

Teknologi pemintas tidak lagi jamin keselamatan

Bersama [Professor Madya Ts Dr Muhammad Hanafi Azami](#)



PERANG ISRAEL-IRAN.

Konflik Iran-Israel meresahkan dunia dan dijangka akan merencatkan rundingan teknologi nuklear. Ini bukan kali pertama Tel Aviv menyerang Tehran, malah tahun lepas sudah pun ramai barisan tertinggi tentera Iran dan saintis terkorban.

Serangan Jumaat lalu membuka episod serangan balas Iran terhadap bandar Israel seperti Tel Aviv, Haifa dan lain-lain bandar strategik utama. Pelbagai sistem pertahanan udara Israel cuba menangkis hujan peluru-peluru berpandu Iran.

Teknologi Iron Dome, David's Sling dan sistem Arrow adalah sistem pertahanan udara pelbagai spektrum untuk memintas pelbagai jenis peluru berpandu. Setiap satunya berfungsi pada tahap pertahanan yang berbeza dari segi julat jarak dan jenis peluru berpandu yang ingin dipintasnya.

Iron Dome

Iron Dome adalah sistem pertahanan udara lapisan bawah yang memintas dan menangkis ancaman jarak pendek termasuk roket, peluru artileri, dan motar buatan sendiri atau komersial.

Sistem ini ditempatkan secara strategik di sekitar bandar utama dan infrastruktur penting seperti bangunan kerajaan, loji minyak, makmal nuklear dan lain-lain. Iron Dome beroperasi dengan tiga komponen utama yang bekerja secara bersepadu seperti radar pengesanan, sistem pengurusan pertempuran dan kawalan (BMC) dan unit peluru pemintas. Radar pengesanan dilengkapi dengan radar canggih (biasanya Elta EL/M-2084 Multi-Mission Radar) yang sentiasa menjejaki objek di udara. Apabila roket atau peluru lain dilancarkan, radar ini akan mengesannya dan segera menjejaki trajektori (laluan penerbangan) objek tersebut. Radar ini berkesan dalam julat antara 4 km hingga 70 km (2.5 hingga 43.5 batu).

Komponen kedua adalah Sistem Pengurusan Pertempuran dan Kawalan (BMC). Data trajektori diterima dari radar dihantar ke unit BMC. BMC adalah seperti 'otak' Iron Dome. Ia menganalisis data dengan pantas untuk menentukan jenis ancaman (roket, motar atau lain-lain) dan titik impak. Melalui ciri pintar BMC, Iron Dome bersifat selektif untuk melakukan pintasan. Ini penting untuk menjimatkan peluru pemintas Tamir yang mahal (setiap satu dianggar berharga sekitar \$AS40,000- \$AS50,000). Ia hanya akan bertindak balas terhadap ancaman yang benar-benar menuju ke arah kawasan berpenduduk atau infrastruktur penting sahaja. Komponen ketiga Unit Pelancar Peluru Pemintas (*Tamir Interceptor Missile*). Jika BMC mengesahkan ancaman dan menentukan ia perlu dipintas maka arahan dihantar ke unit pelancar. Peluru pemintas Tamir dua peringkat (elektro-optik dan fin bergerak) dilancarkan secara menegak. Ia juga dilengkapi dengan kepala peledak letupan serpihan (*proximity fuse blast warhead*) yang direka untuk meletup berhampiran sasaran, memusnahkannya di udara. Tamir dilengkapi penerima inframerah untuk mengunci sasaran.

Laporan mendakwa Iron Dome mempunyai kadar kejayaan pintasan lebih daripada 90% terhadap roket disasarkan ke kawasan berpenduduk sejak mula beroperasi pada 2011. Iron Dome direka untuk beroperasi pada waktu siang dan malam, serta dalam pelbagai keadaan cuaca termasuk awan rendah, hujan, ribut debu, dan kabus. Komponen Iron Dome adalah bermobil, membolehkan bateri dipindah dan ditempatkan semula untuk melindungi kawasan yang berbeza mengikut keperluan.

David's Sling

David's Sling, juga dikenali sebagai *Magic Wand* atau 'Kela David' direka untuk memintas ancaman dalam kategori jarak sederhana hingga jauh, biasanya dari 40 hingga 300 km (25 hingga 190 batu). Ini termasuk peluru berpandu balistik taktikal, roket jarak sederhana hingga jauh (contohnya, roket berkaliber besar seperti Khaibar-1 Syria, Fateh-110 Iran, dan Scud-B), peluru berpandu *cruise* dan pesawat/dron. Ia bertindak sebagai 'peringkat pertengahan' pertahanan Israel, mengisi jurang antara Iron Dome jarak pendek dan sistem Arrow jarak jauh.

RINGKASAN
BERITA

Antara ciri utama teknologi Davis Sling ini adalah Peluru Pemintas *Stunner/SkyCeptor* (sistem teras) iaitu peluru berpandu dua peringkat *multi-pulse* yang dibangunkan bersama oleh *Rafael Advanced Defense Systems* (Israel) dan Raytheon (AS). Kemudiannya teknologi *Hit-to-Kill* iaitu peluru berpandu *Stunner* yang tidak membawa kepala peledak konvensional. Sebaliknya, ia bergantung pada teknologi bunuh kinetik untuk memusnahkan ancaman melalui daya impak. Ini meminimumkan kerosakan sampingan daripada serpihan.

Sebagai teknologi pemintas, sistem 'deria' David's Sling menggabungkan radar susunan imbasan elektronik aktif (AESA) dan pencari elektro-optik/inframerah (CCD/IIR) di muncungnya. Panduan dwi ini membolehkannya untuk membezakan antara umpanan ataupun kepala peledak sebenar walaupun dalam persekitaran mencabar. Motornya pula dilengkapi mod 3 pulses untuk memecut dan maneuver semasa pintasan akhir. Reka bentuknya yang *plug-and-play* menjadikannya ia mudah berintegrasi ke dalam sistem pertahanan udara dan peluru berpandu sedia ada agar lebih fleksibel.

Sistem Arrow

Sistem Arrow atau 'Hetz' (Bahasa Ibrani untuk 'Anak Panah') adalah sistem anti-peluru berpandu balistik (ABM). Ia membentuk lapisan atas, jarak jauh pertahanan berlapis Israel. Ia direka khusus untuk memintas dan memusnahkan peluru berpandu balistik, termasuk peluru berpandu balistik taktikal dan peluru berpandu balistik antara benua (ICBM) yang membawa pelbagai kepala peledak, sebelum ia boleh sampai ke sasarannya. Dua keluarga Arrow (Arrow 2 dan Arrow 3) mempunyai misi berbeza. Arrow 2 direka untuk memintas peluru berpandu balistik dalam lingkungan endo-atmosfera (dalam atmosfera) dan ekso-atmosfera bawah (tepi angkasa). Ia bertujuan memusnahkan peluru berpandu yang masuk pada altitud tinggi untuk elak kemusnahan dari kepala peledak nuklear, kimia, atau biologi daripada merebak. Peluru berpandu Arrow 2 adalah pemintas dua peringkat iaitu *motor booster* dan motor *sustainer* roket. Booster akan memecut peluru berpandu dan kemudian *sustainer* mengekalkan trajektorinya pada kelajuan tinggi (sehingga Mach 9).

Berbeza dengan pemusnah kinetik David's Sling, Arrow 2 menggunakan kepala peledak fragmentasi yang direka untuk meletup dalam jarak dekat dengan sasaran dan memusnahkannya dengan serpihan. Ia menggunakan gabungan pencari inframerah pasif dan pencari radar aktif sebagai panduan untuk bergerak ke sasaran.

Julat operasi Arrow 2 sekitar 90-150 km (56-93 batu) dan boleh memintas sasaran pada ketinggian sehingga 50 km. Radar *Green Pine* (AESA Elta EL/M-2080) digunakan sebagai amaran awal dan pengesanan peluru berpandu. Pusat C31 *Golden Citron* pula adalah pusat kawalannya.

Manakala Arrow 3 pula adalah pemintas paling canggih dalam keluarga Arrow dan direka untuk pintasan ekso-atmosfera. Ia boleh memusnahkan peluru berpandu balistik dalam vakum angkasa sewaktu 'cruise'. Arrow 3 dapat memusnahkan ancaman lebih jauh dan menyelamatkan kawasan berpenduduk padat.

Ia mampu memintas ICBM dan bahkan boleh disesuaikan untuk peranan anti-satelit. Sama seperti David's Sling, Arrow 3 menggunakan teknologi *hit-to-kill*. Kenderaan pemusnahnya direka untuk bertembung secara langsung dengan peluru berpandu sasaran.

Arrow 3 didorong motor roket pepejal dengan muncung vektor tujuh (thrust vectoring-gimballed), membolehkan perubahan arah lebih pantas. Arrow 3 beroperasi pada julat kelajuan lebih besar (dianggap Mach 12-17), julat jarak lebih besar (sehingga 2,400 km atau 1,500 batu), dan pada ketinggian yang lebih tinggi (lebih 100 km). Radarnya pula menggunakan versi lanjutan radar *Green Pine* seperti EL/M-2084 *Super Green Pine* yang menawarkan julat dan resolusi lebih baik. Ia juga boleh diintegrasikan dengan penerima canggih lain seperti radar AN/TPY-2. Sistem pengurusan pertempuran *Citron Tree* dan Pusat Kawalan Pelancar *Brown HazelNut* digunakan untuk menguruskan operasi sistem, menyediakan pemprosesan data, kawalan misi, dan penilaian ancaman.

Kelemahan Sistem Teknologi Pemintas

Pertamanya dari segi profil sebuah pemintas. Iron Dome direka untuk ancaman jarak pendek dan menghadapi kelemahan apabila berhadapan serangan bertalu-talu dan jumlah yang banyak.

Ini kelemahan paling diketahui. Walaupun Iron Dome mempunyai kadar pintasan tinggi untuk roket individu, ia boleh diatasi oleh tembakan besar-besaran ratusan atau ribuan roket yang dilancarkan secara serentak dalam tempoh masa yang singkat.

Sistem ini mempunyai bilangan pemintas terhad bagi setiap bateri dan kapasiti pemprosesan yang terhad, bermakna jika peluru ditembak cukup banyak, sebahagian daripadanya pasti akan tembus.

Serangan Hamas pada Oktober 2023, di mana ribuan roket dilancarkan dalam satu siri, menyerlahkan kelemahan ini. David's Sling sangat berkesan terhadap peluru berpandu balistik taktikal, roket berkaliber besar, dan peluru berpandu *cruise*. Namun ia tidak direka untuk ancaman yang terbang sangat rendah dan jarak pendek (seperti yang dikendalikan Iron Dome) atau ancaman jenis ICBM jarak jauh dan altitud sangat tinggi (yang dikendalikan Arrow).

Keduanya, ketidakpadanan kos. Setiap peluru pemintas Tamir jauh lebih mahal (puluhan ribu dolar) berbanding roket ringkas dan murah yang ditembak musuh (ratusan dolar). Dalam konflik berpanjangan, ketidakseimbangan kos ini boleh menjadi beban strategik bagi Israel, berpotensi menghabiskan stok pemintasnya dan menimbulkan tekanan kewangan.

Walaupun David's Sling (*SkyCeptor*) dianggap lebih berpatutan berbanding sesetengah pemintas pemusnah kinetik yang lain, ia masih merupakan aset yang berkos tinggi. Serangan berterusan dalam jumlah inggi boleh membebankan sumber, serupa dengan Iron Dome, tetapi pada harga lebih tinggi bagi setiap pemintas.

Pemintas Arrow (terutama Arrow 3) sangat mahal, berharga berjuta-juta dolar bagi setiap peluru berpandu. Ini menjadikannya tidak sesuai untuk pemintasan besar-besaran ancaman kurang kritikal dan menimbulkan kebimbangan mengenai operasi berterusan terhadap musuh mempunyai sumber yang baik.

Ketiganya dari segi kapasiti bateri dan peluru yang terhad. Setiap bateri Iron Dome melindungi kawasan yang agak kecil (sekitar 100-150 kilometer persegi).

Bagi negara lebih besar, ini akan memerlukan bilangan bateri yang sangat banyak untuk liputan menyeluruh, menjadikannya tidak praktikal bagi kebanyakan negara. Walaupun di Israel, bateri perlu dipindah secara strategik berdasarkan ancaman yang dirasakan.

Sistem Arrow juga mempunyai kapasiti peluru terhad. Oleh kerana kos dan kerumitan tinggi, bateri Arrow mungkin membawa bilangan pemintas yang terhad.



Walaupun direka untuk sasaran bernilai tinggi, tembakan berterusan peluru berpandu balistik yang banyak boleh menghabiskan pemintas yang ada.

Analisis baru-baru ini menunjukkan stok pemintas BMD Israel (termasuk Arrow 2/3 dan David's Sling) boleh habis dalam masa beberapa minggu jika menghadapi pelancaran peluru berpandu balistik yang berterusan dalam jumlah yang tinggi.

Keempatnya faktor julat jarak pemintas. Iron Dome dioptimumkan untuk roket jarak pendek dan perlahan serta peluru mortar. Ia tidak direka untuk menangkis ancaman lebih canggih seperti peluru berpandu balistik jarak jauh, peluru berpandu *cruise* atau dron canggih, terutama yang mempunyai gerakan mengelak atau keupayaan peperangan elektronik. Walaupun ia mungkin cuba memintas ancaman sedemikian jika ia berada dalam julatnya, keberkesanan terhadapnya adalah terhad, memerlukan pergantungan kepada sistem peringkat lebih tinggi. Walaupun meliputi jarak sederhana hingga jauh, David's Sling ada julat maksimum sekitar 300km. Ancaman dilancar melebihi julat ini, terutama peluru berpandu balistik altitud tinggi akan berada di luar lingkungan keberkesanannya dan memerlukan sistem Arrow.

Arrow 2 direka untuk pintasan endo-atmosfera dan ekso-atmosfera bawah. Walaupun berkesan, ia mungkin menghadapi cabaran terhadap kenderaan masuk semula yang sangat canggih dan boleh bergerak (MaRVs) atau kenderaan luncur hipersonik (HGVs) apabila ia turun ke atmosfera yang lebih padat.

Kepala peledak fragmentasinya juga bermakna serpihan masih boleh jatuh di kawasan berpenduduk, walaupun dari altitud tinggi. Arrow 3 pula dioptimumkan secara eksklusif untuk pintasan ekso-atmosfera (angkasa). Ini adalah kekuatan kerana ia memusnahkan ancaman lebih jauh, meminimumkan risiko serpihan.

Ini bermakna Arrow 3 tidak sesuai untuk memintas pesawat, peluru berpandu *cruise* atau ancaman altitud rendah. Ia hanya menyasarkan peluru berpandu balistik dalam fasa penerbangan angkasa. Pengkhususan ini, walaupun hebat, menyerlahkan ketidakupayaannya untuk meliputi ancaman udara lain. Peluru berpandu balistik canggih boleh menggunakan pelbagai langkah balasan, termasuk umpan, chaff, dan peperangan elektronik, untuk mengelirukan radar dan sistem panduan, berpotensi menurunkan keberkesanan pemintas.

Akhir sekali kebergantungan terhadap sumber dan bekalan. Bagi Arrow 3 yang dibangunkan bersama dengan AS (Boeing) ada tahap pergantungan kepada AS untuk komponen tertentu, teknologi, dan berpotensi bekalan semula, yang boleh menjadi kelemahan strategik dalam konflik yang berpanjangan tanpa sokongan berterusan AS. Kesimpulannya, walaupun sistem pertahanan berlapis Israel antara yang paling canggih di dunia, kelemahan sebahagian besarnya dari segi cabaran ekonomi dan logistik serangan berterusan dalam jumlah yang tinggi, pengkhususan intrinsik setiap sistem, dan persaingan yang teknologi berterusan.

Penulis adalah pensyarah Jabatan Kejuruteraan Mekanikal dan Aeroangkasa, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia (UIAM)



Disiarkan pada: Jun 19, 2025 @ 7:00am

Sorotan Video

Suspek bunuh pelajar universiti di Cyberjaya guna ka...

▶ 1:02

3 Tong Bahan Kimia Tumpah, Susur Masuk Plaza Tol...

▶ 0:59

Kelindan maut, pemandu selamat kemalangan dua lori

▶ 1:15

Dulu aktif, kini terlanter bergelut kesakitan

▶ 1:10

Lagi Video

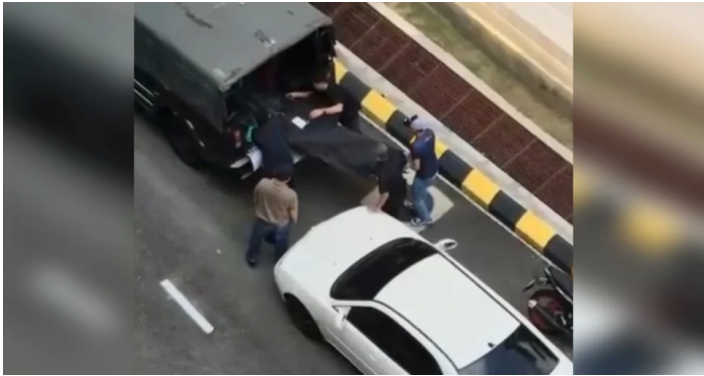
Trending

Pelajar kolej vokasional maut digilis lori

Jun 26, 2025 @ 8:49am

Penuntut universiti di Cyberjaya mati dibunuh, tiada unsur rogol - Polis

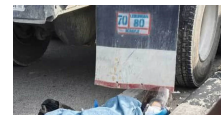
Jun 26, 2025 @ 7:46am



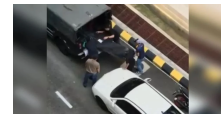
Penuntut universiti di Cyberjaya maut disyaki dibunuh

Jun 25, 2025 @ 11:56pm

Mutakhir



Pelajar kolej vokasional maut digilis lori



Penuntut universiti di Cyberjaya mati dibunuh, tiada unsur rogol - Polis



Senamrobik rahsia haji cergas warga emas



Persediaan ilmu syarat terpenting wanita laksana haji solo



Main biola tampung kos belajar



Kelemahan penyampaian maklumat antara punca KDEBWM rekod tunggakan saman tertinggi



MyResipi



Petua Simpan Cili Padi Agar Tahan Lama, Lebih 2 Minggu Pun Masih Segar Macam Baru Petik!



Resipi Nasi Goreng Orang Dulu-Dulu, Tak Letak Sebarang Sos Pun Tetap Sedap!



8 Makanan Berpek Murah & Tahan Lama Sesuai Untuk Kaki Travel Bajet



Cara Buat Kek Span Simple, Guna 3 Bahan Mudah Tapi Hasil Gebu Gebas!



Cara Simpan Barli Rebus Tahan Lama, Boleh Buat Air Barli Untuk Kawal Kolesterol

Seismik



