



## **KAJIAN SISTEM PERTAHANAN UDARA (SURFACE TO AIR MISSILE – SAM): IRON DOME SEBAGAI SISTEM PERTAHANAN UDARA BERLAPIS**

**Radhitya Danaputra, Yayat Ruyat, Marsono**

Prodi Teknologi Persenjataan, Fakultas Sains & Teknologi Pertahanan,  
Universitas Pertahanan Republik Indonesia

### **Abstrak**

Sistem pertahanan udara Israel terdiri dari tiga lapis, yaitu lapisan pertama Iron Dome, lapisan kedua David's Sling, dan lapisan ketiga adalah Arrow. Yang akan dibahas pada artikel ini adalah sistem pertahanan udara rudal SAM Iron Dome. Dalam kajian ini dikaji spesifikasi hingga sejarah pengalaman pengoperasian Iron Dome. Dalam kajian ini, sejarah operasi Iron Dome yang akan dikaji yaitu pada Operasi Pillar Of Defense tahun 2012, Operasi Protective Edge tahun 2014, serta Operasi Al Aqsa Flood tahun 2023. Pada ketiga operasi tersebut Iron Dome mampu mencegah dari hampir seluruh rudal yang ditembakkan oleh Hamas ke wilayah Israel. Meskipun ada beberapa rudal Hamas yang berhasil masuk ke wilayah Israel, Iron Dome ini tetap dianggap efektif dan berhasil pada Operasi Pillar of Defense 2012, Operasi Protective Edge 2014, serta Operasi Al Aqsa Flood 2023. Diharapkan kajian ini dapat bermanfaat karena salah satu faktor penting dalam pertahanan negara yang modern yaitu sistem pertahanan udara.

**Kata Kunci:** Balistik, Iron Dome, Pertahanan Udara, Rudal, Sistem Pertahanan Udara.

### **PENDAHULUAN**

Iron Dome merupakan rudal sistem pertahanan udara atau SAM (Surface to Air Missile) buatan Israel dengan jangkauan dari 4 hingga 70 km (Husain, 2013). Iron Dome ini digunakan untuk meng-counter atau mengintersepsi rudal, artileri, mortar, bahkan dapat menembak jatuh pesawat

musuh yang terbang pendek dengan rudal yang ditembakkan dari baterai. Iron Dome ini dikembangkan oleh Rafael Advanced Defense Systems yang bekerja sama dengan Elta Systems yang juga memproduksi radar dan mPrest yang juga berfungsi sebagai sistem komando dan sistem kontrol (command and control system) pada rudal Iron Dome

ini. Salah satu teknologi canggih atau kemampuan dari Iron Dome adalah kemampuannya untuk menghitung lintasan rudal musuh yang dilacak dan rudal ini tidak menembak rudal musuh yang diperkirakan jatuh di daerah yang tidak berpenduduk atau tidak ada pemukiman (Y. S. Shapir, 2012). Pada kondisi tertentu, Iron Dome menembakan rudal untuk mengintersepsi rudal musuh tujuannya adalah tidak hanya untuk menembak jatuh atau menghancurkan rudal musuh, tetapi Iron Dome ini dapat membelokkan rudal musuh yang masuk ke kawasan Israel yang berpenduduk, sistem yang seperti ini hampir mirip dengan flares atau decoy pada pesawat tempur (Davies & Lyon, 2014).

Sistem pertahanan udara Israel Iron Dome telah berhasil mencegah lebih dari 1.000 roket selama tiga kampanye militer, yaitu Operasi Pilar Pertahanan (Pillar Of Defense) pada tahun 2012, Operasi Protective Edge pada tahun 2014, dan Operasi Al Aqsa Flood pada tahun 2023. Teknologi seperti ini mungkin akan menjadi semakin banyak digunakan di kota-kota urban karena negara-negara ingin memperkuat kemampuan pertahanan udara mereka (Block, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji serta mendeskripsikan secara kompleks tentang rudal pertahanan udara atau SAM (surface to air missile) Iron Dome yang mencakup spesifikasi hingga ke pengalaman operasi dari rudal Iron Dome, sehingga kualitas, kekurangan, serta kelebihan dari Iron Dome ini dapat terkaji dan bermanfaat karena dalam peperangan modern, air defense atau sistem pertahanan udara sangatlah penting untuk mengamankan atau memproteksi objek-objek vital nasional suatu negara baik objek vital militer maupun sipil dari serangan rudal atau drone musuh. Sistem pertahanan udara yang maksimal sangat diperlukan

di era sekarang ini karena salah satu kemajuan teknologi tempur yang advance yaitu drone. Oleh karena itu salah satu cara untuk menangkis serangan drone musuh yang biasanya serangannya terbilang multiple bahkan simultan (serangan dalam jumlah banyak secara bersamaan) yaitu dengan menggunakan sistem pertahanan udara yang mumpuni.

## **METODE PENELITIAN**

Metodologi penelitian ini menggunakan Sistem kajian pustaka atau Literatur Review dengan mencari jurnal dan mengumpulkan data dengan kata kunci: Air Defense, Air Defense System, Ballistic, Iron Dome, Missile. Sumber-sumber tersebut adalah artikel yang sudah terpublish ke Google Scholar. Daftar pustaka dari artikel diperoleh dari beberapa artikel serta buku yang memiliki keterkaitan antar satu sama lain. Metode studi kepustakaan merupakan analisis terhadap buku-buku, literatur, catatan-catatan dan laporan-laporan yang relevan dengan permasalahan yang ingin dipecahkan (Nazir, 2009). Menurut (Hasibuan & Zainal, 2007) literature review merupakan suatu rangkuman yang berisi tentang teori, hasil temuan, dan sumber-sumber penelitian lainnya yang diperoleh dari referensi untuk digunakan sebagai dasar dalam melakukan penelitian.

Tinjauan pustaka ini menggunakan pendekatan sistematik literatur review (SLR) yang melibatkan identifikasi, penilaian dan interpretasi seluruh temuan yang berkaitan dengan topik diskusi dari berbagai sumber. Tinjauan sistematis adalah istilah yang digunakan untuk menyebut suatu metodologi penelitian tertentu, yang pengembangannya dilakukan untuk mencari, mengumpulkan, dan kemudian mengevaluasi penelitian yang berkaitan dengan fokus topik tertentu.

Tahapan metode SLR dijabarkan menjadi 3 tahap, yaitu : Perencanaan, secara tertulis mengacu pada permasalahan rumusan yang dijelaskan pada pendahuluan, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, data sekunder dapat diperoleh melalui studi literatur, artikel ilmiah terkait, implementasinya, penerapan metode SLR dapat membantu mencari sumber. Pada tahap pencarian sumber referensi atau literatur yang relevan dengan menggunakan kata kunci, pencarian jurnal yang menggunakan bahasa Inggris untuk jurnal internasional, sedangkan menggunakan bahasa Indonesia untuk jurnal nasional, reporting, tahap akhir dalam metode SLR dimana penulisan atau analisis hasil yang telah dicari akan dibuat dalam bentuk tulisan yang kemudian dilanjutkan pada pembahasan tinjauan pustaka ini.

Tinjauan literatur ini menganalisis dan mengidentifikasi artikel terkait sistem pertahanan udara Israel khususnya Iron Dome yang disaring dan dirangkum untuk memperkenalkan apa rudal Iron Dome dan bagaimana Sistem Pertahanan Udara Israel. Artikel yang digunakan dalam review ini meliputi kajian teoritis dan review yang dianggap relevan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sistem Pertahanan Udara Israel

Sistem pertahanan udara (air defends system) Israel menggunakan tiga sistem pertahanan rudal yang terintegrasi untuk melindungi wilayah Israel dari rudal jarak jauh, menengah, dan pendek, serta artileri. Pertahanan rudal bertingkat ini dilakukan dengan tujuan untuk menyediakan cakupan maksimum terhadap semua ancaman rudal yang mungkin terjadi di wilayah yang sedang bergejolak. Sistem pertahanan udara Israel dengan tiga lapis yaitu:

1) tingkat rendah – Iron Dome;

2) tingkat menengah - David's Sling;

3) tingkat atas - Arrow-2 dan Arrow-3.

### 1. Iron Dome

Iron Dome dirancang oleh Rafael Advanced Defense Systems dan Israel Aerospace Industries untuk mempertahankan wilayah Israel dari tembakan rudal jarak pendek, tembakan artileri, dan serta tembakan mortar yang ditembakkan oleh non-state actor (seperti Hizbullah Lebanon, Hamas, dan Palestinian Islamic Jihad yang beroperasi dari Jalur Gaza). Pengembangan sistem baru dimulai setelah Perang Lebanon Kedua pada tahun 2006, ketika jumlah roket dan peluru roket dan peluru artileri yang belum pernah terjadi sebelumnya ditembakkan ke Israel. Seperti yang diklaim oleh A. Kober, lebih dari 4.000 roket ditembakkan ke arah penduduk Israel utara, yang dipaksa untuk tetap tinggal di tempat penampungan serangan udara atau diungsikan. Pada tahun 2006, sistem pertahanan rudal Israel tidak dipersiapkan untuk menghentikan tembakan roket jarak pendek yang terus menerus (Multiple Launch Rocket System - MLRS) (Kober, 2008). Hal ini menciptakan rasa kerentanan di kalangan penduduk Israel dan memicu perdebatan tentang kebutuhan mendesak untuk mengembangkan solusi untuk permasalahan ini. Perdebatan ini sebenarnya dimulai setelah pelepasan dari Jalur Gaza pada tahun 2005. Selama dekade terakhir, tembakan roket dan mortar dari Jalur Gaza tetap menjadi ancaman yang paling sering terjadi terhadap keamanan warga sipil Israel, khususnya mereka yang berada di "Amplop Gaza" - daerah yang berpenduduk dalam jarak 7-10 km dari perbatasan. 7-10 km dari perbatasan Gaza. Sebagai tanggapan terhadap ancaman roket yang signifikan dari Lebanon selatan dan Jalur Gaza, program

untuk mengembangkan sistem pencegatan baru dimulai pada tahun 2007. Iron Dome dirancang untuk mencegah roket dan mortir dalam jangkauan antara 4 km dan 70 km. Rencana awal mengasumsikan bahwa satu baterai akan mencakup hingga 150 km persegi dari wilayah Israel. Dalam proyek ini, Israel mendapatkan bantuan dana yang signifikan dari Program bantuan militer Amerika. Menurut J.M. Sharp, Amerika Serikat telah memberikan lebih dari 1,6 miliar USD kepada Israel untuk produksi dan pemeliharaan Iron Dome (Berman, 2012). Dibutuhkan waktu kurang dari Butuh waktu kurang dari 5 tahun untuk baterai Iron Dome pertama beroperasi. Pada bulan April 2011, sistem ini berhasil mengintersepsi roket pertama yang ditembakkan oleh Hamas. Menurut J. Nagel dan J. Schanzer, sejak saat itu sistem ini telah mencegah dan menghancurkan lebih dari 1.500 roket jarak pendek dan mortir.

Hingga tahun 2020, sepuluh baterai Iron Dome telah ditempatkan secara strategis di sekitar Israel, masing-masing dilengkapi dengan radar medan perang, tiga atau empat peluncur stasioner, dan dua puluh pencegat Tamir. Baterai ini bersifat portabel dan dapat dikirim kembali ke lokasi tertentu jika kondisi keamanan berubah. Sebagian besar ditempatkan di dekat pusat-pusat kota besar dan di garis konfrontasi di perbatasan utara dan selatan. JM Sharp menyatakan bahwa Iron Dome versi angkatan laut juga digunakan untuk melindungi fasilitas gas alam lepas pantai Israel. Sistem ini dirancang untuk menembak pencegat hanya pada proyektil yang menimbulkan ancaman bagi daerah berpenduduk atau infrastruktur yang dilindungi karena buruknya akurasi roket lawan dan biaya yang relatif tinggi untuk menembakkan setiap rudal Tamir. Rudal Iron Dome tidak ditembakkan jika sistem

menentukan bahwa proyektil akan mendarat di area yang tidak berpenghuni. Namun, operator masih dapat memulai sistem peringatan dini (Zych, 2020).



**Gambar 1. Sistem Pertahanan Udara Iron Dome**

Sumber: (Israel Ministry of Defense, 2018)

## **2. David's Sling (Ketapel Nabi Daud)**

Sistem pertahanan udara SAM (surface to air missile) David's Sling (sebelumnya dikenal sebagai Magic Wand) adalah tingkat kedua dari system pertahanan udara berlapis Israel. Sistem pertahanan udara ini dikembangkan bersama oleh Rafael Advanced Defense Systems dan Raytheon untuk melawan rudal jarak menengah dan rudal jelajah yang ditembakkan dari jarak 40 km hingga 300 km, serta UAV dan pesawat terbang musuh. Sama halnya dengan proyek Iron Dome, Amerika Serikat telah menyumbangkan dana yang besar untuk pengembangan rudal David's Sling. Menurut laporan J.M. Sharp, pada tahun 2019 proyek ini telah menerima lebih dari 1,8 miliar USD dari bantuan militer Amerika Serikat. Pengembangan sistem ini dimulai pada tahun 2006 sebagai respons terhadap potensi kehilangan rudal. Tahun 2006 sebagai respons terhadap potensi ancaman rudal dari Lebanon, Suriah, dan Iran. David Sling dimaksudkan untuk menggantikan

system rudal pertahan udara Patriot dan MIM-23 Hawk AS yang sudah tua. Setelah beberapa tahun pengujian, baterai pertama dikerahkan pada tahun 2017 dan sistem ini dinyatakan beroperasi. Pada 23 Juli 2018, sistem ini diaktifkan untuk pertama kalinya setelah dua rudal ditembakkan dari Suriah. Komandan batalion David's Sling menyatakan dalam sebuah wawancara pers bahwa "baterai rudal pencegat dan radar tidak dikerahkan dekat dengan daerah atau kota yang dilindungi, karena amplop perlindungan sistem David's Sling bersifat nasional. Oleh karena itu, sistem ini dapat mencakup seluruh wilayah Israel dan mengisi kesenjangan antara kemampuan jarak pendek Iron Dome dan pertahanan rudal jarak jauh yang disediakan oleh sistem pertahanan udara Arrow missile. Meskipun belum sering diuji dalam pertempuran seperti Iron Dome, ulasan awal adalah positif. Seperti yang diklaim oleh produsennya, rudal Stunner yang digunakan sebagai pencegat untuk David's Sling telah terbukti mencegah dan berhasil menghancurkan 92% rudal jarak pendek rudal balistik jarak pendek dan jenis roket kaliber tinggi yang ada di seluruh dunia.



**Gambar 2. Sistem Pertahanan Udara Israel David's Sling**

Sumber: (Israel Ministry of Defense, 2018)

Sistem pertahanan udara Arrow adalah system rudal SAM yang berada pada tingkat paling atas (benteng pertama) pada system pertahanan udara Israel. Tak lama sebelum serangan Scud Irak 1991, yang telah dijelaskan sebelumnya tentang Iron Dome dan David's Sling, pengembangan sistem rudal ini dimulai. Setelah Perang Teluk Pertama, sistem pertahanan rudal anti-rudal balistik Arrow pertama pertama diluncurkan setelah uji coba tempur pada tahun 1990. Pada tahun 1995, Israel Aerospace Industries dan Boeing Amerika memproduksi dan menguji versi baru dari sistem ini, yang dikenal sebagai Arrow-2, yang memiliki kemampuan untuk mencegah rudal balistik jarak jauh dan menengah. Arrow-2 telah mulai beroperasi pada tahun 2000 dan ditempatkan di Israel tengah. Menurut sumber dari Israel, sistem ini menandai debut operasionalnya pada 17 Maret 2017, ketika sistem ini berhasil mencegah rudal SA-5 Suriah (meskipun pada awalnya tidak dirancang untuk mencegah/mengintersepsi rudal anti-pesawat) (Rubin, 2017). Versi terbaru dari sistem ini, yang diberi nama Arrow-3, dinyatakan beroperasi pada tahun 2017 dan berfungsi sebagai lapisan teratas dari susunan system pertahanan rudal Israel, dengan jangkauan terbang lebih dari 2.400 km. Menurut pernyataan Kementerian Pertahanan Israel, kemampuan Arrow-3 memungkinkannya untuk mencegah rudal balistik jarak jauh dan ketinggian yang lebih tinggi, dibandingkan dengan versi sebelumnya. Program Arrow telah didanai bersama oleh AS sejak tahun 1990-an, menyediakan lebih dari 3,5 miliar USD untuk proyek ini.

### **3. Arrow Missile Defense System**



**Gambar 3. Sistem Pertahanan Udara Rudal Arrow Israel**

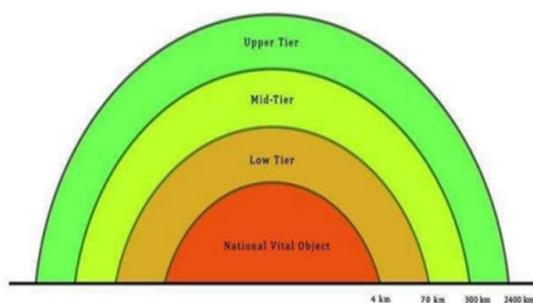
Sumber: (Missile Threat CSIS Missile Defense Project, 2021)

Ketiga elemen pertahanan udara tersebut digabungkan untuk menciptakan perisai (payung udara) berlapis yang hampir tidak dapat ditembus, yang dianggap sebagai salah satu sistem pertahanan rudal yang paling kompleks dan berteknologi maju di dunia. Seperti yang ditunjukkan di atas, Iron Dome, David's Sling, serta Arrow-2 dan Arrow-3 yang saat ini digunakan, yang dilengkapi dengan baterai Patriot yang masih tersisa, memungkinkan Israel mempertahankan wilayahnya dari ancaman roket dan rudal dalam jarak antara 4 km hingga 2.400 km. Paradoksnya, roket jarak pendek (short range ballistic missile "SRBM") dan peluru mortir masih menjadi masalah yang belum terselesaikan. Meskipun mampu mencegat roket jarak pendek dalam waktu sekitar 15 detik, sistem Iron Dome belum bisa mengintersepsi roket

jarak sangat pendek dan peluru mortir yang sering ditembakkan dari Jalur Gaza ke arah kota-kota dan pemukiman pedesaan yang berdekatan dengan perbatasan. Jarak antara jalur dan lokasi terdekat yang dapat dijangkau oleh peluncur rudal musuh kurang dari 2 km, yang berarti waktu untuk merespons tidak selalu cukup lama untuk mendeteksi ancaman dan mengaktifkan rudal Iron Dome. Perkembangan pesat sistem peringatan dini yang tepat dan langkah-langkah pertahanan sipil selama dekade terakhir hanya memberikan solusi sementara untuk masalah ini (Zych, 2018). Karena alasan ini, pada tahun 2014 sebuah tim industri pertahanan Israel dilaporkan memulai sebuah proyek baru yang bertujuan untuk mengisi kesenjangan tingkat terendah dalam sistem pertahanan udara. Sistem Senjata Laser Energi Tinggi (High Energy Laser Weapon System - HELWS), yang awalnya diberi nama sandi Iron Beam seharusnya menggunakan teknologi laser solid-state untuk melacak dan menghancurkan roket, mortir, dan UAV dalam jangkauan hingga 10 km. HELWS ini termasuk dalam kategori senjata modern DEW (Direct Energy Weapon). Menurut siaran pers IMDO dari Januari 2020, proyek bersama Israel-Amerika telah diluncurkan dengan tujuan untuk mengembangkan senjata laser berbasis darat (pelengkap Iron Dome) serta sistem laser yang dipasang di kendaraan bergerak (mobile combat vehicle) dan sistem laser di udara yang dapat melindungi area yang lebih luas dan dapat mem-back up pasukan Infanteri yang bergerak di daratan. Meskipun produksi HELWS tergolong mahal, biaya pengoperasiannya akan jauh lebih murah dibandingkan dengan Iron Dome. Meskipun Kementerian Pertahanan baru-baru ini mengumumkan terobosan dalam pengembangan teknologi anti-roket laser, kemampuan sistem baru ini

belum didemonstrasikan, serta tanggal penerapannya masih belum diketahui.

Untuk memberikan cakupan maksimal terhadap semua kemungkinan ancaman rudal musuh di wilayah yang rentan terhadap ancaman tersebut, sistem pertahanan udara berlapis seperti ini sangatlah penting. Menurut (Zych, 2020), sistem pertahanan saat ini terdiri dari tiga lapisan pertahanan utama yaitu Low Tier (tingkat rendah), Mid-Tier (tingkat menengah), dan High Tier (tingkat tinggi). Zona tingkat rendah berjarak 4 hingga 70 km dan dimaksudkan untuk mencegah roket jarak pendek dan mortir dengan menggunakan Iron Dome. Zona tingkat menengah dari sistem pertahanan udara berlapis mampu mencegah rudal jarak menengah dan rudal jelajah dari 40 hingga 300 km, serta pesawat pesawat terbang dan UAV yang ditingkat ini menggunakan David's Sling. Zona lapisan paling atas memiliki kemampuan untuk mencegah rudal balistik jarak menengah hingga jarak jauh. Cakupan area ini dapat mencapai dari 300 km hingga 2400 km yang sistem ini menggunakan Arrow Missile baik Arrow-2 maupun Arrow-3 (Iman et al., 2023). Berikut ini adalah ilustrasi sistem pertahanan udara berlapis:



**Gambar 4. Sistem Pertahanan Udara Berlapis.**

Sumber: (Iman et al., 2023)

### **Pengembangan Rudal SAM Iron Dome**

Dimulai sebagai ide oleh Administrasi Kementerian Pertahanan

Israel untuk Pengembangan Senjata dan Infrastruktur Teknologi (MAFAT), yang bekerja sama dengan Organisasi Inisiatif Pertahanan Strategis AS (Eilam) pada akhir Perang Dingin. Organisasi Inisiatif Pertahanan Strategis (Gutfeld, 2017). Namun, karena sistem pertahanan rudal Patriot Amerika tidak berhasil selama Perang Teluk Persia (1991), ide pengembangan pertahanan rudal pencegat itu ditinggalkan. MAFAT mulai melakukan pengembangannya sejak Israel ditarik dari Gaza dikarenakan serangan rudal yang intens di daerah Israel Selatan yang berasal dari Hamas, inisiatif ini juga berasal dari PM Israel yaitu Ariel Sharon pada bulan Agustus tahun 2005 (Slesinger, 2022).

Iron Dome adalah system pertahanan udara bergerak (mobile) yang dapat melindungi wilayah negara dari ancaman rudal musuh terutama rudal jarak pendek (short-range missile). Iron Dome mampu mengatasi serangan yang simultan sekaligus (serangan dalam jumlah banyak diwaktu yang sama). Selain itu, Iron Dome merupakan rudal system pertahanan udara pertama di dunia untuk mencegah/mengintersepsi serangan rudal jarak pendek dan UAV (drone).

Pengembangan Iron Dome dimulai pada tahun 2007 dan mulai beroperasi pada bulan Maret tahun 2011. Tak lama kemudian pada tanggal 7 April 2011, system pertahanan rudal ini melakukan pencegahan operasional pertamanya terhadap sebuah roket yang ditembakkan dari Jalur Gaza ke kota Ashkelon, Israel. Sejak saat itu, kemampuan Iron Dome telah diuji secara konsisten, dan Iron Dome telah berhasil mencegah roket yang tak terhitung jumlahnya menghantam wilayah Israel. Selama Operasi Pillar Of Defense pada tahun 2012 dan Operasi Protective Edge pada tahun 2014, tingkat keberhasilan Iron Dome mencapai 90% dan kemampuannya terus meningkat seiring berjalannya waktu. Hasilnya, pada tahun

2012, Iron Dome dianugerahi penghargaan bergengsi Israel Defense Prize.

Amerika Serikat menjadi partner bagi Israel dalam pengembangan rudal Iron Dome ini, dan terus melakukan pengembangan dengan Israel hingga saat ini. IMDO (Israel Military Defense Organization) memimpin pengembangan Iron Dome, dengan Rafael Advance Defense System adalah kontraktor utamanya, Bersama dengan Elta of the Israel Aerospace Industry (IAI), dan mPrest Israel.

### **Analisa Sistem Pertahanan Udara**

Keberhasilan terbesar Iron Dome terjadi selama Operasi Pillar of Defense pada November 2012. Operasi dimulai pada sore hari tanggal 14 November 2012 yang berhasil menewaskan Ahmed Jabari, yaitu anggota senior dari Hamas. Pada malam hari tanggal 21 November 2012, gencatan senjata akhirnya diberlakukan.

Pada tahun Operasi Pillar Of Defense, 1.506 roket telah ditembakkan ke Israel; 875 di antaranya jatuh di daerah terbuka (non pemukiman), sehingga Iron Dome tidak dapat mencegahnya karena system dari Iron Dome ini adalah hanya menembak rudal atau artileri musuh yang akan jauth di wilayah yang berpenduduk. Sebanyak 152 peluncuran lainnya dianggap sebagai peluncuran yang gagal, yang mungkin menunjukkan roket Hamas yang jatuh di Jalur Gaza. Iron Dome dapat mencegat 421 roket, dan 58 roket jatuh di daerah pemukiman. Roket Hamas menyebabkan enam orang Israel tewas, yaitu dua personil militer dan 4 warga sipil serta 240 lainnya luka-luka. Serangan yang paling serius yaitu pada 15 November di Kiryat Malachi yang dimana tiga warga sipil terbunuh karena rudal hamas (Y. S. Shapir, 2012). Menurut juru bicara IDF, Iron Dome

mencapai tingkat keberhasilan sebesar 84 % 10.

Dalam operasi Pilar Of Defense, telah membuktikan kemampuan dari Iron Dome. Operasi ini menunjukkan betapa pentingnya pertahanan pasif, terutama penggunaan sirene untuk peringatan dini dan perlindungan pasif lainnya. Salah satu contoh yang paling menonjol adalah ketika sebuah roket menghantam sebuah gedung perumahan di Rishon Lezion, menghancurkan sebuah apartemen, tetapi warga yang tinggal di dalamnya yang terlindungi oleh gedung selamat. Hasil operasi juga menunjukkan bahwa perlindungan hingga 100% merupakan hal yang hampir mustahil (Y. S. Shapir, 2013).

Pada operasi Protective Edge, data yang didapat lebih variatif daripada data dari Pillar of Defense. Seorang ahli pertahanan Israel mengatakan bahwa selama lima puluh hari perang, terdapat 4.591 roket dan mortir ditembakkan ke Israel, 190 di antaranya meledak atau mendarat di Gaza, menyisakan 4.394 roket yang benar-benar mendarat di Israel. Dari jumlah roket ini, 3.434 mendarat di "ruang terbuka", yaitu di wilayah yang tidak berpenghuni atau wilayah kosong yang tidak ada pemukiman atau fasilitas yang lainya.

Dari 960 rocket yang ditembakkan ke wilayah Israel, Iron Dome berhasil mencegat (mengintersepsi) sebanyak 735 rocket serta menyisakan 225 sisanya dari rocket-rocket tersebut. Dari 225 rocket yang tersisa tersebut, Iron Dome tetap menembakan rudal tamirnya untuk mengintersepsi rocket-rocket tersebut namun tidak yang tidak kena sebanyak 70 rocket 55, serta pada 155 rocket yang lainya tidak dicegat oleh Iron Dome karena tidak jatuh di wilayah pemukiman atau objek vital lainya (Kattan, 2018).

**Tabel 1. Perbandingan Operasi Pillar of Defense, Operasi Protective Edge, dan Operasi Al Aqsa Flood.**

	Pillar Of Defense 2012	Protective Edge 2014	Operation Al Aqsa Flood 2023
Rockets/Mortars Fired	1.506	4.591	3000
Rockets Intercepted	421	735	2000
% Success Rate	84%	90%	90%
Deaths	6	2	1200
Injuries	240	N/A	2000
Cost	\$30 Juta	N/A	\$40 Juta - \$100 Juta

Sumber: (Kattan, 2018) & (Byman et al., 2023)

Dalam laporan lain mengklaim bahwa Iron Dome hanya mampu mencegat 5 persen dari semua roket yang ditembakkan ke Israel selama Operasi Pilar Pertahanan pada November 2012, jauh berbeda dengan 87 persen tingkat keberhasilan yang dibanggakan oleh Israel. Klaim utama di sini adalah bahwa Iron Dome tidak berhasil mengenai hulu ledak (warhead) roket musuh dan menembaknya dari langit, sebuah kesimpulan yang dicapai terutama dari analisis rekaman video saat proses intersepsi/pencegatan. Menurut penulis laporan itu, sebagian besar ledakan tampak bulat, yang mengindikasikan bahwa hulu ledak rudal pencegat Iron Dome meledak, dan bahwa ini bukan ledakan sekunder dari hulu ledak roket Hamas. Jika tidak, mereka berpendapat, akan ada dua ledakan terlihat, atau setidaknya sesuatu yang tidak simetris. Mereka juga mengidentifikasi rudal pencegat Iron Dome meledak tak lama setelah mereka berbelok tajam. Menurut mereka, ini adalah lintasan yang telah diprogram dan bukan mengejar target. Para penulis juga mengutip laporan Otoritas Pajak Properti yang menunjukkan bahwa 3.200 klaim dibuat untuk kerusakan yang disebabkan oleh roket, serta laporan dari distrik selatan Kepolisian

Israel bahwa 109 roket jatuh di daerah-daerah yang berpemukiman, yang hampir dua kali lipat dari 58 roket yang dilaporkan oleh IDF (Y. Shapir, 2022).

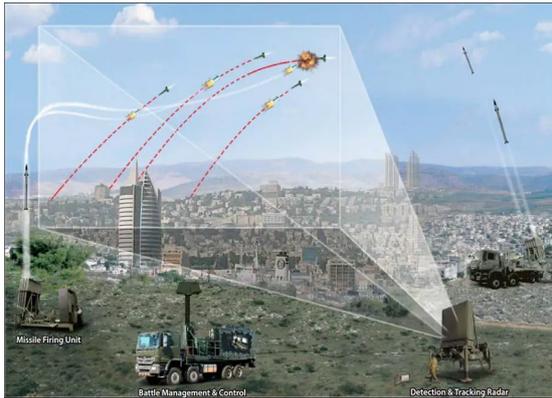
Perbandingan data dari perang Lebanon kedua pada tahun 2006 (ketika Iron Dome belum tersedia) dan Operasi Protective Edge memperlihatkan bahwa pada tahun 2006, sekitar 4000 roket Hizbullah mengenai wilayah Israel yang menewaskan 53 warga Israel 10. Sedangkan pada Operasi Protective Edge, setidaknya sekitar 3360 roket ditembakkan dari Gaza 11, yang dimana serangan ini menewaskan dua warga Israel. Selain itu, pada tahun 2006 terdapat 30.000 asuransi mengkalim kerusakan (sekitar tujuh kerusakan diklaim dari tembakan roket), sementara pada perang Gaza di tahun 2014, diperkirakan sekitar 2400 klaim kerusakan dilaporkan 12. Kritik terhadap sistem pertahanan udara Iron Dome perlu memperhitungkan tingkat korban sipil dan klaim asuransi yang jauh lebih tinggi selama perang tahun 2006 ketika Iron Dome belum beroperasi. Klaim bahwa rendahnya korban sipil selama operasi Protective Edge merupakan hasil dari langkah-langkah pertahanan sipil adalah tindakan yang tidak persuasif, karena langkah-langkah ini juga diterapkan pada tahun 2006 ketika lebih banyak lagi korban yang terbunuh oleh jenis roket yang sama (Landau & Bermant, 2014).

**Spesifikasi Rudal Iron Dome**  
**Tabel 2. Spesifikasi Rudal Iron Dome**

Negara Pengguna	Israel & Amerika Serikat
Negara Asal (pembuat)	Israel
Mulai Beroperasi	2011
Jumlah Rudal per baterai	20
Panjang Rudal	3 m
Diameter Rudal	0,16 m
Berat (massa) Rudal	90 kg
Tipe Warhead (hulu ledak)	Fragmentasi
Jarak Tembak	4 - 70 km

Radar	Detection & Tracking Radar EL/M-2084
Sensor	Elektro – Optik (EO)
Tipe	Sistem rudal pertahanan udara dari rudal jarak pendek & artileri
Sistem Pengoperasian	BMC (battle management/weapon control system)

Sumber: (NEXT IAS Content Team, 2023)



**Gambar 4. Sistem Pertahanan Udara Iron Dome**

Sumber: (RAFAEL Advanced Defense Systems, n.d.)

**Iron Dome Battery:**

Iron Dome memiliki tiga komponen utama, yaitu radar pendeteksi dan pelacakan, manajemen pertempuran atau battle management (BMC), dan system control senjata (weapon control system). Missile Firing Unit (MFU) memiliki dua puluh peluncur kontainer yang siap digunakan, masing-masing tiga peluncur per baterai. Sistem radar EL/M-2084 telah dikembangkan oleh perusahaan pertahanan Israel, yaitu Elta. Sedangkan sistem kontrol telah dibangun oleh perusahaan perangkat lunak Israel, yaitu mPrest Systems, yang bekerja sama dengan Rafael.

**Missile (rudal):**

Rudal yang diluncurkan oleh unit penembakan Iron Dome adalah rudal pencegat Tamir. Rudal ini memiliki beberapa sirip kemudi untuk kemampuan manuver yang tinggi dan dilengkapi dengan sensor elektro-optik.

Rudal pencegat Tamir dirancang untuk efisiensi tinggi dengan biaya yang rendah. Rudal ini menggunakan elemen-elemen yang telah terbukti dalam desain Rafael lainnya dan menggunakan komponen-komponen baru yang dirancang untuk rudal lain dalam hulu ledak (warhead) khusus yang dapat meledakkan target apa pun di udara dalam hitungan detik. Rudal Tamir memiliki panjang 3 m, berat 90 kg, dan berdiameter 160 mm.

**Mobilitas:**

Komponen baterai Iron Dome biasanya diangkut dengan kendaraan 6x6 dan dapat dengan cepat ditempatkan pada posisi untuk melindungi target infrastruktur strategis, seperti pusat populasi sipil (pemukiman), atau target militer utama dan objek vital nasional. Setiap baterai Iron Dome memiliki 20 rudal pencegat, yang semuanya dapat menyerang target yang berbeda pada saat yang bersamaan (simultan).

**Pengoperasian saat tempur:**

Radar Iron Dome mendeteksi dan mengidentifikasi peluncuran rudal musuh atau peluru artileri dan memonitor lintasannya. Data target dikirim ke Manajemen Pertempuran & Kontrol Senjata (BMC) untuk diproses. Lintasan ancaman dengan cepat dianalisis dan dititik tumbukan dengan diperkirakan. Jika perkiraan lintasan rudal musuh menimbulkan ancaman kritis, perintah diberikan dalam hitungan detik dan rudal pencegat tamir diluncurkan untuk mengintersepsi ancaman. Rudal pencegat menerima pembaruan lintasan dari BMC melalui komunikasi uplink. Rudal pencegat mendekati target dan menggunakan pencari radarnya untuk mendapatkan target dan memandu rudal pencegat dalam jarak yang dekat. Hulu ledak (warhead) target diledakkan di atas area netral, sehingga mengurangi kerusakan

tambahan pada area yang dilindungi seperti pemukiman. Iron Dome mampu mencegat dan menghilangkan berbagai ancaman seperti peluru mortir melalui Qassam Hamas, roket Katyusha Hizbullah, dan bahkan roket Fajr yang dipasok oleh Iran ke Hizbullah dan Hamas. Selain perannya sebagai sistem C-RAM (Counter Rocket Artillery and Mortars), Iron Dome juga dapat menyediakan pertahanan gabungan C-RAM dan Pertahanan Udara Jarak Pendek (Very Short Range Air Defense - VSHORAD) untuk pangkalan udara, area pementasan militer, serta cakupan untuk unit-unit manuver di area tanggung jawab korps, divisi, dan brigade untuk melindungi elemen-elemen yang tidak bergerak maupun yang bergerak seperti pos-pos komando, unit-unit penembak artileri, konsentrasi pasukan, dan lain-lain. Satu baterai Iron Dome diperlukan untuk melindungi area perkotaan seluas sekitar 150 km persegi dari rudal musuh yang ditembakkan pada jarak 15 km, dengan area yang dipertahankan bertambah jika rudal musuh ditembakkan dari jarak yang lebih jauh.



**Gambar 5. Missile Firing Unit (MFU), Rudal Tamir, Radar, dan BMC pada Iron Dome.**

Sumber: (RAFAEL Advanced Defense Systems, n.d.)

#### **Kekurangan:**

Efektivitas Iron Dome dipertanyakan di tengah konflik Israel-Hamas. Pasukan Pertahanan Israel (IDF) melaporkan bahwa sekitar 2.200 roket

diluncurkan ke arah Israel Selatan dan Israel Tengah yang mungkin telah membuat sistem ini kewalahan sehingga tidak dapat mencegat rudal-rudal tersebut di wilayah-wilayah yang padat penduduknya.

Beberapa keterbatasannya adalah sebagai berikut:

- **Biaya:** Biaya Iron Dome terbilang mahal dari segi pengembangannya, pengoperasiannya, serta biaya perawatannya.
- **Jarak yang terbatas:** Rudal ini dirancang untuk mencegat roket jarak pendek (short-range missile) dan peluru artileri. Rudal ini tidak efektif terhadap rudal balistik jarak jauh (long range ballistic missile).
- **Intersepsi yang terbatas:** Rudal ini belum mampu mengintersepsi rudal jarak pendek yang ditembakkan dari jarak yang dekat.
- **Ancaman tembakan yang multiple & simultan:** Ketika menghadapi rentetan tembakan roket atau peluru artileri yang masuk secara beruntun, banyak diwaktu yang bersamaan, Iron Dome mungkin kesulitan untuk mencegat semuanya secara bersamaan. Sistem ini dapat memprioritaskan target berdasarkan lintasan dan tingkat ancamannya, sehingga beberapa ancaman rudal atau artileri musuh mungkin dibiarkan oleh system Iron Dome.

#### **SIMPULAN**

Berdasarkan catatan dari Operasi Pillar of Defences dan Operasi Protective Edge, Iron Dome merupakan sistem pertahanan udara yang terbilang efektif sebagai lapis pertama atau benteng terakhir pertahanan udara

Israel yang dapat menangkap atau mengintersepsi rudal-rudal jarak pendek. Salah satu keunggulan dari Iron Dome ini adalah mampu menembakkan rudal pencegat Tamir dari beterainya secara simultan atau dapat menembakkan rudal langsung dengan jumlah yang banyak dalam waktu yang bersamaan dengan target yang dapat diincar lebih dari satu rudal musuh. Terlebih sensor pada Iron Dome ini menggunakan EO (Elektro Optical) yang dapat meningkatkan akurasi rudal dengan sistem pelacakan atau radarnya yaitu menggunakan radar Detection & Tracking Radar EL/M-2084 buatan Elta System. Dengan menggunakan sistem pengoperasian BMC (battle management control / weapon control system) dapat memperkecil persentase terjadinya eror pada Iron Dome.

Meskipun demikian, Iron Dome masih memiliki beberapa kekurangan, diantaranya yaitu sistem ini memiliki intersepsi yang terbatas yaitu Dimana Iron Dome ini tidak terlalu efektif untuk mencegah artileri dan mortar musuh serta belum mampu untuk mencegah rudal jarak pendek (SRBM – Short Range Ballistic Missile) yang ditembakkan dari jarak yang dekat. Selain itu, rudal pada Iron Dome memang sudah di setting untuk rudalnya tidak meledak sampai benar-benar impact mengenai rudal musuh, namun rudal tersebut meledak pada jarak yang dekat dengan musuh yang dimana rudal pada Iron Dome ini salah satu sistemnya adalah dengan memanfaatkan fragmentasi dari ledakan rudal Tamir tersebut, sehingga diharapkan fragmentasi itu dapat merusak dan membuat rudal musuh menjadi meledak saat diudara. Tentu hal ini dapat menimbulkan kekurangan, yaitu apabila rudal Tamir pada Iron Dome tersebut walaupun meledak didekat rudal musuh, apabila fragmentasinya belum dapat merusak rudal musuh, maka bisa dikatakan hal

tersebut adalah miss (tidak kena sasaran), dikarenakan hal inilah sistem Iron Dome memiliki sistem simultan dalam meluncurkan rudal pencegat, sehingga apabila rudal musuh belum rusak atau masih aktif diudara setelah terkena ledakan dan fragmentasi dari rudal pencegat sebelumnya, maka rudal Tamir yang lainnya dapat mengincar dan mencegah rudal musuh tersebut.

Untuk mengatasi artileri dan mortar musuh yang Iron Dome kurang dapat mencegatnya, Israel berencana mengembangkan DEW (Directed Energy Weapon) terutama senjata laser atau High Energy Laser. High Energy Laser tersebut diharapkan mampu mencegah atau merusak artileri dan mortar musuh saat sedang berada diudara. Selain itu, untuk dapat mengatasi tembakan artileri dan mortar musuh dapat dengan menggunakan C-RAM (Counter Rocket Artillery and Mortars) yang menggunakan amunisi 20 mm HEIT-SD (High Explosive Incendiary Tracer – Self-Destructive). Dengan demikian, maka pertahanan udara akan semakin rapat dan sulit untuk ditembus.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih kami ucapkan kepada Menteri Pertahanan Republik Indonesia dan Rektor Universitas Pertahanan Republik Indonesia yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk dapat menempuh pendidikan S2 Ilmu Pertahanan prodi Teknologi Persenjataan. Terimakasih juga kami ucapkan kepada Ketua program studi Teknologi Persenjataan Universitas Pertahanan Republik Indonesia, seluruh staf, dan para dosen pada Program Magister Teknologi Persenjataan Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Terimakasih kami ucapkan yang sebesar-sebesarannya kepada para dosen pembimbing kami yang telah senantiasa membimbing, mendukung, serta mengajarkan kepada

kami ilmu yang sangat bermanfaat terutama ilmu persenjataan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Berman, L. (2012). Israel's Iron Dome: Why America is investing hundreds of millions of dollars. *American Enterprise Institute*.
- Block, J. (2017). A laws of war review of contemporary land-based missile defence system 'Iron Dome.' *Scientia Militaria*, 45(2). <https://doi.org/10.5787/45-2-1207>
- Byman, D., McCabe, R., Palmer, A., Doxsee, C., Holtz, M., & Duff, D. (2023, December 19). *Hamas's October 7 Attack: Visualizing the Data*. CSIS Center For Strategic & International Studies.
- Davies, A., & Lyon, R. (2014). Ballistic missile defence: How soon, how significant, and what should Australia's policy be? *Australian Strategic Policy Institute*.
- Gutfeld, A. (2017). From 'Star Wars' to 'Iron Dome': US support of Israel's Missile Defense systems. *Middle Eastern Studies*, 53(6), 934-948. <https://doi.org/10.1080/00263206.2017.1350844>
- Hasibuan, Ph. D., & Zainal, A. (2007). *Metodologi Penelitian pada Bidang Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi; Konsep, Teknik, dan Aplikasi*.
- Husain, H. (2013). IRON DOME counter-rocket, artillery and missile (C-RAM) system. Doubts over success of Israel's antimissile system. *Defence Journal*, 16(9).
- Iman, K. F., Triharjanto, R. H., & Ruyat, Y. (2023). Comparative Analysis Of A Multi-Layered Weapon System For City Air Defense In The Modern Warfare. *International Journal Of Humanities Education And Social Sciences (IJHESS)*, 3(3), 1351-1361.
- Israel Ministry of Defense. (2018). *IMDO - Israel Missile Defense Organization*. Israel Ministry of Defense.
- Kattan, A. (2018). Future Challenges for Israel's Iron Dome Rocket Defenses. *Center for International & Security Studies, U. Maryland*.
- Kober, A. (2008). The Israel defense forces in the Second Lebanon War: Why the poor performance? *Journal of Strategic Studies*, 31(1), 3-40. <https://doi.org/10.1080/01402390701785211>
- Landau, E. B., & Bermant, A. (2014). Iron Dome Protection: Missile Defense in Israel's Security Concept. *The Lessons of Operation Protective Edge*, ResearchGate, 37-42.
- Missile Threat CSIS Missile Defense Project. (2021, July 23). *Arrow 2 (Israel)*. Missile Threat CSIS Missile Defense Project.
- Nazir, M. (2009). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- NEXT IAS Content Team. (2023, October 25). *Iron Dome Missile Defence System: Technology, Limitations and Way Forward*. [www.Nextias.Com](http://www.nextias.com).
- RAFAEL Advanced Defense Systems. (n.d.). *Iron Dome Rafael*. [www.Rafael.Co.il](http://www.Rafael.Co.il).
- Rubin, U. (2017). Arrow Intercepts a Syrian Missile: Technological, Operational, and Political Aspects. *Begin-Sadat Center for Strategic Studies*, 437, 1-2.
- Shapir, Y. (2022). How Many Rockets Did Iron Dome Shoot Down? . *Institute for National Security Studies (INSS)*.
- Shapir, Y. S. (2012). Iron Dome: The Queen of Battle. *In the Aftermath of Operation Pillar of Defense*, INSS Memorandum, 124, 45.
- Shapir, Y. S. (2013). Lessons from the Iron Dome. *Military and Strategic Affairs*, 5(1), 81-94.
- Slesinger, I. (2022). A strange sky: Security atmospheres and the technological management of geopolitical conflict in the case of Israel's Iron Dome. *The Geographical Journal*, 188(3), 429-443. <https://doi.org/10.1111/geoj.12444>
- Zych, J. (2018). Obrona cywilna a bezpieczeństwo współczesnego państwa - na przykładzie Izraela. *Współczesna Wielowymiarowość Bezpieczeństwa Narodowego*, 61-100.
- Zych, J. (2020). The development of the Israeli national missile defense concept. *Kwartalnik "Bellona"*, 701(2), 75-88. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.4757>