

# Konsep *Hybrid Propulsion System* Pada *Unmanned Aerial Vehicle* Guna Meningkatkan Waktu Terbang Dalam Misi Pengintaian Udara

Kolonel Tek Hardi Triwahyu A.,S.T., Mayor Tek  
Handoko, S.T. Dislitbangau

Email: harditriwahyu@yahoo.co.idsia

**Abstrak** — Operasi pengintaian yang dilaksanakan oleh TNI dan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* merupakan suatu strategi atau cara untuk mendapatkan data secara menyeluruh dengan waktu yang lebih panjang dan efisien serta tentunya dapat menghemat anggaran dibandingkan dengan menggunakan pesawat intai. Pengintaian dimaksud diaplikasikan pada misi intai udara untuk operasi darat, pengawasan illegal fishing serta patroli perbatasan laut dan darat. Untuk mendapatkan data sasaran sebanyak mungkin guna mencapai keberhasilan tugas pengintaian, salah satu hal penting adalah proses merancang bangun sistem propulsi yang lebih efisien untuk UAV agar dapat terbang lebih lama. Hal ini berarti meningkatkan efisiensi dan mengurangi jumlah pembakaran fuel. *Hybrid propulsion system* adalah jawaban ideal untuk menjaga efisiensi penggunaan energi yang berasal dari konsumsi bahan bakar dan dapat meningkatkan endurance. Konfigurasi hybrid akan memadukan dua sistem yang berbeda menjadi satu sistem, menghasilkan tenaga untuk menjaga UAV tetap terbang pada ketinggian dan waktu yang dibutuhkan. Tulisan berikut akan menjelaskan konsep mengefisienkan power dari sistem propulsi pada UAV guna menambah waktu terbang secara signifikan.

**Kata Kunci:** *Misi pengintaian, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Hybrid propulsion system.*

## PENDAHULUAN

Misi pengintaian atau *surveillance* dalam operasi militer perang maupun operasi militer selain perang merupakan salah satu kunci dalam menyelesaikan tugas untuk berhasil dan aman. Misi pengintaian membutuhkan data-data dengan tingkat akurasi yang tinggi dan lengkap sehingga sering kali membutuhkan waktu yang cukup lama walaupun telah dilengkapi sensor penginderaan yang canggih. Peran *unmanned aerial vehicle (UAV)* sendiri sebagai unsur intai udara dalam tugas-tugas TNI cukuplah vital. Operasi pengintaian udara saat operasi penegakan hukum di pedalaman Papua, operasi pengawasan *illegal fishing* serta operasi pengamanan perbatasan laut dan darat, adalah contoh

misi pengintaian yang membutuhkan data yang lengkap dalam kurun waktu beberapa hari sebelum operasi utama dilaksanakan. Data tersebut dapat meliputi jalur pelarian, jalur logistik, kegiatan rutinitas dan jumlah personel sasaran. Dengan demikian, sangat dibutuhkan UAV yang mampu terbang lebih lama dalam hitungan *multi days*. Adapun TNI AD mengoperasikan UAV yang berfungsi sebagai *target drone* dan relay komunikasi yang dapat mendukung tugas tingkat peleton hingga batalyon. TNI AL sendiri lebih mengarah menggunakan *maritime drone* seperti *ScanEagle* untuk meningkatkan kemampuan *ISR maritime*. Sedangkan untuk TNI AU telah mengoperasikan *Aerostar* dan

CH-4 yang bertugas untuk misi pengintaian dan patroli udara serta untuk serangan darat. Saat ini, kemampuan UAV Aerostar terbatas pada *endurance* hingga 12 jam<sup>1</sup> dan CH-4 pada *endurance* hingga 24 jam<sup>2</sup>, masing-masing dengan maksimal *fuel* dan minimum *payload*.

Untuk mencapai *endurance* UAV tersebut diatas, diperlukan perpaduan aerodinamika pesawat dan efisiensi *trust* yang dihasilkan olehtenagapenggerakdenganmenggunakan

sistem *propulsi piston engine* ataupun *turbo propeller engine*<sup>3</sup>. Jumlah *fuel* akan dibawa seoptimal mungkin sesuai dengan jenis misi dan kondisi geografis, walaupun tetap terkendala dengan batasan waktu terbang.

<sup>1</sup> <https://www.airforce-technology.com/projects/aerostaruav/>

<sup>2</sup> <https://www.militarydrones.org.cn/ch-4-rainbow-uav-drone-china-price-manufacturer-p00095p1.html>

<sup>3</sup> [https://www.researchgate.net/publication/292801044\\_Sizing\\_of\\_a\\_turboprop\\_unmanned\\_air\\_vehicle\\_and\\_its\\_propulsion\\_system](https://www.researchgate.net/publication/292801044_Sizing_of_a_turboprop_unmanned_air_vehicle_and_its_propulsion_system)

## RUMUSAN MASALAH

Dengan mengacu latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penulisan naskah adalah bagaimana konsepsi/ perancangan sistem propulsi *hybrid* yang optimal untuk pesawat UAV sehingga mampu meningkatkan

waktu terbang (*endurance*) dalam misi pengintaian sehingga dapat mendukung aspek kemampuan operasional TNI dalam melaksanakan tugas-tugas OMP maupun OMSP.

## TUJUAN DAN MANFAAT

Adapun tujuan dan manfaat yang dapat diambil dari penulisan naskah ini sebagai berikut:

**Tujuan.** Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan naskah ini adalah untuk memberikan gambaran tentang konsepsi penggunaan sistem *hybrid* pada sistem propulsi atau penggerak (*power train engine*) dengan motor listrik yang bersumber dari baterai (*Lithium Polymer/Lipo*) pada pesawat tanpa awak (UAV) dalam misi pengintaian agar *endurance* dapat lebih lama dan mengurangi tingkat kebisingan/lebih senyap dalam misi sehingga dapat meningkatkan kemungkinan keberhasilan dalam misi tersebut.

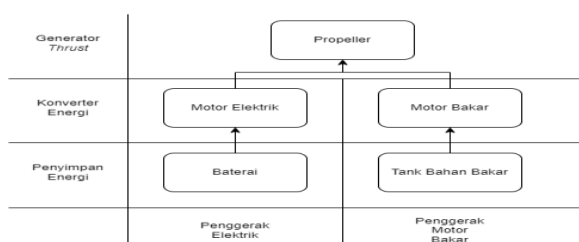
**Manfaat.** Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem propulsi pesawat tanpa awak (UAV) milik TNI yang menggunakan sistem propulsi *power train engine* (konvensional) dapat digantikan dengan menggunakan sistem *hybrid*. Selain itu, manfaat dari sistem ini adalah sangat memungkinkan untuk menambah nilai efisiensi dalam pembawaan bahan bakar sehingga mampu lebih banyak membawa senjata atau alat sensor.

## Konsep *Hybrid Propulsion System* pada UAV guna meningkatkan waktu terbang

Efisiensi energi yang digunakan saat mengoperasikan UAV adalah menjadi pokok inovasi utama dalam memaksimalkan waktu mengudara. Konsep dari penulisan naskah ini adalah untuk mengembangkan sistem propulsi pada UAV yang masih menggunakan sistem propulsi konvensional untuk dijadikan sebagai *hybrid* melalui kombinasi penggunaan energi penggerak yang bersumber dari *engine* dan baterai dan melewati *electric drive component*. Untuk itu, penjelasan dari konsep *hybrid propulsion system* pada UAV sebagai berikut:

### Komponen Utama Hybrid Propulsion System

Pada konsep ini, dibutuhkan beberapa komponen utama untuk membentuk konfigurasi kesisteman yaitu *engine* sebagai penggerak utama, *battery* sebagai sumber penggerak dan penyimpan energi, *electric drive component* dan rangkaian yang membentuk konfigurasi sistem.



Gambar 1. Komponen utama sistem propulsi *hybrid*

Ini adalah sebuah gambaran dari kemampuan sebuah konverter energi diberikan dalam bentuk efisiensi dan daya spesifik. Efisiensi adalah rasio antar daya *output* terhadap daya *input*. Hal tersebut adalah indikator tak berdimensi untuk energi yang hilang pada konverter. Sedangkan daya spesifik adalah rasio antara daya *output* terhadap massa dari konverter. Bagian utama yang dievaluasi dari penyimpanan energi dilihat berdasarkan kandungan energinya. Ciri utama dari

penyimpanan energi adalah energi spesifik dan kerapatan energi. Energi spesifik yang biasa dikenal sebagai *lower heating value* (LHV) untuk bahan bakar, merupakan hubungan antara energi dengan massa. Sedangkan kerapatan energi merupakan hubungan antara energi dengan volume. Untuk bahan bakar, daya *output* didefinisikan oleh mesin yang menyuplai. Penyimpanan energi elektrokimia secara jelas memiliki daya *output* yang terbatas. Serupa halnya dengan energi, parameter evaluasi dari daya adalah daya spesifik dan kerapatan daya, yang berhubungan dengan massa dan volume secara berurutan. Adapun komponen-komponen utama tersebut dijelaskan sebagai berikut:

**a. Battery.** Terdapat beberapa jenis baterai rechargeable yang paling umum dan banyak digunakan seperti *lead Acid* (Pb-acid), *Nickel Cadmium* (NiCd), *Nickel-Zinc* (NiZn), *Nickel metal hydride* (NiMH) dan *Lithium cells*.

Dari perbandingan dibawah, baterai Litium memiliki *specific energy* yang paling tinggi dan menjadi pertimbangan dalam penggunaan untuk *hybrid propulsion system*. Baterai litium ion saat ini menjadi pilihan utama di berbagai bidang mulai dari laptop, HP, ataupun mobil listrik karena rapat energi dan rapat daya listriknya yang tinggi. Alasan yang menjadikan litium ion<sup>4</sup> ini populer digunakan di berbagai bidang karena memiliki rapat densitas (*energy density*) dan rapat daya (*power density*) yang sangat tinggi, memiliki self discharge yang kecil, yaitu hanya sekitar 5% per bulannya, tidak memiliki *memory effect*, ditandakan dengan jumlah siklus yang cukup banyak yaitu sekitar 400-1200 siklus.

<sup>4</sup> <https://interestingengineering.com/the-future-of-lithium-ion-batteries-can-they-really-change-the-world>.

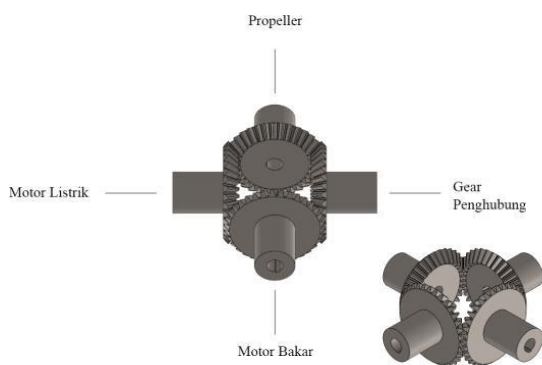
| Battery                 | Cell Voltage, V | Specific Energy [MJ/kg] |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| Lead Acid               | 2.1             | 0.14                    |
| NiCd                    | 1.2             | 0.14                    |
| NiMH                    | 1.2             | 0.36                    |
| NiZn                    | 1.6             | 0.36                    |
| Lithium (LiFePO4, LiPO) | 3.3-3.7         | 0.4-0.7                 |

Tabel 1. Perbandingan spesifikasi kemampuan jenis baterai<sup>5</sup>

**Engine.** Pada konsep *hybrid propulsion system* dibutuhkan engine dengan tipe *turbo propeller* ataupun *piston engine* dengan *propeller*. Tipe engine ini memiliki *shaft* yang dapat dihubungkan dengan *hybrid motor* dan dilanjutkan dengan *shaft* yang memutar *propeller* Untuk tipe *turbo jet engine* dan *ram engine* tidak bisa menggunakan konsep ini.

<sup>5</sup> <https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>.

**b. Konsep Kopling Mekanis.** Kopling mekanis ini adalah untuk menggabungkan sistem motor bakar dan sistem motor elektrik, menghasilkan *output* yang sama menuju *propeller*.



Gambar 2. Konsep sistem kopling mekanis

Dilihat pada gambar 2, bahwa sistem kopling ini akan memiliki minimal empat *gear* agar sistem penggerak dari motor bakar dan motor listrik dapat bekerja dengan baik. Untuk mode *regular cruise* maka *gear* yang terhubung dengan motor listrik akan ditarik sehingga tidak akan ikut berputar, sehingga *gear* dari motor bakar hanya memutar *gear* penghubung agar memutar *propeller*. Untuk mode *charging cruise* maka keempat buah

*gear* akan menyatu, namun penggerak hanya *gear* dari motor bakar sehingga *propeller* dan *gear* motor listrik akan hanya diputar oleh *gear* dari motor bakar. Untuk mode *elektrik flight* maka *gear* dari motor bakar akan ditarik sehingga hanya motor listrik yang memutar *propeller*. Sedangkan untuk mode terakhir yaitu *maximum power* keempat *gear* akan menyatu, namun *gear* dari kedua motor bergerak bersama untuk menghasilkan daya keluaran yang maksimal. Adapun ukuran dari tiap *gear* disamakan dikarenakan *power* dan torsi yang dimiliki oleh kedua motor (bakar dan elektrik) dapat dikatakan identik sehingga tidak perlu adanya perbedaan ukuran *gear* pada sistem kopling ini dan hal tersebut dipengaruhi pula oleh spesifikasi daya, RPM dan torsi dari kedua motor tiap-tiap UAV.

**c. Transaxle.** *Transaxle* berada didalam konsep kopling mekanis yang terdiri dari *power split device* dan generator motor. Dimana *power split device* berfungsi untuk memisahkan tenaga dari mesin menjadi rute mekanikal dan kelistrikan. Sedangkan *motor generator* untuk memutar bidang kontrol mekanik pembangkit gaya dorong (*propeller*).

**d. Hybrid Electric Drive Components.** Komponen ini merupakan perangkat motor listrik terdiri dari *Power Electronic Converter* dan sistem kendali penghubung (*drive controller*). *Power Electronic Converter* merupakan piranti yang digunakan untuk penyedia bagi arus motor sesuai dengan jenisnya (AC maupun DC). Sedangkan *drive controller* untuk menjalankan sub sistem piranti motor dari sistem propulsi *hybrid*, dimana perangkat ini merupakan komponen kendali lokal yang berada di dalam sistem kendali wahana. Sistem kendali wahana akan mengirimkan perintah kebutuhan torsi pada *drive controller* yang kemudian dikirimkan menggunakan algoritma kontrol internal. Fungsi utama dari *drive controller* adalah untuk mengendalikan dan mengatur serta mengolah informasi dari sistem aliran tenaga menuju penggerak

(*driven train*). Selain itu juga, *drive controller* berfungsi untuk menerima sinyal-sinyal perintah serta feedback, mengolahnya sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan seperti maksimasi efisiensi dan *men-generat* sinyal-sinyal *switch* untuk *power drive* dari *converter*.

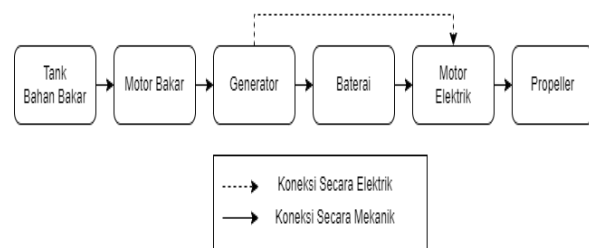
### Hybrid system sebagai tenaga penggerak

*Hybrid propulsion* adalah sistem penggerak suatu kendaraan dimana terdapat dua atau lebih sumber sistem penggerak dalam satu desain, biasanya digunakan secara bersamaan ataupun secara bergantian. Satu hal yang banyak digunakan pada sistem ini adalah menggabungkan motor bakar dengan motor elektrik. Pada waktu tertentu murni hanya menggunakan motor bakar saja, pada waktu lainnya murni hanya menggunakan tenaga elektrik saja, dan pada waktu lainnya menggunakan keduanya. Variasi dari *hybrid propulsion* yang biasa digunakan adalah tenaga penggerak *hybrid gasoline-electric* yang biasa digunakan pada kendaraan mobil. Sebagai tenaga penggerak, ada beberapa kemungkinan konfigurasi pada *hybrid propulsion*. Konfigurasi yang biasanya digunakan untuk sektor otomotif terdiri dari tiga macam, yakni konfigurasi seri, konfigurasi paralel, dan konfigurasi seri-paralel. Pada konfigurasi seri, satu *power unit* digunakan untuk menggerakkan *propeller* bersamaan dengan penyimpanan energi yang dihibridisasi. Pada konfigurasi paralel, terdapat dua *power unit* dimana energinya berasal dari masing-masing jalur sumber energi yang dapat menggerakkan *propeller*. Konfigurasi seri-paralel adalah dengan menggabungkan keduanya.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Jimenez, D.; Valencia, E.; Herrera, A.; Cando, E.; Pozo, M. Evaluation of Series and Parallel Hybrid Propulsion Systems

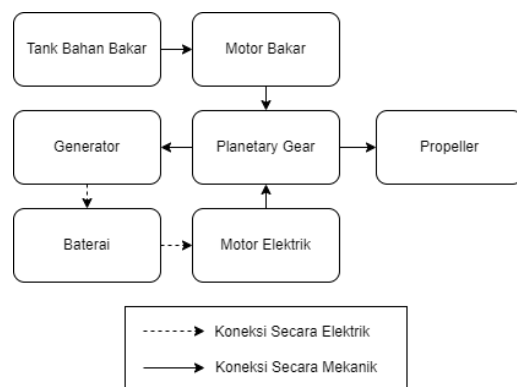
**e. Konfigurasi Seri.** Pada konfigurasi *hybrid* seri yang ditunjuk kan pada gambar 4, *propeller* hanya digerakkan oleh motor

elektrik. Motor bakar yang menghasilkan tenaga mekanik di konversi menjadi tenaga elektrik oleh generator. Tenaga mekanik tersebut juga dapat digunakan untuk mengisi tenaga elektrik pada baterai.



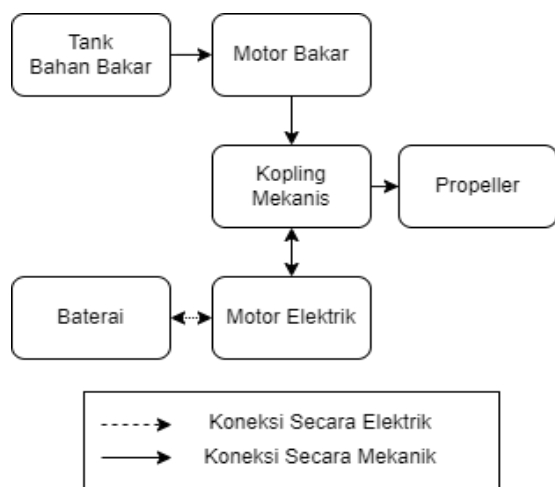
Gambar 3. Skema konfigurasi seri

**f. Konfigurasi Paralel.** Konfigurasi *hybrid* paralel yang digambarkan secara skematis pada gambar 5, mempunyai karakteristik berupa dua jalur propulsi dengan susunan paralel dimana motor bakar dan motor elektrik dihubungkan secara mekanik. Motor elektrik dan motor bakar dapat menggerakkan *propeller* secara mandiri. Selain itu, keduanya juga dapat menggerakkan *propeller* secara bersamaan. Torsi yang dihasilkan dari kedua motor tersebut digabungkan menggunakan *torque coupling*. Ketika motor bakar menggerakkan *propeller* dan motor elektrik, konfigurasi paralel juga memungkinkan pengisian daya baterai dengan menggunakan *generator*. Hal yang wajar untuk menyediakan perangkat pemisah mekanis antara dua jalur propulsi. Ketika satu jalur diisolasi, torsi tambahan yang dihasilkan oleh *power unit* yang tidak aktif tersebut harus diganti dengan mesin yang aktif.



Gambar 4. Skema konfigurasi paralel.

**g. Konfigurasi Seri-Paralel.** Konfigurasi Seri-Paralel, atau biasa dikenal sebagai konfigurasi *power-split*, adalah kombinasi dari kedua konfigurasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6, komponen *propeller*, motor bakar, motor elektrik, dan *generator* dihubungkan dengan sebuah *planetary gear*. Hal tersebut membuat distribusi beban menjadi lebih fleksibel dan memungkinkan motor untuk beroperasi dalam rentang kecepatan rotasi yang paling efisien secara independen berdasarkan kebutuhan gaya dorong yang dibutuhkan.



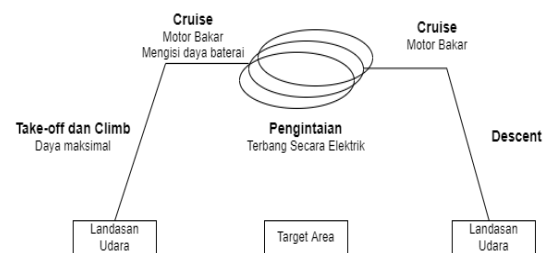
Gambar 5. Skema konfigurasi seri-paralel.

Keuntungan dari konfigurasi seri-paralel adalah kemungkinan untuk menonaktifkan motor bakar tanpa melepaskannya secara mekanis dari *power train*. *Planetary gear* membuat konfigurasi seri-paralel menjadi yang terbaik dalam aspek desain dan kontrol. Berkaitan dengan massa, *planetary gear* dan tambahan generator menjadikan konfigurasi seri-paralel menjadi lebih berat dibandingkan dengan konfigurasi paralel.

### Konsep Hybrid Propulsion System pada UAV

Untuk misi pengintaian, konsep propulsi *hybrid* secara sistematis dapat dilihat pada gambar 7. Pada tipe misi pengintaian, pesawat *hybrid-electric* diharapkan lebih menguntungkan

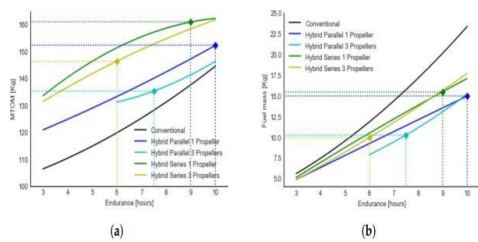
dibandingkan pesawat dengan mesin konvensional dikarenakan kombinasi dari beberapa fasa terbang yang memiliki *requirements* yang berbeda-beda. Untuk misi pengintaian di atas area target, kemampuan untuk beroperasi secara senyap dapat menguntungkan, maka terbang dengan jejak suara yang kecil dapat diwujudkan dengan menggunakan propulsi berjenis elektrik. Jika target area berjarak jauh dari landasan udara atau perlu dicapai dengan cepat, maka kecepatan tinggi atau kapabilitas terbang dengan *endurance* yang tinggi diperlukan. Sistem propulsi elektrik tidak cocok untuk fasa terbang ini dikarenakan memiliki spesifik energi yang rendah. Sistem motor bakar lebih menguntungkan untuk fasa terbang ini.



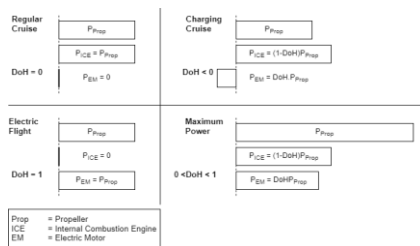
Gambar 6. Skema misi menggunakan konsep hybrid propulsion system.

Pada skema misi pada gambar 6, pada saat *take-off* dan *climb* daya yang digunakan adalah maksimal. Fasa terbang jelajah/*cruise* pertama membawa pesawat kepada area target, dimana area pengintaian dimulai. Selain mendorong pesawat, motor bakar pada fasa ini juga melakukan isi daya baterai. Misi pengintaian dilakukan secara senyap dengan menggunakan sistem propulsi elektrik. Setelah pengintaian, pesawat kembali terbang jelajah dengan menggunakan motor bakar. *Descent* dan *landing* dapat diabaikan dikarenakan pada fasa-fasa itu pesawat berkemungkinan terbang tanpa daya. Dari karakteristik fasa dari misi dan permintaan serta aktifitas propulsi, didapatkan empat points yang dapat dilambangkan dengan titik desain. Dari gambar diatas, didapatkan empat titik desain yaitu:

- Regular Cruise (RC):** Propeller digerakkan oleh motor bakar/Internal Combustion Engine.
- Electric Flight (EF):** Propeller digerakkan oleh motor elektrik.
- Charging Cruise (CC):** Motor bakar menggerakkan propeller dan menggunakan motor elektrik sebagai generator untuk mengisi daya baterai.
- Maximum Power (MP):** Motor bakar dan Motor elektrik bersama menggerakkan propeller Untuk mengkarakterisasi interaksi antara sistem elektrik dan sistem pembakaran kita dapat menggunakan parameter yang bernama *Degree of Hybridization (DoH)*. *DoH* adalah fraksi daya elektrik yang digunakan terhadap shaft power dari propeller. Sehingga didapatkan skema penggunaan dari motor bakar dan motor elektrik pada gambar dibawah.



Gambar 7. Skema penggunaan dari motor bakar dan motor elektrik



## Performa Hybrid Propulsion System pada UAV

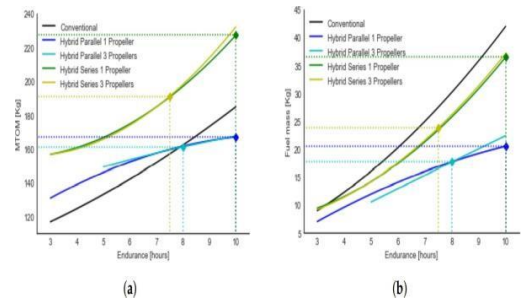
Berdasarkan penelitian terbaru tahun 2022, *Darwin et al* melakukan evaluasi mengenai sistem *propulsi hybrid propulsion system* pada UAV dengan membandingkan performa antara sistem propulsi konvensional yang menggunakan *Internal Combustion Engine*

dengan sistem propulsi hybrid dengan konfigurasi seri dan paralel. Data *requirements* operasi dari penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

| Parameter           | Min. Value | Max. Value |
|---------------------|------------|------------|
| Cruise altitude (m) | 600        | 2000       |
| Take-off runway (m) | 110        | 150        |
| Endurance (hours)   | 3          | 10         |
| Cruise speed (m/s)  | 20         | 40         |
| Payload (Kg)        | 32         | 40         |
| • Cameras (Kg)      | 2          | 3          |
| • Radar (Kg)        | 16         | 20         |
| • Lidar (Kg)        | 2          | 3          |
| • Others (Kg) *     | 12         | 14         |

\* The section others includes: Gimbals, antenna, sensors, and data processing and storage which are needed for long missions.

Tabel 2. *Data requirements* operasi dari penelitian. Hasil yang didapatkan dari *Darwin et al* berupa perbandingan *Maximum Take-off Mass (MTOM)*, massa bahan bakar dengan endurance pada dua ketinggian berbeda yaitu: 600 mdpl dan 2000 mdpl yang dapat dilihat pada gambar dan tabel dibawah ini.



Gambar 8. Perbandingan *Maximum Take-off Mass (MTOM)*, massa bahan bakar dengan endurance pada ketinggian berbeda

Dari gambar 8 (a)&(b), didapatkan bahwa dengan adanya sistem *hybrid* pada ketinggian 600 meter, mesin motor bakar konvensional dapat terbang lebih lama dibandingkan sistem propulsi *hybrid*. Namun, konsumsi bahan bakar lebih tinggi untuk sistem propulsi konvensional dibandingkan dengan sistem propulsi *hybrid* pada *endurance* yang sama. Sebaliknya, pada gambar 8 (a)&(b), pada ketinggian 2000 meter, didapatkan bahwa dengan MTOM yang sama, penggunaan sistem propulsi *hybrid* dapat terbang dengan *endurance* yang lebih tinggi dengan

menggunakan konfigurasi paralel untuk *endurance* di atas delapan jam. Konsumsi bahan bakar pada sistem propulsi *hybrid* juga lebih rendah dibandingkan dengan sistem propulsi konvensional pada seluruh rentang *endurance*.

### **Hybrid Propulsion System yang paling Efisien**

Berdasarkan penjelasan dari berbagai tipe dan konfigurasi *hybrid* diatas, telah tergambar dengan jelas kebutuhan yang tepat untuk digunakan dalam misi pengintaian. Dengan mempertimbangkan aspek prestasi ter-

bang dari pesawat, penggunaan sistem propulsi *hybrid* dengan konfigurasi paralel dapat menjadi opsi yang optimal karena memiliki *endurance* yang lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi seri pada *MTOM* yang sama dan membutuhkan bahan bakar yang lebih sedikit dengan *endurance* yang sama. Dari segi operasional, penggunaan sistem propulsi *hybrid* dengan konfigurasi paralel lebih menguntungkan karena tidak perlu memodifikasi sistem propulsi yang sudah ada secara keseluruhan, karena hanya perlu menambahkan komponen elektrik dan sistem *coupling* untuk membuat sistem *hybrid* ini berjalan.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan *hybrid propulsion system* diatas, dapat diambil kesimpulan dari beberapa aspek, yaitu:

### **a. Aspek kemampuan**

*Hybrid propulsion system* memiliki dua sumber tenaga untuk menerbangkan *UAV* dalam waktu yang cukup lama. Sumber energi utama saat *take off* dan *landing* adalah *engine* sedangkan sumber energi utama saat *cruising* adalah *battery* yang dibantu oleh *engine* untuk mengisi ulang daya. Konfigurasi ini akan meningkatkan lamanya waktu terbang secara signifikan dalam melaksanakan misi pengintaian. Diharapkan *endurance* untuk *UAV* yang menggunakan sistem ini akan dapat melipatgandakan kemampuan terbangnya hingga *multi days*.

### **b. Aspek berat pesawat**

Adanya penambahan komponen berupa *lithium battery* dan *hybrid motor* akan berdampak kepada penambahan berat pesawat. Untuk itu, diperlukan perhitungan yang cermat untuk menggunakan *lithium battery* yang paling ringan dan membuat *hybrid motor* menggunakan bahan logam

campuran. Selain itu, *hybrid system* ini akan mengurangi jumlah *fuel* yang harus dibawa sehingga *take off weight UAV* akan masih dalam batasan sesuai *operational manual*.

### **c. Aspek operasional dan pemeliharaan**

Dari segi operasional, *hybrid system* ini akan memberikan keuntungan yang sangat baik berupa lama waktu terbang hingga *multi days*, yang akan berbanding lurus dengan diperolehnya data-data pengintaian yang lengkap. Sedangkan dari aspek pemeliharaan, memerlukan tambahan sistem pemeliharaan baterai dalam kurun waktu tertentu.



## SARAN

Dari penjelasan diatas, penulis perlu memberikan beberapa saran terkait beberapa hal antara lain:

- a. Koharmatau dan Dislitbangau, perlu melaksanakan kegiatan kajian yang berhubungan dengan adanya pengembangan secara komprehensif tentang *hybrid propultion system* pada *UAV* agar dapat dikembangkan untuk program *UAV MALE* sehingga memiliki nilai lebih dibandingkan *UAV* lainnya. Khususnya penerapan *hybrid system* pada *UAV* yang dimiliki oleh TNI, dapat mulai diuji cobakan dan dilaksanakan pada *UAV-D* yang berada di Dislitbangau.
- b. Koharmatau dan Dislitbangau, yang didukung oleh Balitbang Kemhan, perlu membangun suatu satuan/subdis yang menangani sistem propulsi (*engine system*) alutsista udara sebagai salah satu program unggulan untuk bersaing di tingkat global, khususnya dalam pengembangan propulsi yang efisien, ramah ekosistem dan modern. Keuntungannya adalah akan mampu menopang Depohar 20, 30 dan 80 serta industri pertahanan terkait (contoh: PT. NTP) menjadi *center of excellence* pada dunia penerbangan militer.

## DAFTAR PUSTAKA

*What is hybrid propulsion?* BAE Systems United States. (n.d.). Diakses 2 Juni 2022, dari <https://www.baesystems.com/en-us/definition/what-is-hybrid-propulsion>

Schömann Joachim. (2013). *Hybrid-electric propulsion systems for small unmanned aircraft (dissertation)*.

Jimenez, D.; Valencia, E.; Herrera, A.; Cando, E.; Pozo, M. Evaluation of Series and Parallel Hybrid Propulsion Systems for UAVs Implementing Distributed Propulsion Architectures. *Aerospace* 2022, 9, 63.