



Rudal Canggih dari Tiga Negara Superpower: JASSM, Kinzhal, dan DF-41

¹Arip Nurahman*, ²Pandu Pribadi

Corresponding Author: *aripnurahman@institutpendidikan.ac.id

¹ Institut Pendidikan Indonesia, Garut, Indonesia

² STIT Muhammadiyah Kota Banjar, Indonesia

Abstrak

Pengembangan dan produksi peluru kendali memiliki biaya yang sangat tinggi, tergantung pada jenis, kompleksitas, dan teknologi yang digunakan. Biaya operasional dan pemeliharaan juga besar dan memerlukan investasi terus-menerus. Meskipun demikian, banyak negara tetap melakukan pengembangan peluru kendali sebagai bagian dari strategi pertahanan dan simbol kekuatan. Pengembangan peluru kendali dapat memberikan kemajuan dalam teknologi dan ilmu pengetahuan, namun penggunaannya dapat menimbulkan dampak negatif seperti meningkatnya ketegangan antarnegara dan risiko konflik. Oleh karena itu, penggunaan peluru kendali harus dipertimbangkan dengan matang dan memperhatikan aspek-aspek etis dan hukum yang berkaitan. Pengembangan teknologi peluru kendali terus berlanjut, dan banyak negara berlomba-lomba untuk mengembangkan teknologi yang lebih canggih dan presisi. Namun, dalam penggunaannya, aspek-aspek etis dan hukum yang berkaitan dengan penggunaan peluru kendali harus diperhatikan.

Kata kunci: efek deteren, peluru kendali, risiko konflik, super power

Pendahuluan

Pengembangan dan produksi peluru kendali adalah kegiatan yang sangat mahal, dan biaya pembuatan dapat mencapai miliaran hingga triliunan dolar tergantung pada jenis, kompleksitas, dan tingkat teknologi yang digunakan [1]. Selain itu, biaya operasional dan pemeliharaan peluru kendali juga sangat besar dan memerlukan investasi yang terus-menerus untuk memastikan peluru kendali tetap dalam kondisi yang baik dan siap digunakan. Peluru kendali dengan jarak jelajah yang lebih jauh akan memiliki biaya produksi yang lebih tinggi daripada peluru kendali dengan jarak jelajah yang lebih pendek karena memerlukan teknologi dan bahan yang lebih canggih [2]. Selain biaya produksi, biaya operasional dan pemeliharaan peluru kendali juga sangat besar dan dapat berbeda-beda tergantung pada jenis dan kompleksitas peluru kendali itu sendiri. Biaya operasional dan pemeliharaan peluru kendali juga harus memperhitungkan biaya pelatihan personel dan pengembangan infrastruktur yang diperlukan untuk menunjang penggunaan peluru kendali [3]. Dalam konteks militer, biaya pengembangan dan operasional peluru kendali juga harus memperhitungkan pengaruh politik dan strategis yang terkait dengan penggunaan dan pengembangan peluru kendali. Namun demikian, banyak negara tetap melakukan pengembangan peluru kendali [3-5].

Negara-negara terus mengembangkan peluru kendali karena adanya beberapa faktor yang mendorongnya. Pengembangan peluru kendali dapat menjadi bagian dari strategi pertahanan suatu negara untuk melindungi wilayahnya dari ancaman luar [6]. Dengan memiliki peluru kendali yang canggih, negara dapat menangkal serangan musuh dan mempertahankan kedaulatannya. Negara-negara

yang memiliki peluru kendali canggih dapat memperoleh pengaruh politik dan militer yang lebih besar di dunia internasional. Pengembangan peluru kendali dapat menjadi simbol kekuatan suatu negara dan menunjukkan kemampuan untuk menandingi negara-negara lain yang lebih maju [7].

Pengembangan peluru kendali memerlukan penelitian dan pengembangan teknologi yang canggih. Negara-negara yang terus mengembangkan peluru kendali dapat memperoleh kemajuan dalam bidang teknologi dan ilmu pengetahuan yang dapat diterapkan pada berbagai sektor lainnya [8]. Selain itu ada alasan terkait dengan ancaman. Pengembangan peluru kendali dapat menjadi respons dari suatu negara terhadap ancaman keamanan yang dihadapinya. Ancaman ini dapat berasal dari negara lain, kelompok teroris, atau ancaman lain yang dapat mengancam kedaulatan suatu negara. Meskipun pengembangan peluru kendali dapat memberikan manfaat bagi suatu negara, penggunaannya juga dapat menimbulkan dampak negatif seperti meningkatnya ketegangan antarnegara dan risiko terjadinya konflik. Oleh karena itu, penggunaan peluru kendali harus dipertimbangkan dengan matang dan memperhatikan aspek-aspek etis dan hukum yang berkaitan [9].

Jenis peluru kendali berdasar jarak jelajah

Umumnya jenis peluru kendali dapat dikelompokkan berdasarkan jarak jelajahnya [10]. Berikut adalah beberapa jenis peluru kendali yang dikelompokkan berdasarkan jarak jelajahnya:

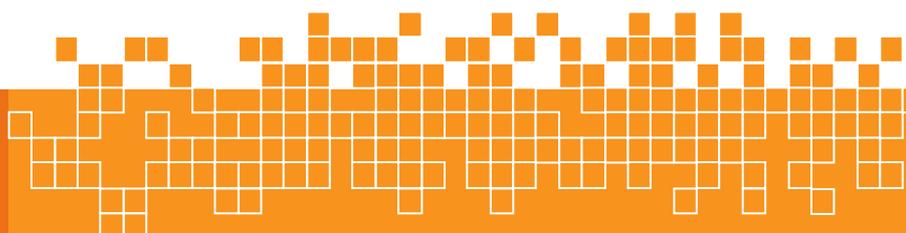
- Peluru kendali taktis: Jenis peluru kendali ini memiliki jarak jelajah yang relatif pendek, yaitu kurang dari 300 km. Peluru kendali taktis umumnya digunakan untuk serangan pada target yang dekat dengan wilayah militer atau untuk menghancurkan target yang kecil dan spesifik.
- Peluru kendali jarak menengah: Jenis peluru kendali ini memiliki jarak jelajah antara 1.000 hingga 5.500 km. Peluru kendali jarak menengah digunakan untuk menyerang target yang lebih jauh, seperti fasilitas militer di wilayah tetangga atau di luar wilayah negara pengirim.
- Peluru kendali jarak jauh: Jenis peluru kendali ini memiliki jarak jelajah lebih dari 5.500 km. Peluru kendali jarak jauh digunakan untuk menyerang target yang sangat jauh, seperti negara lain atau target di seluruh dunia.
- Peluru kendali balistik: Jenis peluru kendali ini dapat dikelompokkan berdasarkan jarak jelajahnya, namun juga dapat dikategorikan berdasarkan jenis penggerakannya. Peluru kendali balistik menggunakan roket untuk meluncurkan diri ke atas dan kemudian jatuh dengan kecepatan tinggi ke target yang diinginkan.

Dalam pengembangan peluru kendali, jarak jelajah menjadi salah satu faktor yang sangat penting untuk dipertimbangkan. Jarak jelajah yang lebih jauh dapat memberikan keuntungan taktis yang lebih besar, namun juga dapat menimbulkan dampak politik dan

Jenis peluru kendali berdasar dampak kehancuran

Jenis peluru kendali juga dapat diklasifikasikan berdasarkan dampak kehancuran yang ditimbulkannya pada target yang diserang [10,11]. Berikut adalah beberapa contoh klasifikasi peluru kendali berdasarkan dampak kehancuran yang ditimbulkannya:

- Peluru kendali konvensional: Peluru kendali jenis ini menggunakan bahan peledak konvensional untuk menghancurkan targetnya. Peluru kendali konvensional memiliki berbagai



macam jenis dan ukuran yang disesuaikan dengan tipe target yang diserang. Contohnya termasuk rudal anti-kapal, rudal anti-pesawat, dan rudal anti-tank.

- Peluru kendali nuklir: Peluru kendali jenis ini menggunakan bahan peledak nuklir untuk menghancurkan targetnya. Peluru kendali nuklir memiliki potensi kehancuran yang sangat besar dan mampu menghasilkan ledakan yang menghancurkan wilayah yang luas. Peluru kendali nuklir biasanya digunakan sebagai ancaman atau sebagai *deterrent* untuk memaksa musuh untuk tidak menyerang.
- Peluru kendali khusus: Jenis peluru kendali ini dirancang untuk melaksanakan misi tertentu dan memiliki kemampuan khusus seperti melacak dan menghancurkan target dengan presisi tinggi. Contohnya termasuk rudal jelajah yang dirancang untuk menghindari sistem pertahanan udara musuh atau rudal balistik anti-rudal yang dirancang untuk menghancurkan peluru kendali musuh di udara.

Penjelasan di atas hanyalah beberapa contoh klasifikasi peluru kendali berdasarkan dampak kehancuran yang ditimbulkannya pada target yang diserang. Namun, jenis peluru kendali juga dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai faktor lain seperti jarak jelajah, kecepatan, hulu ledak, dan jenis bahan bakar yang digunakan.

Teknologi pengembangan peluru kendali

Saat ini, pengembangan peluru kendali dilakukan dengan mengadopsi berbagai teknologi canggih untuk meningkatkan kinerja dan presisi dari sistem senjata tersebut. Beberapa teknologi yang sedang berkembang dalam pengembangan peluru kendali antara lain:

- Teknologi GPS: Teknologi Global Positioning System (GPS) digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam mengenali posisi target. Sistem GPS akan memandu peluru kendali menuju sasaran dengan presisi yang lebih tinggi, sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada sasaran yang tidak diinginkan [12].
- Teknologi sensor: Penggunaan sensor optik, termal, dan elektromagnetik memungkinkan peluru kendali untuk mendeteksi target secara akurat dan cepat. Sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi sasaran yang bergerak dan menyediakan informasi yang lebih detail tentang sasaran seperti ukuran, bentuk, dan jenis [13].
- Teknologi kontrol: Peluru kendali dilengkapi dengan sistem kontrol yang dapat membantu mengarahkan peluru kendali menuju target yang diinginkan. Sistem kontrol ini dapat mengatur kecepatan, arah, dan posisi peluru kendali selama penerbangan [14].
- Teknologi penggerak: Peluru kendali modern menggunakan berbagai jenis penggerak seperti motor roket, motor turbojet, atau motor turbofan. Penggerak ini memberikan daya dorong yang diperlukan untuk membawa peluru kendali menuju target [15].
- Teknologi material: Peluru kendali modern dibangun dengan menggunakan bahan yang ringan dan tahan lama seperti komposit karbon, titanium, dan logam paduan. Bahan-bahan ini membantu mengurangi bobot peluru kendali sehingga dapat meningkatkan jarak terbang dan kecepatan [16].

Dengan penggunaan teknologi-teknologi tersebut, peluru kendali dapat menghasilkan presisi yang lebih tinggi dan memiliki kemampuan untuk menembus pertahanan musuh dengan lebih mudah. Namun, pengembangan peluru kendali juga harus memperhatikan aspek-aspek etis dan hukum yang berkaitan dengan penggunaannya.

Hulu ledak

Peluru kendali dan hulu ledak adalah dua hal yang berbeda. Peluru kendali adalah sebuah sistem senjata yang terdiri dari roket atau misil yang dilengkapi dengan sistem pandu dan hulu ledak, sedangkan hulu ledak adalah bagian dari peluru kendali yang berfungsi untuk melepaskan energi besar dalam waktu singkat sehingga menghasilkan ledakan yang dapat merusak dan menghancurkan target [17].

Hulu ledak pada peluru kendali dirancang untuk memenuhi tujuan-tujuan yang berbeda-beda tergantung pada jenis peluru kendali dan misi yang diinginkan. Beberapa hulu ledak pada peluru kendali dirancang untuk memberikan ledakan besar yang mampu menghancurkan target secara langsung, sedangkan yang lain dirancang untuk memberikan efek ledakan yang lebih terfokus pada target tertentu, seperti misalnya hulu ledak yang digunakan untuk menghancurkan bunker atau fasilitas militer bawah tanah.

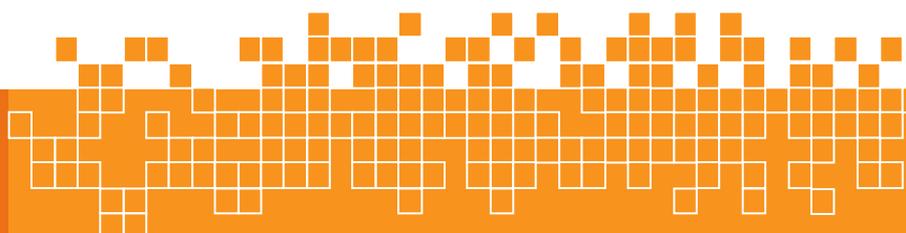
Hulu ledak pada peluru kendali juga dapat dirancang untuk menghasilkan efek tambahan yang lebih luas, seperti ledakan radiasi atau ledakan elektromagnetik yang dapat merusak sistem elektronik di wilayah yang lebih luas [13]. Selain itu, beberapa peluru kendali juga menggunakan hulu ledak yang dirancang untuk membentuk gelombang kejut atau menghasilkan tekanan udara yang tinggi untuk menghancurkan target dengan cara yang lebih efektif.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa yang membedakan peluru kendali dari hulu ledaknya adalah peluru kendali adalah sistem senjata yang terdiri dari roket atau misil yang dilengkapi dengan sistem pandu dan hulu ledak, sedangkan hulu ledak adalah bagian dari peluru kendali yang berfungsi untuk melepaskan energi besar dalam waktu singkat sehingga menghasilkan ledakan yang dapat merusak dan menghancurkan target [17].

Komponen peluru kendali

Selain hulu ledak, terdapat beberapa komponen penting dalam peluru kendali yang sangat menentukan keberhasilan dan keefektifan sistem senjata tersebut [18]. Beberapa komponen penting dalam peluru kendali antara lain:

- **Roket/Misil:** Merupakan bagian utama dari peluru kendali, yang berfungsi untuk membawa hulu ledak dan menghasilkan daya dorong untuk membawa peluru kendali mencapai target.
- **Sistem Kendali:** Sistem ini berfungsi untuk mengendalikan pergerakan peluru kendali selama terbang, sehingga bisa mengarahkan peluru kendali tepat menuju target. Sistem kendali ini biasanya terdiri dari sensor untuk mengetahui posisi peluru kendali, sistem komputer untuk memproses data, dan sistem koreksi untuk mengubah arah penerbangan peluru kendali.



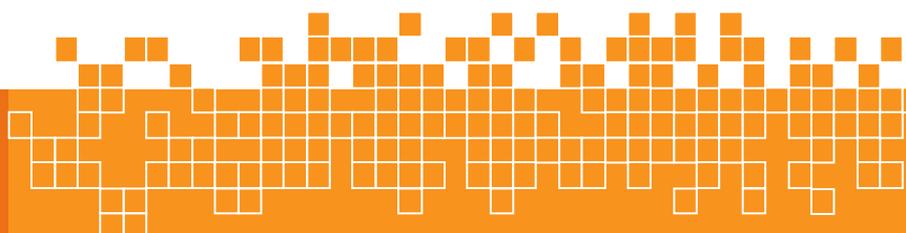
- Sistem Navigasi: Sistem navigasi berfungsi untuk memberikan informasi mengenai posisi dan arah peluru kendali selama terbang. Sistem ini terdiri dari GPS, sistem inersia, dan sistem penentuan posisi lainnya.
- Sistem Pengendali dan Stabilisator: Sistem ini berfungsi untuk menjaga kestabilan peluru kendali selama terbang dan mengendalikan gerakan peluru kendali. Sistem ini meliputi sayap, sirip, dan sistem kontrol daya dorong.
- Sistem Komunikasi: Sistem komunikasi berfungsi untuk mengirimkan informasi antara peluru kendali dan kendali darat, pesawat atau kapal selam pembawa peluru kendali.
- Bahan Bakar dan Sistem Propulsi: Bahan bakar dan sistem propulsi merupakan bagian penting dalam peluru kendali karena berfungsi untuk memberikan daya dorong yang cukup untuk membawa peluru kendali ke target.
- Pelindung Termal: Komponen ini berfungsi untuk melindungi peluru kendali dari panas yang dihasilkan saat peluncuran dan saat melintasi atmosfer.

Keseluruhan komponen dalam peluru kendali harus dirancang dengan hati-hati dan presisi untuk memastikan bahwa peluru kendali dapat mencapai target dengan akurasi dan efektivitas yang tinggi.

Peluru kendali terbaru

Saat ini, banyak negara di seluruh dunia yang mengembangkan peluru kendali dengan teknologi terbaru. Beberapa contoh peluru kendali terbaru dari berbagai negara antara lain:

- AS: Peluru kendali terbaru dari Amerika Serikat adalah AGM-158 JASSM (Joint Air-to-Surface Standoff Missile). Peluru kendali ini memiliki jangkauan hingga 370 km dan dapat membawa hulu ledak yang sangat efektif untuk menghancurkan target musuh [19].
- Rusia: Peluru kendali terbaru dari Rusia adalah Kh-47M2 Kinzhal, yang merupakan peluru kendali udara-ke-darat hipersonik yang dapat mencapai kecepatan lebih dari 10 Mach. Peluru kendali ini dirancang untuk digunakan oleh pesawat tempur supersonik MiG-31 [20].
- China: Peluru kendali terbaru dari China adalah DF-41, yang merupakan peluru kendali balistik antarbenua dengan jangkauan maksimal sekitar 15.000 km. Peluru kendali ini dilengkapi dengan hulu ledak nuklir yang sangat kuat dan dapat menghancurkan target musuh dalam waktu singkat [21].
- Israel: Peluru kendali terbaru dari Israel adalah Jericho 3, yang merupakan peluru kendali balistik jarak menengah yang dilengkapi dengan hulu ledak nuklir atau konvensional. Peluru kendali ini dapat mencapai jarak hingga 4.800 km dan dapat membawa beberapa jenis hulu ledak [22].
- Korea Utara: Peluru kendali terbaru dari Korea Utara adalah Hwasong-15, yang merupakan peluru kendali balistik antarbenua yang dapat mencapai jangkauan hingga 13.000 km. Peluru kendali ini dilengkapi dengan hulu ledak nuklir dan dapat menjadi ancaman serius bagi negara-negara di sekitarnya [23].



Pengembangan peluru kendali terus berlanjut dan banyak negara yang berlomba-lomba untuk mengembangkan teknologi yang lebih canggih dan presisi. Namun, penggunaan peluru kendali juga harus memperhatikan aspek-aspek etis dan hukum yang berkaitan dengan penggunaannya.



Source : https://www.military-today.com/missiles/agm_158_jassm.htm

Fig. 1. AGM-158 JASSM

The AGM-158 JASSM (Joint Air-to-Surface Standoff Missile) adalah rudal presisi udara-ke-darat yang dikembangkan oleh Lockheed Martin untuk Angkatan Udara Amerika Serikat (USAF). Rudal ini dirancang untuk menghancurkan target yang bersifat stasioner maupun yang dapat dipindahkan, dan dapat diintegrasikan ke dalam berbagai platform pesawat seperti B-1, B-2, B-52, F-16, dan F-15E. Rudal ini memiliki dua varian, yaitu JASSM dan JASSM-ER (extended range), yang memiliki jangkauan yang hampir dua kali lebih jauh daripada JASSM standar karena menggunakan mesin yang lebih efisien dan tangki bahan bakar yang lebih besar. JASSM juga dilengkapi dengan berbagai fitur navigasi dan panduan, seperti sistem navigasi inersial, GPS anti-jamming, dan automatic target correlator, serta dapat membawa sub-munisi LOCAAS yang dilengkapi dengan sistem LADAR dan MMW. Rudal ini juga dilengkapi dengan muatan peledak J-1000 yang terdiri dari 240 pon bahan peledak AFX-757 yang sangat tahan terhadap kejutan atau guncangan. Rudal JASSM telah dioperasikan oleh Angkatan Udara Australia dan Finlandia, serta telah diuji dan dikembangkan sejak 1996.



Source : <https://theaviationist.com/2018/03/12/russia-test-fires-new-kh-47m2-kinzhal-hypersonic-missile/>

Fig. 2. Kh-47M2 Kinzhal

Kh-47M2 Kinzhal adalah rudal hipersonik udara-ke-darat balistik yang mampu membawa muatan konvensional atau nuklir dan dirancang untuk menghadapi sistem pertahanan udara atau rudal NATO. Rudal ini memiliki kecepatan Mach 12 dan dapat melakukan manuver mengelak di setiap tahap penerbangan. Rudal ini memiliki jangkauan lebih dari 2.000 km (1.200 mil) dan bisa diluncurkan dari pembom Tu-22M3 atau interceptor MiG-31K. Rudal ini memasuki layanan pada Desember 2017 dan merupakan salah satu dari enam senjata strategis baru Rusia yang diungkapkan oleh Presiden Rusia Vladimir Putin pada 1 Maret 2018. Rudal ini dianggap mampu menghancurkan kapal induk dengan satu kali serangan dan dapat membawa muatan nuklir atau fragmen HE dengan berat hingga 500 kg. Rudal ini digunakan oleh Pasukan Angkatan Udara Rusia dan telah digunakan dalam invasi Rusia ke Ukraina pada tahun 2022.



Source : <https://missilethreat.csis.org/missile/df-41/>

Fig. 3. DF-41

DF-41, juga dikenal sebagai CSS-X-20, diperkirakan memiliki jangkauan antara 12.000 hingga 15.000 kilometer (7.400 hingga 9.300 mil) dan dapat dilengkapi dengan hingga 10 hulu ledak nuklir yang bisa diarahkan secara independen. China pertama kali memamerkan DF-41 pada peluncur mobilnya pada tahun 2019, tetapi penempatannya yang sebenarnya belum dikonfirmasi. Pengembangan ini menunjukkan bahwa Beijing serius dalam meningkatkan deterensi nuklirnya - gagasan bahwa China bisa bertahan dari serangan nuklir dari lawan dan masih memiliki senjata nuklir yang bisa menimbulkan kerugian yang tidak dapat diterima bagi lawan. DF-41 (Dong Feng-41 / CSS-X-20) adalah sebuah rudal balistik antarbenua (ICBM) bergerak di jalan raya yang dikembangkan oleh Tiongkok. Rudal ini sebagai rudal terjauh Tiongkok, dan diyakini mampu memuat beberapa hulu ledak yang dapat ditargetkan secara mandiri (MIRV). DF-41 dapat dioperasikan dari beberapa platform, termasuk mobil jalan raya, kereta api, dan silo. Panjang rudal ini antara 20 hingga 22 meter, diameter 2,25 meter, berat peluncuran 80.000 kg, dan dapat membawa muatan hingga 2.500 kg dengan hingga 10 hulu ledak nuklir atau MIRV. Saat ini, rudal ini masih dalam tahap pengembangan oleh Tiongkok.

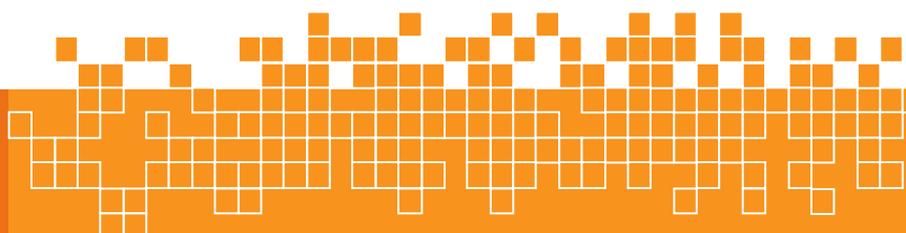
Kesimpulan

Negara-negara di seluruh dunia sedang mengembangkan peluru kendali dengan teknologi terbaru. Beberapa peluru kendali terbaru termasuk AGM-158 JASSM dari AS, Kh-47M2 Kinzhal dari Rusia, DF-41 dari China, Jericho 3 dari Israel, dan Hwasong-15 dari Korea Utara. Pengembangan peluru

kendali terus berlanjut dengan tujuan mencapai teknologi yang lebih canggih dan presisi. Namun, aspek etis dan hukum penggunaan peluru kendali harus diperhatikan.

References

- [1] Weitz, R. (2010). Illusive visions and practical realities: Russia, NATO and missile defence. *Survival*, 52(4), 99-120.
- [2] Liang, L. E. I., Danfa, Z. H. O. U., Ying, Z. H. A. N. G., Cunfeng, G. U., & Rui, L. I. U. (2022). Life Cycle Cost Analysis and Control Strategy of Missile Weapons. *Acta Armamentaria*, 43(S2), 107-114.
- [3] Gregg, S. P., Scharadin, R., & Clements, P. (2015, July). The more you do, the more you save: the superlinear cost avoidance effect of systems product line engineering. In *Proceedings of the 19th International Conference on Software Product Line* (pp. 303-310).
- [4] Carter, A. B., & Schwartz, D. N. (Eds.). (2010). *Ballistic missile defense*. Brookings Institution Press.
- [5] Brockman, K., Bauer, S., Boulanin, V., & Lentzos, F. (2019). New developments in biology. In *Conference Reader: Capturing Technology. Rethinking Arms Control*. German Federal Foreign Office
- [6] Sankaran, J., & Fearey, B. L. (2017). Missile defense and strategic stability: Terminal high altitude area defense (THAAD) in South Korea. *Contemporary security policy*, 38(3), 321-344.
- [7] Obering, H., & Heinrichs, R. L. (2019). Missile Defense for Great Power Conflict. *Strategic Studies Quarterly*, 13(4), 37-56.
- [8] Karako, T. (Ed.). (2017). *Missile defense and defeat: Considerations for the new policy review*. Rowman & Littlefield.
- [9] Cimbala, S. J. (2012). Minimum deterrence and missile defenses: what's new, what's true, what's arguable. *Defense & Security Analysis*, 28(1), 65-80.
- [10] Yanushevsky, R. T. (2018). *Modern missile guidance*. CRC Press.
- [11] Korda, M., & Kristensen, H. M. (2019). US ballistic missile defenses, 2019. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 75(6), 295-306.
- [12] Sarfaraz, O., Adil, M., GhayasUddin, M., Qadri, M. T., & Mohy-Ud-Din, Z. (2015). GPS Inertial Missile Guidance System. *Communications in Control Science and Engineering (CCSE)*, 3, 15-20.
- [13] Xu, M., Bu, X., Han, W., & Cao, Y. (2019). Dual-band infrared radiation for rotating missile attitude measurement and interference compensation. *IEEE Access*, 7, 69326-69338.
- [14] Wang, X., Zheng, Y., & Lin, H. (2015). Integrated guidance and control law for cooperative attack of multiple missiles. *Aerospace Science and Technology*, 42, 1-11.
- [15] Satyaprasad, P., Pandu Ranga Sharma, M., Richarya, A., Rolex Ranjit, A., & Subhash Chandran, B. S. (2017). Missile propulsion systems. *Aerospace Materials and Material Technologies: Volume 2: Aerospace Material Technologies*, 305-330.
- [16] Micheli, D., Pastore, R., Vricella, A., & Marchetti, M. (2015, June). Shell absorbing nanostructure for low radar observable missile. In *2015 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)* (pp. 49-54). IEEE.
- [17] Ouyang, C., Zhang, S., Xue, C., Yu, X., Xu, H., Wang, Z., ... & Wu, Z. S. (2020). Precision-guided missile-like DNA nanostructure containing warhead and guidance control for aptamer-based targeted drug delivery into cancer cells in vitro and in vivo. *Journal of the American Chemical Society*, 142(3), 1265-1277.
- [18] Fleeman, E. (2012). *Missile design and system engineering*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc..
- [19] Majumdar, S. (2021). Lockheed Martin's AGM-158 JASSM. *Vayu Aerospace and Defence Review*, (1), 128-129.
- [20] Laad, P. A. (2021). *Hypersonic flow control via the use of off-axis energy deposition: application to the Kh-47M2 Kinzhal missile* (Doctoral dissertation, Rutgers The State University of New Jersey, School of Graduate Studies).
- [21] Prathibha, M. S. (2019). China's DF-41 Ballistic Missile Deployment and the Impact on its Nuclear Deterrence. *Focus*, 13(4).
- [22] Chowdhury, I. A. (2018). A Tale of Missiles and Men. *Defence Journal*, 22(4), 11-12.
- [23] Davenport, K. (2018). North Korea Tests New Long-Range Missile. *Arms Control Today*, 48(1), 30-31.



Penulis



Arip Nurahman adalah dosen jurusan Pendidikan Fisika di Institut Pendidikan Indonesia, Jawa Barat. Lulus dari Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, dan Sarjana Pendidikan Fisika dari UPI Bandung. Dia memiliki minat penelitian pada bidang Pendidikan Fisika, AI, Komputasi Kuantum, dan Astrofisika (email: aripnurahman@institutpendidikan.ac.id).



Pandu Pribadi adalah dosen di STIT Muhammadiyah, Kota Banjar, Jawa Barat, Indonesia. Lulus dari Magister Pendidikan Fisika di Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Dia memiliki minat penelitian pada bidang Fisika-Astronomi, Elektronika & Robotika (email: pandupribadi2384@gmail.com).

