



## **KEMAMPUAN NASIONAL DALAM PENGEMBANGAN PESAWAT TERBANG TANPA AWAK KELAS MEDIUM ALTITUDE LONG ENDURANCE**

**Agus Bayu Utama<sup>1)</sup>, Siswo Hadi Sumantri<sup>2)</sup>,**

**Romie Oktovianus Bura<sup>3)</sup>, Gita Amperiawan<sup>4)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Riset Teknologi Penerbangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional

<sup>2)</sup>Program Studi Doktor Ilmu Pertahanan, Universitas Pertahanan

<sup>3)</sup>Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

<sup>4)</sup>Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

### **Abstrak**

The Indonesian Ministry of Defense has established a policy for the use of unmanned aircraft in a variety of military and non-military operations carried out by its troops. The defense industry's independence is also encouraged to develop unmanned aircraft class medium altitude long endurance (MALE). This study was conducted to analyze national capabilities in the development of unmanned aircraft in the MALE class. The research method used is qualitative with a survey to unmanned aircraft developer and user communities. Primary data is processed using Excel software and displayed in the form of tables and graphs. The result: Indonesia has already the capability to design, manufacture, and use class 1 (small) of unmanned aircraft products, namely the maximum take-off weight (MTOW) of aircraft weighing less than 150 kg but in the development class 3 (large) of unmanned aircraft, namely the MTOW of aircraft above 600 kg and operating altitude < 13,716 km, Indonesia is only able to make designs and test models in the wind tunnel, MALE Elang Hitam (EH) development through a consortium that began in 2017 was the first activity and become a means of increasing national capacity.

**Kata Kunci:** keys technology, medium altitude long endurance (MALE), national capability, national program, Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

---

\*Correspondence Address : [agus092@brin.go.id](mailto:agus092@brin.go.id)

DOI : 10.31604/jips.v10i3.2023.1312-1321

© 2023UM-Tapsel Press

## **PENDAHULUAN**

Drone atau pesawat terbang tanpa awak (PTTA) telah menjadi peralatan militer standar dengan berbagai ukuran dan kecanggihan, dan merupakan kontributor utama perubahan karakter perang modern. Berdasarkan berat maksimum lepas landas pesawat, kelas PTTA dibagi menjadi 3 yaitu kelas 1 (<150 kg), kelas 2 (150 – 600 kg) dan kelas 3 (>600 kg). Hingga tahun 2019 ada 85 negara mengoperasikan kelas 1, 44 negara mengoperasikan kelas 2 dan 31 negara mengoperasikan kelas 3. Negara yang sudah mempunyai PTTA kelas 3 antara lain China, India, Pakistan, Singapura dan Thailand, negara yang sedang mengembangkan dan memiliki rencana mengakuisisi PTTA kelas 3 adalah Australia, Bangladesh, Jepang, Malaysia, Philipina, Korea Selatan dan Taiwan termasuk Indonesia (Gettinger, 2019).

Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia No. 26 Tahun 2016 tentang PTTA dalam tugas pertahanan dan keamanan Negara, membagi spesifikasi PTTA sebagai berikut: sistem mikro (berat pesawat < 2 kg, tinggi operasi terbang (tot) < 60.96 m), sistem mini (berat pesawat 2 – 20 kg, tot < 914.4 m), sistem kecil (berat 20 – 150 kg, tot < 1.524 km), sistem sedang (berat 150 – 600 kg, tot < 6.096 km) dan sistem besar (berat > 600 kg, tot MALE < 13.716 km, tot HALE < 19.812 km).

Upaya penelitian dan pengembangan dan perekayasaan (litbangyasa) diperlukan untuk meningkatkan kemampuan dan pengetahuan teknologi bidang pertahanan. Upaya litbang merupakan komponen penting dalam kemandirian pertahanan (Susdarwono, 2020). Berbagai inisiatif dilakukan untuk menguasai teknologi sebagai bagian dari pengembangan industri militer guna mendorong terciptanya sistem pertahanan negara yang tangguh, berdaya tangkal, kekinian, dan dinamis.

Penting untuk merencanakan investasi untuk melengkapi fasilitas dan infrastruktur lini produksi, kerja sama industri dan pengguna, kebijakan pemerintah, dan keselarasan pemerintah dengan investasi (Shofhani et al., 2022).

Sejak tahun 2017, PTTA kelas medium altitude long endurance (MALE) Elang Hitam (EH) telah dikembangkan dan ditujukan untuk memenuhi kebutuhan TNI AU dalam melakukan pengawasan yang efektif. Program ini menjadi lingkungan belajar bagi para peneliti PTTA nasional untuk menguasai teknologi. Teknologi Kunci PTTA yang harus dikuasai antara lain sistem kontrol penerbangan, integrasi platform senjata, sistem penargetan elektro-optik, dan teknologi komposit (Utama and Anwar, 2021). Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) ditunjuk sebagai koordinator program MALE EH berdasarkan Peraturan Menteri Ristekdikti no. 38 tahun 2019 tentang program riset nasional 2020-2024. PT Dirgantara Indonesia membangun badan pesawat dan berperan sebagai lead integrator, PT LEN Industri membangun sistem kontrol dan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) memperkenalkan inovasi dalam pengembangan teknologi SAR (Synthetic Aperture Radar) dan data link satelit (Fikri, 2020).

MALE EH seperti terlihat pada gambar 1 didesain dapat beroperasi dengan radius 250 km pada ketinggian operasi 3000 m hingga 5000 m, sedangkan desain ketinggian maksimum dapat mencapai 7200 meter dan kecepatan operasi maksimum 235 km / jam dan waktu penerbangan hingga 30 jam. Landasan pacu yang dibutuhkan adalah 700 meter dan panjang landasan 500 meter. MALE Elang Hitam memiliki panjang tubuh 8,3 meter, tinggi 1,02 meter, dan lebar sayap 16 meter. Pesawat tersebut memiliki mesin 4 tak dengan tenaga 110-150 hp dan dilengkapi dengan dua baling-baling.

Berat lepas landas maksimum (MTOW) adalah 1115 kg (Rajasa, 2019).



**Gambar 1. Drone Elang Hitam**

Sumber: PTDI, 2021

Membangun industri pertahanan karena adanya keinginan untuk membangun kekuatan negara. Korelasinya sangat jelas yaitu kuatnya industri pertahanan dapat mewujudkan postur pertahanan negara yang kuat dan bisa diandalkan. Ada 3 pilar kemandirian pertahanan antara lain pemerintah, industri pertahanan dan militer, dimana masing masing pilar memiliki peran guna mewujudkan produk pertahanan yang handal dan mandiri. Maksud mandiri di sini adalah kedaulatan membangun alat pertahanan tanpa tekanan dan kontrol dari pihak luar. Pemerintah sebagai pembeli tunggal dari peralatan pertahanan yang diproduksi mandiri secara nasional memiliki peran sangat penting dalam membangun industri pertahanan (Setiadji, 2021).

Latar belakang masalah dalam makalah ini adalah program pengembangan PTTA kelas MALE versi tempur pada posisi terhenti setelah terbentuknya Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Sesuai Peraturan Presiden No. 78 tahun 2021 tentang BRIN, BPPT dan LAPAN sebagai pelaksana program pengembangan PTTA MALE tempur diintegrasikan ke dalam BRIN. Sudah tidak ada lagi konsorsium program PTTA MALE EH. Kebijakan litbangyasa BRIN terkait PTTA saat ini ditujukan ke versi sipil dan lebih memfokuskan kepada peningkatan kompetensi para perisetnya serta tidak ada lagi anggaran yang mengalir ke industri berdasarkan surat dari Deputi Bidang Pemanfaatan Riset dan Inovasi BRIN kepada Sekjen Kemhan tertanggal

23-11-2021 tentang penjelasan tindak lanjut program PTTA MALE combatan. BRIN bisa memberikan layanan laboratorium uji secara gratis jika ada perjanjian kerjasama dengan industri.

Yang menjadi objek penelitian dalam makalah ini adalah kemampuan nasional dalam pengembangan PTTA kelas MALE, adapun subjek penelitian adalah komunitas pengembang dan pengguna PTTA. Teknik pengumpulan data adalah triangulasi "sumber" yaitu peneliti menggunakan teknik pengumpulan data pada berbagai sumber data. Pengumpulan data primer dilakukan dengan survei kuesioner kepada subyek penelitian. Sumber data lainnya yaitu dari kajian literatur. Penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan bagaimana kemampuan nasional saat ini dalam pengembangan PTTA kelas MALE, sehingga dapat diambil langkah langkah yang konkrit untuk mempercepat terwujudnya kemandirian industri pertahanan nasional dalam memproduksi PTTA kelas MALE.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan survei menyebar kuesioner terhadap komunitas pengembang dan pengguna PTTA untuk mendapatkan data primer serta kajian studi literatur yaitu dengan mencari berbagai sumber tertulis seperti dari buku, jurnal, artikel, majalah, arsip atau dokumen lainnya yang sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti untuk mendapatkan data sekunder. Dalam penelitian kualitatif, peneliti langsung menjadi instrument yang baik, melakukan triangulasi data dari sumber data yang tepat dan menguji keabsahan data (Sugiyono, 2016). Kuesioner dibagikan secara online kepada responden dan data dikumpulkan dari tanggal 13 Juli hingga 3 Agustus 2022. Data primer tersebut kemudian diolah dengan google form dan software Excel

serta ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik untuk mempermudah dalam mengambil kesimpulan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) merupakan bagian yang sangat penting bagi kemajuan peradaban manusia. Kemampuan iptek nasional harus terus dikembangkan untuk meningkatkan daya saing dan kemandirian bangsa serta mempercepat pencapaian tujuan nasional. Dalam pengembangan PTTA kelas MALE ada beberapa teknologi kunci yang harus dikuasai (lihat Tabel 1).

**Tabel 1. Daftar Teknologi Kunci dalam Pengembangan PTTA (Sumber: PTDI, diolah oleh peneliti)**

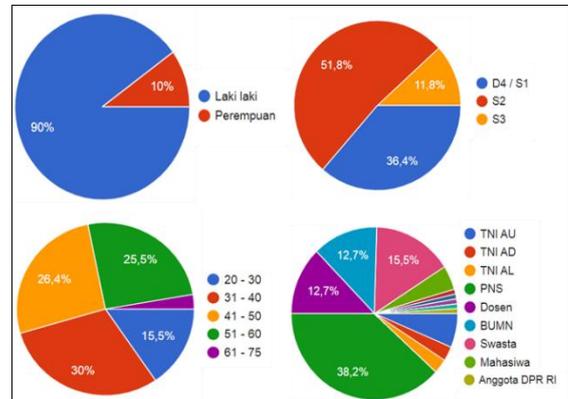
No.	Teknologi kunci
1	<b>Desain:</b> Computer Fluid Dynamik, Windtunnel Test.
2	<b>Struktur:</b> Komposit Manufaktur (Fuselage, Wing, Tail, Empennage, Engine nacelle), Finite element Metod (FEM), Test struktur sayap.
3	<b>Propulsion:</b> Engine / Engine starter, Test engine, Integrasi / Engine Mounting, Propeller dgn variabel pitch, Engine monitoring system, Noise : maks 82.5 dB(A), Fuel Tank / Fuel System / Fuel Pump, Sistem pendingin untuk mesin dan komponen elektronik.
4	<b>Electrical System:</b> generator daya 12 dan 28 VDC, Baterai sbg suplai elektrik power, Lighting, EMI / EMC, Lightning Protection.
5	<b>Landing Gear:</b> retractable, Braking system (pengereman).
6	<b>Flight System:</b> Flight control system (FCS), Avionic navigation system, Pilot Camera system, Environmental & safety system, Transponder.
7	<b>Mobile Ground Control System:</b> Ground Control System, Ground Control Station, Environmental system, Communication system/datalink, Electrical System, Ground Support System, Transporter.
8	<b>Communication System:</b> Data link, CNPC & Camera data, Navigation, Sistem Beacon (suar).
9	<b>Mission Sytem / Sensor Payload:</b> Gimbal System, Electro Optical (EO)/ Infra Red (IR) unit sekelas WESCAM MX-15/D, SAR unit sekelas N/ZPQ-1 TESAR, Self Electronic Protection (SEP) bagi transceiver unit, Identification Friend or Foe (IFF) dengan mode -1, -2, -3/A, -C, dan -S sebagai perlindungan diri terhadap friendly-fire.
10	<b>Weapon Integration System:</b> Missile / Guided Bomb, Firing control system, Weapon storage Management system.
11	<b>Simulator pelatihan terbang</b>
12	<b>Kelaikan udara:</b> CASR 23 amandement 2 atau IMMA.
13	<b>Integrasi dan test</b>

**Data Primer Hasil Survei Kuesioner**

**Data Responden**

Pada gambar 2 ditunjukkan data responden, dimana dari 110 responden, 99 orang berjenis kelamin laki laki, 11 orang perempuan. Dari pendidikan para responden, yang S3 sebanyak 11.8%, S2 51.8 % dan S1 36.4 %. Kemudian dari segi usia, sebanyak 30 % responden

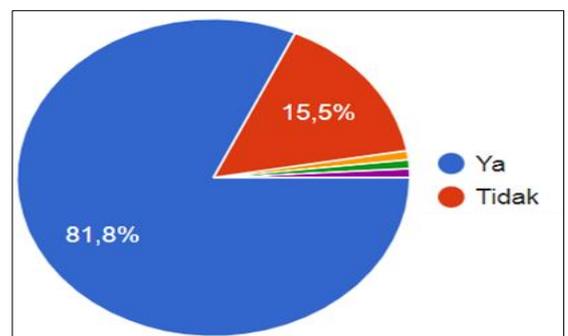
berusia antara 31 – 40 tahun, 26.4 % berusia 41 – 50 tahun. Jenis pekerjaan juga bervariasi, 38.2 % bekerja sebagai Periset di BRIN, 12.7 % sebagai dosen, 12.7 % bekerja di BUMN (PTDI, PT LEN) dan 15.5 % dari BUMS.



**Gambar 2. Data Responden Terkait Jenis Kelamin, Usia, Pendidikan dan Pekerjaan**  
 Sumber: survei kuesioner diolah peneliti

**Kesediaan Berkontribusi Dalam Pengembangan PTTA Kelas MALE**

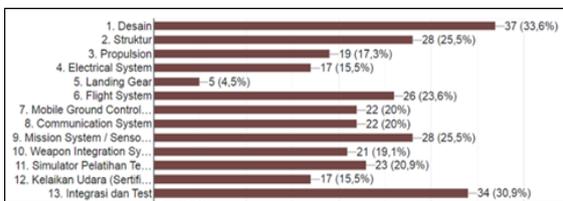
Responden yang bersedia berkontribusi dalam pengembangan PTTA kelas MALE sebanyak 81.8 %. Sisanya menyatakan tidak bersedia (lihat gambar 3). Banyaknya responden yang bersedia berkontribusi menunjukkan semangat komunitas penerbangan untuk mempunyai produk nasional PTTA kelas MALE.



**Gambar 3. Kesediaan Berkontribusi dalam Pengembangan PTTA kelas MALE**  
 Sumber: survei kuesioner diolah peneliti

**Kontribusi Responden Terkait Teknologi Kunci**

Sesuai tabel 1 tentang teknologi kunci untuk pengembangan PTTA kelas MALE, pada gambar 4 ditunjukkan kontribusi yang dapat diberikan responden yaitu sebanyak 33.6 % responden mampu berkontribusi di bidang desain, 30.9 % di integrasi dan test, 25.5 % di bidang struktur dan *mission system / sensor payload*, 23.6 % di flight system, 20.9 % di simulator, 20 % di *mobile ground control* dan *communication system* serta hanya 4.5 % di bidang *landing gear*. Data ini menunjukkan bahwa komunitas penerbangan kuat di bidang desain, struktur, *mission system / payload system* serta integrasi dan test.



Gambar 4. Kontribusi Responden Terkait Teknologi Kunci

Sumber: survei kuesioner diolah peneliti

### Data Sekunder Hasil Kajian Literatur

#### Produk PTTA Nasional

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) memiliki produk PTTA yang diberi nama dengan LAPAN Surveillance UAV (LSU) – series. LSU01 berbasis elektrik motor, badan pesawat dari styroform, dapat membawa *payload* kamera seberat 500 gram, dioperasikan secara autopilot. LSU02 memiliki maksimum berat *take off* sekitar 20 kg, membawa muatan seberat 2 kg, mesin penggerak piston 33 cc, dioperasikan secara autopilot (Perdana, 2018). LSU03 juga berbasis mesin piston 60 cc, membawa muatan hingga 5 kg dengan maksimum berat *take off* sekitar 30 kg (Perdana, 2017). LAPAN juga telah mengembangkan LSU05 dengan maksimum berat *take off* sekitar 80 kg berbasis mesin piston 170 cc (Lubis, 2014).

Pada tahun 2019 telah diterbangkan LSU02 (gambar 6) secara autopilot dari Pameungpeuk Garut ke arah Pelabuhan Ratu Sukabumi PP, menempuh jarak kurang lebih 435 km dalam waktu 4 jam 10 menit. Capaian tersebut dicatat dalam museum rekor dunia Indonesia (MURI).



Gambar 5. LSU02 Mencatat Rekor MURI di Tahun 2019 (Sumber: LAPAN)

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) juga mengembangkan produk PTTA yang diberi nama Sriti, Alap Alap, Gagak, Pelatuk dan Wulung (gambar 7). Produk BPPT memiliki maksimum berat *take off* 120 kg. Wulung sudah mendapat sertifikasi *Indonesian defence airworthiness authority* (IDAA) dan dipakai oleh skadron 51 tentara nasional Indonesia angkata udara (Perdana, 2014).

SPEKIFIKASI	SRITI	ALAP ALAP	GAGAK	PELATUK	WULUNG
Rentang sayap (m)	2.988	3.51	6.916	6.916	6.360
MTOW (kg)	8.5	18	120	120	120
Kecelakaan (km/jam)	56	102	96 - 128	96 - 128	111
Waktu jelajah (jam)	1	5	4	4	6
Jangkauan (km)	9.26	140	73	73	120
Ketinggian (m)	915	2100	2400	2400	3600



Gambar 6. PTTA Produk dari BPPT  
Sumber: BPPT

PT. AMX UAV di Yogyakarta (Sawiyya, 2021) , PT Arah Teknologi Indonesia di Pontianak (Erwandi, 2022), PT Elevasi Teknologi Aeronautika Nusantara di Bantul Yogyakarta (Ugi, 2022), memiliki produk PTTA berbasis mesin elektrik dan memberikan jasa foto udara. PT. Uavindo Nusantara yang ada di Bandung didirikan pada tahun 2000

terutama bergerak di bidang teknik penerbangan. Selama hampir 20 tahun, PT Uavindo Nusantara telah berhasil membangun perluasan jasa tidak hanya UAV tetapi juga memberikan layanan terowongan angin. Produk PT. Uavindo adalah PTTA berbasis mesin elektrik dan juga mesin piston. Inovasi PT Uavindo lebih baik dari PT DI (Dzakiy and Yuliar, 2017).

PT Indo Pacific Communication & Defense (IPCD) adalah perusahaan swasta domestik yang menyediakan layanan desain, produksi, dan pemasaran PTTA. Berkantor pusat di Lebak Bulus, Jakarta Selatan, perusahaan yang didirikan tahun 2011 ini secara rutin memproduksi rangkaian UAV berkualitas tinggi untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik. IPCD berinovasi bekerja sama dengan negara lain seperti Perancis mengembangkan pesawat *medium altitude long endurance* (MALE) dengan berat sampai 600 kg (Pratiwi, 2021).

### **Kemampuan Bidang Desain dan Struktur Pesawat**

Indonesia memiliki PT Dirgantara Indonesia untuk memproduksi pesawat terbang. PTDI telah mempunyai sertifikat *Design organization Approval* (DOA) sebagai syarat untuk mengajukan sertifikasi pesawat terbang ke regulator dalam hal ini direktorat kelaikudaraan dan pengoperasian pesawat udara (DKPPU) Kemenhub. PTDI juga memiliki kemampuan untuk memproduksi pesawat terbang, Namun untuk PTTA yang materialnya dari bahan komposit, PTDI masih harus meningkatkan kapabilitasnya (Sazrhi, Amperiawan and Bura, 2020).

BPPT dan LAPAN yang sekarang terintegrasi ke dalam BRIN juga memiliki kemampuan untuk membuat PTTA, namun masih dalam skala maksimum berat take off sekitar 120 kg. Untuk kelas PTTA tersebut telah mampu

menggunakan bahan komposit untuk badan, sayap dan landinggear pesawat

Demikian juga dengan BUMS atau UMKM yang ada saat ini, untuk PTTA kelas 1 yaitu di bawah berat 150 kg, sudah mampu untuk membuatnya. Kemampuan desain pesawat terbang tidak diragukan lagi, kemampuan manufaktur dengan bahan komposit yang masih harus ditingkatkan terutama untuk kelas di atas 150 kg. Untuk uji kekuatan struktur sudah tersedia lab uji struktur yang ada di BRIN.

### **Kemampuan Bidang Propulsi dan Landinggear**

Kemampuan untuk menghitung dan menentukan sistem propulsi dan *landinggear* pesawat sudah tidak diragukan. Tetapi saat ini belum ada industri nasional yang meneliti dan dapat memproduksi mesin (Alulema *et al.*, 2021) (Fioriti *et al.*, 2020) dan *landinggear* pesawat (Avwunuketa *et al.*, 2019) (Son, Adipta and Bur, 2019). Untuk mesin dan *landinggear* lebih murah membeli dari produk yang ada di pasaran. Tetapi untuk kemandirian industri pertahanan, hal ini tidak bisa dibiarkan. Ke depan nya pemerintah harus mampu membangun industri mesin dan *landinggear* pesawat terbang.

### **Kemampuan Bidang Electrical, Flight Control, Ground Control dan Communication System**

Bagian yang paling penting dari pesawat terbang tanpa awak (PTTA) adalah fungsi dari *flight control system* (FCS), karena FCS ini sebagai ganti dari pilot manusia. Untuk mengoperasikan PTTA diperlukan rumah kontrol di darat atau *ground control station* (GCS), hubungan antara GCS di darat dan FCS di pesawat diperlukan sistem komunikasi. Sistem komunikasi memakai satelit dipakai ketika jarak tempuh sudah melebihi 200 km. Komponen penunjang itu semua, saat ini masih impor dari luar negeri. Untuk PTTA kelas 1 dibawah 150

kg, sudah mampu diintegrasikan dan disetting FCS, GCS dan sistem komunikasinya sudah bisa diaplikasikan sampai dengan jarak 10 km, dengan bantuan *Base Transceiver Station* (BTS) dapat menempuh jarak lebih jauh lagi selama ada jaringan BTS (Wiyono and Hakim, 2019) (Jayanti, Pranoto and Wibowo, 2022).

Kesulitan bertambah ketika dipakai pada PTTA kelas MALE berat di atas 600 kg (Kadiri, Mohammed and Sanusi, 2019), FCS dan GCS nya masih dibuat oleh perusahaan luar negeri. Walaupun secara bersamaan PT LEN juga mencoba mengembangkan FCS dan GCS untuk MALE EH ini.

### **Kemampuan Bidang Sensor Payload / Muatan / Weapon Integration System**

*Sensor payload* atau muatan yang dibawa dalam misi terbang pesawat terbang dapat bervariasi, kamera dan video optik sebagai matanya pesawat, radar dan senjata untuk PTTA combatan. Untuk integrasi senjata kepada PTTA, masih harus diperdalam. Komponen muatan juga sama saat ini masih impor. Salah satu sensor payload yang dikembangkan dan dipakai di PTTA adalah *Synthetic Aperture Radar* (SAR) (Soleh *et al.*, 2013) (Nitti *et al.*, 2015) (Batubara, Gultom and Bura, 2020).

### **Kemampuan Bidang Sertifikasi Pesawat**

Direktorat kelaikudaraan dan pengoperasian pesawat udara (DKPPU) Kemenhub telah mengeluarkan peraturan sertifikasi PTTA, dimana untuk berat di atas 25 kg harus mengikuti aturan sertifikasi seperti pesawat terbang berawak. Yang bisa mengajukan sertifikasi adalah perusahaan yang telah mempunyai Design Organization Approval (DOA). Di Indonesia baru PTDI yang mempunyai DOA kelas D (tertinggi) dan GMF dengan DOA kelas C. DKPPU siap membantu

dalam proses sertifikasi ini (Rismayanti *et al.*, 2020).

### **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil simpulan tentang kemampuan nasional dalam pengembangan PTTA, yaitu:

*Pertama*, dalam pengembangan PTTA kelas 1 yaitu pesawat dengan maksimum berat lepas landas (MTOW) kurang dari 150 kg, Indonesia telah memiliki kemampuan untuk mendesain dan memproduksi serta memanfaatkan produk PTTA tersebut untuk keperluan foto udara pemetaan wilayah, kebencanaan, pemantauan kapal illegal fishing, pertanian, perkebunan dan lain sebagainya.

*Kedua*, dalam pengembangan PTTA kelas 3 (kelas MALE) yaitu pesawat dengan MTOW di atas 600 kg dan tinggi operasi terbang < 13.716 km, Indonesia baru mampu membuat desain dan uji model di terowongan angin, tetapi belum mempunyai pengalaman untuk membuat prototipenya. Pengembangan MALE Elang Hitam (EH) melalui konsorsium yang dimulai tahun 2017 merupakan kegiatan yang pertama kali dan menjadi sarana untuk peningkatan kompetensi atau kemampuan nasional.

*Ketiga*, Indonesia memiliki sumber daya manusia (SDM) yang memadai karena adanya perguruan tinggi, lembaga riset juga industri baik negeri maupun swasta di bidang penerbangan. Indonesia juga memiliki fasilitas sarana uji terowongan angin, uji kekuatan struktur dan uji mesin.

Selanjutnya direkomendasikan hal hal seperti berikut: *Pertama*, penguasaan teknologi kunci seperti teknologi manufaktur komposit, FCS, GCS dan komunikasi untuk PTTA kelas MALE harus diupayakan oleh semua stakeholder. *Kedua*, Kerjasama antara lembaga riset seperti BRIN, perguruan tinggi dan industri harus ditingkatkan. *Ketiga*, perlu adanya keterlibatan

pemerintah untuk dapat menjalin kerjasama dengan pihak asing yang mampu dan mau mentransfer penguasaan teknologi kunci pengembangan PTTA kelas MALE karena teknologi kunci bisa lebih cepat dikuasai dengan praktek langsung menghasilkan produk atau prototipe.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alulema, Victor, Esteban Valencia, Edgar Cando, Victor Hidalgo dan Dario Rodriguez. (2021). "Propulsion Sizing Correlations for Electrical and Fuel Powered Unmanned Aerial Vehicles", dalam *Jurnal Aerospace*. 8(171).
- Anwar, Syaiful. (2021). "Pemanfaatan Pesawat Terbang Tanpa Awak Untuk Pengamanan Perbatasan Kalimantan Dan Dampaknya Terhadap Ketahanan Wilayah", dalam *Jurnal Ketahanan Nasional*. 27(3):289-308.
- Avwunuketa, Alex, Gabriel Udu, Anthony Adeleke, Lawal Adamu, Oluwatofunmi Ajao dan Eze Okoro. (2019). "Design of Landing Gear for Medium Altitude Long Endurance (Male) Unmanned Aerial Vehicle", dalam *Jurnal Innovative Systems Design and Engineering*. 10(6):24-30.
- Batubara, Ferri Donniward, Rudy A. G. Gultom dan Romi O. Bura. (2020). "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)", dalam *Jurnal Teknologi Penginderaan*. 2(1):1-30.
- Budiyanta, Ari Sugeng. (2020). "Pengujian Performa Payload Video UAV untuk Persiapan Implementasi pemantauan Kapal Illegal Fishing", dalam *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*. 10(1):21-30.
- Dzakiy, Uruqul Nadhif dan Sonny Yuliar. (2017). "Dari IPTN menuju PT UAVINDO Nusantara: Sebuah Pergeseran Triple Helix Inovasi dan Implikasinya pada Kebijakan IPTEKIN", dalam *Forum IPTEKIN VII PAPPITPEK LIPI*.
- Erwandi. (2022). *Polnep Perkenalkan Dunia Pesawat Tanpa Awak*. Diunduh di <https://vokasi.kemdikbud.go.id/read/b/polnep-perkenalkan-dunia-pesawat-tanpa-awak>, tanggal 04-01-2023.
- Fikri, Ahmad. (2020). *Elang Hitam akan Tandingi Drone Tempur Cina, Simak Rencana Ujinya*. Diunduh di <https://tekno.tempo.co/read/1299483/elang-hitam-akan-tandingi-drone-tempur-cina-simak-rencana-ujinya>, tanggal 17 maret 2021.
- Fioriti, Marco, Silvio Vaschetto, Sabrina Corpino dan Giovanna Premoli. (2020). "Design of hybrid electric heavy fuel MALE ISR UAV enabling technologies for military operations", dalam *Jurnal Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. 92(5):745-755.
- Gettinger, Dan. (2019). *The Drone Databook*, New York: The Center For The Study Of The Drone At Bard College.
- Jayanti, Eries Bagita, Fuad Surastyo Pranoto dan Singgih Satrio Wibowo. (2022). "Identification of Aircraft Parameters in the Lateral- Directional Flight Dimension with Variation of Control Input", dalam *Jurnal Teknologi Dirgantara*. 20(1):25-36.
- Muliadi, Jemie, Dewi H. Budiarti, Akhmad Rifai dan Dyah Jatiningrum. (2017). "Kemampuan strategis pesawat udara nir awak BPPT untuk dioperasikan dari kapal perang", dalam *Jurnal M.P.I*. 11(2):117-130.
- Kadiri, Mudashir, Ameer Mohammed dan Sunday Sanusi. (2019). "Validation of Aerodynamic Coefficients for Flight Control System of A Medium Altitude Long Endurance Unmanned Aerial vehicle", dalam 2019 2nd International Conference of the IEEE Nigeria Computer Chapter (NigeriaComputConf), IEEE, hh. 1-4.
- Lubis, Fahrizal. (2014). *Lapan Uji Coba Empat Pesawat Terbang Tanpa Awak*. Diunduh di <https://www.liputan6.com/news/read/2151953/lapan-uji-coba-empat-pesawat-terbang-tanpa-awak>, tanggal 03-01-2023.
- Nitti, Davide, Fabio Bovenga, Maria Chiaradia, Mario Greco dan Gianpaolo Pinelli. (2015). "Feasibility of Using Synthetic Aperture Radar to Aid UAV Navigation", dalam *Jurnal Sensors*. 15(8):18334-18359.
- Nugraha, Edi. (2022). "Pengaruh Implementasi Kebijakan Kawasan Perbatasan Indonesia- Malaysia Terhadap Efektivitas Ketahanan Wilayah Di Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara", dalam *Jurnal Ketahanan Nasional*. 28(1):1-18.

Perdana, Gilang. (2014). *Wulung UAV: Pesawat Tanpa Awak Pengawal Perbatasan RI*. Diunduh di <https://www.indomiliter.com/wulung-uav-pesawat-tanpa-awak-pengawal-perbatasan-ri/> , tanggal 17 maret 2021.

Perdana, Gilang. (2017). *Tingkatkan Daya Jelajah, LAPAN Kembangkan Drone LSU-03 Full Carbon*. Diunduh di <https://www.indomiliter.com/tingkatkan-daya-jelajah-lapan-kembangkan-drone-lsu-03-full-carbon/>, tanggal 03-01-2023.

Perdana, Gilang. (2018). *LAPAN LSU-02 NGLD: Drone Intai Maritim Generasi Terbaru, Jarak Jelajah Lebih Jauh*. Diunduh di <https://www.indomiliter.com/lapan-lsu-02-ngld-drone-intai-maritim-generasi-terbaru-jarak-jelajah-lebih-jauh/> , tanggal 02-01-2023.

Prabowo, Gunawan Setyo. (2016). "Lapan surveillance uav untuk kebencanaan", *Laporan Tahunan*, Bogor, Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN.

Pratiwi, Erlin Dyah. (2021). *Sukses Buat Pesawat Tanpa Awak, IPCD Jadi Langganan Mabes TNI hingga Kemenhan RI*. Diunduh di <https://news.indotrading.com/sukses-buat-pesawat-tanpa-awak-ipcd-jadi-langganan-mabes-tni-hingga-kemenhan-ri/>, tanggal 04-01-2023.

Rajasa, Agung. (2019). *Spesifikasi Drone Pertahanan "Elang Hitam" Buatan Anak Bangsa*. Diunduh di <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20191230183500-199-461119/spesifikasi-drone-pertahanan-elang-hitam-buatan-anak-bangsa>, tanggal 17 maret 2021.

Rismayanti, Irma, Ildelfonsa A.F. Nahak, Abdul Aziz, Aries Asrianto, Danartomo Kusumoaji dan Agus B. Utama. (2020). "Strategi Pustekbang Menjadi Design Organization Approval Penerbangan Di Indonesia", dalam Prosiding Seminar Nasional Kebijakan Penerbangan dan Antariksa V (SINAS KPA V), hh. 136-148.

Sawiyya, Rangga Baswara. (2021). *AMX Vertic, drone Quad Rotor asal Yogyakarta*. Diunduh di <https://www.airspace-review.com/2021/02/26/amx-vertic-drone-quad-rotor-asal-yogyakarta/> , tanggal 03-01-2023.

Sazrhi, Ahmad, Gita Amperiawan dan Romie O. Bura. (2020). "Strategi penguasaan teknologi advanced composite untuk mendukung kemandirian pengembangan pesawat tempur", *Jurnal Teknologi Gaya Gerak Universitas Pertahanan RI*. 3(1):25-50.

Setiadji, Agus. (2021). *Arah Kemandirian Pertahanan*, Jakarta: Universitas Pertahanan RI.

Shofhani, Chabib, I. Nengah Putra Apriyanto dan I. B. Putera Jandhana. (2022). "Acceleration of Defense Technology Mastery: R-Han 122 B Rocket for the Establishment of National Defense Industry Independence in Supporting the Fulfillment of Defense and Security Equipment", dalam *International Journal of Social Science Research and Review*. 5(1):16-23.

Soleh, Muchammad, Rahmat Arief, M. Musyarofah dan Ayom Widipaminto. (2013). "Simulation of synthetic aperture radar system parameters for Light Surveillance Aircraft – LAPAN", dalam prosiding 34th Asian Conference on Remote Sensing 2013 (ACRS 2013).

Son, Lovely, Kevin Eldyf Adipta dan Mulyadi Bur. (2019). "Analysis of the static behavior of a new landing gear model based on a four-bar linkage mechanism", dalam *International Journal of Technology*. 10(8):1609-1617.

Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Manajemen*, Bandung: CV Alfabeta.

Sunar, Ari Sugeng Budiyanata, Pian Estu Broto dan Agus Bayu Utama. (2019), "Analyze Angle of the Camera Payload LSU-02 in Mission of Aerial Photo", dalam prosiding E3S Web of Conferences.

Susdarwono, E. T. (2020). "Kebijakan Sinergitas R & D Pemerintah, Komunitas Epistemik, dan Sektor Swasta dalam Percepatan Kemandirian Industri Pertahanan", dalam *Journal of Governance and Local Politics*. 2(2):106-130.

Suwarno, Panji, Siswo Hadi Sumantri dan Fauzi Bahar. (2021) "Rekonstruksi Keamanan Maritim Indonesia Dalam Rangka Mewujudkan Ketahanan Wilayah ( Studi Di Kabupaten Natuna Periode Tahun 2019-2020 ) masing wilayah di Indonesia membawa memanfaatkan dan mengelola dengan benar", dalam *Jurnal Ketahanan Nasional*. 27(1):65-89.

Ugi. (2022). *Startup Indonesia Berbasis Riset Meriahkan InaRI Expo 2022*. Diunduh di <https://www.brin.go.id/news/110674/startup-indonesia-berbasis-ri-set-meriahkan-inari-expo-2022>, tanggal 04-01-2023.

Utama, Agus Bayu dan Syaiful Anwar. (2021). "History of The Use of Unmanned Aerial Vehicle (Uav) in The Modern War and The Preparation of The Indonesian Military", dalam *Jurnal Pertahanan & Bela Negara Universitas Pertahanan RI*. 11(3):167-181.

Wiyono, Agus dan Teuku Muhammad I. Hakim, Hakim, T. M. I. (2019). "Sistem Kendali Kooperatif Uav Untuk Mendukung Pengawasan Illegal Fishing", dalam *Jurnal Teknologi Dirgantara*. 17(2):169-179.