



STUDI KASUS PENGGUNAAN ANTI-RIOT DRONE CANGGIH TERHADAP DINAMIKA SOSIAL DAN ETIKA SENJATA TIDAK MEMATIKAN DI ERA MODERN

Muhammad Ichsanul Adzan, Yayat Ruyat, Heri Budi Wibowo

Weaponry Technology, Faculty of Science and Technology Defence,

Indonesia Defence University, Jakarta

Abstrak

Meningkatnya konflik dan terorisme secara global telah menjadi dorongan untuk meningkatkan teknologi perangkat militer yang digunakan dalam pengendalian massa. Ketika masyarakat berpikir bahwa negaranya aman, mereka tidak menyadari bahwa setiap negara di dunia mempunyai perselisihan. Misalnya saja massa yang tidak dapat dikendalikan, huru hara, teror bom, pembakaran, dan lain-lain. Penelitian ini berupaya untuk mengembangkan sebuah perangkat militer yang dapat membantu dalam mengendalikan massa dalam jumlah besar dengan bantuan pancaran gelombang mikro yang populer dengan sebutan "Heat Ray, " yang menimbulkan sensasi panas, meski pada tingkat aman, pada sasarannya. Selain itu, ia memiliki "Senapan Akustik" yang menghasilkan suara frekuensi tinggi, menyebabkan sakit kepala hebat dan mual dengan pancaran getaran. Dilengkapi juga dengan magnetometer untuk mendeteksi bom, peralatan tersebut diharapkan dapat menghadapi situasi kerusuhan massal dengan aman dan tanpa kematian. Model yang diusulkan adalah Unmanned Aerial Vehicle, UAV, yang dapat dioperasikan secara manual dalam mendeteksi bom dan menghindari gerombolan yang tidak diinginkan. Ini memberikan solusi yang dikendalikan dari jarak jauh untuk manajemen dan keamanan kerusuhan.

Kata Kunci: Anti-riot, non-lethal weapon, drones, Acoustic gun, Heat-ray.

PENDAHULUAN

Di dunia, masalah yang berulang mengenai bagaimana melindungi

ketertiban umum dan mencegah kerusuhan dan tindakan massa yang melanggar hukum lainnya menekankan

*Correspondence Address : Ichsanuladz@gmail.com

DOI : 10.31604/jips.v12i4.2025. 1535-1553

© 2025UM-Tapsel Press

perlunya metode pengendalian kerusuhan yang lebih aman dan efisien. Cara-cara tersebut, termasuk penggunaan gas air mata dan kekerasan berlebihan dalam video yang terkadang berakibat fatal, terjadi dalam tragedi seperti tragedi Kanjuruhan (Junaedi dkk., 2023). Kasus lainnya adalah protes baru-baru ini di Hong Kong pada tahun 2019 yang memperkuat kekhawatiran penggunaan gas air mata sebagai tindakan pengendalian kerusuhan. Pertama, para pengunjuk rasa berkumpul demi menyuarkan keluhan mereka tanpa kekerasan, namun polisi memaksakan gas air mata yang tidak terpakai dengan menembak secara acak ke arah pengunjuk rasa. Peristiwa ini hampir memakan korban jiwa pada tanggal 12 Juni ketika para demonstran terpaksa lari mencari perlindungan di sebuah bangunan yang ditutup dengan papan. Selain mengancam kehidupan masyarakat, gas air mata melanggengkan kemarahan yang mengorganisir tindakan yang lebih baik dan drastis, bukti tindakan pengendalian kerusuhan yang mematikan dan perlunya metode yang aman (Tsing, 2023). Gas air mata, juga biasa digunakan antara tahun 2014 dan 2020 terhadap para demonstran yang berkulit hitam, yang menandakan penggunaan kekerasan oleh polisi terhadap gerakan tersebut. Gas air mata dikerahkan untuk memadamkan dan menahan protes BLM yang mengakibatkan kerugian fisik dan cedera lainnya pada para pengunjuk rasa (Cachelin, 2023).

Menyadari pentingnya perubahan ini, penciptaan Advanced Anti-Riot Drone (AARD) dapat dianggap sebagai perubahan utama dalam metodologi pengendalian massa, dengan tujuan menurunkan kontak fisik sekaligus meningkatkan efektivitas organisasi. AARD memiliki fitur-fitur berteknologi tinggi seperti Acoustic Gun untuk disorientasi, dan Heat Ray untuk membubarkan kerumunan dan Sistem

Magnetometer untuk mendeteksi bom. Dibandingkan dengan pengendalian kerusuhan pada umumnya yang menggunakan tank dan kendaraan militer berukuran besar lainnya, drone memiliki keunggulan dalam hal mobilitas dan fleksibilitas, sehingga berfungsi dengan baik ketika perusuh terkonsentrasi di ruang perkotaan.

Komponen Heat Ray bekerja lebih seperti oven microwave; terdapat magnetron dan trafo frekuensi tinggi yang mengubah daya baterai menjadi sinyal AC frekuensi tinggi. Gelombang mikro yang dihasilkan oleh magnetron kemudian dipancarkan menjadi berkas besar oleh pelat tertentu. Saat kulit terpapar sinar terfokus ini, lapisan epidermis akan ditembus, menyebabkan pemanasan dielektrik dan meningkatkan suhu kulit hingga sekitar 51°C, sesuai dengan dispersi target. Meskipun demikian, penggunaan dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan kerusakan, oleh karena itu tindakan pengamanan harus diperhatikan. Demikian pula, Acoustic Gun membuat disorientasi, membuat mual dan memberikan sakit kepala yang tak tertahankan kepada individu yang menjadi sasaran, membuat mereka melarikan diri. Dimasukkannya magnetometer gerbang fluks di UAV memungkinkan variasi magnetik yang menunjukkan keberadaan ranjau darat sehingga meningkatkan survei lingkungan dan identifikasi area pengeboman. Namun demikian, permasalahan yang berhubungan dengan interferensi masih ada, oleh karena itu penelitian lebih lanjut harus fokus pada penyempurnaan dan optimalisasi pendekatan tersebut.

Oleh karena itu, makalah ini bertujuan untuk membahas teknologi canggih senjata anti huru hara tidak mematikan, drone, senjata akustik, sinar panas langsung, dan magnetometer dengan perhatian khusus pada peningkatan efisiensi dan pertimbangan

masalah etika. Televisi sebagian besar digunakan untuk menyiarkan hiburan dan berita, senjata tidak mematikan digunakan untuk mengawasi kerumunan besar dengan cara yang aman, peningkatan teknologi membuat drone berguna dalam pencarian dan penyelamatan serta pengawasan. Kebajikan moral masyarakat sangatlah penting, khususnya terkait dengan penerapan senjata gelombang suara yaitu senjata akustik dan senjata energi elektromagnetik yang disebut sinar panas. Kombinasi magnetometer dengan UAV yang bagus ini menggambarkan kemajuan besar dalam pengawasan lingkungan dan perburuan bom, tetapi masalah teknis menghalangi fungsionalisasinya. Secara keseluruhan, inovasi-inovasi ini berupaya mencapai tujuan positif pengembangan tekno militer dan sipil dengan tetap menjaga nilai-nilai kemanusiaan dan prinsip keadilan dalam menjaga keamanan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, Metode Tinjauan Pustaka Sistematis (SLR) akan digunakan. Oleh karena itu, SLR dapat dipastikan sebagai suatu pendekatan untuk mengumpulkan data, menilainya, dan melihat beberapa literatur relevan yang penting untuk penelitian. Tujuan utama penggunaan metode ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif, terutama untuk menggambarkan kondisi pengetahuan saat ini, mengidentifikasi kesenjangan antar data, serta tujuan lain untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang topik penelitian dari segi struktur. Patut dicatat bahwa tinjauan literatur sistematis sejauh ini merupakan sumber pengetahuan paling mencerahkan yang berisi informasi ilmiah dan obyektif ketika diterapkan dengan perhatian besar terhadap detail

dan kepatuhan pada pemikiran logis. (Paulus, 2022).

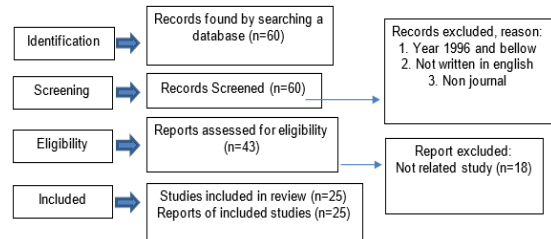
Menurut Paul dkk. (2021), SLR dapat dianggap sebagai proses pengumpulan, kategorisasi, dan evaluasi dokumen yang diterbitkan dalam bidang literatur tertentu. Akuisisi tergolong assembling, artinya dalam melaksanakannya diperoleh makalah-makalah yang diperlukan untuk kajian dan Identifikasi mengacu pada assembling juga karena menyangkut penentuan domain kajian pustaka, pertanyaan-pertanyaan kunci yang dipertimbangkan, dan jenis/kualitas sumber. Pengorganisasian adalah proses mendefinisikan kode dan kerangka kerja, sedangkan pemurnian adalah proses menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi. Selanjutnya langkah terakhir yaitu identifikasi pertanyaan penelitian untuk masa depan melalui analisis kesenjangan seperti yang direkomendasikan oleh Littell et al. (2008) pun terjadi. Dengan berpegang pada metodologi ini, peneliti dapat mencapai dua tujuan utama: Beberapa tujuan tinjauan sistematis meliputi hal-hal berikut; (1) menguraikan keadaan pengetahuan di wilayah penelitian tertentu melalui penentuan batas-batasnya, mengidentifikasi kesenjangan dan kemungkinan penyebabnya, serta menyusun temuan-temuan penelitian sebelumnya; dan (2) menyarankan area penelitian potensial untuk penelitian masa depan berdasarkan aspek bidang penelitian yang belum diketahui (Paul & Crido, 2020).

Setelah penelitian, hasilnya disajikan dalam bahasa sederhana yang terdiri dari narasi, tabel, dan diagram. Untuk menerapkan pertimbangan ini, kata kunci spesifik digunakan selama prosedur pencarian literatur sesuai dengan pertanyaan penelitian. Yang dimasukkan sebagai kata kunci adalah pemasangan drone, pengendalian kerusuhan, senjata non-lethal, senjata

akustik, sinar panas, magnetometer. Pencarian artikel dilakukan dalam bahasa Inggris menggunakan ResearchGate, ELSEVIER, IEEE, JDMS, Atlantis Press, MDPI dan masih banyak lagi; berfokus pada jurnal dan artikel penelitian.

Selanjutnya memanfaatkan penelitian ini Pendekatan PRISMA selanjutnya diterapkan pada tahap selanjutnya SLR baik dalam pencarian maupun seleksi. Tahap ini dapat dilakukan tanpa membaca sumber-sumbernya sehingga tidak bergantung pada sumber-sumber tersebut. Dokumentasi proses pencarian di atas sudah cukup karena berkaitan dengan porsi PRISMA (Cabrera, 2023). Ini

diilustrasikan pada gambar yang saya tunjukkan di bawah ini.



Gambar 1. Systematic Literature Review PRISMA approach

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah identifikasi, dilakukan tinjauan literatur terhadap seluruh dokumen (20 dokumen), seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel I. Literature Review Data

No	Author, Year Publication, and Title	Research Result
1	Gupta, V., Kumbhare, A., & Jain, R. (2018).	Kendaraan Darat Tak Berawak Anti Terorisme Tingkat Lanjut adalah drone/rover yang dikendalikan dari jarak jauh yang berfungsi selama 3 hingga 4 jam setelah pengisian daya. Itu dapat menyimpan sejumlah biaya yang cukup sekaligus. Sangat cocok dalam menyempatkan gelombang mikro dan gelombang suara frekuensi tinggi untuk mengendalikan perusuh tanpa konsekuensi yang mematikan, emp adalah metode yang sangat andal untuk membongkar perangkat elektronik dalam bom.
2	Lewer, N., & Davison, N. (2005).	Senjata akustik dapat menghasilkan suara yang mencapai 120 dB pada jarak 60 meter dan 130 dB pada jarak 4 meter; hal ini menjadikannya lebih berbahaya bila targetnya dekat.10 Jika paparan dalam waktu lama, kerusakan pendengaran dapat terjadi pada tingkat 80 dB, dan bahkan paparan singkat pada tingkat di atas 120 dB dapat menyebabkan gangguan pendengaran.11 Selain sakit telinga, ada pula gangguan pendengaran. juga ada beberapa kasus yang menghubungkan HIDA dengan masalah lain termasuk migrain, muntah, dan kehilangan keseimbangan.12 “Radiator tongkat terarah”, yang menggunakan teknologi serupa telah dikembangkan menjadi sistem prototipe genggam. Ia mengirimkan “peluru sonik” berkekuatan tinggi atau semburan suara yang berkisar antara 125dB dan 150dB hanya selama beberapa detik.
3	Vinokur, R. (2004).	Jika menyangkut telinga manusia, kebisingan akustik mulai terasa sakit pada 120 dB dalam rentang audio, tetapi menjadi menyakitkan pada 140 dB. Pecahnya paru-paru bisa terjadi sekitar 175 dB, dan pecahnya gendang telinga bisa terjadi sekitar 160 dB. Oleh karena itu, senjata sonik yang tidak mematikan harus menjaga tingkat suara antara 160 dan 120 dB untuk menghindari bahaya; jika tidak, kita dapat dengan mudah mengurangi dampak ini dengan menggunakan penyumbat telinga sederhana.
4	Altmann, J. (2001).	Trauma tipe gelombang ledakan dapat dialami sekitar 170 dB ke atas. Di bagian bawah terdapat frekuensi yang dapat menyebabkan pendarahan dan kejang, di bagian tengah terdapat tingkat audio yang dapat menghasilkan resonansi pada rongga tubuh sehingga mengakibatkan trauma jaringan, iritasi saraf dan pemanasan; sedangkan di atasnya terdapat beberapa suara yang dapat mengakibatkan luka bakar, dehidrasi hingga suhu tubuh yang mematikan. Selain itu, mual dan sakit perut dapat disebabkan oleh suara ini karena rata-rata suaranya berkisar antara 110-130 dB. Kerusakan fisik yang parah pada jaringan pada 140-150 dB dapat mengakibatkan trauma fisik yang parah, sementara perasaan terganggu atau jengkel dapat terjadi selama beberapa menit setelah terpapar pada tingkat frekuensi rendah 90-120 dB. (Pada bagian 1.5 di bawah ini kami akan menjelaskan satuan desibel yang menentukan tingkat tertentu).
5	Arkin, W. M. (1997).	Tingkat kebisingan serendah 90-120 dB dapat menyebabkan “gangguan atau gangguan ekstrem” selama beberapa menit hingga

- 6 Altmann, J. (1999).
Meskipun dampak parah senjata akustik terbatas pada jarak ratusan meter, senjata tersebut masih dapat mengganggu orang yang jaraknya lebih dari setengah mil. Dari jarak dekat, tingkat suara yang dihasilkan dapat mencapai 140 atau bahkan lebih dari 160 dB – lebih dari cukup untuk mengganggu pendengaran secara permanen jika tidak dilindungi secara memadai. Bahkan di ruang tertutup, jika energi yang ditransmisikan cukup digabungkan ke dalam.
- 7 Davison, N. (2009).
Paparan kebisingan mengikuti aturan dimana seseorang terkena paparan 115 dB selama 28 detik, 120 dB selama 9 detik, 127 dB selama 1 detik, dan kurang dari 1 detik dari 130–40 dB.
- 8 Altmann, J. (2001).
Namun telah dilaporkan bahwa suara tak terdengar yang dihasilkan pada frekuensi akustik kurang dari 20 Hz dapat membuat orang merasa pusing, mual, muntah, dan kejang usus yang dapat menyebabkan ketidaksadaran, namun efek tersebut hilang setelah sumbernya dimatikan dan tidak menyebabkan cedera jangka panjang.
- 9 Jiang, X., Pu, L., Guo, S., & Yang, D. O. (2016, April).
Senjata infrasonik tidak mematikan ditargetkan untuk mendapatkan frekuensi gelombang sonik yang sensitif terhadap manusia sebesar 4–8 Hz. Bandingkan dengan frekuensi alaminya, yaitu 4~6 Hz untuk organ perut dan 8~12 Hz untuk otak dan bahkan 3~17 Hz untuk organ manusia. Dalam hal persepsi pendengaran manusia, frekuensi suara berbeda pada kebisingan impulsif. Menurut kurva kenyaringan yang sama, rentang frekuensi paling sensitif yang digunakan untuk penyebaran arah sonik adalah antara 2kHz dan 5kHz. Dalam perangkat pendispersi arah suara jarak jauh, realisasi efek dispersi sangat baik bila digunakan frekuensi emisi dalam kisaran 2100 hingga 3100 Hz. Tidak ada perbedaan ukuran kemandirian antara kondisi senjata dan senjata akustik: $F_{10,18} = 3,08$, $p < 0,05$, namun terdapat perbedaan keseluruhan yang signifikan pada tingkat multivariat.
- 10 Mezzacappa, E. (2014).
Beberapa massa bisa berkumpul secara bersamaan di beberapa lokasi. Sulit untuk melihat dari berbagai sudut pandang dalam situasi ini dan banyak situasi lainnya. Tentu saja semua permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menyiapkan pesawat atau pesawat bersayap tetap di hari aksi, siap untuk segera diberangkatkan ke berbagai lokasi. Namun ada dua masalah besar dalam solusi ini: Solusi ini memerlukan wilayah udara terbuka – sebuah asumsi yang tidak dapat diandalkan dalam banyak konteks politik di mana pihak berwenang merasa terancam.
- 11 Choi-Fitzpatrick, A., Juskauskas-DJI, T., & Scholar, M. B. S. I.
Misalnya, FAA menutup wilayah udara di Ferguson, Missouri, selama puncak protes atas penindasan negara di sana. Harganya juga jauh di luar jangkauan, biasanya bagi pelaku pergerakan mana pun.
- 12 Shakhatreh, H., Sawalmeh, A. H., Al-Fuqaha, A., Dou, Z., Almaita, E., Khalil, I., ... & Guizani, M. (2019).
Zaman modern menunjukkan banyak aplikasi sipil yang memanfaatkan UAV. Dalam keadaan di mana manusia tidak mungkin mengakses suatu wilayah dengan aman atau melakukan tugas berbahaya, kendaraan udara tak berawak terbukti sangat bermanfaat. Mulai dari memeriksa lokasi yang tidak dapat diakses seperti gunung, hutan, reruntuhan, dll, hingga menyediakan layanan pengiriman pada jam sibuk.
- 13 De Melo, R. R. S., Costa, D. B., Álvares, J. S., & Irizarry, J. (2017).
Hal ini mengevaluasi kesesuaian UAV untuk proses inspeksi keselamatan di lokasi bangunan, dengan fokus pada penentuan persyaratan yang terbuka untuk inspeksi dan dalam hal apa standar keselamatan yang ditetapkan tidak terpenuhi.
- 14 Butt, A., Shah, S. I. A., & Zaheer, Q. (2019).
Drone adalah bagian dari sebagian besar perangkat yang dikendalikan radio yang diproduksi pada zaman transistor—yaitu pertengahan tahun 1960an. Sebuah drone yang ditenagai oleh mesin turbofan, General Atomics MQ-1 Predator UAV, diperkenalkan ke layanan pada tahun 1995.
- 15 Frazier, A. (2018).
Segera setelah itu, UAV ini menjadi wajah militer dan terlibat dalam banyak pertempuran di Afghanistan, Pakistan, Bosnia, Serbia, Irak, dll. Ia dipersenjatai dengan dua AGM-114 Hellfire atau amunisi lainnya. Setidaknya 910 organisasi keselamatan publik memiliki setidaknya satu sistem pesawat kecil tak berawak. Akuisisi ini terutama dilakukan melalui organisasi penegak hukum negara bagian dan lokal. SUAS ini telah digunakan untuk mendokumentasikan lokasi kejahatan dan kecelakaan untuk tujuan investigasi, menemukan orang hilang/dugaan pelanggar, perimeter yang juga disebut pengawasan untuk layanan surat perintah, dan penilaian lokasi pasca kejadian.
- 16 Kardasz, P., Doskocz, J., Hejduk, M., Wiekut, P., & Zarzycki, H. (2016).
Mengintip melalui jendela di rumah hanyalah sebuah mitos. Drone yang beratnya sedikit lebih dari 25 kg dapat digunakan untuk aktivitas olah raga dan rekreasi terbang tepat di depan operator. Tidak ada persyaratan untuk lisensi, izin, atau asuransi untuk menerbangkan UAV dalam keadaan seperti ini.

- 17 Hassanalian, M., & Abdelkefi, A. (2017). Pemasangan panel surya dikatakan sebagai metode umum untuk memperpanjang waktu terbang drone saat ini. Baterai biasanya digunakan sebagai cadangan saat menerbangkan drone saat gelap atau cuaca mendung ketika sel surya tidak mampu menyediakan daya yang cukup. Pemasangan panel surya dilaporkan merupakan metode umum untuk memperpanjang waktu terbang drone saat ini. Baterai ini umumnya digunakan saat terbang dalam kegelapan atau di bawah awan sebagai cadangan ketika sel surya tidak dapat menyediakan daya yang cukup.
- 18 Coleman, S. (2015). Kelompok di balik pengembangannya untuk militer AS, Direktorat Gabungan Senjata Tidak Mematikan, bahkan berspekulasi bahwa senjata tersebut dapat digunakan untuk mengusir warga sipil sebelum menyerang kombatan yang masih hidup. Para pendukung pengembangan senjata—sebuah cabang militer AS yang disebut Direktorat Gabungan Senjata Tidak Mematikan—sebenarnya mencoba untuk menegaskan bahwa mereka akan mengusir warga sipil yang tidak bersalah sebelum pasukan menyerang pemberontak yang bersembunyi di tengah-tengah mereka.
- 19 Cannin, A. (2021). Selain itu, terdapat perangkat milimeter dan gelombang mikro yang tidak mematikan, tidak bersuara, dan dalam banyak kasus tidak dapat diatribusikan yang dapat digunakan dengan sejumlah efek berbeda untuk menonaktifkan, menetralkan, dan melumpuhkan target elektronik musuh, seperti kendaraan ancaman, kapal, dan pesawat terbang, dan juga untuk membingungkan pekerja. Keuntungan mitigasi dari perangkat ini sejalan dengan manfaat yang diperoleh dari gagasan eskalasi kekuatan yang dijelaskan di atas.
- 20 Starosielski, N. (2019). Active Denial System adalah senjata yang dirancang untuk bekerja jarak jauh dengan mengubah spektrum menjadi senjata yang menghasilkan persepsi panas. Mereka memuji teknologi ini sebagai sepuhu dari bentuk-bentuk penyiksaan lain yang diberitakan di media saat ini, seperti lampu sorot terhadap tahanan yang diinterogasi, dan meriam suara yang meledakkan gendang telinga para demonstran. Dikenal juga dengan nama lain sebagai alat afektif psiko-linguistik yang menghasilkan persepsi atau perasaan terbakar tanpa terbakar yang sebenarnya, sinar panas telah disamakan dengan teknik yang digunakan dalam operasi psikologis.
- 21 Fernández, M. G., López, Y. Á., Arboleya, A. A., Valdés, B. G., Vaqueiro, Y. R., Andrés, F. L. H., & García, A. P. (2018). Keuntungan yang terkait dengan pengukuran pencitraan SAR mencakup hal-hal berikut: i) pengukuran tersebut dapat diulang dan direproduksi, ii) terdapat potensi untuk mendeteksi objek non-logam yang terkubur di permukaan tanah; dan iii) resolusi jarak silang dan jangkauan radar masing-masing adalah $\Delta l = 2-2,5$ cm dan $\Delta r = 7,5$ cm.
- 22 Grassiani, E. (2022). Pengaruh untuk menggunakan senjata tidak mematikan, terutama dengan menormalisasi penggunaannya terhadap pengunjung rasa perkotaan di seluruh dunia dan mendelegitimasi protes dalam prosesnya.
- 23 Massingham, E. (2012). Di antara berbagai langkah yang dilakukan selama ini untuk memberikan insentif kepada negara-negara agar menciptakan sistem kepatuhan formal, selama konferensi tahun 1999 dan 2003 – juga disebut sebagai konferensi ke-27 dan ke-28 – Komite Internasional Palang Merah dan Bulan Sabit Merah telah “menyerukan negara untuk menetapkan mekanisme dan prosedur untuk menentukan kesesuaian senjata dengan hukum internasional”. Publikasi tahun 2006 berjudul Panduan Tinjauan Hukum Persenjataan Baru, Sarana dan Metode Peperangan dikembangkan untuk membantu negara-negara dalam mengembangkan prosedur untuk meninjau persenjataan baru.
- 24 Yoo, L. S., Lee, J. H., Lee, Y. K., Jung, S. K., & Choi, Y. (2021). SUAV dengan sistem magnetometer dioperasikan di area deteksi ranjau yang sebenarnya. Untuk meningkatkan kemungkinan mendeteksi ranjau, magnetometer dipasang di bawah drone dengan gaya pendulum agar lebih dekat ke tanah. Altimeter laser ditingkatkan dengan menghitung secara tepat untuk menawarkan penerbangan drone yang stabil pada level rendah.
- 25 Colorado, J., Perez, M., Mondragon, I., Mendez, D., Parra, C., Devia, C., ... & Neira, L. (2017). Pengujian di luar ruangan memungkinkan kami menyimpulkan ambang batas dan kondisi berikut untuk deteksi yang andal: kedalaman artefak kurang dari 20 cm, diameter lebih besar dari 15 cm dengan luas melintang lebih besar dari 60 cm², kelembapan relatif kurang dari 70% (semi-basah atau medan kering), dan lebih dari 30% terdiri dari logam jika menyangkut bahannya.

A. Senjata Anti-Huru-Hara Tidak Mematikan

Pencarian senjata yang tidak terlalu mematikan memperkuat komitmen untuk meredam kerusakan tanpa menyebabkan kematian atau

kerugian jangka panjang setelah menunjukkan rasa hormat terhadap kehidupan manusia dan dengan demikian mengurangi penggunaan kekuatan. Senjata-senjata ini digunakan secara luas dalam situasi pengendalian kerusuhan di mana pasukan keamanan menghadapi kemungkinan bertemu dengan pejuang bersenjata dan pengunjuk rasa yang damai. Yang menarik adalah karya perintis Israel dalam menggunakan bahan-bahan baru

untuk membubarkan massa—menunjukkan metode pengendalian massa yang inovatif. Namun, kurangnya bukti empiris yang nyata menciptakan bentuk narasi yang sensasional dalam wacana militer yang mungkin mengandalkan sumber-sumber yang bias, bahkan bagi para sarjana yang paling berhati-hati sekalipun (Vinokur, 2004; Grassiani, 2022).

Tabel 2. Area Teknologi Untuk Senjata Baru yang Tidak Mematikan

BIDANG TEKNOLOGI UNTUK SENJATA TIDAK MEMATIKAN BARU		
Bidang Teknologi	Subkategori	Deskripsi
Mekanis	Pengekangan Fisik - Individu	Borgol, jaring, alat pengikat untuk menahan individu.
	Pengekangan Fisik - Kendaraan, Kapal	Sistem penghentian kendaraan, barikade jaring untuk melumpuhkan kendaraan atau kapal
	Dampak Kinetik	Peluru bean bag, peluru karet, tongkat busa untuk memberikan dampak kinetik tanpa penetrasi
	Akustik	Long Range Acoustic Devices (LRAD), perangkat ultrasonik untuk disorientasi atau dispersi kerumunan
	Aerodinamika (cincin vortex)	Senjata cincin pusaran menciptakan pusaran udara untuk menjatuhkan atau mengacaukan target
Kimia	Anti-Personel	Gas air mata (CS), semprotan merica (OC) menyebabkan iritasi dan ketidaknyamanan sementara.
	Anti-Material	Busa, perekat, bahan korosif untuk melumpuhkan mesin atau menurunkan kualitas bahan.
Ilmu Komputer		Senjata dunia maya, alat peretasan untuk mengganggu jaringan dan sistem komputer.
Electromagnetik	Kejutatan Listrik	Taser, senjata bius yang menghasilkan sengatan listrik yang melumpuhkan.
	Korsleting Listrik	Perangkat EMP dirancang untuk menonaktifkan peralatan elektronik melalui pulsa elektromagnetik.
	Optik	Laser dazzler, lampu strobo untuk membutakan atau disorientasi sementara.
	Sinar Panas	Perangkat yang menggunakan radiasi non-ionisasi (gelombang mikro atau inframerah) untuk menghasilkan panas dan menimbulkan ketidaknyamanan.
	Magnetometer	Alat untuk mendeteksi dan mengukur medan magnet, berguna untuk mendeteksi benda logam yang tersembunyi.
Biologis	Anti-Personel	Agen yang melumpuhkan, penanda biologis untuk kerusakan atau pelacakan sementara.
	Anti-Material	Agen biodegradasi seperti mikroorganisme atau enzim untuk memecah bahan.
Psikologis		Operasi psikologis, pesan subliminal untuk mempengaruhi perilaku atau moral.
Radiologis		Tingkat radiasi pengion yang tidak mematikan digunakan untuk membingungkan atau melumpuhkan tanpa menyebabkan kerusakan permanen.
Manipulasi Lingkungan		Perangkat seperti mesin kabut atau alat pengubah suhu untuk pengendalian lingkungan setempat.
Gangguan Mekanis	Robotika	Sistem yang dioperasikan secara otonom atau jarak jauh untuk intervensi atau pengekangan yang tidak mematikan
	Drone	Kendaraan udara atau darat tak berawak dengan teknologi tidak mematikan untuk pengawasan dan intervensi
Psikokimia		Zat kimia yang memengaruhi kondisi mental, menimbulkan kebingungan, euforia, atau kecemasan tanpa menimbulkan bahaya jangka Panjang.

Altmann, 2001 mendefinisikan bidang NLW yang sedang berkembang

ini dan menguraikan modalitas baru, termasuk:

Saya. Infrasonik: Ini didefinisikan sebagai suara di bawah 20 Hz, yang mampu menciptakan beragam efek mulai dari ketidaknyamanan, hingga cedera hingga kematian. Ombaknya juga bisa memicu mual, kejang usus, dan disorientasi. Terdapat juga risiko terhadap bahan-bahan, terutama bahan-bahan yang dapat dihasilkan: gempa bumi lokal; kerusakan akibat panas; delaminasi komposit; penggetasan atau kelelahan logam.

ii. Supercanstics: Bahan kimia tersebut berkali-kali lebih korosif dibandingkan asam fluorida, mampu melumpuhkan persenjataan atau optik utama.

aku aku aku. Manipulasi Logam: Penggunaan logam cair untuk menciptakan kerapuhan pada struktur logam.

iv. Gangguan Kimia: Lapisan pada jalan raya atau landasan pacu yang dapat merusak ban karet atau menyebabkan kegagalan struktural.

v. Mikroba: Organisme yang dapat memecah bahan peledak, beton, dan logam, mengubah bahan bakar yang disimpan menjadi zat seperti gel.

Ada kebingungan mengenai perbedaan antara hukum dan etika, dan kebanyakan orang menyamakan legalitas dengan moralitas. Kebingungan dalam bidang persaudaraan hukum tersebar luas, namun terdapat tumpang tindih dalam profesi lain seperti militer. Etika dan hukum saling tumpang tindih, namun biasanya berbeda, dan hal ini menciptakan dilema ketika moralitas dan legalitas menuntut hal yang bertentangan. Contoh ketidakselarasan ini mencakup undang-undang yang tercela secara moral, seperti apartheid di Afrika Selatan; tindakan yang dibenarkan secara moral namun ilegal, seperti ngebut untuk menyelamatkan nyawa; dan tindakan yang berjasa secara moral tetapi di luar lingkup legalitas, seperti kasih sayang orang tua terhadap anak (Coleman, 2015).

B. Drones

Melihat perubahan lanskap senjata anti huru-hara yang tidak mematikan dan etika penggunaannya, kini kita beralih ke bidang perubahan teknologi lainnya: drone. Berbeda dengan senjata tidak mematikan, drone mencerminkan kecerdikan dan fleksibilitas dalam menanggapi isu-isu kontemporer. Sistem udara ini menjalankan mulai dari mikro UAV hingga versi kendaraan udara tak berawak yang lebih besar, yang berfungsi dalam kapasitas yang luas seperti misi bantuan kemanusiaan hingga pengintaian militer. Mari kita lihat klasifikasi rinci dan kemampuan drone yang semakin kompleks untuk menunjukkan bagaimana inovasi teknologi dapat mendefinisikan kembali pendekatan kita terhadap tugas dan skenario yang kompleks.

Drone berkisar dari UAV mikro hingga kendaraan udara tak berawak berukuran lebih besar lainnya yang, pada dasarnya, merupakan platform udara serbaguna yang mampu membawa muatan sambil beroperasi dari jarak jauh atau mandiri. Kemajuan teknologi telah memperluas penggunaannya dalam skenario dan misi di mana intervensi manusia dianggap sulit atau berbahaya. Meskipun drone berbeda dengan kendaraan balistik dan rudal, namun drone tetap menjadi subyek kontroversi mengingat kegunaannya yang beragam untuk pencarian dan penyelamatan, eksplorasi, dan aktivitas pengawasan militer. Inovasi teknologi yang berkelanjutan mendorong penelitian berkelanjutan yang diperlukan untuk meningkatkan kemampuan mereka agar berguna dalam misi seperti pengintaian, pengangkutan kargo, dan patroli pengawasan.

Drone dapat diklasifikasikan secara sistematis berdasarkan berbagai faktor, seperti jenis mesin, ketinggian pengoperasian, kapasitas bobot, dan daya tahan. Sistem klasifikasi ini

mencakup drone super berat, berat, sedang, ringan/mini, dan mikro; dalam hal perbedaan berat, berkisar antara lebih dari 2000 kg hingga kurang dari 5 kg. Kategorisasi semacam ini membantu dalam membangun pemahaman yang lebih baik tentang kemampuan dan

kemungkinan penerapannya. Hal ini memungkinkan seluruh pemangku kepentingan untuk menggunakan teknologi drone secara efektif untuk berbagai kebutuhan operasional. (Hasanalian, 2017).

Tabel 3. Klasifikasi Drone (Sumber: Brooke-Holland; Arjomandi dkk.; Weibel dan Hansman)
Usulan kategorisasi drone menurut Brooke-Holland berdasarkan beratnya...

Kelas: Tipe, Kisaran berat

- Kelas I(a): Drone nano, dengan berat tidak melebihi 200 g.
 - Kelas I(b): Drone mikro, dengan berat lebih dari 200 g tetapi tidak melebihi 2 kg.
 - Kelas I(c): Drone mini, dengan berat lebih dari 2 kg tetapi tidak melebihi 20 kg.
 - Kelas I(d): Drone kecil, dengan berat melebihi 20 kg tetapi tidak melebihi 150 kg.
 - Kelas II: Drone taktis, beratnya lebih dari 150 kg tetapi tidak melebihi 600 kg.
 - Kelas III: Drone MALE/HALE/Strike, dengan berat melebihi 600 kg.
-

Usulan Arjomandi dkk untuk mengkategorikan drone menurut beratnya...

Penunjukan: Kisaran berat

- Super berat: Drone dengan berat melebihi 2000 kg.
 - Berat: Drone dengan berat lebih dari 200 kg tetapi tidak melebihi 2000 kg.
 - Sedang: Drone dengan berat melebihi 50 kg tetapi tidak melebihi 200 kg.
 - Ringan: Drone dengan berat lebih dari 5 kg tetapi tidak melebihi 50 kg.
 - Mikro : Drone dengan berat tidak melebihi 5 kg.
-

Usulan kategorisasi drone menurut Weibel dan Hansman berdasarkan beratnya...

Penunjukan: Kisaran berat

- Mikro: Berat kurang dari 2 lbs.
 - Mini: Berat mulai dari lebih dari 2 lbs hingga 30 lbs.
 - Taktis: Berat mulai dari lebih dari 30 lbs hingga 1000 lbs.
 - Ketinggian sedang dan tinggi: Berat berkisar antara lebih dari 1000 lbs hingga 30000 lbs.
 - Berat: Berat melebihi 30.000 lbs.
-

C. Senjata Akustik

Kini, dalam pencarian teknologi tercanggih yang terus berlanjut, kita memasuki dunia persenjataan akustik—sebuah garis depan baru dalam pengembangan senjata tidak mematikan. Jika drone mengubah kemampuan udara, maka senjata akustik melakukan hal yang sama melalui penggunaan gelombang suara, ultrasound, dan radiasi infra merah untuk mewujudkan serangkaian efek mulai dari disorientasi hingga kemungkinan ketidakmampuan. Mari kita selidiki seluk-beluk teknologi baru ini dan pengaruhnya terhadap resolusi konflik modern dan pengendalian massa.

Senjata akustik masih dalam pengembangan dan memanfaatkan gelombang suara, ultrasound, atau radiasi infra merah. Contoh utama sistem HIDA adalah Perangkat Akustik Jarak Jauh yang telah terbukti sangat efisien dalam mengirimkan pesan peringatan jarak jauh. Efektivitasnya meningkat dalam jarak pendek, yang dapat menyebabkan kerusakan permanen pada pendengaran atau efek fisik merugikan lainnya. Prototipe yang muncul, termasuk “radiator tongkat terarah,” dan rencana konseptual untuk “generator infrapulse” meningkatkan potensi dampak yang melemahkan ke tingkat yang lebih tinggi, yang mencakup tanda-tanda disorientasi dan kerusakan

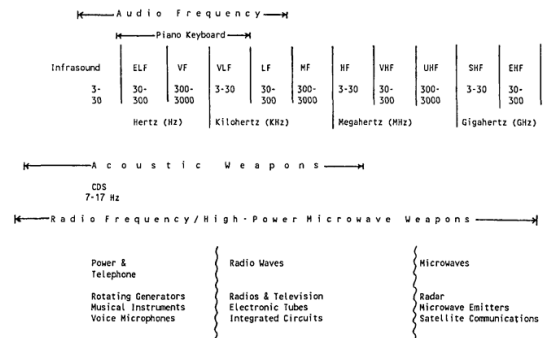
organ akibat berkembangnya persenjataan tidak mematikan. (Lewer & Davison, 2005).

Altmann (1999) Menjelaskan sebab dan akibat penggunaan senjata Akustik sebagai NLW yang dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini:

Table 4. Sound Source and Effect on human.

Sumber Suara	Efek	Target
Infrasonik	Dapat menyebabkan labirin, vertigo, ketidakseimbangan, dan resonansi pada organ dalam seperti jantung, yang mungkin menyebabkan kematian	Pengendalian kerusakan
Infrasonik dari superposisi non-linier dua sinar ultrasonik	Menyebabkan sensasi yang tidak dapat ditoleransi	Pengendalian kerusakan
Infrasonik	Menyebabkan ketidakmampuan, disorientasi, mual, muntah, dan kejang usus; efek berhenti setelah penonaktifan generator tanpa kerusakan fisik yang bertahan lama	Pengendalian massa/kerusakan, operasi psikologis
Kebisingan frekuensi sangat rendah	Disorientasi, muntah, kejang usus, dan buang air besar yang tidak disengaja Anti-personil: Induksi resonansi di dalam rongga tubuh yang menyebabkan gangguan organ, gangguan penglihatan, mual—mengakibatkan ketidaknyamanan sementara hingga kemungkinan kematian	Pasukan Musuh
Infrasonik --- disetel frekuensi rendah, intensitas tinggi	Anti-material: Induksi penggetasan atau kelelahan pada logam, kerusakan termal atau delaminasi komposit; bila diarahkan pada struktur: menyebabkan pecahnya jendela, kejadian seismik lokal	

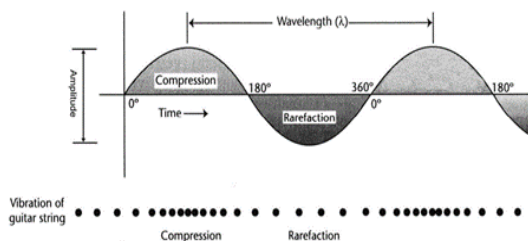
Laporan tahun 1996 oleh Scientific Applications & Research Associates, Inc. (SARA), sebuah perusahaan besar AS yang terlibat dalam pengembangan persenjataan akustik, menunjukkan evaluasi awal senjata akustik berkekuatan tinggi yang menunjukkan potensi besar untuk dijadikan senjata. Laporan tersebut mengindikasikan bahwa senjata akustik akan berfungsi berbeda dari senjata konvensional lainnya dan akan mampu menimbulkan efek spesifik pada sasaran. Oleh karena itu, penelitian saat ini fokus pada penyediaan cara untuk meningkatkan tingkat daya akustik yang jauh lebih tinggi daripada yang diperlukan untuk senjata, sekaligus mengembangkan sumber akustik berenergi tinggi yang sangat kuat yang mampu menghasilkan intensitas suara yang sangat mematikan (Arkin, 1997).



Gambar 2. Spektrum Elektromagnetik dan Senjata Akustik

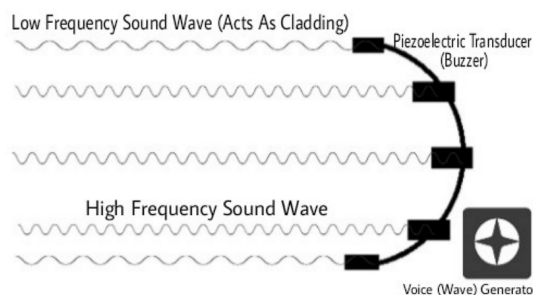
Gupta (2018), dalam makalahnya, menjelaskan bahwa senjata akustik menggunakan gelombang suara termodulasi frekuensi tinggi untuk mengirimkan nada peringatan dan pesan, yang mungkin merambat lebih jauh atau lebih keras daripada pengeras suara biasa. Gelombang suara yang tercipta dimodulasi untuk menghasilkan getaran yang membingungkan target. Bekerja berdasarkan prinsip refleksi internal total untuk tautan optik, senjata akustik mendistribusikan keluaran suara dalam kisaran 120–150 dB, dengan jangkauan efektif di bawah 150 meter.

Gambar 3 menjelaskan fungsionalitas Senjata Akustik. Hal ini menunjukkan bahwa getaran tersebut menghasilkan kompresi dan resonansi gelombang longitudinal penyusun gelombang bunyi. Ketika dua gelombang serupa merambat dalam arah yang sama, amplitudo gelombang tersebut menjadi dua kali lipat, tetapi hal ini disebut interferensi konstruktif. Untuk Senjata Akustik, beberapa transduser piezoelektrik yang memancarkan suara pada frekuensi yang sama ditutup oleh transduser piezoelektrik yang ditembakkan pada frekuensi lebih rendah. Pengaturan ini menghasilkan pancaran suara berfrekuensi lebih rendah yang mengelilingi pancaran suara berfrekuensi lebih tinggi di tengahnya dan secara efektif menutupi gelombang berfrekuensi lebih tinggi yang disebabkan oleh pantulan internal.



Gambar 3. Kompresi dan Penghalusan Gelombang Bunyi

Gambar 4 menunjukkan bagaimana penutup suara berfrekuensi rendah menyebabkan banyak refleksi internal gelombang suara, yang mengakibatkan interferensi konstruktif pada berkas suara. Hal ini mirip dengan cara kerja cladding pada serat optik, dan ini membuat Acoustic Gun sangat efektif. Target merasakan mual dan sakit kepala yang sangat menyiksa akibat tingginya frekuensi pancaran suara yang mengenai telinga saat terkena, sehingga terpaksa melarikan diri dari lingkungan.



Gambar 4. Bentuk Gelombang dengan Frekuensi Lebih Rendah Menyediakan Cladding untuk Gelombang dengan Frekuensi Lebih Tinggi

D. Sinar Panas

Saat kita mempelajari lebih jauh senjata yang tidak terlalu mematikan, perjalanan kita membawa kita ke ambang batas teknologi DEWs tercanggih yang memanfaatkan energi elektromagnetik untuk berbagai aplikasi. Sama seperti persenjataan akustik yang akan menghadirkan paradigma baru dalam pengendalian dan pencegahan massa, DEW juga akan memberikan paradigma baru dalam bidang kekuatan tidak mematikan, yang dicapai melalui gelombang milimeter, gelombang mikro berkekuatan tinggi, dan laser. Perkembangan, seluk-beluk, dan kemungkinan implikasi DEW dalam penggunaannya dalam penyelesaian konflik modern dan strategi militer harus dieksplorasi.

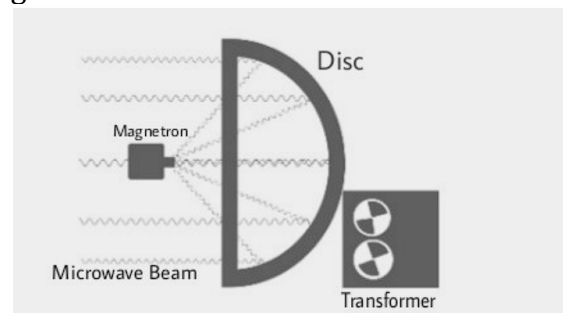
Senjata energi terarah memanfaatkan berbagai bentuk energi elektromagnetik yaitu gelombang milimeter, gelombang mikro berkekuatan tinggi, dan laser; tujuan utamanya adalah tidak mematikan. Prospek senjata DE generasi baru cerah, namun banyak yang masih dalam pengembangan dan belum digunakan. Visi Departemen Pertahanan AS dalam persenjataan DE melampaui tujuan yang ditetapkan untuk penggunaan tidak mematikan, namun menjadi keunggulan militer absolut dalam melawan musuh. Contohnya adalah Sistem Penolakan Aktif, yang mengandalkan energi

gelombang milimeter untuk menggerakkan molekul air di lapisan subkutan kulit sehingga menimbulkan sensasi terbakar. Oleh karena itu, radiasi yang bergantung pada dosis memerlukan manajemen waktu paparan yang memadai untuk menjamin keamanan (Lewer & Davison, 2005).

Kantor Kemampuan Pasukan Menengah Gabungan (Joint Intermediate Force Capabilities Office) berkolaborasi dalam pengintegrasian teknologi energi gelombang mikro, milimeter, dan laser yang tidak mematikan di medan militer, yang secara khusus berfokus pada wilayah perkotaan dan hal-hal yang terkait dengan peperangan non-konvensional, yang semuanya bertujuan untuk mengurangi kejadian kematian, cedera, dan kerusakan properti. Dua belas DEW yang tidak mematikan melindungi orang Amerika: perangkat audio yang berfungsi dalam jarak jauh; perangkat penyebaran rahasia, hanya dua yang bisa disebutkan. Namun, mewujudkan DEW ini menimbulkan tantangan dalam konseptualisasi teoretis, penataan organisasi, pelatihan personel, dan perumusan kebijakan, yang semuanya diperburuk oleh pengawasan dari luar. Para kritikus memperingatkan terhadap jadwal yang tidak realistis dan kemampuan yang berlebihan yang menekankan perlunya kemitraan kolaboratif, pendanaan yang memadai, dan cara-cara implementasi yang kreatif.

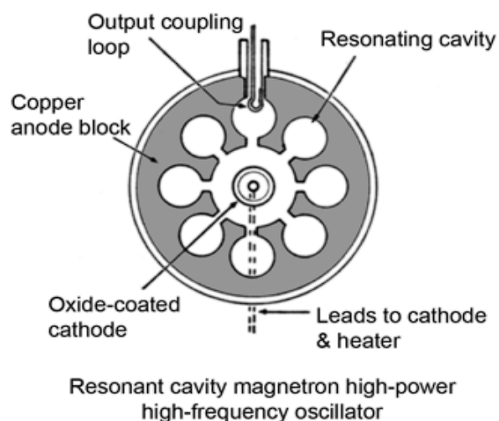
Gupta (2018), memiliki desain yang mirip dengan trafo frekuensi tinggi pada oven di mana sinar panas dihasilkan oleh magnetron. Baterai DC 12V/150Ah memiliki tegangan yang diperkuat hingga 2000VAC untuk memicu magnetron melepaskan elektron. Tegangan kemudian ditingkatkan oleh kapasitor dan dioda melalui mekanisme penggandaan tegangan untuk memicu magnetron. Tabung magnetron disuplai dengan arus tinggi untuk mengionisasi filamen, dan

tegangan filamen 3 - 4 VAC dari belitan keluaran sekunder transformator. Jalankan, pemancar magnetron menghasilkan gelombang mikro melalui fasilitas piringan berlapis non-konduktif yang halus di tengahnya. Gelombang mikro menyebar dan terfokus menjadi berkas datar yang lebar ketika memantul dari pelat difraksi. Bentuk gelombang magnetik gelombang mikro inilah yang menyebabkan getaran cepat partikel air, sehingga menghasilkan panas melalui pemanasan dielektrik sebagai akibat gesekan internal.



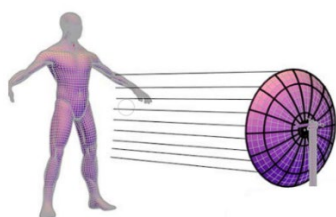
Gambar 5. Microwave Tersebar Dikonversi menjadi Sinar Lebar menggunakan Piringan Reflektor Parabola

Sinar pemanas ditenagai oleh magnetron rongga. Ini pada dasarnya adalah silinder logam kokoh dengan lubang di dalamnya dan trafo step-up frekuensi tinggi. Sebuah kawat berfungsi sebagai katoda sedangkan balok logam bertindak sebagai anoda di rongga magnetron. Terlepas dari itu, magnetron telah menghasilkan frekuensi keluaran resonansi yang tercipta di dalam rongga internalnya. Ada celah kecil di rongga yang menyatukan resonator. Konfigurasi yang didapat berbentuk silinder khas revolver dengan bukaan tengah. Setiap rongga seperti sirkuit resonansi independen, bergantung pada energi elektron dan parameter rongga, yang meningkatkan frekuensi keluaran gelombang mikro. Desain ini memudahkan modulasi energi gelombang mikro secara efektif, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

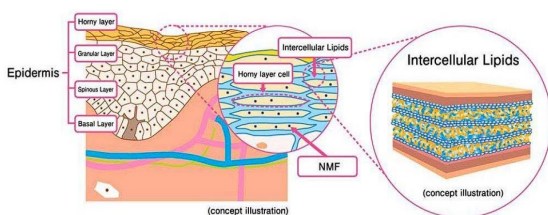


Gambar 6. Penampang Magnetron Rongga

Seperti diilustrasikan pada Gambar 7, ketika sinar gelombang mikro mengenai kulit, ia menembus 1/64 inci. Saat terpapar, molekul air di dalam jaringan kulit, seperti diilustrasikan pada Gambar 8, mulai bergetar karena radiasi gelombang mikro. Melalui mekanisme pemanasan dielektrik ini, rotasi molekul air polar dikembangkan, yang pada gilirannya menghasilkan energi panas. Seluruh prosedur menaikkan suhu hingga 51°C hanya dalam beberapa detik, membuat target merasa sangat tidak nyaman sehingga menyebabkannya mundur. Namun paparan berlebihan dapat menyebabkan luka bakar tingkat dua yang disebabkan oleh radiasi gelombang mikro.



Gambar 7. Sinar Panas Beraksi



Gambar 8. Lapisan Epidermis Yang Mengandung Air (Area Efektif)

E. Magnetometer

Pindah ke aspek menarik lainnya dari kendaraan udara tak berawak karena kita sekarang memasuki zona senjata energi terarah, kita memiliki magnetometer. Yang terpenting, perangkat ini memungkinkan penyelidikan magnetik berbasis UAV memenuhi peran yang sangat penting dalam berbagai aplikasi—yang mencakup pemantauan lingkungan, eksplorasi mineral, dan inspeksi keselamatan. Ketika DEW menyajikan salah satu jalan bagi kemajuan teknologi dalam UAV, magnetometer menunjukkan keserbagunaan dan kemampuan beradaptasi dari platform udara ini. Sekarang, mari kita bahas tentang bagaimana teknologi magnetometer meningkatkan kemampuan UAV untuk menangani beragam tugas dengan presisi dan efisiensi.

Pengujian dengan UAV telah dilakukan pada berbagai aplikasi, mulai dari peningkatan jaringan komunikasi nirkabel hingga pemantauan lingkungan dan satwa liar, survei tanaman, inspeksi keselamatan, dan bahkan misi eksplorasi mineral. Penelitian Kanellakis dan Nikolakopoulos mengungkapkan bahwa UAV dengan sensor optik cocok untuk penyelidikan cepat dan berbiaya rendah di daerah berbahaya atau terpencil. Namun demikian, sensor optik memiliki selektivitas yang rendah terhadap bahan peledak tersembunyi, sehingga memerlukan teknologi sensor yang sesuai untuk digunakan pada UAV untuk memenuhi permintaan ini. Salah satu masalah utama yang timbul dalam survei magnetik menggunakan UAV adalah kebisingan dari platform itu sendiri karena medan magnetnya. Meskipun drone tidak bersifat magnetis, komponen lain seperti baterai dan motor menghasilkan gangguan yang cukup besar. Untuk menghindari masalah seperti ini, magnetometer sebaiknya

dipasang 3-5 meter dari drone. Dari semua alternatif, magnetometer fluxgate adalah pilihan yang sangat baik karena harganya yang terjangkau, strukturnya yang ringan, dan fitur konsumsi daya yang rendah. Artinya, ini adalah solusi yang sangat hemat biaya untuk survei magnetik dengan UAV, menggunakan magnetometer Model 1540 dengan spesifikasi khusus yang mampu memotong kebisingan di medan magnet (Yoo, 2021).

F. Kompleksitas Pengerahan

Senjata tidak mematikan adalah perubahan paling radikal dari taktik militer tradisional dalam peperangan dinamis modern. Senjata akustik adalah salah satu contoh yang paling mencolok, dan termasuk Perangkat Akustik Jarak Jauh, atau LRAD. Fungsi perangkat tersebut, yang awalnya dikonsep untuk membantu pengendalian massa dan menekan kerusuhan, mulai diperluas cakupannya. Namun, di balik objek-objek yang tampak bermanfaat ini terdapat labirin seluk-beluk etika yang jauh melampaui kegunaan taktis. LRAD dengan sengaja memanipulasi gelombang suara untuk menyebabkan efek fisiologis terbalik dalam hal ketidaknyamanan dan disorientasi terhadap target membawa ke dalam diskusi refleksi penting mengenai batasan penggunaan kekuatan tidak mematikan secara etis. Meskipun tampaknya dirancang untuk meminimalkan penembakan dan menyelamatkan nyawa manusia, penggunaan senjata akustik menimbulkan pertanyaan moral yang mendalam tentang penggunaan kekuatan dalam situasi konflik. Mengingat potensi kerugian jangka panjang, termasuk kerusakan pendengaran dan kemungkinan dampak fisiologis buruk dari LRAD, kerangka peraturan yang kuat dan mekanisme tinjauan etika sangat penting untuk tata

kelola pengembangan dan penerapan yang sempurna. Konflik modern telah mengambil banyak aspek sehingga perlu dipahami dampak yang lebih besar dari persenjataan akustik. Selain sasaran taktis langsung, LRAD dapat digunakan untuk memberikan pengaruh terhadap persepsi legitimasi dan otoritas moral dalam komunitas internasional. Dilema etika dalam penggunaannya bergema di seluruh lanskap geopolitik dalam hal diplomasi dan hubungan strategis. Oleh karena itu, senjata akustik menimbulkan berbagai kekhawatiran yang memerlukan pendekatan holistik dalam pengembangan dan penerapan yang bertanggung jawab yang menggabungkan keahlian teknis dengan prinsip-prinsip etika yang terkait dengan hak asasi manusia. Ada keseimbangan rumit yang perlu dicapai antara kepentingan militer dan kepentingan kemanusiaan, sehingga memberdayakan seseorang untuk menavigasi labirin kompleksitas etika dalam peperangan modern. Oleh karena itu, evolusi senjata yang tidak terlalu mematikan—yang berpuncak pada LRAD—menghadirkan perubahan haluan yang telah lama dibutuhkan oleh evolusi strategi dan taktik militer. Memang benar, seiring dengan kemajuan teknologi, pertanyaan etis mengenai penggunaan senjata akustik akan menjadi yang terdepan dalam membentuk lintasan konflik di masa depan dan menjamin hak asasi manusia dalam konflik bersenjata. Di sisi lain, DEW—seperti ADS—berdiri sebagai tonggak sejarah dalam peperangan tidak mematikan, yang merupakan perpaduan antara efektivitas taktis dan redundansi moral.

Pada dasarnya, ADS mencapai hal ini dengan menggunakan energi gelombang milimeter untuk menciptakan sensasi terbakar yang tidak mematikan pada kulit yang ditargetkan, memaksa individu untuk menjauh dari area tersebut tanpa menyebabkan kerusakan permanen. Oleh karena itu,

penggunaan hal tersebut telah menimbulkan serangkaian permasalahan etika baru yang melampaui wacana militer konvensional. Tentu saja, inti dari pertimbangan etis ini terletak pada garis tipis antara tujuan strategis dan perlindungan hak asasi manusia. Meskipun DEW, seperti ADS, mungkin terbukti menjadi alternatif yang tidak mematikan dibandingkan sebagian besar persenjataan tradisional lainnya, masih ada kekhawatiran besar mengenai potensi risiko kerusakan tambahan. Salah satu hal yang lebih penting adalah pengelolaan paparan radiasi: jika paparan radiasi terlalu lama atau berlebihan, seseorang dapat mengalami kerusakan fisiologis yang serius dalam bentuk luka bakar atau kerusakan jaringan. Oleh karena itu, keharusan untuk menghindari kerusakan tambahan yang berlebihan dan memperlakukan semua kombatan dan warga sipil secara manusiawi memberikan dorongan bagi kerangka etika dan protokol yang menyeluruh tentang cara melakukan operasi militer yang melibatkan DEW. Yang lebih melegakan adalah kenyataan bahwa dilema etika yang ditimbulkan oleh DEWs melampaui penerapan taktis dan berkaitan langsung dengan pertanyaan yang lebih luas mengenai moral dan keadilan dalam konteks konflik bersenjata. Secara khusus, teknologi tersebut memiliki potensi yang tidak proporsional dalam mempengaruhi non-kombatan dan mengikis norma-norma etika yang menentukan parameter perilaku dalam peperangan, terutama ketika digunakan tanpa pandang bulu di wilayah sipil yang padat penduduknya. Karena alasan-alasan ini, semua prinsip proporsionalitas dan pembedaan antara sasaran militer dan sasaran sipil merupakan hal yang wajib, yang menganggap penting etika, dan memerlukan kehati-hatian dalam pengembangan dan penempatan DEW.

Dalam melakukan hal ini, para perencana dan pembuat kebijakan militer harus mengambil tindakan serius dalam menyeimbangkan tujuan strategis dengan tradisi etis. Pada dasarnya, hal ini memerlukan pengembangan kerangka kerja etika dan prosedur yang kuat yang menjaga kehidupan dan martabat manusia sekaligus mencegah kerusakan pada misi militer. Oleh karena itu, penggunaan DEW yang bertanggung jawab dalam operasi militer memerlukan kepekaan yang berbeda terhadap banyak pertanyaan etis yang terlibat, serta komitmen yang kuat terhadap prinsip-prinsip kemanusiaan dan keadilan dalam konflik. Dalam hal ini, penerapan UAV secara luas dalam operasi militer membawa jenis peperangan baru yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam kegiatan pengintaian dan pengawasan.

Namun, intinya adalah bahwa teknologi UAV membawa serta sejumlah dilema etika, terutama yang melibatkan privasi dan keselamatan sipil, yang harus diperhatikan secara serius dan diberikan kerangka etika yang kuat. Keseimbangan antara tantangan etika inilah yang menempatkan keharusan intrinsik militer untuk mengumpulkan intelijen berlawanan dengan kebutuhan untuk melindungi kebebasan individu dan hak privasi. Meskipun UAV menawarkan akses yang unik dan tak tertandingi ke daerah-daerah terpencil atau tidak dapat diakses, kuantitas data yang dapat dikumpulkan menimbulkan kekhawatiran atas pengawasan yang tidak pandang bulu atau tidak sah terhadap penduduk sipil. Memang benar, potensi UAV untuk menangkap informasi pribadi yang sensitif atau melakukan pengawasan tanpa persetujuan menjadi alasan kuat mengapa pedoman etika harus mengatur penggunaannya di wilayah sipil untuk melindungi hak privasi. Penggunaan UAV selama misi militer bukannya tanpa risiko bagi warga sipil, khususnya di zona tempur atau

ketika terbang di wilayah padat penduduk. Kemungkinan bahwa UAV secara tidak sengaja menyebabkan kerusakan tambahan atau korban sipil menimbulkan pertanyaan moral yang mendalam mengenai penggunaan kekuatan yang etis dan perlindungan terhadap non-kombatan. Ditekankan bahwa komitmen untuk mengurangi kerugian terhadap warga sipil dan prinsip proporsionalitas dan perbedaan memerlukan pengerahan UAV yang bertanggung jawab secara etis. Dengan demikian, dilema etika yang ditimbulkan oleh UAV berada di luar konteks operasi dan meluas ke pertanyaan tentang akuntabilitas dan transparansi dalam pengambilan keputusan militer. Rantai komando dan aturan keterlibatan yang relatif kabur terkait operasi UAV menimbulkan pertanyaan tentang akuntabilitas dan pengawasan, terlebih lagi dalam kasus-kasus yang menimbulkan kerugian bagi warga sipil. Transparansi dan akuntabilitas dalam menjalankan operasional UAV merupakan prinsip etika tata kelola yang demokratis dan penghormatan terhadap hak asasi manusia. Mengingat tantangan etika ini, para perencana dan pembuat kebijakan militer perlu, lebih dari sebelumnya, untuk menyeimbangkan kebebasan individu, hak privasi, dan keselamatan sipil dalam konteks tujuan militer. Hal ini jelas memerlukan pembentukan pedoman etika dan undang-undang yang lengkap mengenai penggunaan UAV di wilayah sipil dan memastikan penghormatan terhadap prinsip-prinsip hukum internasional dan hak asasi manusia. Yang terpenting, integrasi teknologi UAV yang bertanggung jawab ke dalam operasi militer memerlukan kepatuhan yang ketat terhadap kerangka etika dan persepsi yang baik tentang besarnya risiko yang terlibat. Bahkan, wacana etis mengenai senjata tidak mematikan menjadi pusat perhatian dalam permainan kekuatan global yang dinamis

yang membantu menetapkan narasi terkait geopolitik dan persepsi yang salah mengenai otoritas moral.

Dengan adanya perebutan keuntungan strategis ini, pengembangan dan penerapan teknologi baru yang bertanggung jawab ini menjadi penanda kredibilitas diplomatik dan legitimasi internasional. Ada kebutuhan yang sangat mendesak untuk membangun pemahaman mendalam mengenai implikasi yang lebih luas dari persenjataan tidak mematikan di panggung dunia dalam skenario saat ini. Oleh karena itu dinyatakan bahwa penghormatan dan penghargaan terhadap hak asasi manusia termasuk dalam strategi militer negara-negara yang lebih mungkin mendapatkan rasa hormat dan kerja sama dari komunitas internasional, sehingga memiliki kedudukan moral dan pengaruh mereka dalam diplomasi. Mereka yang melupakan etika akan mengekspos diri mereka pada korosi otoritas moral, sehingga mengundang kecemasan di panggung global. Penggunaan senjata tidak mematikan secara sistematis memerlukan lebih dari sekadar keahlian teknis sederhana; hal ini memerlukan komitmen batin untuk mematuhi nilai-nilai universal dan, oleh karena itu, mendukung stabilitas global. Melalui pertimbangan etis yang bertanggung jawab selama penelitian, pengembangan, dan penerapan, negara-negara akan lebih mungkin menumbuhkan kepercayaan dan kolaborasi dalam tatanan dunia yang damai dan aman. Dengan kata lain, penggunaan senjata tidak mematikan secara etis merupakan ujian bagi integritas moral suatu negara. Komitmen mereka terhadap prinsip-prinsip etika dan penghormatan terhadap hak asasi manusia di tingkat nasional dapat lebih membuktikan komitmen mereka terhadap hidup berdampingan secara damai, keamanan, dan menghargai kebaikan bersama di tingkat internasional. Penimbunan

serangkaian senjata tidak mematikan—seperti LRAD, DEW seperti ADS, dan UAV—mengantarkan inovasi yang patut dipuji namun rumit ke dalam peperangan modern.

Hal ini dapat memungkinkan pasukan militer memperoleh sejumlah keuntungan dalam operasi tanpa harus kehilangan perhatian karena masalah etika atau, yang paling buruk, kerusakan tambahan. Misalnya, menempatkan LRAD secara strategis dengan UAV yang dilengkapi dengan peralatan pengawasan akan memberikan cara pengendalian massa tanpa kekerasan dalam situasi yang tidak menentu dengan memantau dan mengelola setiap potensi ancaman, semuanya tanpa kekuatan yang mematikan. Misalnya, teknologi seperti ADS untuk DEWs dapat memberikan komponen pencegah terhadap upaya-upaya tersebut tanpa menimbulkan kerugian permanen sehingga menghindari risiko eskalasi dan korban sipil. Pada saat yang sama, hal ini juga disertai dengan tantangan etika besar yang harus dipertimbangkan dan berkaitan dengan privasi, keselamatan sipil, dan menghindari kerugian terhadap manusia. Memang benar, pengembangan dan penerapan sistem terpadu tersebut harus diatur oleh kerangka etika yang kuat dan peraturan yang menjamin penggunaan yang bertanggung jawab sejalan dengan hukum internasional dan prinsip-prinsip hak asasi manusia. Pekerja harus mampu menjalankan kewajiban militer dengan tinjauan etis sehingga peperangan modern dapat maju baik dalam efektivitas maupun moralitasnya. Para perencana militer, pembuat kebijakan, ahli etika, dan pembela hak asasi manusia harus bekerja sama dalam mengembangkan sistem potensial tersebut. Oleh karena itu, dengan dimasukkannya senjata tidak mematikan ke dalam angkatan bersenjata untuk meningkatkan kemampuan, muncullah

persyaratan yang lebih menantang untuk mematuhi etika penjagaan, perlindungan hak asasi manusia, dan stabilitas global seiring dengan semakin berubahnya lingkungan geopolitik.

SIMPULAN

Singkatnya, penggunaan senjata tidak mematikan seperti LRAD, DEW seperti ADS, dan UAV tetap bersifat evolusioner dibandingkan peperangan modern untuk meningkatkan efektivitas militer dengan lebih mempertimbangkan masalah etika. Pada saat yang sama, integrasi ini menimbulkan sejumlah tantangan etika yang berat terkait dengan pelanggaran privasi, keamanan warga sipil, dan dampak yang jauh dari sasaran. Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini diperlukan kerangka etika dan peraturan yang kuat yang menjamin penerapan teknologi ini secara bertanggung jawab, konsisten dengan hukum internasional dan prinsip-prinsip hak asasi manusia. Menyelaraskan kepentingan militer dengan pertimbangan etis akan membutuhkan kerja sama antara para perencana militer, pembuat kebijakan, ahli etika, dan pembela hak asasi manusia. Pada akhirnya, integrasi senjata tidak mematikan yang bertanggung jawab akan meningkatkan efektivitas militer, melindungi nilai-nilai universal, mendukung stabilitas global, dan membangun kepercayaan dan kerja sama antar negara. Melalui penelitian, pengembangan, dan penerapan yang berbasis nilai-nilai, negara-negara akan mampu meyakinkan dunia akan komitmen mereka yang benar dan tulus terhadap peningkatan perdamaian dan keamanan bagi semua orang dan kebaikan bersama. Oleh karena itu, penerapan senjata yang tidak terlalu mematikan secara etis menjadi ciri kejujuran moral suatu negara di tengah perubahan lingkungan peperangan modern.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Universitas Pertahanan Indonesia (UNHAN RI) atas pendanaan dan dukungannya yang sangat besar, yang sangat menentukan keberhasilan penelitian saya.

DAFTAR PUSTAKA

- Altmann, J. (1999). Acoustic weapons? Sources and propagation of strong sound. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105(2_Supplement), 1025-1026.
- Altmann, J. (2001). Acoustic weapons-a prospective assessment. *Science & Global Security*, 9(3), 165-234.
- Altmann, J. (2001). Non-lethal weapons technologies-the case for independent scientific analysis. *Medicine, Conflict and Survival*, 17(3), 234-247.
- Arkin, W. M. (1997). Acoustic anti-personnel weapons: An inhumane future?. *Medicine, Conflict and Survival*, 13(4), 314-326.
- Butt, A., Shah, S. I. A., & Zaheer, Q. (2019, February). Weapon launch system design of anti-terrorist UAV. In *2019 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)* (pp. 1-8). IEEE.
- Cabrera, D., Cabrera, L. Y., & Cabrera, E. (2023). The Steps to Doing a Systems Literature Review (SLR). *Journal of Systems Thinking Preprints*.
- Cachelin, S. (2023). The Suppression and Othering of Black Lives Matter Protests Through Tear Gas. *Journal of Black Studies*, 54(6), 513-533.
- Cannin, A. (2021). Directed-Energy Weapons. *Air Space Power J*, 35, 57-65.
- Choi-Fitzpatrick, A., Juskauskas-DJI-DJI, T., & Scholar, M. B. S. I. All the Protestors Fit to Count: Using Unmanned Aerial Vehicles to Estimate Protest Event Size.
- Coleman, S. (2015). Possible ethical problems with military use of non-lethal weapons. *Case W. Res. J. Int'l L.*, 47, 185.
- Colorado, J., Perez, M., Mondragon, I., Mendez, D., Parra, C., Devia, C., ... & Neira, L. (2017). An integrated aerial system for landmine detection: SDR-based Ground Penetrating Radar onboard an autonomous drone. *Advanced Robotics*, 31(15), 791-808.
- Davison, N. (2009). Acoustic Weapons. In *'Non-Lethal' Weapons* (pp. 186-205). London: Palgrave Macmillan UK.
- De Melo, R. R. S., Costa, D. B., Álvares, J. S., & Irizarry, J. (2017). Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites. *Safety Science*, 98, 174-185.
- Fernández, M. G., López, Y. Á., Arboleya, A. A., Valdés, B. G., Vaqueiro, Y. R., Andrés, F. L. H., & García, A. P. (2018). Synthetic aperture radar imaging system for landmine detection using a ground penetrating radar on board an unmanned aerial vehicle. *IEEE Access*, 6, 45100-45112.
- Frazier, A. (2018). Hunting with drones: Aerial search and seizure and weaponization of small unmanned aircraft systems. *NDL Rev.*, 93, 481.
- Gupta, V., Kumbhare, A., & Jain, R. (2018, February). Advanced Anti-Terrorism Unmanned Ground Vehicle. In *2018 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Grassiani, E. (2022). The Shifting Face of the Enemy: 'Less than Lethal' Weaponry and the Criminalised Protestor. *Journal of Illicit Economies and Development*, 4(3).
- Hassanalain, M., & Abdelkefi, A. (2017). Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, 91, 99-131.
- Huang, H., & Savkin, A. V. (2018). Towards the internet of flying robots: A survey. *Sensors*, 18(11), 4038.
- Imam, S. K. (2021). Law Enforcement in Times of Violent Demonstrations. *South Asian Journal of Management Sciences*, 15(2).
- Jiang, X., Pu, L., Guo, S., & Yang, D. O. (2016, April). Comprehensive Effectiveness Evaluation of Non-lethal Sonic Weapons. In *6th*

International Conference on Electronic, Mechanical, Information and Management Society (pp. 1687-1693). Atlantis Press.

Junaedi, F., Sukmono, F. G., & Fuller, A. (2023). Kanjuruhan Disaster, Exploring Indonesia Mismanagement Football Match. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 440, p. 03010). EDP Sciences.

Kanellakis, C., & Nikolakopoulos, G. (2017). Survey on computer vision for UAVs: Current developments and trends. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 87, 141-168.

Kardasz, P., Doskocz, J., Hejduk, M., Wiekut, P., & Zarzycki, H. (2016). Drones and possibilities of their using. *J. Civ. Environ. Eng*, 6(3), 1-7.

Lewer, N., & Davison, N. (2005). Non-lethal technologies—an overview. In *Disarmament forum* (Vol. 1, pp. 37-51). Geneva: UNIDIR.

Linhares, B., Happy, S., & Butt, S. (2010). Mechatronics in the advancement of public safety control. In *Proc. 8th LACCEI Latin American and Caribbean Conf. for Engineering and Technology (LACCEI)* (pp. WE1-1).

Littell, J. H., Corcoran, J., & Pillai, V. (2008). *Systematic reviews and meta-analysis*. Pocket Guide to Social Work Re.

Liu, M. C., Brenes Reyes, J. R., Sahoo, S., & Dyer-Witthford, N. (2022). Riot Platforms: Protest, Police, Planet. *Antipode*, 54(6), 1901-1922.

Manfreda, S., McCabe, M. F., Miller, P. E., Lucas, R., Pajuelo Madrigal, V., Mallinis, G., ... & Toth, B. (2018). On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring. *Remote sensing*, 10(4), 641.

Massingham, E. (2012). Conflict without casualties... a note of caution: non-lethal weapons and international humanitarian law. *International Review of the Red Cross*, 94(886), 673-685.

Mezzacappa, E. (2014). Effectiveness testing of non-lethal weapons. *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, 11(2), 91-101.

Nikulin, A., De Smet, T. S., Baur, J., Frazer, W. D., & Abramowitz, J. C. (2018). Detection and identification of remnant PFM-1

'Butterfly Mines' with a UAV-based thermal-imaging protocol. *Remote Sensing*, 10(11), 1672.

Paul, J., & Barari, M. (2022). Meta-analysis and traditional systematic literature reviews—What, why, when, where, and how?. *Psychology & Marketing*, 39(6), 1099-1115.

Paul, J., & Criado, A. R. (2020). The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know?. *International business review*, 29(4), 101717.

Paul, J., Lim, W. M., O'Cass, A., Hao, A. W., & Bresciani, S. (2021). Scientific procedures and rationales for systematic literature reviews (SPAR-4-SLR). *International Journal of Consumer Studies*, 45(4), 01-016.

Shakhatreh, H., Sawalmeh, A. H., Al-Fuqaha, A., Dou, Z., Almeida, E., Khalil, I., ... & Guizani, M. (2019). Unmanned aerial vehicles (UAVs): A survey on civil applications and key research challenges. *Ieee Access*, 7, 48572-48634.

Starosielski, N. (2019). Thermal Violence: Heat Rays, Sweatboxes and the Politics of Exposure. *Culture Machine*, 17, 1-27.

Tsing, N. K. (2023). The Movement of No Return. In *Hongkongers' Fight for Freedom* (pp. 17-28). Brill.

Vinokur, R. (2004). Acoustic noise is a non-lethal weapon. *Sound and Vibration*, 38(10), 19-23.

Yoo, L. S., Lee, J. H., Lee, Y. K., Jung, S. K., & Choi, Y. (2021). Application of a drone magnetometer system to military mine detection in the demilitarized zone. *Sensors*, 21(9), 3175.