

DAMPAK REVOLUTIONS IN MILITARY AFFAIRS (RMA) TERHADAP PENGEMBANGAN SENJATA GELOMBANG MIKRO BERDAYA TINGGI

Oleh : Gede Priana Dwipratama, S.E., M.M.

Revolusi Industri 4.0 dan Masyarakat 5.0 telah meningkatkan kemajuan teknologi, informasi dan komunikasi serta mengubah berbagai hal yang bersifat fundamental dalam kehidupan manusia. Kemajuan tersebut tidak hanya berdampak pada sektor sipil, namun juga berdampak pada sektor pertahanan. Menurut Sheehan (2008), beberapa analis menyatakan bahwa setelah era perang dingin usai, sifat-sifat perang mengalami perubahan mendasar. Menurut Luthfi (2012), sampai saat ini perang masih berlangsung dengan berbagai macam bentuk seiring dengan perkembangan zaman. Berakhirnya perang dingin bukan berarti mengakhiri perang, perubahan sifat-sifat fundamental perang kemudian menghadirkan ketidakpastian atau ambiguitas. Situasi ini melahirkan sebuah konsep revolusi di bidang militer atau pertahanan yang dinamakan *Revolutions in Military Affairs* (RMA) atau di Indonesia dikenal dengan Revolusi Krida Yudha (RKY). Menurut Nordal (2013), RMA dimulai dari konsep pemikiran Militer Uni-Soviet pada tahun 1960, konsep tersebut kemudian dikembangkan oleh *Soviet General Staff* pada awal tahun 1980 dan menjadi sebuah konsep revolusi informasi di bidang pertahanan yang disebut *the Military-Technical Revolution* (MTR). Konsep tersebut menginspirasi *The Office of Net Assessment* (ONA) di Pentagon Amerika Serikat dalam menjalankan program asesmen untuk mengeksplorasi perubahan-perubahan besar yang mungkin akan terjadi dalam kompetisi di bidang pertahanan. ONA kemudian melahirkan konsep RMA dan mulai menjalankannya. Konsep RMA menjadi sebuah konsep yang dikenal dunia pada tahun 1990-an. Meskipun demikian, RMA masih menjadi sebuah fenomena dengan kompleksitas tinggi sehingga sulit untuk di deskripsi dan di analisa secara pasti. Salah satu penyebabnya merupakan ketidakpastian atau ambiguitas disrupsi teknologi yang melahirkan prediksi ancaman hibrida selain ancaman militer dan ancaman non-militer. Hal ini sesuai dengan Lampiran Bagian 2 Peraturan Presiden RI Nomor 8 Tahun 2021 tentang Kebijakan Umum Pertahanan Negara Tahun 2020-2024 yang berisi "*Prediksi ancaman yang sewaktu-waktu timbul dapat dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu ancaman militer, ancaman nonmiliter, dan ancaman hibrida*".

Menurut Gubernur Lemhannas RI dalam Pemaparan tentang Perang Udara 2030 pada Rapim TNI AU tahun 2023 tanggal 10 Februari 2023 di Puri Ardhya Garini Halim Perdanakusuma Jakarta, perkembangan teknologi persenjataan salah satunya berupa

ramalan perkembangan teknologi militer lainnya yang meliputi senjata radio-frekuensi, senjata tidak mematikan, senjata biologi, senjata kimia, senjata mematikan lainnya, senjata sinar partikel, Meriam elektrik (*rail gun*), material nano, mesin cetak 3D dan peningkatan kemampuan personel. Ramalan perkembangan teknologi militer lainnya tersebut sesuai dengan Lampiran Perpres Nomor 8 Tahun 2021 tentang Kebijakan Umum Pertahanan Negara Tahun 2020-2024 Alinea 5 yang berisi “Revolusi teknologi Industri 4.0 juga mendorong penggabungan teknologi ke dalam serangkaian sistem senjata baru yang inovatif, seperti senjata elektromagnetik (*railgun*), senjata energi terarah, proyektil kecepatan tinggi, rudal hipersonik, serta senjata teknologi rahasia yang digunakan pada saat terjadinya perang”. Perkembangan teknologi militer lainnya dengan serangkaian sistem senjata baru yang inovatif salah satunya berupa senjata energi terarah. Senjata energi terarah merupakan senjata jarak jauh dengan energi terfokus tanpa proyektil padat, salah satu contohnya berupa *High Power Microwave (HPM) Weapons* atau senjata gelombang mikro berdaya tinggi. Senjata tersebut dapat terfokus melakukan banyak serangan dengan kecepatan cahaya secara presisi dan tanpa perlu *reload*. RMA telah mendorong negara-negara maju dalam mengembangkan senjata gelombang mikro berdaya tinggi, karena memiliki kemampuan untuk melumpuhkan banyak target pada cakupan area yang lebih luas dan dapat menembus benda padat.

Gelombang yang dipancarkan oleh senjata gelombang mikro berdaya tinggi dapat merambat melalui material padat non-konduktif seperti dinding. Pengembangan senjata gelombang mikro berdaya tinggi sampai dengan saat ini masih terbatas dalam memperkuat proteksi serangan udara seperti melumpuhkan *drone*. Salah satu jenis senjata gelombang mikro berdaya tinggi yang telah dipublikasikan merupakan Leonidas.



Sumber: <https://www.epirusinc.com>

Gambar 1 – Leonidas kontra elektronik basis darat

Leonidas dikembangkan oleh Industri Pertahanan Amerika Serikat bernama Epirus Inc dengan serangkaian produk menggunakan teknologi gelombang mikro berdaya tinggi yang dapat menimbulkan efek kontra-elektronik untuk mengatasi berbagai ancaman elektronik, salah satunya *drone*.



Sumber: <https://www.epirusinc.com>

Gambar 2 – Leonidas POD



Sumber: <https://www.epirusinc.com>

Gambar 3 – Leonidas *Mobile*

Produk Leonidas dibagi menjadi beberapa bagian, seperti Leonidas kontra elektronik basis darat dengan kemampuan menetralkan *single system* secara presisi dan mengatasi berbagai ancaman di area luas, Leonidas POD dengan keunggulan ukuran yang kecil, dapat dipasangkan pada *drone* dan dapat terintegrasi pada sistem lintas udara untuk kebutuhan misi-misi tertentu, Leonidas *Mobile* yang dapat di integrasikan pada kendaraan tempur untuk

meningkatkan kemampuan manuver. Sistem dalam produk-produk Leonidas dapat bekerja sama dan menciptakan postur pertahanan energi terarah dengan sistem gelombang mikro berdaya tinggi dan dapat diintegrasikan dalam sistem-sistem yang lebih besar termasuk sistem pertahanan udara kinetik dan non-kinetik lainnya.

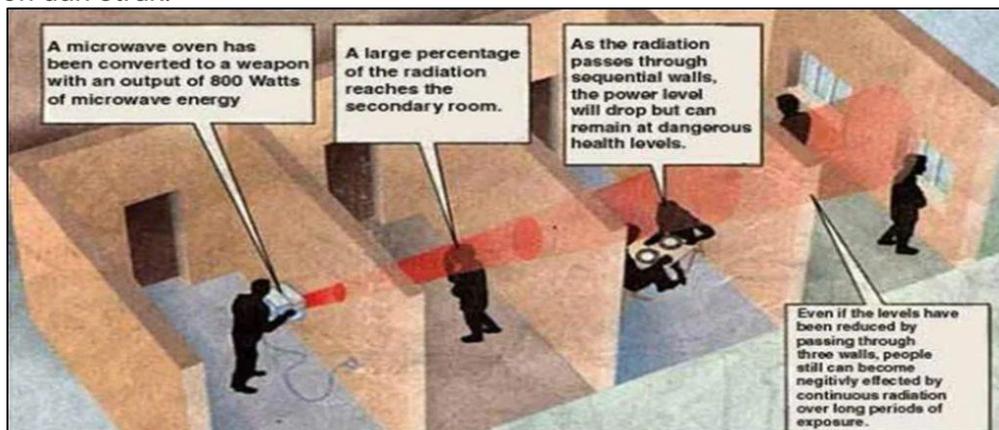
Senjata gelombang mikro berdaya tinggi belum didefinisikan dalam hukum internasional. Konvensi PBB tentang senjata energi terarah masih terfokus pada senjata laser melalui *Protocol on Blinding Laser Weapon* tahun 1995. Namun demikian, beberapa penelitian terkait dampak dari gelombang mikro terhadap manusia sudah pernah dilakukan. Menurut *Dr. Allan Frey* (1961), manusia dapat mendengar gelombang mikro pada frekuensi 1310 Mhz dan 2982 Mhz dengan kepadatan daya rata-rata gelombang mikro sebesar 0,4 hingga 2 mW/cm². Sensasi yang dirasakan berupa suara mendengung atau ketukan disertai dengan keluhan pusing, sakit kepala dan kesemutan. Menurut *US Naval Medical Research* (1972), respon biologis radiasi gelombang mikro terhadap 2.300 subjek penelitian dengan hasil lebih dari 140 subjek penelitian mengalami efek kesehatan berupa pemanasan organ, perubahan fungsi fisiologis, efek sistem saraf pusat, efek sistem saraf otonom, efek sistem saraf perifer, gangguan psikologis, perubahan perilaku, kelainan darah, gangguan pembuluh darah, enzim dan perubahan biokimia lainnya, gangguan metabolik, gangguan gastro-intestinal, perubahan kelenjar endokrin, perubahan histologis, perubahan genetik dan kromosom, efek *pearl chain*, kerusakan kornea, degenerasi tubular pada testis, perubahan proses oksidatif pada jaringan dan organ, penurunan kesuburan, kemanduan, perubahan perkembangan janin, hemolisis, gangguan saraf kranial, kejang, pusing, depresi, susah tidur, tangan gemetar, nyeri dada, perubahan aktivitas korteks adrenal, penyimpangan kromosom, tumor, gangguan neuro-vegetatif, kelelahan, perubahan sensitivitas terhadap cahaya, suara dan rangsangan penciuman, perubahan elektrokardiografi (EKG) dan perubahan irama sirkadian.



Sumber: <https://law-in-action.com>

Gambar 4 – Penggambaran Leonidas Melumpuhkan *Drone*

Menurut *US DIA Report* (1976), radiasi gelombang mikro dapat mengakibatkan sakit kepala, kelelahan, berkeringat, pusing, gangguan menstruasi, iritabilitas, agitasi, ketegangan, mengantuk, sulit tidur, depresi, kecemasan, kelupaan dan kurangnya konsentrasi. Menurut *NMIG 1971, DIAS 1976, NASA EMF Study 1981, USAF Study 1994 and ORSAA Database* (2017) radiasi gelombang mikro berdampak pada tubuh manusia pada berbagai tingkatan termasuk sistem saraf terutama otak, sistem endokrin, sistem kekebalan tubuh, DNA, perubahan fluks kalsium, gangguan irama sirkadian, stres oksidatif, peningkatan kadar glukosa dalam darah, peningkatan bilirubin, perubahan *neurotransmitter levels*, perubahan kadar kortisol, penurunan hormon seks, disfungsi sistem kekebalan tubuh dan *neuro-behavioural symptoms*. Selain itu radiasi gelombang mikro juga dapat meningkatkan gangguan kognitif seperti *Attention Deficit Disorder (ADD), Attention Deficit-Hyperactivity Disorder (ADHD), Autism Spectrum Disorder (ASD)* dan gangguan tumbuh kembang pada anak-anak, epilepsi pada lansia dengan *Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS)*, autoimun, parkinson dan struk.



Sumber: <https://law-in-action.com>

Gambar 5 – Penggambaran Penggunaan Senjata Gelombang Mikro Berdaya Tinggi pada Manusia

Menurut Weller (2015), paparan intensitas rendah atau radiasi gelombang mikro yang terlalu lama pada manusia dapat mengakibatkan penyakit gelombang mikro dengan keluhan sakit kepala, kecemasan, gangguan tidur, kelelahan, kesulitan dalam berkonsentrasi, perubahan kardiovaskular dan sentral sistem saraf. Radiasi gelombang mikro juga dapat menurunkan kemampuan *barrier* darah di otak sehingga memudahkan virus dan racun untuk masuk, meningkatkan panas pada kepala dan telinga, menimbulkan telinga berdenging, mengganggu indera penciuman, meningkatkan rangsangan pada sinapsis saraf, merusak saraf di kulit kepala, menyebabkan beragam perubahan neuropsikiatri termasuk depresi, mengganggu aktivitas otak, mengubah gelombang otak, mengubah kimia otak dan

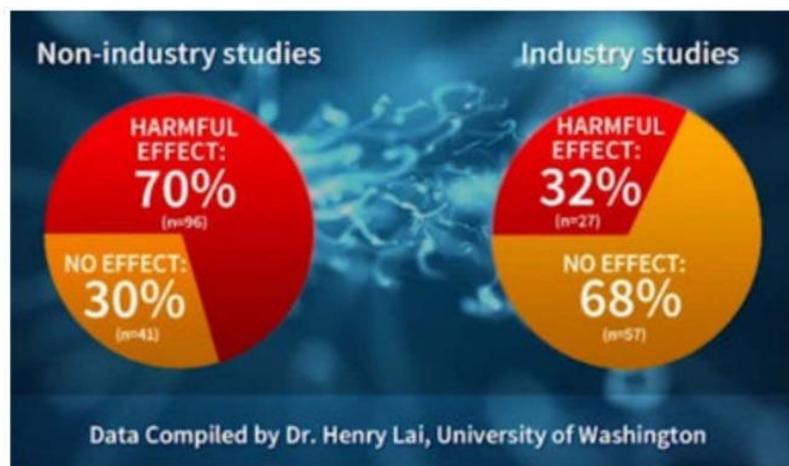
mengganggu aktivitas *electrical* otak saat tidur. Selain itu juga dapat menurunkan kadar melatonin di malam hari (*insomnia*), menyebabkan *memory loss* atau pikun, kebingungan mental, menciptakan *poor exploration of the local environment*, menghambat motivasi, menyebabkan sakit kepala dan kelelahan ekstrim, membalikkan polaritas membran sel (*RBC's form Rouleaux formation*), perubahan kronobiologi yang menyebabkan stres, membuat nyeri sendi, kejang otot dan tremor, memicu katarak, kerusakan retina dan kanker mata, gangguan imun yang menyebabkan *over active*, *under active* dan *autoimmune*, menimbulkan sensasi terbakar dan/atau ruam pada kulit, mengurangi jumlah dan efisiensi sel darah putih, merangsang asma dengan memproduksi dan melepaskan *histamine* pada *mast cell*, menyebabkan masalah pencernaan, menekan sistem endokrin, terutama pankreas, tiroid, ovarium dan testis, menyebabkan putus-putusnya untai tunggal dan ganda DNA seluler (melalui jalur stres oksidatif) yang bisa menyebabkan kanker dan degenerasi saraf, peningkatan asal usul tumor karena kerapuhan dan perubahan ekspresi RNA dan DNA, perubahan kadar hormon dan steroid seks. Gelombang mikro juga dapat berimplikasi pada infertilitas pria dan wanita, perubahan kontrol kelistrikan jantung berupa detak jantung cepat (*tachycardia* dan *arrhythmia*) yang dapat menyebabkan serangan jantung mendadak, efek neurologis perifer yang berbahaya dan sensasi abnormal atau disestesia. Menurut NASA Study (1981), radiasi gelombang mikro dapat mengakibatkan sakit kepala, kelelahan mata, pusing, gangguan tidur pada malam hari, mengantuk di siang hari, kemurungan, iritabilitas, ketidakmampuan bersosialisasi, reaksi hipokondria, perasaan takut, ketegangan, depresi mental, gangguan memori, sensasi kulit kepala dan alis seperti ditarik, rambut rontok, nyeri pada otot dan telinga, kesulitan bernafas, peningkatan keringat pada ekstremitas, bradikardia, gangguan proses endokrin-humoral, hipotensi, intensifikasi aktivitas tiroid kelenjar, pengaruh pada pusat sistem saraf, penurunan penciuman, peningkatan kandungan *histamine* dalam darah dan lain sebagainya. Menurut USAF (1994), hasil penelitian terhadap 525 pekerja yang terkena radiasi gelombang mikro mengalami gangguan kesehatan berupa hipotensi, detak jantung lebih lambat dari normal (*bradycardia*), peningkatan kandungan *histamine* dalam darah, peningkatan aktivitas kelenjar tiroid, gangguan proses endokrin-humoral, perubahan kepekaan terhadap bau, sakit kepala, iritabilitas dan peningkatan kelelahan.

Symptoms	Length of Employment			
	1-6 years (average 4.3) (73 persons)		7-16 years (average 9.6) (73 persons)	
	percent of cases	number of cases	percent of cases	number of cases
Headache	20.5	15	32.9	24
Disturbance of sleep	13.7	10	23.3	17
Fatigue	12.3	9	17.8	13
General weakness	7.0	5	12.3	9
Disturbance of memory	5.5	4	8.2	6
Lowering of sexual potency	5.5	4	8.2	6
Drop in body weight	2.7	2	12.3	9
Disturbance of equilibration	5.5	4	11.0	8
Neurological symptoms	0.0	0	15.1	11
Changes in ECG	17.8	13	28.8	21

TABLE 20. OCCURRENCE OF SOME SYMPTOMS IN HUMANS EXPOSED OCCUPATIONALLY TO ELECTROMAGNETIC RADIATION IN THE FREQUENCY RANGE 750 KHZ-200 MHZ (FROM DWYER, 1978).

Sumber: NASA Study (1981) – Occurrence Over Time

Gelombang mikro bersifat *dual-use* dimana dari sisi komersial atau sipil telah memberikan manfaat dalam kehidupan manusia khususnya di bidang teknologi informasi dan komunikasi. Menurut *Dr. Henry Lai* dalam penelitiannya di *University of Washington* (2015), terdapat perbedaan signifikan akan hasil radiasi gelombang mikro terhadap manusia yang dilakukan oleh pihak industri yang memperoleh keuntungan dari pemanfaatan gelombang mikro dengan pihak non-industri. Pihak industri melaporkan hasil penelitiannya bahwa radiasi gelombang mikro terhadap manusia memberikan *harmful effect* sebesar 32% dan *no effect* sebesar 68%. Sedangkan pihak non-industri melaporkan hasil penelitiannya bahwa radiasi gelombang mikro terhadap manusia memberikan *harmful effect* sebesar 70% dan *no effect* sebesar 30%.



Sumber: Steven Weller (2015) – MORSAA

Gambar 6 – Perbandingan Hasil Penelitian Radiasi Gelombang Mikro

oleh Industri dan Non-Industri

Revolutions in Military Affairs (RMA) memberikan dampak terhadap pengembangan senjata gelombang mikro berdaya tinggi bukan hanya sebagai senjata kontra elektronik seperti *drone* misalnya. Jauh sebelum hadirnya Leonidas atau senjata kontra elektronik lainnya, sejarah mencatat bahwa sebuah konsep revolusi di bidang pertahanan yang kemudian dikenal sebagai RMA telah menciptakan berbagai perubahan besar di bidang pertahanan, salah satunya berupa pengembangan senjata gelombang mikro berdaya tinggi yang juga dapat digunakan langsung kepada manusia. RMA terus mendorong berbagai negara dalam kompetisi keunggulan kekuatan pertahanan dengan membangun dan mengembangkan berbagai sistem senjata baru yang inovatif. Senjata gelombang mikro berdaya tinggi mulai dipublikasikan oleh beberapa negara dan dapat digunakan pada saat terjadinya perang. Hasil berbagai penelitian akan dampak radiasi gelombang mikro bagi manusia perlu menjadi kewaspadaan. Disrupsi teknologi, ketidakpastian global dan *grey zone* membuka luas potensi ancaman atau serangan dengan menggunakan senjata gelombang mikro berdaya tinggi dalam masa damai baik oleh *state* maupun *non-state actors*. Indonesia perlu memandang gelombang mikro bukan hanya dari sisi manfaat, namun juga sebagai potensi ancaman. Pandangan tersebut diharapkan dapat menambah kewaspadaan nasional dengan meningkatkan pembangunan kemampuan dan daya tangkal negara dan bangsa sesuai Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Pertahanan Negara Pasal 6 yang berisi "*Pertahanan negara diselenggarakan melalui usaha membangun dan membina kemampuan, daya tangkal negara dan bangsa, serta menanggulangi setiap ancaman*".

Indonesia telah memiliki payung hukum untuk menghadapi *Revolutions in Military Affairs* (RMA) atau Revolusi Krida Yudha (RKY) seperti Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja, Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan, Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berbasis Risiko, Permenhan Nomor 5 Tahun 2021 tentang Standar Kegiatan Usaha dan Produk pada Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Pertahanan dan Keamanan Sub Sektor Industri Pertahanan dan berbagai peraturan perundang-undangan lainnya. BUMN dan/atau BUMS dapat ditetapkan sebagai pemandu utama (*lead integrator*) oleh pemerintah untuk menghasikan alat utama sistem senjata dan/atau mengintegrasikan semua komponen utama, komponen dan bahan baku menjadi alat utama. Hal ini membuka kesempatan secara luas bagi BUMN dan/atau BUMS untuk membangun dan mengembangkan Industri Pertahanan agar dapat maju, kuat, mandiri dan berdaya saing.

Jakarta, 5 Oktober 2023



Gede Priana Dwipratama, S.E., M.M.
Analisis Pertahanan Negara Ahli Muda Set Ditjen Pothan Kemhan

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Widjajanto (2023). "Perang Udara 2030". Lemhannas RI.
- Argyris Chatziilias (2021). "Revolution in Military Affairs: The United States and its Bid Competitors". Hellenic Association of Political Scientists (HAPSc) Departement of International and European Studies, University of Piraeus.
- Elsie Kiarie (2021). "Future Disruptive Defence Technologies". FINABEL European Army Interoperability Center.
- Jason (2021). "An Analysis of Data and Hypotheses Related to the Embassy Incidents". The MITRE Cooperation, Virginia.
- Priyanka Bandara (2020). "Exposure to Environmental Anthropogenic Radiofrequency Electromagnetic Radiation and Health Impacts". Oceania Radiofrequency Scientific Advisory Association (ORSAA), Australia.
- Andrei Martyanov (2019). "The (Real) Revolution in Military Affairs". ISBN: 978-1-949762-07-5. Clarity Press Inc.
- Antoine Bousquet (2017). "A Revolution in Military Affairs? Changing Technologies and Changing Practices of Warfare". Birkbeck College, University of London.
- Steven Weller B.Sc (Monash). "Electromagnetic Hypersensitivity". MORSA
- Mokhamad Luthfi (2012). "Implementasi Revolution in Military Affairs (RMA) dalam Kebijakan Pertahanan Indonesia". Universitas Indonesia.
- Barry D. Watts (2011). "The Maturing Revolution in Military Affairs". US Center for Strategic and Budgetary Assessments (CSBA).
- Dr. Jeremy Black (2006). "The Revolution in Military Affairs: the Historian's Perspective". Journal of Military and Strategic Studies. Departement of History, Exeter University.
- Dr. Elinor Sloan (2000). "Canada and the Revolution in Military Affairs: Current Response and Future Opportunities". Canadian Military Journal.
- Philip E. Nielsen (1994). "Effects of Directed Energy Weapons". US National Defense University, Center for Technology and National Security Policy.
- R.J. MacGregor (1970). "A Brief Study of Literature Relating to the Influence of Low Intensity Micowaves on Nervous Function". The Rand Corporation, California.
- <https://www.kemhan.go.id/pothan/2023/09/08/potensi-dual-use-disrupsi-teknologi-dalam-mewujudkan-industri-pertahanan-yang-maju-kuat-mandiri-dan-berdaya-saing.html>