

TANTANGAN DAN SOLUSI DALAM PERAWATAN ARMADA C-130 HERCULES DEMI MENDUKUNG PENGEMBANGAN MISI NEGARA

Budi Krisna Lelmalaya¹, Saiful Anham², Mohammad Aqbiel Surya Saputra³, Tria Nur Fitrianti⁴

¹budikrisnal@gmail.com; ²anhamsaiful@gmail.com; ³aqbielsurya@gmail.com ;

⁴tria.nurfitrianti@gmail.com.

Abstrak — Tantangan dalam pengoperasian pesawat C-130 Hercules adalah masa operasional pesawat yang terbatas akibat *structural fatigue*, keusangan teknologi, dan perubahan peraturan penerbangan yang dapat mempengaruhi akses ke wilayah tertentu di dunia. Hal tersebut mengharuskan negara mengalokasikan sumber daya lebih dalam bidang perawatan dan pemeliharaan demi menjaga kelangsungan misi pesawat C-130 baik untuk tujuan pengangkutan personil, penyelamatan tanggap bencana, ataupun misi lain sesuai dengan kebutuhan negara. Penelitian ini mengelaborasi modifikasi pesawat dengan cara modernisasi *Center Wing Box Replacement* dan *Avionic Upgrade Program (AUP)* sebagai pilihan bagi armada yang mengharapkan untuk menjaga pesawat tetap beroperasi selama beberapa tahun. Metoda penelitian yang digunakan adalah metode penelitian studi literatur yang diperoleh dari berbagai referensi yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Hasil kesimpulan yang dapat diambil, Opsi *modernisasi* merupakan solusi yang lebih hemat biaya, lebih mudah dilakukan, memberikan ketersediaan pesawat yang lebih tinggi karena berkurangnya waktu perawatan dan dapat memenuhi persyaratan navigasi serta keselamatan yang dibutuhkan untuk dapat beroperasi dalam jangka waktu lebih lama.

Kata Kunci: Modernisasi, *Center Wing Box Replacement*, *Avionic Upgrade Program (AUP)*

1. PENDAHULUAN

Aspek keselamatan menjadi kunci utama pengembangan dan pengoperasian pesawat C-130 Hercules, yang memiliki rekor dan pengakuan dunia dalam hal keandalan, produktivitas dan keserbagunaan (Emerald, 1979). Untuk mencapai level keselamatan tersebut, diperlukan proses pemeliharaan, perawatan dan perbaikan serta pengembangan agar kondisinya selalu layakterbang dan dapat memperpanjang umur pesawat. Selain proses perawatan dan perbaikan, strategi yang dapat dilakukan untuk memperpanjang umur pesawat adalah memodernisasi badan pesawat dengan mengganti beberapa komponen struktur dan sistem avionik. Strategi inidilakukan untuk mencegah permasalahan atau gangguan pesawat yang menua (*aging aircraft*) seperti berkurangnya keandalan, teknologi sistem avionik yang sudah lama, serta kemampuan dan kelayakan terbang yang tidak lagi memenuhi persyaratan (Heisler, 2014). Proses perawatan pun perlu dilakukan secara rutin

terhadap keseluruhan struktur pesawat, mengingat banyaknya pesawat yang telah berusia lebih dari 30 tahun. Meskipun terawat dengan baik, tetapi struktur pesawat rentan terhadap degradasi *structural fatigue* atau masalah usia lainnya (Lockheed Martin, 2005).

2. SEJARAH

2.1. S E J A R A H PERKEMBANGAN HERCULES C-130
Pesawat C-130 awalnya dirancang untuk kebutuhan militer, evakuasi medis dan pengangkut kargo. Akan tetapi seiring berjalannya waktu pesawat serbaguna ini telah digunakan dalam berbagai macam kegiatan, termasuk kapal perang, serangan udara, pencarian dan penyelamatan, penelitian ilmiah, pengintaian udara, pengangkut bahan bakar, patroli militer dan pemadam kebakaran udara. Saat ini, pesawat Hercules C-130 menjadi alat transportasi taktis utama bagi berbagai militer di seluruh dunia termasuk Indonesia. C-130 Hercules merupakan

pesawat yang pertama kali dikembangkan oleh Lockheed Martin pada tahun 1950 dan diproduksi di Marietta, Georgia US. Lockheed C-130 Hercules adalah transportasi udara militer turboprop empat mesin yang telah memiliki lebih dari 40 model dan varian yang digunakan di lebih dari 60 negara. C-130 juga merupakan satu-satunya pesawat militer yang diproduksi secara berkelanjutan selama 50 tahun. Ada berbagai macam model dari pesawat C-130 yang telah diproduksi dan kemudian ditingkatkan serta dikembangkan kemampuannya, baik dari peningkatan struktural, sistem avionik ataupun kapasitas dari Hercules. Model C-130A sebagai hasil produksi pertama Lockheed Martin, ditenagai oleh turboprop Allison T56-A-9 dengan tiga *blade propeller*. Sedangkan model C-130B dilakukan penggantian propeller menggunakan 4 *blade propeller* buatan Hamilton Standard yang dilengkapi aileron serta penambahan daya dorong mesin sebesar 3.000 psi (21 MPa). Pada tahun 1962 Model C-130E mulai beroperasi setelah dikembangkan sebagai transportasi udara militer jarak jauh. Modifikasi berupa pemasangan tangki bahan bakar eksternal Sargent Fletcher yang meningkatkan kapasitas sebesar 5.150 L (1.360 US gal) di bawah setiap sayap tengah dan penggantian mesin turboprop Allison T56-A-7A yang lebih bertenaga. Model E juga terdapat peningkatan struktural, peningkatan avionik, dan peningkatan bobot keseluruhan. Model C-130F dilengkapi dengan tangki bahan bakar *stainless steel* 13.626 L (3.600 US gal) yang dapat dilepas dan dikirim di ruang kargo dan pada model C-130G telah dilakukan peningkatan kekuatan struktural yang memungkinkan pengoperasian dan daya jelajah yang lebih tinggi.



Gambar 1 Pesawat C-130 Hercules TNI AU

Model C-130H melakukan pembaharuan pada engine turboprop Allison T56-A-15, sayap yang didesain ulang, avionik yang diperbarui, dan beberapa peningkatan lainnya. C-130 model H memiliki center wing box yang lebih tahan terhadap fatigue dibandingkan model sebelumnya. Upgrade sistem kelistrikan termasuk *Generator Control Unit* (GCU) dan *Bus Switching Unit* (BSU) untuk memberikan daya yang stabil pada komponen elektronik yang lebih sensitif. Model C-130K adalah versi ukuran lebih panjang dari Hercules standar, dibuat dengan Plug 100 inch (2,54 m) di bagian belakang kokpit, Plug 80 inci (2,03 m) di bagian belakang badan pesawat, dan avionik tambahan. Model C-130R dan C-130T dilengkapi tangki eksternal tambahan dan penggantian mesin menjadi Allison T56-A-16. Pada 1990, C-130J Super Hercules dikembangkan Lockheed Martin untuk menjadi model terbaru dan satu-satunya tipe ini yang diproduksi. Secara umum Hercules model J memiliki mesin turboprop baru, enam blade propeller, avionik digital (cockpit glass), dan sistem baru lainnya.

2.2. SEJARAH OPERASIONAL

Pada tahun 1963 Hercules memegang rekor pesawat terbesar dan terberat yang mendarat di kapal induk. Selama bulan Oktober dan November pada tahun itu, pesawat melakukan 29 pendaratan *Touch and Go*, 21 pendaratan *non-stop*, dan 21 lepas landas tanpa bantuan di USS Forrestal. Sejak tahun 1964, C-130 Hercules telah digunakan oleh beberapa negara dalam berbagai misi. Dalam rangka mendukung pesawat serang USAF, pada tahun 1964-1966 Hercules C-130 melakukan misi control udara mulai dari pangkal udara Naha, Okinawa menuju Vietnam Utara, dan melakukan beberapa kegiatan pengintaian/serangan di malam hari. Selain itu melakukan operasi *Commando Scarf* yang melibatkan pengiriman bahan kimia melewati jalur Ho Chi Minh di Laos dengan tujuan untuk blokade rute atau jalur truk. Pada Oktober 1968 sebuah C-130B dari 463rd *Tactical Airlift Wing* menjatuhkan sepasang bom M 121 10.000 pon yang dikembangkan untuk pembom B-36. Hal ini dilakukan oleh Angkatan Darat dan Angkatan Udara US untuk membersihkan zona

pendaratan helikopter. Selama Perang Falklands tahun 1982, C-130 Angkatan Udara Argentina melakukan penerbangan malam yang berbahaya setiap hari ke garnisun Argentina di Kepulauan Falkland. Mereka juga melakukan penerbangan survei maritim di siang hari. Selama Perang Teluk 1991 (Operasi Badai Gurun), C-130 Hercules telah digunakan oleh Angkatan Udara Amerika Serikat, Angkatan Laut Amerika Serikat, Korps Marinir Amerika Serikat, Australia, Selandia Baru, Arab Saudi, Korea Selatan, dan Angkatan Udara Inggris. Sejak 1992, dua pesawat C-130 menjadi pesawat pendukung tim demonstrasi penerbangan US *Navy Blue Angels*. Selama agresi ke Afghanistan tahun 2001 dan dukungan berkelanjutan dari Pasukan Bantuan Keamanan Internasional (Operasi *Enduring Freedom*). Selama agresi Irak 2003 (Operasi Pembebasan Irak), Australia, Inggris dan Amerika Serikat. C-130 Hercules telah digunakan secara luas oleh negara Australia, Belgia, Kanada, Denmark, Prancis, Italia, Belanda, Selandia Baru, Norwegia, Portugal, Korea Selatan, Spanyol, Inggris, Indonesia dan Amerika Serikat.

2.3. TANTANGAN DALAM PERAWATAN ARMADA HERCULES C-130

Ketangguhan dan sejarah panjang pengoperasian pesawat C-130 Hercules tidak selamanya dapat dipertahankan apabila dihadapkan dengan beberapa kendala yang mengharuskan negara mengalokasikan sumber daya lebih dalam bidang perawatan.

3. MASA USIA PAKAI TERBATAS

Tantangan utama yang dihadapi oleh armada C-130 Hercules saat ini adalah terbatasnya usia pakai. Seiring bertambahnya usia armada, maka pesawat dihadapkan dengan masalah usia pakai yang semakin memendek. Usia pakai dari pesawat berhubungan dengan pemakaian beberapa struktur pesawat yang dibatasi waktu pemakaiannya oleh pabrik pembuat, contohnya: *Center Wing Box*. Pemeliharaan pada struktur badan pesawat terbang mempertimbangkan faktor korosi, tingkat *severity* misi, dan *fatigue* pada komponen struktur pesawat itu sendiri.

Perusahaan manufaktur pesawat Hercules C-130 yaitu Lockheed Martin menyatakan bahwa pesawat yang sudah beroperasi selama 40.000 jam diharuskan untuk mengganti keseluruhan struktur *center wing box* (CWB) seperti yang dijelaskan Orletsky et al. (2011). Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa setelah pesawat mencapai 40.000 jam terbang, terdapat potensi struktur CWB di pesawat tertentu sudah rusak sehingga harus segera diganti karena berpotensi membahayakan pemeliharaan dan penerbangan demi menjaga kelangsungan misi C-130 baik untuk tujuan pengangkutan personel, penyelamatan tanggap bencana, ataupun misi lain sesuai kebutuhan negara keselamatan penerbangan. Penentuan waktu penggantian struktur CWB harus dilakukan secara tepat agar dapat menghemat biaya namun tetap menjaga standar keselamatan penerbangan. Berdasarkan analisis penelitian Aziz, dkk., (2021) tahun 2022 mengenai analisis perkiraan umur struktur *Center Wing Box* Pada Pesawat Hercules C-130H akibat *fatigue*, dengan proses analisis yang diawali dengan perhitungan beban aerodinamik yang diterima oleh sayap, lalu menentukan distribusi tegangan pada struktur CWB melalui simulasi elemen, hingga kemudian membuat *stress spectrum* berdasarkan riwayat penerbangan pesawat, dan terakhir analisis perambatan retak. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa umur maksimal struktur CWB adalah 27.065 kali terbang atau 50.070 jam terbang. Umur struktur hasil analisis tersebut bernilai lebih besar jika dibandingkan dengan pernyataan Lockheed Martin yaitu sebesar 40.000 jam terbang.

3.1. FATIGUE PADA STRUKTUR PESAWAT

Kelelahan struktur (*Fatigue*) yang seringkali merupakan penyebab utama terjadinya kegagalan struktur pesawat adalah sebuah kondisi ketika struktur mengalami kerusakan akibat beban berulang (*cyclic load*) yang nilainya jauh lebih kecil dari batas beban yang dapat diterima struktur, namun terjadi dalam intensitas yang tinggi. Bato et al. (2019) mengklasifikasikan *Fatigue* menjadi beberapa tipe berdasarkan tingkat probabilitas yang dapat dideteksi dengan metode *Eddy*

Current (pengujian dengan *Non-Destructive Testing*). Findlay dan Harisson (2002) menyatakan bahwa penyebab utama terjadinya kegagalan struktur pesawat adalah akibat *fatigue*. Oleh karena itu *fatigue* menjadi satu aspek yang perlu betul-betul diperhatikan oleh pihak pengguna pesawat atau pihak jasa perawatan pesawat agar dapat menjamin keandalan struktur pesawat tersebut. *Fatigue* yang terdeteksi pada *center wing box*, awal mulanya ditemukan dalam fase inspeksi C-130 Hercules di sekitar periode 1990-an yang pada akhirnya menyebabkan penerapan batas umur perawatan yang telah ditentukan.

3.2. PERUBAHAN PERATURAN PENERBANGAN

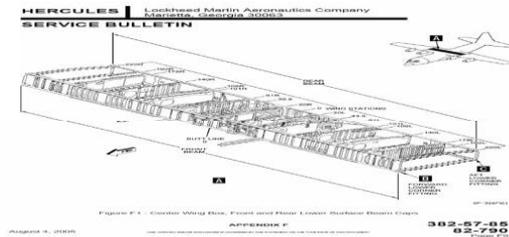
Selain masalah *fatigue* pada struktur pesawat C-130, maka faktor lain yang membuat pesawat perlu dilakukan modernisasi adalah sistem avionik yang digunakan. Menurut Pusat Manajemen Siklus Hidup Angkatan Udara USA (2013) menyatakan bahwa 22% avionik pada armada C-130H telah usang. selain itu, selain itu, menurut *Institute of Defence Analysis (IDA)* mengenai studi modernisasi avionik C-130 menyatakan bahwa 75% dari beberapa bagian avionik akan dianggap usang. Hal ini menimbulkan beberapa permasalahan bagi armada apabila tidak dilakukan pergantian, seperti komponen-komponen yang mungkin saja tidak akan diproduksi lagi. Selain itu adanya peraturan internasional untuk ketat. Implementasi dari batasan ini menyebabkan banyak pesawat *grounded* atau dibatasi. Adanya banyak kasus kerusakan pada struktur *center wing box* sebelum batas umur yang ditentukan oleh perusahaan manufaktur, membuat FAA mengharuskan adanya analisis *damage-tolerance* yang memprediksi umur struktur *center wing box* akibat perambatan beberapa *fatigue* secara serentak (Liao et al., 2020). Navigasi komunikasi pesawat terbang yaitu persyaratan pengawasan atau manajemen lalu lintas udara (CNS/ATM) yang saat ini mengikuti implementasi garis waktu. Masalah yang timbul adalah Armada model C-130H saat ini memiliki avionik yang sudah tidak sesuai dengan spesifikasi dan kemampuan yang disyaratkan oleh regulator. Hal ini harus menjadi perhatian khusus bagi

tiap unit militer yang ditempatkan di wilayah tertentu. Berdasarkan pada peraturan tersebut, sebagian besar armada C-130H mungkin saja akan dibatasi aksesnya ke wilayah udara tertentu di Eropa karena masih memiliki sistem avionik yang lama atau usang (*obsolete*).

3.3. SOLUSI DALAM PERAWATAN ARMADA HERCULES C-130

3.3.1 CENTER WING BOX REPLACEMENT

Masalah pada *structural integrity* dari *Center Wing Box* C-130 Hercules telah menjadi perhatian utama dari banyak pesawat yang telah berusia lebih dari 30 tahun diseluruh dunia. Meskipun dilakukan perawatan secara rutin, namun potensi degradasi akibat *structural fatigue* tidak dapat dihindari. Berdasarkan data pemeriksaan dari beberapa pesawat C-130 dalam beberapa tahun terakhir, ditemukan *fatigue* yang terjadi lebih awal dari yang diprediksi. *Fatigue* tersebut memicu munculnya *crack* yang menyebar sehingga mempengaruhi kekuatan struktur sayap di permukaan bawah *center wing box*. Untuk memastikan pengoperasian pesawat yang aman secara berkelanjutan, Lockheed Martin telah membuat rekomendasi khusus dengan mengeluarkan *Service Bulletin (SB)* 82-788 yang dirilis pada 17 Maret 2005 terkait penyesuaian metode penanganan dengan melakukan perubahan sistem perawatan pesawat menggunakan pendekatan analisis yang mengacu pada metodologi mana jemen risiko. *Service Bulletin* tersebut mensyaratkan pesawat militer untuk mengimplementasikan penilaian awal terhadap *severity usage* melalui inspeksi struktural yang signifikan, pembatasan penerbangan, atau larangan terbang sehingga dapat diperkirakan EBH nya (*Equivalent Baseline Hours*). EBH adalah nilai yang menyatakan tingkat *fatigue crack* yang ditentukan oleh faktor *severity usage* yang berhubungan dengan *actual flight hours* terhadap *service line baseline* yang telah ditetapkan. EBH ditentukan dengan mengalikan *flight hour center wing box* dengan faktor *severity usage* operasional.



Gambar 2 Struktur Center Wing Box

Sebagai solusi dari hal tersebut, beberapa armada mungkin dilakukan “*Inspection and Repair*”. Tindakan ini melibatkan inspeksi CWB secara terperinci seperti yang didefinisikan dalam SB 82-790/382-57-85. Inspeksi ini kemudian harus diulang dalam beberapa interval melalui pemeriksaan dan perbaikan yang ditentukan mengikuti sisa umur pesawat. Meskipun pendekatan ini akan meminimalkan biaya awal, namun hal ini akan berdampak pada ketersediaan pesawat dan biaya perawatan di masa depan. Di beberapa titik, CWB mungkin menjadi sangat sulit untuk terus diperbaiki atau pada dasarnya “tidak dapat diperbaiki,” tergantung pada EBH saat ini dan *service life* yang diharapkan. Untuk CWB dengan EBH tinggi, Opsi “*CWB Replacement*” mungkin merupakan solusi yang lebih hemat biaya bagi pemilik armada yang mengharapkan untuk menjaga pesawat tetap beroperasi selama beberapa tahun ke depan. Opsi *CWB Replacement* melibatkan pelepasan CWB yang ada dari pesawat dan menggantinya dengan CWB baru ataupun dengan CWB yang sudah dilakukan *refurbishment (repair & recondition)* dan masih mempunyai umur EBH sesuai dengan yang dipersyaratkan. *CWB Replacement* mencakup *lower surface, upper surface, beams, structure ribs* dan *wing joint component*. *Replacement* akan menjadi opsi yang lebih mudah dilakukan karena *outer wing* kiri dan kanan tetap dapat dipergunakan, hanya mengganti CWB baru ataupun *used CWB (required remaining EBH)* yang sudah di *refurbishment*. Sementara biaya awal *CWB Replacement* sedikit mahal, namun akan memungkinkan penghematan perawatan secara signifikan karena tidak diperlukan inspeksi struktural selama bertahun-tahun.

CWB Replacement akan memberikan ketersediaan pesawat yang lebih tinggi karena berkurangnya waktu perawatan dan biaya.

3.3.2 AVIONIC UPGRADE PROGRAM

Dalam pengoperasian pesawat Hercules C-130 juga harus meningkatkan kemampuan pada sistem avionik demi menjaga keberlangsungan misi. Avionik merupakan sistem elektronika yang diterapkan pada pesawat terbang yang berguna untuk memudahkan pekerjaan para crew pesawat mulai dari *take off* sampai dengan *landing*. Modernisasi menjadi suatu pertimbangan solusi yang penting bagi perencanaan militer dalam menganalisis armada pesawat yang sistem avioniknya telah menua. Upaya yang dapat dilakukan saat ini yaitu melakukan modernisasi terhadap sistem avionik pesawat melalui *Avionic Upgrade Program (AUP) C-130 Hercules*. *Avionic Upgrade Program C-130* mulai dikembangkan sejak tahun 2001 yang memiliki tujuan untuk menstandarisasi dan meningkatkan kualitas tampilan kokpit dan sistem avionik. Peningkatan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa C-130 dapat memenuhi persyaratan navigasi dan keselamatan yang dibutuhkan untuk dapat beroperasi dan menggantikan sistem-sistem komponen yang sudah tidak di produksi lagi.



Gambar 3 Flight Deck C-130 Hercules

Avionic Upgrade Program (AUP) untuk modifikasi pesawat C-130H direkomendasikan karena menawarkan arsitektur sistem terbuka yang akan memberikan peningkatan pada C-130 demi memenuhi persyaratan komunikasi/manajemen lalu lintas udara (CNS/ATM), persyaratan Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO), *Federal Aviation Administration (FAA)*, dan

otoritas penerbangan sipil lainnya untuk beroperasi di ruang udara terkendali. Solusi avionik ini memanfaatkan persamaan antara platform militer dan komersial yang diterapkan dalam sistem yang sudah ada, termasuk pesawat C-130H lainnya. Konsep ini mendukung solusi avionik terintegrasi *Next Generation* dan memastikan konsistensi di berbagai platform. Bagian *flight deck* diatur untuk mewakili kebutuhan kru pesawat dalam kontrol pesawat utama dengan titik berat pada operasi "eye-up". Upgrade ini akan terdiri dari komponen *Commercial-Off-the-Shelf* (COTS) dengan penggunaan kembali perangkat lunak yang ada secara signifikan. Solusi yang diusulkan adalah untuk memberikan peningkatan dalam kemampuan operasional dan memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku. Pelaksana *Avionic Upgrade Program* (AUP) pada pesawat C-130H meliputi modifikasi beberapa sistem pesawat yang sudah ada yaitu dengan mengganti sistem analog dengan *cockpit glass*. Peningkatan ini terutama akan memperbaharui *avionics system, display, communication, electrical, EMC, dan crew interface*. Selain itu, program upgrade ini akan memodifikasi sistem pesawat sehingga memungkinkan sistem avionik baru dapat berinteraksi dengan sensor yang sudah terpasang dengan perangkat komponen *computers* di pesawat. *Avionic Upgrade* dipecah menjadi enam kelompok subsistem berdasarkan fungsi termasuk *Information Management, Navigation, Controlling, Display, Engine Instruments, Setiap Line Replaceable Units* (LRU) yang membentuk subsistem ini akan dipasang di pesawat untuk meningkatkan kapasitas operasionalnya dan meningkatkan kinerjanya dalam mendeteksi cuaca, pencarian dan penyelaan, navigasi, dan komunikasi. Sistem avionik yang dimodifikasi mencakup paket peralatan lengkap upgrade C-130H dengan semua komponen yang digunakan adalah item COTS yang sebelumnya telah bersertifikat. Tata letak yang diusulkan menekankan pada operasi "eye-up" dengan menggabungkan tampilan grafis interaktif untuk memberikan informasi penerbangan utama kepada awak pesawat.



Gambar 4 Avionic Upgrade Program pada Flight Deck C-130 Hercules

Sistem avionik menggunakan arsitektur sistem terbuka untuk meningkatkan kesamaan antar platform dan memungkinkan update sistem di masa mendatang dengan lebih mudah. Sistem terbuka ini menerapkan standar antarmuka kru, layanan, dan format pendukung untuk memungkinkan komponen digunakan di berbagai sistem dengan perubahan minimal. Pendekatan ini memberikan beberapa keuntungan pada sistem seperti pengurangan beban kerja pada kru, peningkatan keandalan dan pemeliharaan, pengurangan biaya, dan update sistem di masa mendatang yang disesuaikan dengan peraturan penerbangan. *Avionic Upgrade Program* (AUP) C-130H akan mengubah tampilan kokpit dari desain lama analog ke format tampilan elektronik baru yaitu *cockpit glass*. Modifikasi ini juga akan mengubah cara kru pesawat berinteraksi dengan sistem avionik untuk mengelola informasi dan mengendalikan pesawat. Modifikasi avionik akan menggabungkan *aircraft control, situational awareness, maneuvering, communications, dan navigational information* ke dalam PFDs dan IMFDs yang dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan penerbangan saat ini. Modifikasi juga akan menambah kemampuan dan fungsi lainnya pada pesawat C-130H seperti: *flight management system capabilities, navigation subsystem capabilities, safety and surveillance capabilities, display subsystem capabilities, engine instrument display subsystem capabilities, dan flight controls subsystem capabilities*. Saat ini dipasarkan tersedia *Flight2 System* sebagai platform sistem pembaharuan avionik di pesawat C-130H.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Sudah semestinya pesawat C-130 Hercules sebagai salah satu alutsista andalan negara Republik Indonesia yang berperan penting dalam melaksanakan misi negara selama puluhan tahun untuk selalu dijaga keandalan dan kelayakan terbangnya. Namun tantangan yang di hadapi tidaklah mudah karena seiring bertambahnya usia, maka ketahanan struktur juga terbatas ditambah dengan perkembangan teknologi yang perlu disesuaikan dengan fungsi sistem pesawat. Dengan melakukan modernisasi yang meliputi pekerjaan *CWB Replacement* dan *Avionic Upgrade Program*, maka akan menjadikan pesawat C-130H memenuhi persyaratan layak terbang, dan juga dapat menyediakan solusi jangka panjang untuk pengembangan misi negara yang berkelanjutan.
- Peningkatan teknologi yang diterapkan juga harus diimbangi dengan integrasi dari *stakeholder* yang terkait seperti: *regulator*, *approved repair station*, pengguna armada dan *suppliers* atau *manufacture* agar dapat mendukung pengembangan misi dalam menjaga kedaulatan negara.

5. REFERRENSI

- [1] Aziz, A. et al., 2021. Analisis Perkiraan Umur Struktur *Center Wing Box* pada Pesawat Hercules C-130H. *Jurnal Penerbangan Udara*, 48(1), pp. 43-52.
- [2] Bato, M. R., Hor, A., Rautureau, A., & Bes, C. (2019). *Impact of human and environmental factors on the probability of detection during NDT control by eddy currents. Measurement*, 133, 222–2
- [3] Borman, Martin W. *Lockheed C-130 Hercules*. Marlborough, UK: Crowood Press, 1999. ISBN 978-1-86126-205-9.
- [4] *Congressional Committees*, 2014. *Defense Acquisitions: Assessment of Institute for Defense Analyses' C-130 Avionics*, Washington DC: U.S GOVERNMENT

ACCOUNTABILITY OFFICE.

- [5] Donald, David, ed. "Lockheed C-130 Hercules". *The Complete Encyclopedia of World Aircraft*. New York: Barnes & Noble Books, 1997. ISBN 0-7607-0592-5.
- [6] Eden, Paul. "Lockheed C-130 Hercules". *Encyclopedia of Modern Military Aircraft*. London: Amber Books, 2004. ISBN 1-904687-84-9.
- [7] Emerald, 1979. *The Hercules 130 Story. Aircraft Engineering*, p. 24.
- [8] Heisler, T., 2014. *C-130 Hercules: Background, Sustainment, Modernization, Issue for Congress*, U.S: Congressional Research Service.
- [9] Lockheed Martin, 2005. *From the Editor's Desk. Service News*, 30(2), p. 2.
- [10] Oliveira, T. A., Gomes, G., & Evangelista Jr, F. (2019). *Multiscale aircraft fuselage fatigue analysis by the dual boundary element method. Engineering Analysis with Boundary Elements*, 104, 107-119.
- [11] Orletsky, D. T., Daniel M. N, Anthony D. R, William, S., Kennedy, M., Boito, M., Chow, B. G., & Kim, Y. (2011). *Intratheater airlift functional solution analysis (FSA)*. Santa Monica, Calif.: RAND Corporation
- [12] Reed, Chris. *Lockheed C-130 Hercules and Its Variants*. Atglen, Pennsylvania: Schiffer Publishing, 1999. ISBN 978-0-7643-0722-5.
- [13] U.S. Coast Guard, Acquisition Directorate, Coast Guard HC-130H Conversion/ Sustainment Project Delivers Prototype Upgrade, February 14, 2014,
- [14] W.L. Greer, D.E. Hunter, and G.M. Koretsky, C-130 Avionics Modernization Analysis, Institute for Defense Analyses, Alexandria, VA, September 2013, p. iii, IDA Paper P- 5062.