

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Landasan Teori**

##### **2.1.1. Ilmu Pertahanan dan Konsep Pertahanan Negara**

Pertahanan dalam konteks Ilmu Politik merupakan sebuah konsep yang tidak bisa dipisahkan dari suatu kehidupan. Untuk mempertahankan kelangsungan hidup, setiap makhluk hidup membutuhkan rasa aman, dan itu bisa terjadi karena dua hal, yaitu berjuang atas kekuasaan dan bertahan dari segala ancaman. Pemikiran tersebut membawa pada sebuah pandangan yang menyatakan bahwa pertahanan adalah kebutuhan esensial bagi sebuah entitas kehidupan artinya penting untuk membangun pertahanan yang kuat jika tidak mau dikuasai pihak lain. Setiap entitas harus mampu memelihara sebuah postur pertahanan yang memadai demi eksistensi diri. Hal ini berlaku juga terhadap kehidupan bernegara. Pertahanan dalam skala luas merupakan realitas yang menentukan kedaulatan dan keselamatan suatu bangsa dan negara sejak kedaulatannya memperoleh pengakuan dunia. Realitas ini terus berkembang sehingga menjadi suatu disiplin ilmu, yakni Ilmu Pertahanan.

Ilmu pertahanan merupakan salah satu disiplin ilmu yang lahir dari kaidah pengalaman mengenai suatu fenomena yang ada (ontologi) yang melahirkan pengetahuan (epistemologi) dan disepakati oleh para ahli serta memiliki landasan hukum berdasarkan nilai dan norma yang berlaku (Aksiologi). Tujuan mempelajari Ilmu pertahanan yaitu bagaimana cara melindungi diri (*self protect*) dari berbagai ancaman dan gangguan yang akan datang serta mengantisipasi tindakan tersebut dengan cara meminimalkan atau memperkecil resiko yang akan dihadapi. Kajian yang ada pada disiplin ilmu ini mencakup seluruh aspek yang berhubungan dengan keamanan dalam skala nasional yang melekat pada tujuan penyelenggaraan Negara. Kebutuhan untuk mempelajari masalah-masalah pertahanan secara filosofis berangkat dari keberadaan suatu entitas yang disebut Negara, dan kebutuhan untuk mempertahankan diri

(*survive*) dari ancaman-ancaman terhadap Negara. Obyek dari ilmu pertahanan adalah perilaku Negara (*state behavior*) dalam menghadapi ancaman, jika sifat ancamannya militer maka akan dihadapi dengan cara militer, namun bila ancamannya bersifat nirmiliter maka akan dihadapi dengan cara non-militer.

Menurut UU RI No 3 tahun 2002 pasal 1 ayat (1) bahwa Pertahanan Negara merupakan segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Konsep pertahanan Negara yang kuat dan efektif sangat wajar dibutuhkan demi terwujudnya keamanan dan keselamatan serta kenyamanan seluruh rakyat. Negara yang memiliki konsep pertahanan yang baik meliputi sistem pertahanan dilengkapi dengan teknologi terbaru dianggap mampu merespon atau menangkal ancaman yang akan dihadapi. Pentingnya pertahanan bagi Negara demi mempertahankan eksistensinya menuntut peningkatan pengembangan teknologi terutama teknologi sistem persenjataan yang menjadi indikator terbesar kemampuan pertahanan dalam menghadapi ancaman yang akan muncul.

Tantangan yang dimiliki oleh Negara-negara berkembang termasuk Indonesia lebih ditekankan pada kemampuan dalam mempertahankan sistem pertahanannya. Pembaharuan sistem pertahanan harus ditingkatkan untuk menghadapi ancaman-ancaman yang akan timbul yaitu dengan meningkatkan teknologi sistem persenjataan melalui peningkatan sumber daya manusia yang handal, anggaran yang mencukupi, serta menjalin kerjasama dengan beberapa Negara maju yang memiliki teknologi pertahanan yang canggih (transfer teknologi).

Penyelenggaraan sistem pertahanan Negara sangat dipengaruhi oleh dinamisasi perkembangan lingkungan strategis yang mempengaruhi pola dan bentuk ancaman yang semakin kompleks dan multidimensional, yaitu ancaman militer, ancaman nonmiliter dan ancaman hibrida yang dapat dikategorikan dalam bentuk ancaman nyata dan belum nyata.

Terorisme, radikalisme, separatisme dan pemberontakan bersenjata, bencana alam, pelanggaran wilayah perbatasan, perompakan dan pencurian kekayaan alam, serangan siber dan spionase, peredaran dan penyalahgunaan narkoba serta konflik terbuka atau perang konvensional merupakan wujud nyata dari ancaman (BPPI, 2015). Kondisi tersebut menjadi tantangan yang dapat mempengaruhi penyelenggaraan pertahanan negara di Indonesia.

Berdasarkan buku putih yang dibuat oleh Kementerian Pertahanan, Indonesia telah menerapkan kebijakan – kebijakan dalam mengatasi ancaman, seperti: memperkuat pertahanan disetiap wilayah (darat, laut, dan udara), pembangunan pada wilayah perbatasan dan pulau terluar Indonesia, meningkatkan teknologi dan sistem informasi serta komunikasi di bidang pertahanan terutama pada sistem persenjataan yang dimiliki. Penguasaan teknologi akan dipengaruhi oleh profesionalisme yang dimiliki oleh setiap warga negara dengan daya saing yang tinggi untuk mengolah dan memanfaatkan sumber daya dan prasarana yang dimiliki. Kemandirian teknologi pertahanan akan meningkatkan eksistensi industri pertahanan nasional yang terwujud dalam sepuluh program prioritas nasional, yaitu: pesawat tempur, kapal selam, medium tank, roket, rudal, radar, propelan, satelit militer, pesawat terbang tanpa awak dan penginderaan bawah permukaan air.

### **2.1.2. Perkembangan Teknologi Sistem Pertahanan**

Teknologi pada sistem pertahanan mengalami kemajuan pesat seiring perkembangan peradaban manusia. Prinsipnya, manusia menggunakan teknologi tergantung pada zamannya. Perkembangan ini berdampak pada kemajuan teknologi dengan perubahan perilaku manusia dalam mempertahankan eksistensinya terlebih jika mengacu pada kekuasaan dan teritori. Semakin modern sistem pertahanan maka semakin besar pengaruh kekuatan yang dimiliki sehingga menimbulkan kekhawatiran dari pihak yang berseberangan baik ideologi, azas

kepentingan maupun kesetaraan dan sebaliknya menjadi sebuah kebanggaan dan kehormatan bagi pihak yang berkoalisi dengannya.

Negara adidaya dimasa perang dingin yaitu Amerika Serikat dan Uni Soviet saling berlomba dalam bidang teknologi militer khususnya teknologi persenjataan. Menciptakan senjata-senjata yang mematikan sekaligus menghancurkan merupakan tuntutan demi mempertahankan teritorial serta pengakuan dunia. Persaingan kedua Negara adidaya tersebut memacu Negara-negara lain untuk mengembangkan sistem pertahanan mereka khususnya peningkatan dan pengembangan teknologi senjata sehingga persaingan dalam hal persenjataan saat itu semakin berkembang.

Indonesia dengan cakupan wilayah yang begitu luas, tentunya memerlukan adaptasi terkait perkembangan teknologi di bidang pertahanan. Tidak dapat dipungkiri bahwa dengan mengikuti perkembangan teknologi yang kian pesat akan memberikan keuntungan besar bagi sistem pertahanan Negara terutama pada peningkatan dan pengembangan alutsista nasional sebagai wujud prioritas pembangunan pertahanan Negara.

Teknologi di bidang pertahanan dianggap mewakili modernisasi yang senantiasa didorong oleh daya tangkal untuk merespon tuntutan dan ancaman yang selalu berubah (Rachmat, 2016), sehingga Indonesia memerlukan teknologi sistem pertahanan khususnya sistem persenjataan yang dapat menghadapi berbagai potensi ancaman yang akan muncul.

### **2.1.3. PTTA MALE**

#### **2.1.3.1. Definisi dan penggunaan PTTA**

Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) atau *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau lebih dikenal dengan istilah drone merupakan sistem berbasis elektro-mekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram, dengan karakteristik tanpa awak, beroperasi pada mode mandiri secara penuh atau sebagian, dirancang untuk dapat dipergunakan secara berulang (*Department of Defence, 2007, dalam Wikantika, 2009*).

Beberapa istilah penyebutan pada drone yang merupakan sebutan awal untuk pesawat tak berawak seperti PTTA (Pesawat Terbang Tanpa Awak), PUNA (Pesawat Udara Nir Awak), UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*),UCAV (*Unmanned Combat Aerial Vehicle*) merupakan sebutan berbeda namun sesungguhnya memiliki arti yang sama. Di beberapa instansi yang terlibat dalam pengembangan PTTA MALE seperti PT. Dirgantara Indonesia dan lingkup Kementerian Pertahanan termasuk TNI menggunakan istilah PTTA, sedangkan BPPT (Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi) menyebut PUNA. Merujuk dari beberapa referensi dan sumber terkait, penyebutan PUNA pada MALE lebih sering digunakan, akan tetapi pengembangan PTTA MALE seluruhnya didanai oleh sumber dana anggaran Kementerian Pertahanan. Untuk itu disini peneliti menggunakan istilah PTTA melekat pada pembahasan pesawat tak berawak khususnya pada MALE.

PTTA dilengkapi dengan berbagai peralatan seperti kamera infra merah, sensor, GPS, dan alat pendukung lainnya sesuai misi dan tujuannya. Penggunaan PTTA saat ini telah berkembang pesat tidak hanya digunakan untuk visualisasi dan pemantauan terhadap suatu objek, secara luas PTTA dipandang mampu digunakan untuk menjalankan misi yang seyogianya dilakukan oleh pesawat berawak. Meskipun demikian, penggunaan secara komersial masih mendominasi dibanding penggunaan dalam militer. Umumnya PTTA mulai dikembangkan untuk kegiatan akademis (penelitian), dan juga beberapa misi kemanusiaan, seperti misi pencarian, penyelamatan dan penyaluran bantuan bencana di daerah yang sulit dijangkau oleh kendaraan darat.

PTTA tidak memerlukan sistem kru, sistem pendukung kehidupan, dan persyaratan keselamatan desain pesawat berawak, sangat efisien dalam jangkauan terbang dan memiliki daya tahan yang jauh lebih besar daripada sistem berawak yang setara. Kesimpulannya penggunaan PTTA bisa sebagai *remote sensing* (penginderaan jauh), transportasi yang dapat membawa peralatan maupun perlengkapan, *scientific research* (penelitian ilmiah), *search and rescue* (misi pencarian

dan penyelamatan), serta dapat dikhususkan pada penggunaan *armed attack* (militer).

### 2.1.3.2. Klasifikasi PTTA

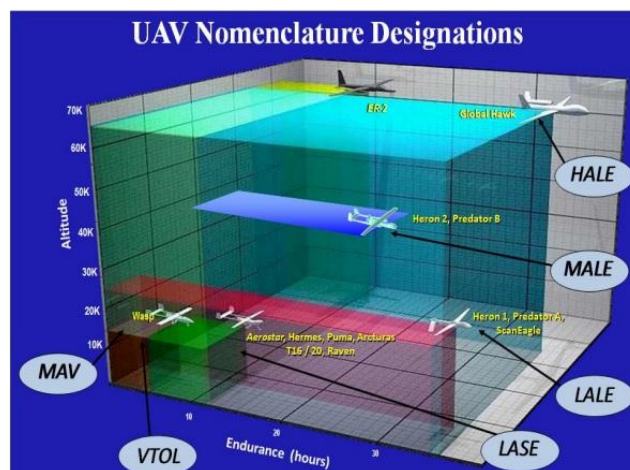
Berdasarkan ketinggian, ukuran, dan daya tahan terbang, PTTA dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. MAV Micro atau Miniatur atau NAV (*Nano Air Vehicles*): Disebut demikian karena ukurannya yang bisa diangkut dalam ransel tentara. PTTA ini cenderung beroperasi pada ketinggian yang sangat rendah (<330 m), dengan batasan ukuran pada kapasitas baterai sehingga waktu penerbangan singkat kisaran 5–30 menit.
- b. VTOL (*Vertical Take-Off & Landing*): PTTA ini tidak memerlukan takeoff atau landing run, biasanya dipilih dalam situasi di mana keterbatasan medan yang memerlukan kemampuan khusus. PTTA ini beroperasi pada ketinggian yang bervariasi tergantung pada profil misi mereka, tetapi sebagian besar terbang di ketinggian rendah. Persyaratan daya tinggi untuk penerbangan melayang membatasi durasi penerbangan untuk VTOL, kecuali dalam ukuran terbesar di mana peningkatan kemampuan pengangkatan mengakomodasi kapasitas bahan bakar yang besar.
- c. LASE (*Low Altitude, Short-Endurance*) juga dikenal sebagai sistem pesawat kecil tak berawak, tidak membutuhkan landasan pacu, dioptimalkan untuk medan yang mudah dalam penyebaran/pemulihan dan transportasi. Biasanya berbobot 2–5 kg, dengan lebar sayap < 3m. Peluncuran PTTA ini menggunakan sistem ketapel mini, atau dengan bantuan tangan. Karena ukurannya relatif kecil, daya kemampuan terbang sekitar 1-2 jam dan hanya dalam beberapa km dari peluncuran.
- d. *LASE Close*: merupakan PTTA kecil yang membutuhkan landasan pacu, tetapi ukuran dan berat yang lebih besar memberikan peningkatan kemampuan. Sistem ini beroperasi

hingga ketinggian 1.500 m dan mampu bertahan selama beberapa jam.

- e. LALE (*Low Altitude, Long Endurance*): PTTA ini mampu membawa muatan beberapa kg pada ketinggian beberapa ribu meter untuk waktu yang lama.
- f. MALE (*Medium Altitude, Long Endurance*) ukuran biasanya jauh lebih besar daripada kelas PTTA berketinggian rendah, beroperasi pada ketinggian hingga 9.000 m pada penerbangan ratusan km untuk jangka waktu yang lama, biasanya 24 hingga 48 jam.
- g. HALE (*High Altitude, Long Endurance*) merupakan PTTA terbesar dan paling kompleks, dengan pesawat yang lebih besar dari banyak pesawat berawak penerbangan umum. PTTA ini dapat terbang pada ketinggian 20.000 m atau lebih pada misi yang membentang hingga ribuan km. Beberapa pesawat HALE memiliki durasi penerbangan lebih dari 30 jam, dan telah menetapkan rekor ketinggian dan durasi penerbangan.

Klasifikasi PTTA dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1. Klasifikasi PTTA

(Sumber: *Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use* by Adam C. Watts, et all, 08 Juni 2012)

### 2.1.3.3. PTTA dengan misi kombat

Kemajuan teknologi terkini dari PTTA telah mengalami peningkatan pemanfaatan di sektor militer sehingga membuktikan kelayakan operasional PTTA dapat digunakan sebagai wahana militer utama dalam pertahanan dan keamanan negara. PTTA dipandu secara otonom melalui remote kontrol, membawa sensor, penanda target, persenjataan ofensif, atau pemancar elektronik yang dirancang untuk mengganggu atau menghancurkan target musuh.

Perkembangan dari PTTA menjadi PTTA kombat merupakan pengembangan dari PTTA yang memiliki misi sebagai kombat, memiliki daya tempur terhadap objek target yang diinginkan, dilengkapi dengan sistem munisi pada umumnya berupa rudal atau smart bomb. PTTA kombat atau lebih dikenal *UCAV* digunakan pertama kali sebagai sistem senjata penting di awal 1980-an, ketika Angkatan Pertahanan Israel memasang PTTA kecil yang menyerupai pesawat model besar dengan televisi yang dapat dilatih dan kamera inframerah dengan penunjuk target untuk amunisi berpemandu laser, semuanya terhubung ke stasiun kontrol. Dibuat tidak terdeteksi oleh ukurannya yang kecil dan mesin yang senyap, wahana ini terbukti efektif dalam pengawasan medan perang dan penunjukan target.

Militer negara lain belajar dari kesuksesan Israel, terutama Amerika Serikat, membeli beberapa model awal Israel atau memproduksinya di bawah lisensi. Akhirnya setelah melalui berbagai tahapan dan pengembangan, Amerika berhasil membuat *UCAV* jenis taktis yang mewakili tren dalam pengembangan PTTA yaitu Predator MQ-1 pertama kali terbang pada tahun 1994 dan mulai beroperasi pada tahun berikutnya. Memiliki panjang 26 kaki 8 inci (8 meter) dan lebar sayap 41 kaki 8 inci (12,5 meter), ditenagai oleh mesin piston yang menggerakkan baling-baling pendorong, terbang dengan kecepatan 80 mil (130 km) per jam dan memiliki daya tahan 24 jam. Selain inframerah, juga membawa Radar Aperture Sintetis (SAR) dan sensor elektronik pasif, serta dapat membawa rudal antitank. Input kontrol dan output



sensor ditransmisikan melalui satelit komunikasi. Kemudian Amerika mengembangkan turunan Predator yang lebih besar dan bertenaga turboprop yaitu MQ-9 Reaper, mampu membawa beban persenjataan yang lebih besar.

#### 2.1.3.4. Pengembangan PTTA MALE di Indonesia

Indonesia telah mengembangkan Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) yang dapat digunakan untuk memperkuat sistem pertahanan dan keamanan nasional, dibangun oleh konsorsium nasional terdiri dari lembaga dan instansi yang memiliki kompetensi di bidangnya masing-masing. PTTA dengan tipe Medium Altitude Long Endurance (MALE) ini dirancang dengan kemampuan memiliki kecepatan 235 km/jam, ketinggian terbang 7.200 m, ketahanan mengudara selama lebih dari 24 jam tanpa henti. Saat ini PTTA MALE dalam tahapan rancangan desain untuk sistem persenjataan bertujuan memperkuat pertahanan nasional yang akan dilengkapi dengan wahana berupa missile/rudal, guided bomb atau sistem senjata lainnya. Gambar PTTA MALE lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. PTTA MALE Elang Hitam  
(Sumber: bppt.go.id, 18 Januari 2020)

PTTA MALE yang dirancang oleh konsorsium diberi nama “Elang Hitam” memiliki spesifikasi yaitu radius operasional 250 km, ketinggian jelajah 3000 - 5000 m dengan kecepatan maksimum 235 km/jam, mampu terbang pada ketinggian maksimal 7200 m, ketahanan terbang hingga 30 jam, mampu lepas landas dengan landasan pacu sepanjang 700 m dan

mendarat di landasan pacu sepanjang 500 m, dibekali dengan 4-stroke engine berkekuatan 110 hingga 150 horse power dan dua baling-baling, memiliki empty weight 575 kg dan kapasitas muatan hingga 300 kg, mampu menampung bahan bakar jenis avtur seberat 420 kg dan PTTA MALE ini rencananya akan dipersenjatai rudal/missile (*sumber: bppt, 2019*). Untuk mewujudkan kemandirian PTTA MALE harus mampu memiliki teknologi kunci pendukung seperti teknologi Flight Control System yang mampu Auto Take-Off Auto Landing (ATOL), Mission System, Weapon-platform integration dan Teknologi Komposit, Radar SAR, Inertial Navigation System (INS), Electro-Optics Targeting System (EOTS) dan *Guidance System*. Adapun spesifikasi PTTA MALE dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.

SPESIFIKASI TEKNIS		
<p><b>Aircraft Dimension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Objectives : Intelligent, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance and Weaponized</li> <li>Operational Radius : ≤250 km (LOS)</li> <li>Cruising altitude : 3000–5000 m</li> <li>Ceiling : 7200 m</li> <li>Maximum Endurance : &lt; 30 hours</li> <li>Maximum Cruising Speed : 235 km/jam (BTOGW, ISA, 5000m)</li> <li>Cruising Speed : 50 – 180 km/jam (BTOGW, ISA, 5000m)</li> <li>Take-off Distance : 700 m (BTOGW, ISA, sea level)</li> <li>Landing Distance : 500 m (BTOGW, ISA, sea level)</li> </ul>		
<p><b>System Characteristics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Length : 8.65 m</li> <li>Wingspan : 16.00 m</li> <li>Height : 2.60 m</li> <li>Wing Area : 12.8 m<sup>2</sup></li> </ul>		
<p><b>System Characteristics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Max. Gross Take-off Weight : 1300 kg</li> <li>Max. Landing Weight : 1300 kg</li> <li>Max. Payload Weight : 300 kg</li> <li>Fuel Capacity : 420 liter</li> </ul>		
		

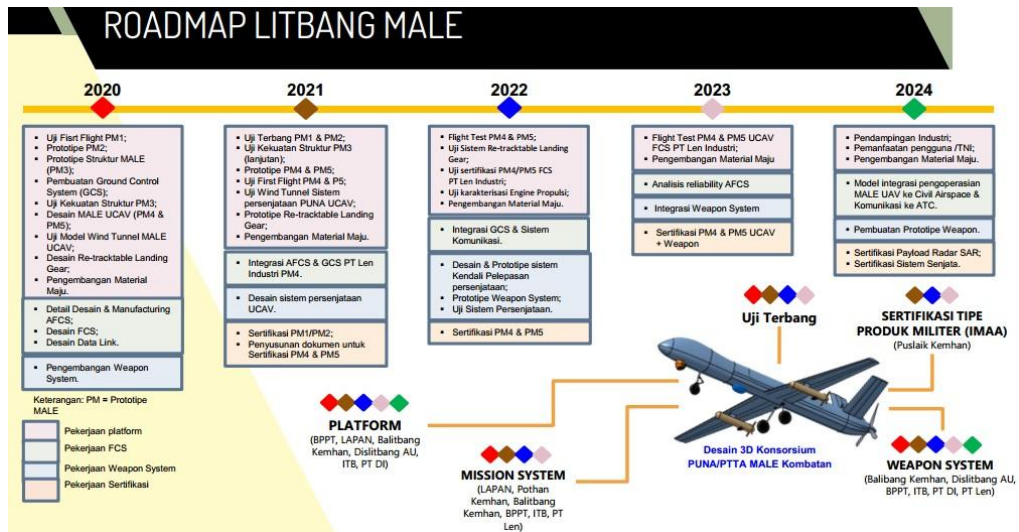
Gambar 2.3. Spesifikasi PTTA MALE  
(sumber: balitbang kemhan, 2021)

Regulasi terhadap pengembangan PTTA MALE didasari oleh beberapa peraturan perundangan seperti UU nomor 16 tahun 2012 tentang kemandirian industri pertahanan, Permen Ristek nomor 38 tahun 2019 tentang penetapan Prioritas Riset Nasional 2020-2024, Perpres nomor 109 tahun 2020 tentang penetapan Program PTTA MALE ELang Hitam sebagai salah satu Program Strategis Nasional, dan Perpres nomor 8 tahun 2021 tentang Kebijakan Umum Pertahanan Negara 2020-2024 yang menetapkan PTTA MALE sebagai salah satu program prioritas alat

pertahanan. Program PTTA MALE Kombatan telah menjadi program strategis dan prioritas nasional berperan sebagai suatu program percontohan atau pilot project untuk melaksanakan investasi akuisisi berbasis lompatan teknologi dengan alasan (1) Strategis dalam sistem pengamanan kedaulatan negara serta membangun kemandirian industri pertahanan, (2) Teknologi sistem tanpa awak merupakan trend perkembangan teknologi global kedepan, dan (3) Teknologi MALE Kombatan merupakan teknologi yang mengintegrasikan beberapa teknologi, yaitu (a) Teknologi sistem tanpa awak, (b) Teknologi penginderaan dan pengintaian jarak jauh serta (c), Teknologi senjata.

PTTA MALE saat ini masih dalam tahap pengembangan (*Expected Specification*) dimana akan terus mengalami perubahan menuju kesempurnaan dan kelayakan untuk penggunaannya, pada awalnya di desain dengan misi spionase/intelijen dan pengawasan yaitu pada MALE Elang Hitam 1 (EH-1), Elang Hitam 2 (EH-2) dan Elang Hitam 3 (EH-3), kemudian berkembang pada MALE Elang Hitam 4 (EH-4) dan Elang Hitam 5 (EH-5) yang dirancang mampu mengakuisisi target, serta mengenali targetnya melalui desain MALE EH-1 yang dilengkapi dengan sistem persenjataan yang akan dikembangkan pada tahun 2020-2022. Sehingga di tahun 2022 Indonesia akan memiliki 5 PTTA yang setara CH-4 dan CH-5 buatan RRC (sumber: BPPT, 2020).

Program pengembangan PTTA MALE terdiri dari 3 bagian besar yaitu: 1) Pengembangan Platform, 2) Pengembangan Flight Control System, serta, 3) Pengembangan Weapon System. Konsorsium PTTA Male telah menyusun roadmap pengembangan dan penelitian MALE ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4. Roadmap PTTA MALE (sumber: balitbang kemhan, 2021)

Adapun peran anggota konsorsium dalam pengembangan PTTA MALE dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5. Peran Anggota Konsorsium pada PTTA MALE (sumber: [www.bppt.go.id](http://www.bppt.go.id), 23 September 2020)

PTTA MALE yang dikembangkan oleh konsorsium nasional terdiri dari Kementerian Pertahanan (Ditjen Pothan dan Balitbang), Dislitbang TNI AU, BPPT, Institut Teknologi Bandung (ITB), PT. Dirgantara

Indonesia, LAPAN, dan PT. LEN dalam melaksanakan tugasnya memiliki struktur organisasi yang memiliki fungsi dan tanggung jawab dalam pengembangan PTTA MALE sehingga lebih terarah dan professional demi terwujudnya kemandirian Industri Pertahanan dalam Negeri.

Jika kita melihat progres PTTA MALE berdasarkan target pengembangan program yang telah direncanakan oleh konsorsium dari tahun 2020 hingga 2024, maka kita dapat bahwa sampai saat ini PTTA MALE belum dilengkapi dengan sistem persenjataan atau bahkan belum ada kemampuan untuk membuat sistem senjata. Untuk itu perlu dilakukan suatu kajian dalam bentuk penelitian guna sebagai bahan literatur awal dalam bentuk rancangan konsep sistem senjata pada PTTA MALE dilihat dari sudut pandang akademis, diharapkan hasil penelitian mampu memberikan gambaran sistem senjata yang bisa dikembangkan pada PTTA MALE menggunakan sistem senjata berbasis teknologi persenjataan dalam negeri untuk mewujudkan kemandirian nasional. Adapun target program litbang PTTA MALE 2024 dapat ditunjukkan pada gambar 2.6 berikut:

TARGET PROGRAM LITBANG MALE 2024		
Item	Kondisi terkini (2020)	Target program 2024
Kemampuan membangun PUNA MALE	<b>Sedang membangun Prototipe PUNA MALE ISTAR Prototipe MALE 1.</b> ( <i>Intelligence, Surveillance, Target, Acquisition and Reconnaissance</i> )	PT Dirgantara Indonesia melakukan produksi PUNA MALE Kombatan sesuai dengan kebutuhan pengguna yaitu TNI-AU
<b>Mission System EFCS (Electronic, Flight, Control Systems)</b>	Membeli EFCS off the shelf dan sebagian di produksi di Indonesia	<b>Dapat diproduksi didalam negeri (PT Len)</b>
Weaponry system	Belum ada kemampuan untuk membuat system senjata di UAV.	<b>Dapat dibuat di dalam negeri</b>
Pengembangan Komponen (Material, Landing gear, SAR)	Pembelian off the shelf	<b>Dapat diproduksi di dalam negeri</b>



Sumber:  
Balitbang Kemhan (2020)

Gambar 2.6. Target Program Litbang PTTA MALE 2024  
(sumber: balitbang kemhan, 2021)

#### 2.1.4. Misi PTTA MALE

Penggunaan terbesar dari PTTA MALE yaitu di bidang militer dalam menjaga wilayah teritori Negara dari segala ancaman, meskipun dapat digunakan di bidang geografi, fotografi, dan videografi yang dilakukan secara bebas, terbuka dan terkoordinir. Di bidang geografi, digunakan sebagai wahana pengindraan jauh (*remote sensing*) yang sangat penting dalam pembuatan peta, seperti peta penggunaan lahan, peta daerah rawan bencana, serta peta alur penyelundupan, pembajakan, illegal logging dan illegal fishing.

Spesifikasi terhadap pengembangan MALE ke depan disesuaikan dengan kebutuhan desain yang dilakukan dalam dua tahap, yakni tahap pertama, bagaimana MALE mampu mengembangkan misi intelijen, pengawasan dan pengintaian (*intelligence, surveillance and reconnaissance/ISR*). Tahap Kedua, sebagai ***surveillance dan misi kombat (weaponize)***. Pengembangan terhadap kedua tahap itu sangat jelas bahwa yang akan mengoperasikan PTTA MALE tentunya dari TNI Angkatan Udara. Sementara TNI Angkatan Laut juga membutuhkan PTTA MALE dalam menjaga Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) untuk mengawasi kegiatan pencurian ikan serta menjaga daerah perairan di perbatasan. Jika menggunakan radar atau kapal tentu kesulitan menginterupsi pencurian ikan (Amperiawan, 2020). PTTA MALE akan memasuki proses sertifikasi untuk klasifikasi *surveillance* di tahun 2021 sebelum menuju klasifikasi *weaponize* untuk kombat yang ditargetkan pada tahun 2022.

Setelah diperkenalkan pada tahun 2019, PTTA MALE sampai saat ini belum diberi beban untuk misi patroli yang berbau tempur, alias hadir tanpa senjata. Fungsinya lebih dikedepankan dalam misi pengamatan wilayah di perbatasan, pengintaian terhadap ancaman baik dari terorisme maupun separatis, penyelundupan, pembajakan, dan pencurian sumber daya alam seperti illegal logging dan illegal fishing. Tapi tetap ada peluang ke depan dan saat dibutuhkan, PTTA MALE akan menjadi PTTA kombat (*UCAV*), seperti halnya *MQ-9 Reaper* buatan Amerika yang



dipersenjatai rudal, *CH-4* dan *CH-5 Rainbow* buatan China, Turki dengan drone *TAI Anka* dan *Bayraktar*, kemudian *Shahed 129* dari Iran, tak ketinggalan *Orion-KT* dari Rusia.

Pada tabel 2.1 merupakan perbandingan PTTA MALE Elang Hitam dengan PTTA pesaing buatan luar negeri yang bahkan beberapa diantaranya telah mendapatkan predikat *battle proven* alias teruji perang baik dari segi spesifikasi dan kinerjanya.

Tabel 2.1. Perbandingan spesifikasi dan kinerja MALE EH dengan PTTA pesaing luar negeri

Jenis PTTA	MQ-9	CH-4B	BAYRAKTAR TB2	SHAHEED 129	KT ORION	MALE EH
Panjang	11 m	9 m	6,5 m	8 m	8 m	8,65 m
Rentang sayap	20,1 m	18 m	12 m	16 m	16 m	16 m
MTOW	4.760 kg	1.260 kg	650 kg	990 kg	1.150 kg	1.300 kg
Mesin	Turboprop, 950 HP	TDO, 201 HP	ICE, 110 HP	Rotax 914, 100 HP	Saturn 36MT, 100 HP	Rotax, 110 HP
Kecepatan maks.	370 km/jam	235 km/jam	250 km/jam	175 km/jam	200 km/jam	235 km/jam
Ketinggian maks.	15.240 m	8.000 m	6.800 m	7.300 m	7.500 m	7.200 m
Radius tempur	1.850 km	< 3.500 km	< 150 km	1.700 km	1.750 km	250 km
Ketahanan terbang	< 42 jam	< 40 jam	< 24 jam	24 jam	24 jam	< 30 jam
Payload	1.701 kg	345 kg	55 - 155 kg	400 kg	250 kg	300 kg

(sumber: [airspace.com](http://airspace.com), [baykar\\_catalog](http://baykar_catalog), [teknosentrik.com](http://teknosentrik.com), 31 Desember 2019)

Melihat tabel perbandingan tersebut, PTTA MALE Elang Hitam memiliki kemampuan yang setara dengan PTTA pesaing luar negeri dari spesifikasi dan kinerja, bahkan dalam beberapa item lebih unggul, Namun MALE Elang hitam masih membutuhkan waktu untuk dapat membuktikan kinerja dan keunggulannya.

Adapun rancangan konsep dalam sistem senjata yang bisa digunakan oleh PTTA MALE pada sasaran atau target yang dituju baik dalam kondisi statis maupun dinamis tergantung jenis kecocokan sistem senjata yang digunakan. Untuk itu peneliti akan mengkaji baik secara studi literatur maupun studi lapangan tentang kecocokan sistem senjata yang digunakan pada sasaran atau target dalam kondisi statis maupun dinamis dengan penggunaan produk senjata buatan dalam negeri dalam hal ini produk senjata yang dihasilkan oleh PT. Pindad.

### 2.1.5. Sistem Persenjataan pada PTTA MALE

Teknologi di bidang militer khususnya pengembangan sistem persenjataan semakin gencar dilakukan. Hal ini bertujuan selain bersikap defensif dalam mengamankan teritorialnya, juga mampu bersikap ofensif jika terjadi ancaman serius. Konsep Pertahanan Negara merupakan hak mendasar dari setiap Negara dalam mempertahankan kedaulatan, keutuhan wilayah (territorial) serta keselamatan segenap bangsanya dari ancaman dan gangguan. Oleh karena itu, Sistem persenjataan mutlak harus dimiliki karena merupakan salah satu indikator kekuatan militer Negara tersebut. Negara dengan sistem persenjataan yang unggul diyakini mampu mempertahankan keutuhan dan kedaulatan Negeranya dari berbagai ancaman yang datang.

Keberadaan PTTA MALE sangat penting mengingat kondisi geografis Indonesia yang sangat luas dan merupakan Negara kepulauan dan itu membutuhkan wahana yang tidak sedikit untuk mengawasi wilayah Indonesia. Pemantauan melalui udara membutuhkan banyak pesawat terbang. Keberadaan PTTA MALE dengan misi surveillance dan kombat akan memudahkan kegiatan pemantauan, pengawasan bahkan intelijen serta bisa menimbulkan efek *deterrence* kepada pihak luar jika mengancam teritori Negara dengan sistem persenjataan yang dimiliki.

Untuk sistem persenjataan pada PTTA ini, kita mengambil contoh bagaimana AS menggunakan PTTA dengan tipe MQ-1B Predator dan MQ-9 Reaper dalam menghadapi Al-Qaeda. MQ-1B Predator memiliki kemampuan dalam mengumpulkan informasi terkait kegiatan intelijen, sedang MQ-9 Reaper digunakan untuk memburu dan menghancurkan target, juga digunakan sebagai penunjang kegiatan intelijen. PTTA yang digunakan untuk menarget dan memburu ini, dirancang sebagai *kill chain* (Levs, 2013). Selain itu, penggunaannya di Pakistan telah menunjukkan keuntungan strategis bagi AS sehingga dapat menjadi alasan mengapa AS tetap memilih PTTA kombat sebagai senjata yang digunakan dalam misi kontraterorismenya.



PTTA MALE meskipun belum memiliki rancangan untuk misi kombat, memiliki peluang ke depannya dengan sistem persenjataan yang mumpuni. Disini peneliti akan menjelaskan tentang beberapa jenis senjata yang bisa digunakan dalam melaksanakan misi kombat bagi PTTA MALE baik dari jenis maupun karakter senjata itu sendiri.

### **A. Guided Bomb (Bom Terpandu)**

Merupakan jenis senjata yang memiliki sistem pemandu internal yang memandu munisi untuk mengenai sasaran yang dituju secara spesifik, dengan tujuan mengurangi kerusakan yang tak diinginkan pada objek lainnya. Efek kerusakannya akan berkurang seiring bertambahnya jarak akibat hukum kuadrat terbalik, peningkatan akurasi bahkan yang sedikit sekalipun akan mengurangi jumlah atau kekuatan bom yang diperlukan untuk menyerang sebuah sasaran. Bahkan jika bom terpandu meleset dari sasarannya, risiko mengenai penduduk sipil dan jumlah kerusakan yang tak diinginkan akan berkurang. Seperti bom biasa, bom terpandu juga jatuh ke sasaran karena gaya gravitasi, tetapi sirip atau sayapnya memiliki permukaan kendali yang bergerak sebagai respons atas perintah pemandu, sehingga berpengaruh terhadap sudut turun atau arah bom. Mekanismenya yaitu meluncur bukan jatuh ke sasaran.

Sistem pemandu dapat berupa elektro-optik, laser, atau inframerah, biasanya dipasang di hidung bom, terdiri dari sensor untuk mendeteksi target. Pada sistem elektro-optik, sebuah kamera di bagian depan bom mengirimkan gambar real-time dari area target ke awak udara, yang kemudian mengunci senjata ke target atau secara aktif mengarahkannya ke sasaran. Pada sistem pemandu laser, target diterangi oleh sinar laser dari pesawat pelepas atau pesawat pengendali target lain, atau unit kekuatan darat dari prajurit. Sensor pada hidung bom mengunci pantulan sinar laser dan mengikutinya hingga ke sasaran. Sedangkan sistem pemandu infra merah merespons panas yang dihasilkan oleh target sehingga memudahkan untuk dihancurkan.

Bom terpandu juga memungkinkan pesawat yang lebih kecil seperti PTTA untuk berhasil menyerang target yang tidak bergerak seperti bangunan maupun gedung vital dengan menggunakan hulu ledak yang lebih sedikit dan lebih besar daripada yang biasa digunakan. Selain itu, wahana berupa pesawat peluncur atau PTTA tidak terlalu rentan terhadap serangan anti-pesawat karena tidak perlu berada pada ketinggian rendah jika akurasi yang memadai tidak diperlukan.

Beberapa jenis bom terpandu yang memiliki sistem pemandu efektif yang telah digunakan pada PTTA MALE seperti MQ-9 Reaper yaitu GBU 49 buatan Amerika dengan bobot 500 pon (226 kg) dilengkapi dengan sistem pemandu satelit GPS yang bisa digunakan dalam segala kondisi cuaca dan tanpa perlu bantuan unit darat maupun udara. Bom terpandu jenis GBU-49 dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. GBU 49 pada MQ-9 Reaper

(Sumber: <https://www-schriever-spaceforce-mil/News/Article-Display/Article/278470/mq-9-reaper-uav-drops-first-gps-guided-weapon/? x tr sl=en& x tr tl=id& x tr hl=id& x tr pto=sc>, 29 Mei 2008)

Konsep dasar bom terpandu ini tidak sesederhana bom konvensional yang terdiri dari beberapa bahan peledak yang dikemas ke dalam wadah kokoh dengan mekanisme fuze. Mekanisme fuze memiliki perangkat pemacu, biasanya sistem waktu tunda, sensor benturan atau sensor jarak target yang membuat bom meledak. Saat pelatuknya padam, sumbu membakar bahan peledak, menghasilkan ledakan sehingga menghancurkan struktur di sekitarnya.

Sebuah bom terpandu yang memiliki sistem pemandu mampu menghancurkan sasaran dengan efektif dibandingkan bom konvensional

yang dijatuhkan dari pesawat seperti pembom B-2 yang mungkin harus menjatuhkan lusinan, atau bahkan ratusan bom untuk menghancurkan target secara efektif.

Bom terpandu pada dasarnya merupakan bom biasa yang mengalami beberapa modifikasi besar. Meliputi sistem sensor elektronik, sistem kontrol built-in (komputer onboard), satu set sirip penerbangan yang dapat disesuaikan dan dilengkapi oleh sebuah baterai. Ketika sebuah pesawat menjatuhkan bom terpandu ini, bom menjadi peluncur yang sangat berat, tidak memiliki sistem propulsi sendiri, seperti halnya rudal, tetapi memiliki kecepatan maju (dijatuhkan dari pesawat yang melaju kencang). Ia juga memiliki sirip terbang yang menghasilkan daya angkat dan menstabilkan jalur penerbangannya. Bom mampu untuk mengarahkan dirinya sendiri saat meluncur di udara dengan sistem kontrol dan sirip yang disesuaikan. Saat bom dalam mode terbang, sistem sensor dan sistem kontrol melacak target yang ditentukan di darat. Sistem sensor memberi sistem kontrol posisi relatif target, dan sistem kontrol memproses informasi ini dan mencari tahu bagaimana bom harus berputar menuju target. Kemudian sistem kontrol mengirimkan pesan ke aktuator yang menyesuaikan sirip terbang untuk menghidupkan bom. Sirip ini bekerja dengan cara dasar yang sama seperti berbagai tutup di pesawat terbang yaitu dengan memiringkan sirip ke arah tertentu, sistem kontrol meningkatkan gaya hambat yang bekerja pada sisi bom tersebut sehingga bom berputar ke arah sasaran yang dituju.

Mekanisme tersebut berlanjut hingga bom mencapai targetnya, dan mekanisme fuze memicu ledakan. Bom terpandu umumnya memiliki proximity fuze, yang memicu bahan peledak tepat sebelum bom mencapai target, atau impact fuze, yang memicu bahan peledak ketika bom benar-benar mengenai sesuatu. Perlu diperhatikan disini yaitu bagaimana sistem sensor benar-benar dapat "melihat" target dan berhasil dalam misinya. Hingga saat ini, sebagian besar jenis bom ini dipandu oleh TV/IR atau dipandu laser bahkan satelit GPS untuk mencapai sasaran yang dituju.

## B. Roket FFAR

Roket FFAR (Folding Fin Aerial Rocket) merupakan roket taktis dengan diameter 70 mm dan panjang 680 mm. Dapat digunakan dari darat ke darat, udara ke udara, maupun dari udara ke darat. Roket FFAR mempunyai 4 nosel kecil sejenis (multi nosel) yang pemasangannya diatur sedemikian rupa sehingga satu dengan lainnya membentuk sudut tertentu. Dengan posisi nosel-nosel seperti ini, dapat menghasilkan efek punter pada saat terbang sehingga roket jenis ini mempunyai jangkauan horizontal sekitar 8 km pada sudut elevasi 40. Roket ini berbahan bakar propelan padat jenis double base. PT. Dirgantara Indonesia saat ini telah mampu membuat dan mengembangkan roket FFAR yang cukup canggih untuk menghancurkan pertahanan musuh menggunakan helikopter serbu TNI AD dan pesawat tempur TNI AU. Dengan berat 25,4 kg, panjang 1,9 meter, dan diameter 20,3 cm, roket FFAR dapat dipasang pada kendaraan ringan taktis, kendaraan taktis non-standar, dan platform stasioner serta sangat memungkinkan untuk digunakan pada PTTA MALE. Roket FFAR buatan PT DI dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8. Roket FFAR buatan PT. Dirgantara Indonesia (sumber : [indonesian-aerospace.com](http://indonesian-aerospace.com), 07 Nopember 2014)

## C. Bom Curah (Cluster Bomb Unit)

Merupakan jenis bom yang dijatuhkan dari pesawat tempur atau PTTA dalam bentuk submunisi digunakan untuk membunuh pasukan musuh serta menghancurkan kendaraan tempur di darat beserta perbekalan munisinya. Jenis bom curah ini dirancang untuk merusak jalan, gudang perbekalan dan munisi, jalur listrik, jalur logistik, jalur

pengantaran senjata, serta dapat juga digunakan untuk menghancurkan ranjau. Bom ini dapat memberikan ledakan kecil pada wilayah yang menjadi sasaran sehingga dapat membuka jalur bagi pasukan infanteri untuk menyerang. Berat muatan bom curah tergantung dari jenisnya, seperti bom seri Markus 80 memiliki bobot bervariasi dari 60 kg hingga 2000 kg. Bom curah ini bisa digunakan pada PTTA, namun tentunya dengan bobot muatan yang lebih kecil agar dapat dimuat hingga beberapa unit untuk mengoptimalkan target yang dituju. Gambar 2.9 menunjukkan mekanisme bom curah yang dijatuhkan.



Gambar 2.9. Bom Curah

(sumber : <http://www.stopclustermunitions.org/en-gb/cluster-bombs/what-is-a-cluster-bomb.aspx>, 30 April 2014)

#### D. Gun untuk PTTA

Jenis gun atau senapan serbu juga bisa digunakan pada pesawat tempur maupun PTTA. Gun yang digunakan lebih kearah senapan serbu otomatis yang bisa dikendalikan oleh pilot atau operator pengendali pesawat, seperti jenis Gatling Gun yaitu jenis senjata mesin berat yang memiliki beberapa barel berputar dan diputar oleh putaran tangan yang diciptakan pada abad ke-18. Bentuk dan ukurannya hampir sebesar meriam kanon dan biasanya menggunakan roda untuk memudahkan pengangkutan. Senjata ini dapat menembakkan 200 peluru per menit.

Senjata Gatling pernah digunakan pada Perang Saudara Amerika dan merupakan salah satu senjata mengerikan yang ditakuti pada masa itu. Gatling Gun bisa digunakan pada wahana pesawat udara seperti helikopter dan PTTA tentunya dengan desain yang lebih fleksibel dengan bobot yang tidak terlalu berat. Jenis gun berikutnya yang sering

digunakan pada pesawat tempur yaitu rafale gun 30 mm untuk menyerang kendaraan lapis baja ringan maupun bunker yang diperkuat. Senjata jenis ini tidak digunakan untuk melawan personil dan digunakan pada beberapa kendaraan seperti kendaraan tempur infanteri, pesawat tempur dan helikopter. Jenis gatling gun dan rafale gun bisa dilihat pada gambar 2.10 dan 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.10. Jenis Gatling Gun pada Helikopter  
(sumber : [www.sejarahmiliter.com](http://www.sejarahmiliter.com), 03 Oktober 2020)



Gambar 2.11. Rafale Gun  
(sumber : [www.rafalenevsnblogspot.com](http://www.rafalenevsnblogspot.com), 05 Pebruari 2012)

#### **2.1.6. Kemampuan Teknologi Persenjataan Dalam Negeri**

Pertahanan sebuah Negara sangat dipengaruhi oleh Kekuatan militer yang dimiliki. Dalam dunia pertahanan, kekuatan militer dapat memberikan dua dampak yang saling bertolak belakang, yaitu kekuatan militer dapat membantu memberikan rasa aman bagi terciptanya stabilitas pertahanan negara dan kawasan, juga dapat mengancam pertahanan dan kedaulatan negara lain. Berakhirnya perang

dingin menandai sebuah perubahan terhadap pola tatanan dunia, namun bukan berarti ancaman terhadap pertahanan negara melalui kekuatan militer hilang begitu saja dari permukaan bumi. Seiring dengan perkembangan teknologi terutama teknologi di bidang persenjataan justru ancaman melalui kekuatan militer bisa semakin meningkat. Mengingat negara-negara di dunia saat ini berupaya mengalokasikan anggaran pertahanan demi peningkatan dan pembangunan kekuatan militernya sebagai misi utama self of defense (pertahanan diri) dengan melakukan riset teknologi persenjataan maupun pembelian peralatan militer berteknologi tinggi dari negara lain.

Permasalahan di bidang pertahanan dan keamanan begitu kompleks, sehingga dapat berdampak pada terganggunya roda pemerintahan di berbagai sektor, stabilitas negara, serta kehidupan masyarakat. Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah strategis, dengan segala kekayaan yang dimiliki maka sangat mungkin muncul ancaman kekuatan militer sewaktu-waktu. Kemungkinan terjadinya konflik dengan negara-negara tetangga di wilayah perbatasan bisa terulang kembali. Sebagaimana pernah terjadi antara Indonesia dengan Malaysia terhadap sengketa pulau Ambalat, Sipadan, dan Ligitan serta beberapa waktu yang lalu berujung pada kontak senjata. Konflik militer memang bukan suatu hal yang diharapkan, kadang hal ini terjadi diluar dugaan terutama pada daerah-daerah perbatasan seperti Kalimantan, Papua, Pulau Timor dan daerah perairan. Ancaman terhadap kedaulatan wilayah bisa terjadi kapanpun baik di darat, udara, maupun laut.

Lemahnya pengamanan pada daerah-daerah perbatasan bisa menjadi pemicu banyaknya potensi ancaman yang mengancam kedaulatan Negara. Hal ini sebenarnya juga tidak terlepas dari minimnya alutsista negara kita. Mengubah postur pertahanan yang ideal dapat dilakukan dengan melakukan pemerataan kekuatan pada seluruh angkatan (Darat, Laut, dan Udara), tentunya harus didukung dengan alutsista yang memadai untuk masing-masing angkatan, terutama penggunaan persenjataan dengan teknologi modern.

Postur pertahanan nasional yang dibuat Kementerian Pertahanan untuk periode sampai tahun 2029 menyatakan bahwa pertahanan nasional mengacu pada MEF (Minimal Essential Force) mengingat hingga saat ini masih adanya keterbatasan anggaran untuk pembelian alutsista. Kondisi ini memang akan menyulitkan kita untuk membeli alat-alat pertahanan yang canggih guna menciptakan deterrent effect atau 'memenangkan perang tanpa berperang'.

Permasalahan anggaran untuk mendapatkan alutsista berteknologi tinggi kerap timbul dalam menentukan postur pertahanan. Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu membuat suatu sinergi antara persoalan tersebut dengan asumsi bahwa menjadikan industri pertahanan nasional sebagai salah satu penggerak untuk mengatasi permasalahan minimnya alutsista. Sebab, harga yang harus dibayar tentunya jauh lebih murah, serta adanya upaya dalam membangun kemandirian nasional di bidang militer. Di samping itu besar kemungkinan industri ini juga akan dapat membantu menarik gerbong ekonomi nasional Indonesia.

Potensi sumber daya manusia Indonesia juga sudah mampu menghasilkan produk-produk alutsista yang diakui oleh negara-negara lain. Akan tetapi karena ketidakpercayaan dan minimnya dukungan dari pemerintah hingga saat ini maka potensi tersebut menjadi mengendap dan tidak termanfaatkan. Bahkan, sudah banyak SDM kita yang lari ke negara-negara lain untuk bekerja dan mengembangkan riset teknologi persenjataan. Mengingat kebutuhan akan peremajaan alutsista sangat mendesak dan di sisi lain adanya keterbatasan anggaran untuk membeli persenjataan dari luar negeri maka pemerintah harus mengambil sikap dalam mendukung pengembangan industri pertahanan nasional dengan memaksimalkan penggunaan produk-produk yang dihasilkan, tentunya disesuaikan dengan kemampuan produk yang ada.

Kemampuan teknologi nasional di bidang persenjataan hingga saat ini masih mencatat bahwa PT Dirgantara Indonesia, PT Pindad, PT PAL, DAHANA dan PT LEN pernah membuat suatu produk alutsista yang berkualitas dan diakui kehebatannya oleh negara-negara lain, dengan



dukungan dari pemerintah dan segenap komponen masyarakat akan mampu mewujudkan kembali alutsista yang berkualitas sesuai standar yang ditetapkan dunia.

Untuk itu dalam penelitian ini peneliti akan menggunakan produk-produk hasil teknologi persenjataan di dalam negeri yang telah dihasilkan guna penyusunan rancangan konsep sistem persenjataan pada PTTA MALE berbasis kemampuan teknologi persenjataan di dalam negeri.

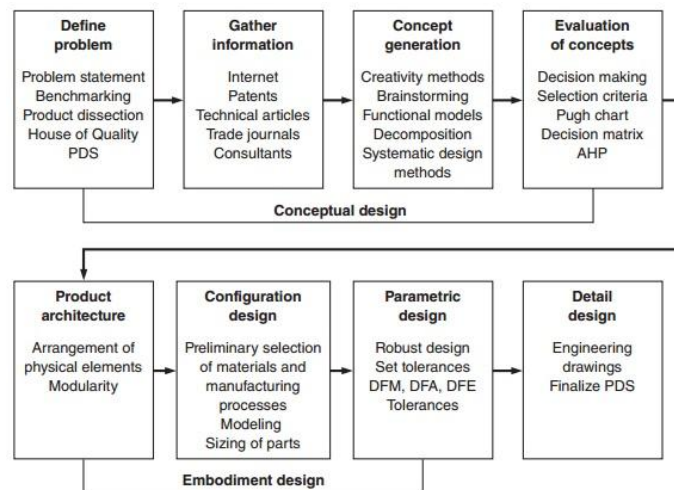
### **2.1.7. System Engineering**

*System engineering* atau *Rekayasa sistem* merupakan kumpulan pendekatan, konsep, dan metodologi serta alat bantu (tools) untuk merancang sebuah sistem yang kompleks (Hidayatno, 2008). Kompleksitas sistem meliputi kompleksitas dinamis yang terjadi karena banyaknya kemungkinan kejadian yang bisa terjadi seiring berjalannya waktu karena sifat dinamis erat kaitannya dengan dimensi waktu, serta kompleksitas detail yang terjadi ketika komponen atau sub-sistem yang dirancang tidak hanya banyak tetapi ditambah pula dengan multi-sourcing (multi supplier), multi standard, multi kriteria dan lainnya. Pendekatan Rekayasa sistem telah diterima secara luas di bidang militer dan industri pertahanan untuk memberikan solusi sistem terhadap masalah yang menantang secara teknologi dan misi darurat (Sanford et al, 2015).

*System Engineering* (Rekayasa Sistem) memiliki konsep untuk melakukan hal yang bersifat teknologi tinggi (*high tech*), tingkat keselamatan yang tinggi (*high safety concerns*) dan tingkat adaptasi terhadap kebutuhan yang tinggi (*high custom product*). Tujuannya untuk menghindari pemborosan waktu, biaya, material, penggunaan mesin, energi dan sumber daya lainnya. Rekayasa sistem diharapkan mampu meningkatkan kualitas serta produktivitas rancangan konsep yang dibuat.

Rekayasa sistem menjadi dasar utama dalam melakukan penelitian dan pengembangan sebuah sistem agar proses perancangan dan manufaktur serta pengujian dapat dipertanggungjawabkan. Dimulai dengan mendefinisikan standar kerangka kerja dalam proses siklus hidup

dari suatu sistem (*the system life-cycle process*). Penelitian merupakan proses awal dari seluruh siklus, yaitu rancangan konsep yang harus melakukan studi kelayakan dan perencanaan produk tingkat lanjut sehingga membentuk tiga fase desain yaitu: desain konseptual (*conceptual design*), desain perwujudan (*embodiment design*), dan detail desain (*detail design*) (Dieter & Schmidt, 2009). Tahapan pada Fase *Engineering Design* dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Fase *Engineering Design*

(Sumber: Dieter, George E, and Linda C. Schmidt. *Engineering Design*. 2009).

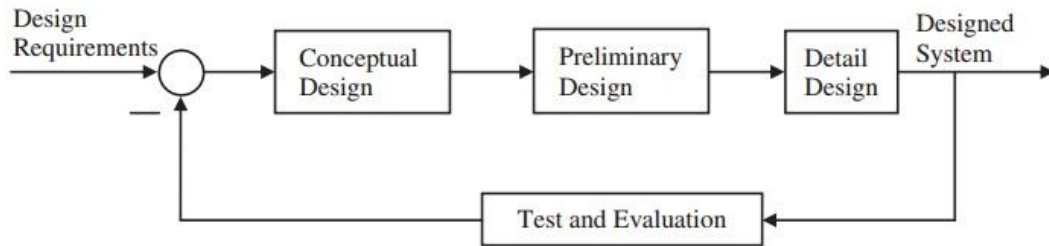
Suatu sistem terdiri dari sekumpulan elemen yang berinteraksi satu sama lain, dan dapat dilihat secara keseluruhan yang berinteraksi dengan lingkungan eksternalnya untuk mencapai suatu tujuan. Rekayasa sistem merupakan pendekatan multidisiplin untuk mengembangkan solusi sistem yang seimbang dalam menanggapi beragam kebutuhan user. Rekayasa sistem mencakup proses manajemen dan teknis untuk mencapai keseimbangan serta mengurangi risiko yang dapat mempengaruhi keberhasilan suatu proyek.

Spesifikasi Sistem dan Desain digunakan untuk menentukan persyaratan sistem yang akan memenuhi kebutuhan user. Prosesnya mencakup Sebagai berikut:

- Analisis kebutuhan user untuk memahami masalah yang harus dipecahkan dengan tujuan sistem dimaksudkan untuk mendukung langkah-langkah efektivitas yang diperlukan dan untuk mengevaluasi seberapa baik sistem mendukung tujuan ini dan memenuhi kebutuhan user.
- Tentukan fungsionalitas sistem yang diperlukan, antarmuka, karakteristik fisik dan kinerja, dan karakteristik kualitas lainnya untuk mendukung tujuan dan ukuran efektivitas.
- Mensintesis solusi sistem alternatif dengan mempartisi desain sistem menjadi komponen-komponen yang dapat memenuhi kebutuhan sistem.
- Lakukan analisis untuk mengevaluasi dan memilih solusi sistem pilihan yang memenuhi sistem persyaratan dan memaksimalkan langkah-langkah efektivitas.
- Menjaga keberlangsungan dari tujuan sistem ke sistem lainnya, persyaratan komponen dan hasil verifikasi untuk memastikan bahwa persyaratan dan kebutuhan user dapat ditangani.

Kemudian mengalokasikan persyaratan tersebut ke komponen sistem meliputi komponen desain, implementasi, dan diuji untuk memastikan terpenuhinya persyaratan. Integrasi Sistem dan Proses pengujian mencakup kegiatan untuk mengintegrasikan komponen ke dalam sistem dan memverifikasi bahwa sistem tersebut memenuhi persyaratan. Proses-proses ini diterapkan secara iteratif sepanjang pengembangan sistem, dengan umpan balik yang berkelanjutan dari proses yang berbeda.

Dalam menggunakan metode *Engineering Design* dengan system life cycle, terdiri dari 4 kegiatan, 3 diantaranya berhubungan dengan desain yaitu *Conceptual Design*, *Preliminary Design*, *Detail Design* serta *Test and Evaluation* seperti ditunjukkan pada gambar 2.13 dibawah.



Gambar 2.13. Hubungan 4 kegiatan pada system life cycle  
(Sumber: Sadraey, *Aircraft Design A Systems Engineering Approach*, Wiley, United Kingdom, 2013)

### 2.1.8. Quality Function Deployment (QFD)

*Quality Function Deployment (QFD)* adalah metode perencanaan dan pengembangan produk/jasa secara terstruktur yang memungkinkan tim pengembang mendefinisikan secara jelas kebutuhan dan harapan serta mengevaluasi kemampuan produk atau jasa secara sistematis untuk memenuhi kebutuhan dan harapan tersebut (Wahyu, 2003). *QFD* merupakan mekanisme terstruktur untuk menentukan kebutuhan pelanggan dan menerjemahkan kebutuhan-kebutuhan itu ke dalam kebutuhan teknis yang relevan, dimana masing-masing area fungsional dan level organisasi dapat mengerti dan bertindak (Nasution, 2001).

Alat utama dari *QFD* adalah susunan matrik dengan mengumpulkan, menginterpretasikan, mendokumentasikan dan memprioritaskan kebutuhan-kebutuhan pelanggan. Titik awal (*starting point*) *QFD* adalah pelanggan serta keinginan dan kebutuhan dari pelanggan (*voice of the customer*). Proses *QFD* dimulai dari kebutuhan pelanggan kemudian berlanjut melalui 4 poin utama yaitu:

- a. Perencanaan Produk (*Product Planning*) : mampu menerjemahkan kebutuhan-kebutuhan pelanggan kedalam kebutuhan-kebutuhan teknik (*technical requirements*).
- b. Desain Produk (*Product Design*) : mampu menerjemahkan kebutuhan-kebutuhan teknik kedalam karakteristik komponen.

- c. Perencanaan Proses (*Process Planning*) : mampu mengidentifikasi langkah-langkah proses dan parameter-parameter serta menerjemahkan kedalam karakteristik proses.
- d. Perencanaan Pengendalian Proses (*Process Planning Control*) : Menetapkan atau menentukan metode-metode pengendalian untuk mengendalikan karakteristik proses.

### **2.1.9. House of Quality**

*House of Quality* merupakan tahapan pertama dalam menerapkan QFD, dibentuk dengan menyusun satu atau lebih matrik yang saling berhubungan dan dikembangkan untuk menetapkan hubungan antara kebutuhan pelanggan dan parameter teknik dari produk atau jasa. Matrik ini menjelaskan apa saja yang menjadi kebutuhan dan harapan pelanggan dan bagaimana memenuhinya. Adapun Tahapan-tahapan dalam mengimplementasikannya yaitu melalui 3 fase:

- a. Fase pertama dengan mengumpulkan kebutuhan pelanggan (*Voice of Customer*) dengan cara:
  - Menentukan atribut-atribut yang dibutuhkan pelanggan (berupa data kualitatif), biasanya data diperoleh dari wawancara dan observasi terhadap konsumen.
  - Mengukur tingkat kepentingan dari atribut-atribut.
- b. Fase Kedua dengan menyusun *House of Quality* meliputi:
  - Pembuatan Matrik Kebutuhan pelanggan
  - Pembuatan Parameter Teknik (spesifikasi teknis)
  - Menentukan Hubungan Parameter Teknik dengan Kebutuhan pelanggan
  - Korelasi Teknis
  - Benchmarking dan Penetapan Target
- c. Fase Ketiga Analisis dan Intepretasi dari tahapan-tahapan diatas. Selain ketiga tahapan diatas, ada tahapan yang pertama kali dilakukan yaitu tahapan perencanaan dan persiapan. Adapun tahapan ini antara lain:

- Menyiapkan dukungan organisasional, meliputi dukungan dari pihak manajemen, dukungan fungsional dan dukungan teknis *QFD*.
- Menentukan tujuan ataupun keuntungan yang diharapkan dari kegiatan *QFD*.
- Menentukan siapa pelanggan. Karena dalam proses *QFD* penilaian banyak dilakukan oleh pelanggan.
- Menentukan cakupan produk. Dalam hal ini harus ditentukan dahulu bagian mana dari produk atau jasa yang termasuk dan tidak termasuk dalam aktivitas *QFD*.
- Melengkapi fasilitas dan material yang mendukung bagi pelaksanaan *QFD*.

## 2.2. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berkaitan dengan topik sistem senjata pada PTTA khususnya di Indonesia dapat dibilang cukup terbatas atau bahkan belum ada. Topik yang sering dibahas terkait PTTA pada umumnya dalam hal penggunaan militer maupun sipil. Namun, hal tersebut tidak menjadi halangan dalam mendapatkan literatur penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dengan penelitian ini, diantaranya:

- a. Precision-Guided Munitions: Background and Issues for Congress oleh John R. Hoehn, 2021.

Selama bertahun-tahun, militer AS bergantung pada Amunisi Berpemandu Presisi (PGM) untuk melaksanakan operasi militer di berbagai pertempuran baik darat, udara, dan laut. Departemen Pertahanan (DOD) Amerika mendefinisikan PGM sebagai sebuah senjata terpandu untuk menghancurkan titik target dan meminimalkan kerusakan tambahan, mencakup rudal yang diluncurkan dari udara dan kapal, beberapa roket yang diluncurkan, dan bom yang dipandu. Biasanya amunisi menggunakan sinyal radio dari sistem GPS, panduan laser, dan Inersia Navigasi Sistem (INS) menggunakan giroskop untuk meningkatkan akurasi senjata hingga kurang dari 3 meter (sekitar 10 kaki).

PGM pertama kali didemonstrasikan secara operasional selama Perang Vietnam dan menjadi terkenal dalam Operasi Badai Gurun pada tahun 1991. PGM dapat diluncurkan dalam jangkauan waktu lama untuk menyerang musuh, bisa digunakan pada PTTA MQ-1 dan MQ-9 buatan Amerika.

- b. Desain Konseptual Integrasi Sistem Drone/Uav dan Sensor Radar Pasif Sebagai Fungsi Situasional *Blank Spot Filler* Sistem Radar Pertahanan Udara (Studi: Satuan Radar 211 Tanjung Kait) oleh Ferri Donniward Batubara, Rudy A. G. Gultom, Romi O. Bura, 2020.

Radar aktif Sistem Pertahanan Udara Nasional dalam melakukan pengamatan udara sejauh coverage radar mempunyai sifat pancaran gelombang elektromagnetik line of sight, hal ini penyebab deteksi radar tidak optimal khususnya pada wilayah yang tertutupi oleh suatu obstacle berupa gunung, bukit, pepohonan tinggi serta lain sebagainya yang dianggap sebagai blank spot area. Penelitian difokuskan pada persoalan yang muncul di daerah blank spot area memungkinkan pesawat musuh yang terbang rendah tak terdeteksi oleh radar hanud. dibutuhkan suatu desain integrasi sistem drone serta sensor radar pasif dalam mengatasi penyebab masalah blank spot area agar mampu mendeteksi pesawat yang terbang rendah untuk menghindari deteksi radar hanud aktif. Diperoleh data awal pada pembuatan desain konsep sehingga ditemukan solusi pada penanganan pendeteksian sasaran di daerah blank spot area melalui suatu desain sistem integrasi transmisi data sistem drone/UAV serta sensor radar pasif menjadi fungsi blank spot filler radar hanud.

- c. *iCLEAN – Loitering Attack UCAV* oleh Lellpouche Nathaiel, Etlis Moshe, Rozenheck Oshri, 2012.

UCAV memiliki peran yang sangat penting dalam beberapa dekade terakhir, beragam tujuan dari penggunaannya meningkat

beriringan dengan pertumbuhan teknologi. Fokus utamanya digunakan pada daerah pengintaian dan pertempuran. Pada fungsi pengintaian, kebutuhan utama adalah kualitas gambar yang baik, kemampuan untuk mengenali dan mendeteksi dari jarak terjauh yang bisa didapatkan, dengan cakupan azimuth dan area yang cukup, serta bobot terendah yang dapat dicapai. *UCAV* terdiri dari *Suicide* dan *Multiple-use UCAV*. Contoh *Suicide UCAV* yaitu *HARPY* dan *HAROP* yang diproduksi oleh IAI, Israel. *Suicide UCAV* tidak memerlukan prosedur perawatan yang besar, memiliki bobot lebih rendah (biasanya tidak memiliki roda pendarat) dan dirancang dengan per unit yang rendah, yang semua merupakan keunggulannya. "iCLEAN" adalah loitering dan *suicide UCAV* yang perancangannya memiliki tujuan utama mengurangi sebanyak mungkin dimensi dan biaya per unitnya. Contoh *Multiple-use UCAV* yaitu jenis *Predator* digunakan oleh Angkatan Udara AS untuk beroperasi didaerah pertempuran.

- d. *Miniature Bomb Concept For Unmanned Aerial Vehicles* oleh Mariusz Jacewicz, Robert Głęboki, Adrian Szklarski, 2018.

Penelitian ini menyajikan metodologi desain bom berpemandu kecil untuk PTTA. Bom akan dilengkapi dengan unit pengukuran inersia dan pencari inframerah. Karakteristik aerodinamis dihitung dengan metode teoritis dan teknik. Model dinamika penerbangan bom diperoleh dan diimplementasikan dalam perangkat lunak Simulink. Simulasi numerik dari lintasan yang tidak terkontrol dan yang terkontrol dibandingkan. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan dari amunisi kecil yang dipandu seperti bom yang dirancang, kemampuan ofensif dari PTTA mungkin meningkat secara signifikan. Penelitian ini menyajikan perkembangan dari bom kecil yang ditujukan untuk Taktis Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Salah satu penggunaan PTTA paling signifikan adalah untuk memastikan pengintaian bagi



pasukan darat. Penggunaan PTTA adalah cara menghemat biaya untuk menghancurkan benda-benda kecil yang tidak bergerak seperti truk, bunker atau perahu. permasalahannya adalah minimnya jenis bom berpemandu kecil yang ada. Bom yang tidak terarah memiliki akurasi yang tidak memadai untuk mengenai target yang bergerak. Dengan penggunaan bom ringan, PTTA taktis dapat mempertahankan kemampuan daya tahan penerbangannya dan dapat mewujudkan tugas ofensif baru, sehingga membuat amunisi jenis ini sangat menarik bagi calon pengguna.

e. Unmanned Ambitions oleh Wim Zwijnenburg dan Foeke Postma

Sistem militer tak berawak atau PTTA sebagai alat baru untuk penggunaan kekuatan mematikan, di dalam dan di luar medan perang. Kemampuan unik PTTA memfasilitasi pengumpulan intelijen yang lebih baik, pengawasan, perolehan target, dan pengintaian dan meningkatkan kesadaran situasional untuk militer. PTTA bersenjata banyak digunakan untuk dukungan jarak dekat dalam konflik dan operasi pembunuhan yang ditargetkan secara klandestin di luar zona konflik. Lebih dari 90 Negara memiliki PTTA militer, 24 versi dilengkapi persenjataan. Penelitian ini menjelaskan penggunaan PTTA militer yang terus berkembang dengan melihat industri PTTA yang muncul dan implikasi yang dihasilkan untuk proliferasi, keamanan dan mekanisme kontrol senjata internasional.

f. Unmanned Aerial Vehicles: Implications for Military Operations oleh David Glade.

Pengembangan wahana PTTA berpotensi merevolusi penggunaan kekuatan militer di masa depan. Berbagai kemampuan dari PTTA sebagian besar masih belum cukup diketahui. Namun, jelas teknologi ini akan memungkinkan pasukan militer untuk menggunakan kekuatan lebih besar dan luas termasuk dari luar angkasa dengan biaya yang lebih rendah dan risiko yang lebih kecil

bagi manusia yang menerbangkan pesawat. Masalahnya adalah kebijakan pada penggunaan antena tak berawak pada kendaraan dalam penggunaan kekuatan yang mematikan, khususnya kekuatan udara dimana misi paling baik diselesaikan oleh wahana yang tidak berawak, dikemudikan, dan otonom kendaraan. Karena itu umum untuk menarik perbedaan antara kendaraan dengan pilot on-board, kendaraan dengan operator off-board, dan kendaraan otonom, penelitian ini menjelaskan fungsi utama pilot dan membandingkannya dengan peran kendaraan yang dikemudikan (otonom) dari jarak jauh. Asumsinya adalah bahwa dikemudikan, dikemudikan dari jarak jauh, dan otonom kendaraan memiliki kelebihan dan kekurangan dalam operasi militer, dan bahwa ini bervariasi dalam arti strategis untuk berbagai tingkat konflik. Penelitian ini dikhususkan untuk mengatasi masalah yang diangkat oleh generasi baru dari kendaraan udara terutama PTTA.

- g. The development of autonomous military drones in the UK oleh Peter Burt.

Kemungkinan besar PTTA akan menjadi sistem militer yang berkembang menjadi senjata pertama yang benar-benar otonom sistem. Didukung oleh kemajuan kecerdasan buatan (AI), pembelajaran mesin, dan komputasi. Kita cenderung melihat perkembangan PTTA yang mampu terbang sendiri, tetap tinggi untuk waktu yang lama, tetapi kita juga dapat memilih, mengidentifikasi, dan menghancurkan target tanpa campur tangan manusia. Cara bertahap di mana teknologi PTTA berkembang, dan kemampuan untuk 'memasang' fitur-fitur baru, PTTA sangat cocok untuk berubah menjadi sistem senjata otonom. Sistem senjata otonom didefinisikan sebagai senjata apa pun dengan sistem otonom dalam fungsi kritisnya yaitu sistem senjata yang dapat memilih dan menyerang target tanpa campur tangan manusia. Dua kegunaan terpisah untuk AI dan teknologi otonom menjadi semakin

penting dalam dunia militer. Pertama, sistem otonom dapat digunakan untuk memproses dan menganalisis sejumlah besar informasi mentah intelijen untuk menemukan target. Kedua, AI dapat dimasukkan ke dalam senjata sendiri untuk menjalankan misi operasional.

Meskipun PTTA bersenjata yang ada memiliki tingkat otonom dalam beberapa fungsinya misalnya dalam kaitannya dengan kontrol penerbangan saat ini kontrol manusia dipertahankan atas penggunaan kekuatan, dan begitu juga hari ini drone bersenjata tidak memenuhi syarat sebagai senjata yang sepenuhnya otonom.

- h. Availability and military use of UAVs oleh Maaïke Verbruggen, 2017.

Teknologi PTTA telah digunakan selama beberapa dekade, terutama pada konflik bersenjata oleh banyak negara. Perkembangan yang pesat selama 15 tahun terakhir, memungkinkan penggunaan baru dari PTTA dan menghadirkan tantangan baru terkait regulasi dalam hal proliferasi dan penggunaannya terutama PTTA yang dipersenjatai. PTTA bersenjata memiliki kemampuan untuk tingkat lanjut operasi tempur, seperti pertempuran udara (serangan udara-ke-darat) dan melakukan serangan udara dengan sistem pertahanan udara otomatis dan amunisi antipesawat berpemandu presisi. Dalam konflik di Suriah, Irak dan Ukraina, PTTA sipil yang dimodifikasi telah digunakan untuk mengirimkan bahan peledak, serangan dan pembunuhan yang ditargetkan. Beberapa negara merasa bahwa karakteristik PTTA yang spesifik, seperti biaya rendah, ukuran kecil dan minimal risiko bagi operator, membuat teknologi PTTA sangat rentan terhadap penyalahgunaan dibandingkan dengan teknologi lainnya. Kekhawatiran tersebut telah memicu tiga hal, yaitu tentang aturan penggunaan PTTA kombatan, transparansi dan akuntabilitas, serta perdagangan dan ketersediaan PTTA.

- i. Design in Engineering : An Evaluation of Civillian and Military Unmanned Aerial Vehicle Platforms oleh Chris R Lavers, 2021.

Penelitian ini mengungkap persepsi produsen, pengguna, dan penyedia penanggulangan terhadap PTTA dari adanya ancaman eksistensial yang berkembang yang ditimbulkan oleh modifikasi PTTA menjadi sebuah senjata mematikan di kalangan masyarakat bahkan Negara untuk kegiatan operasi senjata baik konvensional, perang perkotaan bahkan perang global yang melibatkan Negara-negara di dunia. Penelitian ini mengusulkan potensi perlindungan platform desain yang mungkin diterapkan untuk mengurangi ancaman tersebut. Platform desain mungkin bisa menunjukkan perwujudan fitur cerdas: perbaikan sendiri, modifikasi reflektifitas optik kristal cair, bahan canggih, dan sensor kulit tertanam, ke dalam proses desain. Penelitian menetapkan beberapa batasan yaitu pengecualian Sistem Senjata Otonom Mematikan (LAWS), dan Kecerdasan Buatan (AI) yang meskipun relevan dengan PTTA militer tapi tidak realistis dapat dicapai oleh teroris, gerilyawan, atau pemberontak. PTTA menurut pandangan militer adalah bagian sistem misi daripada platform udara, sementara PTTA yang dioperasikan dari jarak jauh dalam konteks militer juga dikenal dengan istilah yang lebih sering digunakan: Remotely Piloted Aerial System (RPAS), yang diadopsi di Inggris untuk merujuk ke sistem platform PTTA.

- j. Security analysis of drones systems oleh Jean-Paul Yaacoub, Hassan Noura, Ola Salman, Ali Chehab, 2020.

Ketergantungan dalam penggunaan PTTA terus meningkat di berbagai bidang terutama sektor militer. Penggunaan PTTA yang berbahaya mulai muncul di kalangan penjahat baik di dunia nyata maupun dunia maya. Probabilitas dan frekuensi serangan ini keduanya tinggi dan dampaknya bisa sangat berbahaya dengan efek yang menghancurkan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki ancaman yang muncul dari penggunaan PTTA pada

serangan cyber. Penelitian ini menganalisis eksploitasi kerentanan PTTA dalam tautan komunikasi, serta perangkat pintar dan perangkat keras, termasuk ponsel pintar dan tablet terlebih kemajuan teknologi memungkinkan kemudahan manipulasi melalui ponsel pintar untuk menerbangkan PTTA daripada menggunakan remote kontrol. Peningkatan luar biasa tersebut menyebabkan era penerbangan baru kendaraan udara otonom baik domain sipil maupun militer, dengan peluang yang potensial dalam ekonomi, komersial, industri, fleksibel dan mudah digunakan, dengan biaya rendah. Namun, penggunaannya menyebabkan munculnya berbagai masalah keamanan, keselamatan, dan privasi, yang diwujudkan melalui berbagai serangan, ancaman, dan tantangan cyber.

Tabel 2.2. Penelitian Terdahulu yang relevan

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Sumber	Tahun	Pembahasan	Metodologi	Persamaan	Perbedaan
1	John R. Hoehn	Precision-Guided Munitions: Background and Issues for Congress	Congressional Research Service <a href="https://crsreports.congress.gov">https://crsreports.congress.gov</a> R45996	2021	Penggunaan Utama Amunisi Berpemandu Presisi (PGM) dalam operasi militer di berbagai pertempuran baik darat, udara, dan laut pada PTTA MQ-1 dan MQ-9	Metode deskriptif berdasarkan data-data yang representatif guna mengungkapkan fakta sesuai klausul kongres tentang amunisi berpemandu presisi serta dampaknya	Sama dalam penggunaan system senjata terutama Amunisi Berpemandu Presisi (PGM) dalam operasi militer yang dilakukan	Penelitian ini hanya berfokus pada penggunaan PGM pada umumnya, sedangkan penelitian yang akan dilakukan peneliti lebih kearah system senjata pada wahana PTTA
2	Ferri Donniward Batubara, Rudy A. G. Gultom, Romi O. Bura	Desain Konseptual Integrasi Sistem Drone/UAV dan Sensor Radar Pasif Sebagai Fungsi Situasional <i>Blank Spot Filler</i> Sistem Radar Pertahanan Udara	Jurnal Teknologi Penginderaan Volume 2 Nomor 1 Tahun 2020	2020	Rancangan integrasi sistem drone dan sensor radar pasif dalam mengatasi permasalahan <i>blank spot area</i> agar tetap mampu mendeteksi pesawat yang terbang rendah (UAV LASE) menghindari deteksi radar aktif hanud	Menggunakan metode penelitian kualitatif bersifat subjektif dari sudut pandang partisipan secara deskriptif. Metode ini bersifat memberikan deskripsi secara jelas suatu permasalahan sesuai dengan fakta di lapangan.	Membahas konsep desain sistem integrasi transmisi data pada sistem PTTA	Fokus Penelitian pada konsep desain sistem integrasi transmisi data pada PTTA serta penggunaan sensor radar pasif

3	Lellpouche Nathaiel, Etlis Moshe, Rozenheck Oshri	<i>iCLEAN – Loitering Attack UCAV</i>	Article of Aerospace faculty at the Technion Institute of Technology. The "iCLEAN" project.	2012	Rancangan PTTA berjenis loitering attack seperti HARPY dan HAROP berdasarkan evaluasi dari produk sejenis yang sudah ada di pasaran	Metode deskriptif berdasarkan fungsi, kinerja dan kemampuan tempur PTTA serta persyaratan, perhitungan, analisis, dan desain terperinci	Penelitian ini sama dalam perancangan sistem senjata pada PTTA	Penelitian ini membahas loitering munitions berjenis PTTA, sedang penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti berfokus pada tipe jenis senjata pada PTTA
4	Mariusz Jacewicz, Robert Głęboki, Adrian Szklarski	Miniature Bomb Concept For Unmanned Aerial Vehicles	Archive of Mechanical Engineering Vol. LXV 2018 number 3 doi: 10.24425/124488	2018	Penggunaan bom berpemandu kecil untuk PTTA tipe kombat yang dilengkapi dengan unit pengukuran inersia dan pencari inframerah	Deskriptif dan eksperimental menggunakan metode simulasi numerik dengan model dinamika penerbangan	Sama-sama dalam penggunaan sistem senjata pada PTTA	Penelitian ini menggunakan bom berpemandu kecil, sedang penelitian yang akan dilakukan peneliti lebih ditekankan pada konsep desain sistem senjata pada PTTA
5	Wim Zwijnenburg and Foeke Postma	Unmanned Ambitions	Article from PAX with the financial support of the Open Society Foundations <a href="http://www.paxforpeace.nl">www.paxforpeace.nl</a>	2018	Perkembangan PTTA militer dengan munculnya industri PTTA (UCAV) dan implikasi yang dihasilkan untuk proliferasi, keamanan dan	Metode deskriptif melalui pendekatan narasi kontekstual berdasarkan data-data representatif	Sama dalam pembahasan tentang PTTA pada operasi militer dan penggunaan senjata pada drone	Penelitian yang akan dilakukan bertumpu pada sistem senjata yang sesuai pada PTTA yang telah dirancang untuk weaponize pada operasi militer

					mekanisme kontrol senjata internasional			
6	David Glade	Unmanned Aerial Vehicles: Implications for Military Operations	Occasional Paper No. 16 Center for Strategy and Technology Air War College Air University Maxwell Air Force Base, Alabama	2000	Peran penting pilot dan membandingkannya dengan peran kendaraan yang dikemudikan dan otonom dari jarak jauh dalam operasi militer pada PTTA Global Hawk	Metode deskriptif melalui identifikasi masalah dengan mendeskripsikan suatu objek secara detail untuk pemecahan masalah	Membahas tentang PTTA yang dikemudikan secara otonom dari jarak jauh pada operasi militer	Objek pembahasan penelitian berfokus pada kecocokan sistem senjata yang digunakan pada PTTA
7	Peter Burt	The development of autonomous military drones in the UK	Drone Wars UK Peace House, 19 Paradise Street Oxford, OX1 1LD <a href="http://www.dronewars.net">www.dronewars.net</a>	2018	Penggunaan sistem otonom senjata pada PTTA yang didukung oleh kemajuan kecerdasan buatan (AI), pembelajaran mesin, dan komputasi dalam dunia militer pada PTTA Predator	Menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskripsi komprehensif dari berbagai sumber yang representatif disertai studi kasus sebagai bahan pendukung	Sistem senjata pada PTTA dalam dunia militer	Penelitian ini hanya menjelaskan tentang sistem senjata otonom pada PTTA sedang penelitian yang akan dilakukan tentang kecocokan sistem senjata yang akan digunakan pada PTTA

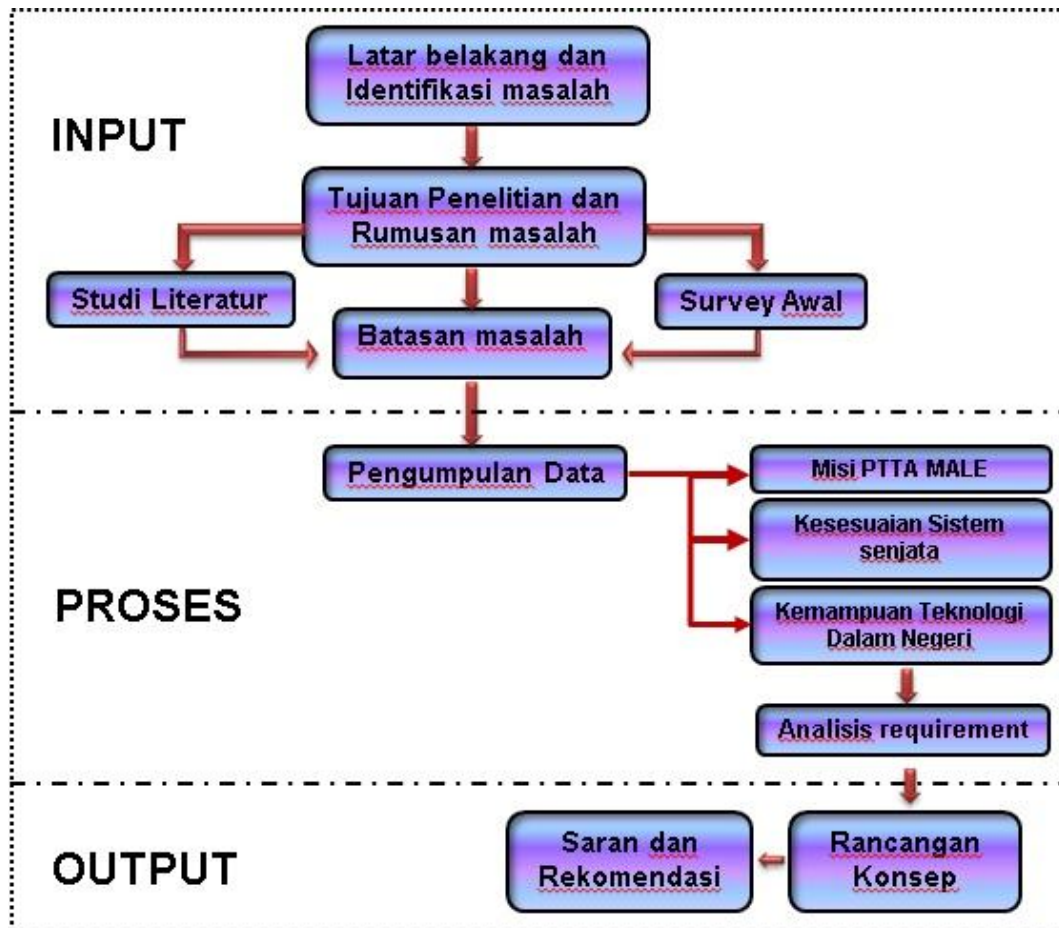


8	Maaïke Verbruggen	Availability and military use of UAVs	Article from ResearchGate <a href="https://www.researchgate.net/publication/321224540">https://www.researchgate.net/publication/321224540</a>	2017	Regulasi atas Proliferasi dan penggunaan PTTA yang dipersenjatai. untuk operasi tempur, seperti pertempuran udara (serangan udara-ke-darat) dan melakukan serangan udara dengan sistem pertahanan udara otomatis dan amunisi antipesawat berpemandu presisi	Metode deskriptif dengan pendekatan narasi kontekstual berdasarkan data-data representative	Sama dalam membahas sistem pertahanan udara menggunakan PTTA yang dipersenjatai untuk operasi tempur	Penelitian ini hanya membahas regulasi proliferasi dan penggunaan PTTA yang dipersenjatai
9	Chris R Lavers,	Design in Engineering : An Evaluation of Civilian and Military Unmanned Aerial Vehicle Platforms	Article from ResearchGate <a href="https://www.researchgate.net/publication/356264510">https://www.researchgate.net/publication/356264510</a>	2021	Membahas potensi perlindungan dengan platform desain untuk diterapkan dalam mengurangi ancaman yang ditimbulkan oleh modifikasi PTTA menjadi sebuah senjata mematikan pada kegiatan operasi senjata	Deskriptif data menggunakan metode perspektif visualisasi dengan model 3 dimensi	Sama dalam hal platform desain yang digunakan pada PTTA yang dipersenjatai	Penelitian ini hanya membahas system proteksi untuk mengurangi ancaman yang ditimbulkan oleh PTTA yang dimodifikasi dengan senjata-senjata mematikan

10	Jean-Paul Yaacoub, Hassan Noura, Ola Salman, Ali Chehab	Security analysis of drones systems	Article from Elsevier <a href="http://www.elsevier.com/locate/iot">www.elsevier.com/locate/iot</a> <a href="https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100218">https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100218</a>	2020	Menyelidiki ancaman yang muncul dari penggunaan PTTA pada serangan cyber. Penelitian ini menganalisis eksploitasi kerentanan PTTA dalam tautan komunikasi, serta perangkat pintar dan perangkat keras, termasuk ponsel pintar dan tablet yang memungkinkan kemudahan manipulasi melalui ponsel pintar untuk menerbangkan PTTA daripada menggunakan remote kontrol	Metode deskriptif melalui identifikasi masalah dengan mendeskripsikan suatu objek secara detail dalam pemecahan masalah	Sama dalam membahas penggunaan senjata pada PTTA yang mampu menghancurkan dengan system yang dikendalikan oleh operator pengendali	Penelitian ini berfokus pada system komunikasi yang rentan dialami oleh PTTA menggunakan perangkat pintar untuk memanipulasi PTTA dalam penggunaannya melebihi penggunaan remote kontrol
----	---	-------------------------------------	--	------	---	---	--	--

### 2.3. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini terdiri dari rangkaian alur bagan yang menggambarkan proses rancangan konsep penelitian. Adapun bagannya bisa dilihat pada gambar 2.14 dibawah.



Gambar 2.14. Kerangka Berpikir