama LTJ dari bagian selatan Tibet sejak tahun 1992. Selain itu, negara-negara seperti Afghanistan, Brasil, India, Afrika Selatan, Australia, Jepang dan Amerika Serikat secara aktif juga membangun operasi pertambangan LTJ. Beberapa proyek pertambangan seperti *Mountain Pass* di Amerika Serikat, *Dubbo Zirconia* di Australia, *Zeus - Kipawa*, *Nechalacho* dan *Strange Lake* di Kanada serta *Steenkampskraal* di Afrika Selatan telah sepenuhnya diakui sebagai sumber LTJ.

Dikarenakan besarnya pengaplikasian LTJ di bidang Industri Pertahanan, Amerika Serikat dan Jepang telah menyiapkan cadangan LTJ yang diprediksi dapat bertahan selama 30 hingga 40 tahun mendatang. Pakar pertambangan Jepang terus berupaya melaksanakan penambangan bawah laut secara besar-besaran untuk menemukan LTJ dan endapan logam LTJ baru yang diharapkan dapat melebihi keunggulan RRT di bidang LTJ. Ahli geologi Jepang menyatakan telah menemukan endapan besar LTJ yang terkonsentrasi di dasar laut Pasifik (sekitar 100 miliar ton) dan diprediksi cukup memenuhi setengah permintaan tahunan dunia akan LTJ. Selain itu, LTJ juga menjadi material penting dalam pembuatan dan pengembangan teknologi sensitif atau teknologi inti (*core technology*) dari semikonduktor. Menurut *Merle Hinrich (2020)*, semikonduktor telah menjadi kebutuhan penting bagi kehidupan manusia modern, serta inti dari semua teknologi yang digunakan untuk kepentingan *dual-use*. *Microchip* seperti sistem saraf pusat dan otak dalam semua teknologi modern. Amerika Serikat melalui pengesahan undang-undang terkait *Chips and Science Act* pada 9 Agustus 2022 mengalokasikan anggaran hingga sebesar USD 52,7 miliar untuk kepentingan industri semikonduktor. Sebesar US\$ 11 miliar dari total alokasi anggaran tersebut digunakan untuk penelitian dan pengembangan, salah satunya dengan mendirikan *National Semiconductor Technology Center (NSTC)* atau Pusat Teknologi Semikonduktor Nasional. NSTC dengan bentuk kemitraan strategis antara publik dan swasta akan menjadi pemimpin kegiatan penelitian dan pengembangan serta pembuatan berbagai prototipe dalam meningkatkan kemampuan teknologi semikonduktor Amerika Serikat. Kemitraan tersebut secara sinergis menggunakan *Triple-Helix Model* dengan melibatkan pemerintah, akademisi dan industri atau investor. Hal ini sebagai upaya Amerika Serikat dalam melaksanakan proteksi sekaligus bentuk investasi agar dapat melindungi lapangan kerja, menyederhanakan jalur desain hingga komersialisasi *microchip* hingga meningkatkan kemampuan industri semikonduktor Amerika Serikat.

Indonesia sebagai negara defensif diharapkan tetap mengikuti setiap perkembangan teknologi persenjataan negara - negara ofensif termasuk penguasaan teknologi intinya. Penguasaan teknologi senjata neuro dapat turut meningkatkan kemampuan dan daya tangkal dalam menghadapi kemungkinan penggunaannya oleh *state* maupun *non-state actor*. Hal ini diharapkan dapat terlaksana melalui penyelenggaraan Industri Pertahanan dengan hubungan kewenangan dan tanggung jawab secara terpadu dan sinergis dari Kelembagaan Industri Pertahanan yang meliputi Pemerintah, Pengguna dan Industri Pertahanan. Industri Pertahanan diharapkan dapat mencapai kemandirian teknologi dan peningkatan daya saing, penyediaan solusi cerdas yang mendukung kebutuhan Alpalhankam dalam negeri (inovasi), menjadi bagian dalam mata rantai Industri Pertahanan global melalui kerja sama strategis dengan perusahaan pertahanan dan teknologi tinggi internasional, dan berperan sebagai penggerak dalam berkembangnya ekosistem industri dalam negeri (ekonomi).

Penguatan Industri Pertahanan Nasional dalam mewujudkan kemandirian pemenuhan Alpalhankam diharapkan dapat meningkatkan komunikasi dan kerja sama antar *stake holder*, meningkatkan ketepatan spesifikasi, kualitas produk dan kapasitas produksi Alpalhankam, peningkatan Litbangyasa, mampu mendukung kesiapan operasional, pemeliharaan dan perawatan Alpalhankam, fokus pada teknologi dan produk andalan, serta meningkatkan komunikasi dan kerja sama antar *stake holder*. UU Nomor 16 Tahun 2012 telah mencakup berbagai aspek yang meliputi penelitian dan pengembangan, pengadaan dan produksi, promosi dan penjualan, penggunaan, pengadaan, kerja sama serta SDM. Selain itu, UU Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang juga membuka kesempatan bagi Industri Pertahanan baik BUMN dan/atau BUMS sebagai *lead integrator* yang menghasilkan Alutsista dan/atau mengintegrasikan semua komponen utama, komponen, dan bahan baku menjadi alat utama. Hilirisasi dilakukan dengan pelarangan ekspor bahan baku, pelarangan impor bahan mentah, dan pelarangan impor bahan setengah jadi diharapkan dapat meningkatkan peran industri hulu, industri antara, serta industri hilir dalam memenuhi permintaan. Hal ini dapat meningkatkan potensi Indonesia dalam mengolah LTJ secara mandiri, sekaligus akan meningkatkan nilai Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) dari produk Alpalhankam, komersial dan *dual-use* yang menggunakannya sebagai material teknologi inti.

Pengetahuan, pembangunan dan pengembangan senjata neuro, teknologi intinya hingga pengolahan LTJ juga memungkinkan bagi Indonesia melalui kerja sama internasional, salah satunya dengan Jepang yang menerapkan kebijakan *Three Principles on Transfer of Defense Equipment and Technology*. Kebijakan tersebut sejalan dengan kebijakan *proactive contribution to peace* milik Jepang yang merelaksasi substansi dari *Three Principles on Arms Exports*, dimana sebelumnya terdapat banyak pelarangan dalam hampir semua *arms exports*. Selain itu, saat mengisi kegiatan *policy speech* di *The Johns Hopkins University School Advanced International Studies (SAIS)* pada Januari 2023, Perdana Menteri Jepang Fumio Kishida menyampaikan *Three Key Points* dimana poin pertama dan kedua menyatakan komitmen Jepang melanjutkan kebijakan luar negeri *proactive contribution to peace* yang berisi "*First, the international community is at a historic turning point. The free, open and stable internasional order that we have dedicated ourselves to upholding is now in grave danger; second, Japan is resolved to proactively create peace and prosperity and a free and open order worldwide*". Hal ini menandakan bahwa kebijakan luar negeri *proactive contribution to peace* milik Jepang tidak berubah meskipun Shinzo Abe sudah tidak lagi menjadi Perdana Menteri Jepang. Selain itu, Jepang juga membangun dan memelihara kemitraan strategis dalam menjaga dan memelihara keamanan kawasan *Indo-Pasific* demi terwujudnya *Free and Open Indo-Pasific (FOIP)* dan *ASEAN Outlook on the Indo-Pasific (AOIP)*.

IV. Kesimpulan.

- a. Pengembangan senjata neuro hingga kehadiran *neurowarfare* tampak seperti imajinasi atau khayalan dan meragukan, namun tren peperangan terus berlanjut dan berkembang pesat dalam bidang - bidang baru seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan. Domain darat dan laut telah menjadi wilayah peperangan, namun kehadiran domain udara dalam beberapa dekade terakhir telah berkembang dalam domain ruang angkasa dan ruang siber. Domain baru ini telah menjadi bagian dari ruang pertempuran karena ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berevolusi untuk mengeksplorasi dan mengungkap banyak hal - hal baru.

b. Keseriusan ...

- b. Keseriusan Perancis, India, Israel, Jepang, Turki, Uni Emirat Arab, Inggris dan Amerika Serikat dalam mengembangkan senjata neuro digambarkan melalui *Selected Countries: Directed Energy Systems Market Report 2023 – 2028*. Hal ini melalui peningkatan nilai pasar senjata energi terarah oleh negara - negara kuat di dunia hingga mencapai total USD 7.566 juta pada periode tahun 2023 - 2028. Senjata neuro akan berpotensi menggantikan senjata - senjata konvensional yang telah ada sebelumnya.
- c. Fenomena Sindrom Havana dengan lebih dari 200 kasus di setidaknya 16 negara terverifikasi memiliki gejala - gejala yang sama tapi masih belum terverifikasi gejala - gejala tersebut disebabkan oleh penggunaan senjata neuro yang menggunakan *Radio Frequency - Directed Energy Weapons (RF - DEW)*. Namun demikian, fenomena tersebut diharapkan tetap perlu menjadi kewaspadaan demi melindungi segenap bangsa dan seluruh tumpah darah Indonesia.
- d. *Global Directed Energy Systems Market Report 2023 - 2028* menggambarkan peningkatan pasar senjata energi terarah Jepang hingga mencapai USD 430 juta pada periode tahun 2023 – 2028. Nilai tersebut merupakan nilai terbesar kedua setelah Amerika Serikat. Selain itu, Jepang juga telah menyiapkan cadangan LTJ yang diprediksi dapat bertahan selama 30 hingga 40 tahun mendatang. Hal ini membuka banyak potensi kerja sama internasional, termasuk dengan Indonesia, mengingat Jepang mengeluarkan kebijakan dalam relaksasi substansi dari *Three Principles on Arms Exports*, dimana sebelumnya terdapat banyak pelarangan dalam hampir semua *arms exports*. Selain itu, Jepang juga membangun dan memelihara kemitraan strategis dalam menjaga dan memelihara keamanan kawasan *Indo-Pasific* demi terwujudnya *Free and Open Indo-Pasific (FOIP)* dan *ASEAN Outlook on the Indo-Pasific (AOIP)*. Pengetahuan, pembangunan dan pengembangan senjata neuro, teknologi inti hingga pengolahan LTJ bagi Indonesia diharapkan dapat tercapai melalui kerja sama tersebut.
- e. UU Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang membuka kesempatan bagi Industri Pertahanan baik BUMN dan/atau BUMS sebagai *lead integrator* yang menghasilkan Alutsista dan/atau mengintegrasikan semua komponen utama, komponen, dan bahan baku menjadi alat utama. Hal ini membuka kesempatan yang luas bagi Industri Pertahanan (BUMN dan BUMS) dalam pembangunan dan pengembangan senjata neuro hingga teknologi intinya yang bersifat *dual-use*. Penguasaan teknologi inti tersebut dapat bermanfaat bagi sektor - sektor selain pertahanan.
- f. Hilirisasi melalui pelarangan ekspor bahan baku, pelarangan impor bahan mentah, dan pelarangan impor bahan setengah jadi dapat meningkatkan peran industri hulu, industri antara, serta industri hilir dalam pengolahan LTJ secara mandiri. Selain itu, produk Alpalhankam termasuk senjata neuro, komersial dan *dual-use* yang menggunakannya sebagai material teknologi inti juga diharapkan dapat meningkatkan nilai Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN).

- g. Indonesia sebagai negara defensif diharapkan tetap mengikuti setiap perkembangan teknologi persenjataan negara - negara ofensif termasuk penguasaan teknologi intinya. Penguasaan teknologi senjata neuro diharapkan dapat turut meningkatkan kemampuan dan daya tangkal dalam menghadapi kemungkinan penggunaannya oleh *state* maupun *non-state actor*.

Jakarta, November 2024

APN Ahli Muda Subbag TU
Dit Tekindhan Diten Pothan Kemhan,

Gede Priana Dwipratama, S.E., M.M.
Penata Tk. I III/d Nip. 198609162009121002

DAFTAR PUSTAKA

Office of the Director of national Intelligence (2024). "Annual Threat Assessment of the U.S. Intelligence Community".

Policy Horizons Canada (2024). "Disruptions on the Horizon 2024 Report".

Adam T. Biggs et al., "Unconventionally Acquired Brain Injury: Guidance and Instruction About an Emerging Challenge to Warfighter Brain Health," *Journal of Special Operations Medicine* 21, no. 2 (2021): 43–48.

Lloyd J. III Austin, "Anomalous Health Incidents" (Official Memorandum, Washington, DC: Department of Defense, 2021), <https://media.defense.gov/2021/Sep/15/2002855031/-1/-1/1/AnomalousHealth-Incidents.PDF>.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2020, *An Assessment of Illness in U.S. Government Employees and Their Families at Overseas Embassies*, 11.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2020, *An Assessment of Illness in U.S. Government Employees and Their Families at Overseas Embassies* (Washington, DC: The National Academies Press, 2020), x, <https://doi.org/10.17226/25889>.

Robert Bartholomew, "An Open Letter to the Diplomats With 'Havana Syndrome,'" *Psychology Today*, November 2, 2019, <https://www.psychologytoday.com/us/blog/its-catching/201911/open-letter-the-diplomats-havana-syndrome>.

"J5 Donovan Group Radical Speaker Series: Neuroweapons," SOFWERX, August 21, 2018, <https://www.sofwerx.org/neuroweapons/>

Adam Entous and Jon Lee Anderson, "The Mystery of the Havana Syndrome," *The New Yorker*, November 9, 2018, <https://www.newyorker.com/magazine/2018/11/19/the-mystery-of-the-havanasynndrome>.

Armin Krishnan, *Military Neuroscience and the Coming Age of Neurowarfare*, 1st edition, *Emerging Technologies, Ethics and International Affairs* (London New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2018), 11.

Anna de Courcy Wheeler, "Directed Energy Weapons" (Geneva: Article 36, November 2017), <https://article36.org/wp-content/uploads/2019/06/directed-energy-weapons.pdf>.

Sarah Canna, "Leveraging Neuroscientific and Neurotechnological Developments with a Focus on Influence and Deterrence in a Networked World" (Carnegie Endowment Neurodeterrence Workshop, October 18, 2013), 6, https://carnegieendowment.org/files/U_NeuroDeterrence_Workshop_Approved_for_Public_Release_31Jan14v2.pdf.

SOFWERX, "J5 Donovan Group Radical Speaker Series: Neuroweapons".

<https://smallwarsjournal.com/2021/12/12/changing-hearts-and-brains-sof-must-prepare-now-neurowarfare/>

<https://www.pharm.ox.ac.uk/research/themes-1/neuropharmacology>

Steve Dorsey, "Uzbekistan Incident Raises Suspicions of Russian Involvement in Cuba Attacks," CBS News, November 28, 2017, <https://www.cbsnews.com/news/uzbekistan-incident-raises-suspicions-of-russian-involvement-in-cuba-attacks/>

James Giordano, "Is Neuroscience the Future of Warfare?," Defence IQ, April 17, 2019, <https://www.defenceiq.com/defence-technology/articles/neuroscience-and-future-warfare-1>

Aakriti Sharma, "Has India Finally Acknowledged That Chinese PLA Used Microwave Weapons Against Indian Soldiers In Ladakh?," The EurAsian Times, January 6, 2021, <https://eurasianimes.com/hasindia-finally-acknowledged-that-chinese-pla-used-microwave-weapons-against-indian-soldiers-in-ladakh/>

Serge Kernbach, "Unconventional Research in USSR and Russia: Short Overview," Cybertronica Research, Research Center of Advanced Robotics and Environmental Science, December 5, 2013, 3, <https://arxiv.org/pdf/1312.1148.pdf>.

Marek Grzegorzczak, "Nobel-Laureate to Head New Russian Lab Developing Neuromorphic Technology," Emerging Europe, February 11, 2021, <https://emerging-europe.com/news/nobel-laureate-to-head-new-russian-lab-developing-neuromorphic-technology/>

Vladimir Konyshev, "Neural Network Reconstructs Human 'Thoughts' from Brain Waves in Real Time," Moscow Institute of Physics and Technology (blog), October 30, 2019, https://mipt.ru/english/news/neural_network_reconstructs_human_thoughts_from_brain_waves_in_real_time

Irina G. Dezhina and Tamam N. Nafikova, "Global Landscape of Neuroscience and Place of Russia," *Mirovaia Ekonomika i Mezhdunarodnye Otnosheniia* 64, no. 9 (September 29, 2020): 37–47, <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-37-47>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/09/30/pentingnya-sinergitas-kelembagaan-industri-pertahanan-dalam-menghadapi-perubahan-paradigma-belanja-pertahanan-menjadi-investasi-pertahanan.html>

<https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:AP:b91eebe6-a06a-4533-aeab-9d1a60195de9>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/09/05/clustered-regularly-interspaced-short-palindromic-repeats-crispr-tantangan-peluang-dan-ancaman-bagi-indonesia.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/08/15/peran-industri-pertahanan-dalam-mitigasi-perubahan-iklim-melalui-reforestasi-hutan-mangrove-lessons-learned-melalui-indo-pasific-environmental-security-forum-ipesf-2024.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/07/03/pengembangan-senjata-biologi-sintetik-menggunakan-kecerdasan-buatan-sebagai-potensi-ancaman-aktual-non-militer-terhadap-pertahanan-negara.html>

<https://forkominhan.id/wp-content/Inhan/edisi03apr2024/mobile/index.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/05/22/pengembangan-teknologi-rekayasa-kebumihan-tantangan-peluang-dan-ancaman-bagi-indonesia.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/04/25/swarm-drone-tantangan-peluang-dan-ancaman-bagi-indonesia.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/03/20/implikasi-kecerdasan-buatan-dalam-industri-pertahanan-tantangan-dan-peluang-bagi-indonesia.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/02/23/pengembangan-teknologi-semikonduktor-nasional-dan-kemandirian-industri-pertahanan.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2024/01/12/integrasi-lintas-medan-dan-pengembangan-industri-pertahanan-nasional-agar-dapat-maju-kuat-mandiri-dan-berdaya-saing.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/11/22/pengembangan-nanoteknologi-dan-manfaatnya-bagi-sektor-pertahanan-sub-sektor-industri-pertahanan.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/10/05/dampak-revolutions-in-military-affairs-rma-terhadap-pengembangan-senjata-gelombang-mikro-berdaya-tinggi.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/09/08/potensi-dual-use-disrupsi-teknologi-dalam-mewujudkan-industri-pertahanan-yang-maju-kuat-mandiri-dan-berdaya-saing.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/07/25/potensi-triple-helix-model-dalam-pengembangan-directed-energy-weapons-dewas-demi-kemandirian-industri-pertahanan-nasional.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/06/21/potensi-dwiguna-rare-earth-elements-rees-dalam-pengembangan-sistem-c6isr-dan-interoperabilitas-trimatra-terpadu-produk-industri-pertahanan-indonesia.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/05/25/sifat-dual-use-agensia-biologi-sebagai-potensi-ancaman-aktual-non-militer-terhadap-pertahanan-negara.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/05/10/strategi-copying-from-dalam-memperkuat-pertahanan-negara-pada-domain-military-aviation.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/05/02/strategi-five-interdependent-goals-departemen-pertahanan-amerika-serikat-untuk-meraih-freedom-of-action-dalam-spektrum-elektromagnetik.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/04/14/naskah-karya-tulis-ilmiah-esai-sishankamrata-dual-use-aspek-militer-dan-sipil-sebagai-upaya-penguatan-pertahanan-dan-ekonomi-menggunakan-strategi-military-civil-fusion-mcf.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/02/04/analisis-swot-terhadap-pembentukan-holding-bumn-industri-pertahanan-dalam-rangka-memperkuat-pertahanan-negara.html>

<https://forkominhan.id/wp-content/Inhan/edisifebapr2023/mobile/index.html>

<https://www.kemhan.go.id/poathan/2023/02/06/potensi-kerja-sama-industri-pertahanan-indonesia-dengan-jepang-dalam-new-domains-of-warfare-studi-pustaka-pada-kebijakan-pertahanan-indonesia-dan-the-defense-of-japan-white-paper-2022.html>

<https://bisnisindonesia.id/article/ri-pursuing-a-dual-approach-strategy-in-the-development-of-semiconductor-ecosystem>

<https://indonesia.jakartadaily.id/ekonomi-bisnis/69312434611/joe-biden-umumkan-bangun-pabrik-semikonduktor-senilai-rp-640-triliun-gandeng-korsel>

<https://theglobal-review.com/artificial-intelligence-sangat-potensial-dimanfaatkan-untuk-pengembangan-program-laboratorium-bio-militer/>

<https://papua.tribunnews.com/2024/05/30/intip-kekuatan-udara-tni-au-drone-game-changer?page=2>