



PENGEMBANGAN *FLIGHT MONITORING SYSTEM* *MODE-S* BERBASIS *OFFLINE* MEWUJUDKAN KEMANDIRIAN TEKNOLOGI PENERBANGAN

Development of an Offline-Based Mode-S Flight Monitoring System to Realize the Independence of Aviation Technology

Langgeng Andy S., Sovian Aritonang, Ansori
Program Studi Strategi Pertahanan Udara
andy05sty@gmail.com

Abstract; *Technological independence is important for every country in global competition. One of the technological advancements developed by the Indonesian government through BPPT is Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) type in, which functions as a flight monitoring system. The Indonesian Air Force (TNI AU) through Depohar 50 (Depot Maintenance 50) has also developed ADS-B type in, which is currently deployed in six radar units known as the Flight Monitoring System (FMS) Mode-S. Accordance with government regulations (Minister of Transportation Regulation No. 81 of 2017), the government has mandated the use of ADS-B for flight safety. ADS-B has two types, in and out. In the TNI AU, ADS-B out is installed on aircraft such as Grob, KT-1, and Cessna, while ADS-B in is installed on Weibel radar. However, since ADS-B is not yet installed on TNI AU aircraft, flight data from the Air Traffic Control (ATC) was communicated to the pilots, hence, they can be aware of the air traffic situation. Furthermore, due to the increasing air traffic, communication with ATC has become limited. A qualitative method was used in the development of the ADS-B type in TNI AU aircraft, and the previous ADS-B type in development could only be installed on the ground station. The information received from ADS-B on the aircraft was real-time air traffic, which helps pilots make decisions to enhance flight safety, such as reducing the risk of aircraft collisions. The use of this technology on TNI AU aircraft is important for improving flight safety and technological independence.*

Keywords: *Flight Monitoring System, Technological independence, Safety Flight*

Abstrak. Kemandirian teknologi merupakan sesuatu yang penting bagi setiap negara, dalam kompetisi global. Salah satu kemandirian teknologi yang dikembangkan pemerintah melalui BPPT adalah Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) type in yang berfungsi sebagai sistem pemantauan penerbangan. TNI AU melalui Depohar 50 juga mengembangkan ADS-B type in yang saat ini telah tergelar di enam satuan radar yang disebut Flight Monitoring System (FMS) Mode-S. Sesuai peraturan pemerintah (Peraturan Menteri Perhubungan No 81 Tahun 2017), pemerintah telah mewajibkan penggunaan ADS-B terkait keselamatan penerbangan. ADS-B ada dua



type yaitu in dan out, di TNI AU ADS-B out ada pada pesawat Grob, KT-1 dan Cessna serta ADS-B in pada radar Weibel. Karena ADS-B in belum terpasang pada pesawat TNI AU, maka data penerbangan dari ATC akan diinformasikan kepada pilot sehingga pilot dapat mengetahui situasi lalu lintas udara, namun dengan semakin padatnya lalu lintas mengakibatkan komunikasi dengan ATC menjadi terbatas. Pengembangan ADS-B type in pada pesawat TNI AU menggunakan metode kualitatif dengan pengembangan ADS-B type in sebelumnya yang baru dapat diinstal pada ground station. Informasi yang diterima dari ADS-B in pada pesawat adalah lalu lintas udara secara real-time sehingga dapat membantu pilot dalam mengambil keputusan untuk meningkatkan keselamatan penerbangan, seperti mengurangi risiko tabrakan antar pesawat. Penggunaan teknologi ini pada pesawat TNI AU penting dalam meningkatkan keselamatan penerbangan dan kemandirian teknologi.

Katakunci: *Flight Monitoring System, Kemandirian Teknologi, Keselamatan Terbang*

1. Pendahuluan

Mewujudkan kemandirian teknologi merupakan suatu hal yang penting bagi setiap negara khususnya juga harus dimiliki oleh Indonesia (Sarah Septianingrum dan Teguh Ratmanto, 2019). Pemerintah melalui BPPT juga berupaya untuk mengembangkan inovasi, salah satunya dalam bidang keselamatan penerbangan dengan mengembangkan system navigasi ADS-B (Automatic Dependent Surveillance Broadcast) type in yang telah melaksanakan riset dari tahun 2007 dan menghabiskan anggaran 15 Milyar (Kementrian Perhubungan, "ADS-B, Sistem Navigasi Berbasis Satelit Karya Anak Bangsa Segera Diproduksi Masal (<https://dephub.go.id/post/read/ads-b,-sistem-navigasi-berbasis-satelit-karya-anak-bangsa-segera-diproduksi-masal>, diakses pada 25 Juni 2023). Terkait dengan kemandirian teknologi ADS-B type in, TNI AU melalui Depo Pemeliharaan 50 (Depohar 50) juga telah mengembangkan dan menggelar di enam satuan radar dengan nama Flight Monitoring System (FMS). Teknologi ADS-B saat ini hanya pada alutsista generasi terbaru yang dimiliki TNI AU yaitu ADS-B Out pada pesawat Grob, KT-1B dan Cessna sedangkan ADS-B In pada radar Weibel.

Data ADS-B In pada ATC (*Air Traffic Control*) berupa informasi data pesawat (identifikasi, *heading*, ketinggian, kecepatan dan posisi pesawat lain) informasi tersebut digunakan untuk memantau posisi pesawat dan memberikan instruksi kepada pilot



terkait situasi lalu lintas penerbangan. Informasi yang diterima oleh pilot dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih cepat terkait keselamatan penerbangan daripada menunggu informasi dari ATC dikarenakan dengan semakin padatnya lalu lintas udara mengakibatkan komunikasi dengan ATC menjadi terbatas (Ni Luh Candra Ulandari & Dhiani Dyahjatmayanti. 2022). ADS-B in merupakan bagian Mode-S yang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan zero accident (Arya Putra Kurniawan & Arwin Datumaya Wahyudi Sumari, 2010. Bill Karakostas, 2022) karena teknologi ini memungkinkan pilot untuk dapat mengetahui informasi data pesawat secara *real-time*, sehingga dapat menghindarkan terjadinya tabrakan dan kecelakaan di udara. Penggunaan ADS-B In sebagai FMS pada pesawat, dapat membantu meningkatkan keselamatan penerbangan yang memungkinkan pilot untuk memantau posisi pesawat lain dan situasi lalu lintas udara di sekitarnya secara lebih akurat dan efektif. Hal ini tentunya dapat mengurangi risiko tabrakan, seperti antar pesawat KT-1B Wong Bee pada saat bermanuver diajang Langkawi International Maritime and Aerospace Exhibition di Malaysia tahun 2015 (Suara dot com, “Kronologis Dua Pesawat Aerobatic TNI AU Tabrakan di Malaysia”, <https://www.suara.com/news/2015/03/15/150637/kronologis-dua-pesawat-aerobatic-tni-au-tabrakan-di-malaysia>, diakses pada 25 Juni 2023) dan insiden yang disebabkan oleh ketidaktahuan atau kurangnya informasi tentang situasi lalu lintas udara dari ATC terkait permasalahan komunikasi yang dapat terjadi serta semakin padatnya lalu lintas penerbangan.

Peningkatan keselamatan terbang dapat dilakukan pada pesawat TNI AU yaitu berupa penggunaan teknologi FMS berupa ADS-B In berbasis offline pada pesawat TNI AU, sebagai salah satu upaya dalam menekan terjadinya accident maupun incident pada pesawat TNI AU, sehingga saat melaksanakan misi penerbangan pilot mendapatkan informasi pesawat lain yang berada di seputaran pesawat dalam radius ± 100 Nm. Dengan adanya kemampuan untuk memantau lalu lintas penerbangan secara real time melalui fasilitas FMS pada pesawat TNI AU, pilot memiliki kesempatan untuk merespons situasi yang membutuhkan tindakan cepat dan menghindari kemungkinan



terjadinya tabrakan dengan pesawat lain. Informasi yang diberikan oleh teknologi ini sangat akurat dan dapat diterima dengan cepat, sehingga membantu pilot dalam mengambil keputusan yang lebih baik selama penerbangan, sehingga hal ini membuktikan bahwa flight monitoring system pada pesawat TNI AU memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan keselamatan penerbangan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Teori Tentang Kemandirian oleh Poerwadarminta (2007). Menurut Poerwadarminta (2007:221) mandiri adalah tidak tergantung pada orang lain, sedangkan kemandirian adalah keadaan dapat berdiri sendiri tanpa bergantung pada orang lain. Kemampuan untuk melakukan kegiatan atau tugas sehari-hari sesuai dengan tahapan perkembangan. Kemandirian seperti halnya psikologis yang lain, dapat berkembang dengan memberikan kesempatan untuk berkembang melalui latihan yang dilakukan secara terus menerus, latihan tersebut berupa pemberian tugas tanpa bantuan. Dalam pelaksanaan pengembangan tersebut, diperlukan kemampuan kemandirian dalam mengatasi permasalahan yang muncul. Sebagai contoh, ketika ilmu pengetahuan dalam hal penerbangan telah meningkat dan perlunya peningkatan keselamatan terbang dengan biaya yang rendah tanpa melibatkan pihak vendor maka dengan literatur yang ada dapat mengembangkan FMS Mode-S berbasis offline pada pesawat TNI AU secara mandiri.

2.2. Teori Penyebab Kecelakaan oleh James Reason (1990). Teori penyebab kecelakaan oleh James Reason (1990), seorang psikolog Inggris yang mengembangkan model *Swiss Cheese Model*. untuk menjelaskan bagaimana kesalahan manusia dan faktor lain dapat saling berinteraksi dan menyebabkan kecelakaan penerbangan. Model ini digunakan untuk menjelaskan dan memahami bagaimana kesalahan dan kegagalan dapat terjadi dalam sistem yang kompleks seperti sistem keselamatan transportasi. Teori penyebab kecelakaan yang dikembangkan oleh James Reason dengan menggunakan model Swiss Cheese Model telah menjadi salah satu konsep

penting dalam bidang keselamatan penerbangan. Model ini menggambarkan interaksi antara faktor-faktor manusia dan non-manusia yang dapat menyebabkan kegagalan dalam sistem keselamatan. Dalam Swiss Cheese Model, setiap lapisan pertahanan dalam sistem keselamatan diwakili oleh sepotong keju Swiss yang berlubang. Setiap lubang dalam lapisan keju menunjukkan adanya kelemahan atau celah dalam sistem yang dapat memungkinkan kesalahan atau kegagalan terjadi. Lubang dalam satu lapisan dapat diimbangi oleh lapisan lain yang kuat, sehingga mencegah terjadinya kegagalan.

2.3. Teori Teknologi oleh Djoyohadikusumo (1994). Djoyohadikusumo memberikan pengertian tentang teknologi sebagai bidang yang erat kaitannya dengan ilmu sains dan ilmu rekayasa (*engineering*). Dalam teori ini, terdapat pemahaman bahwa teknologi memiliki dua dimensi utama, yaitu dimensi rekayasa (*engineering*) dan dimensi sains (*science*). Kedua dimensi ini saling terkait dan tidak bisa dipisahkan dalam pengembangan dan penciptaan teknologi. Dimensi rekayasa (*engineering*) merujuk pada proses dan praktek praktis dalam mengaplikasikan pengetahuan ilmiah ke dalam solusi nyata. Ini melibatkan desain, konstruksi, implementasi, dan pengoperasian teknologi. teori teknologi oleh Djoyohadikusumo (1994) dengan pengembangan FMS Mode-S berbasis offline pada pesawat TNI AU, tujuan utama yang ingin dicapai adalah mewujudkan kemandirian teknologi dalam hal pemantauan dan keamanan penerbangan. Dengan mengembangkan teknologi ini secara mandiri, TNI AU dapat memiliki kontrol penuh terhadap sistem pemantauan penerbangan mereka tanpa harus tergantung pada teknologi negara lain. Ini juga berkontribusi pada peningkatan keselamatan terbang dengan memberikan informasi lalu lintas udara yang akurat dan real-time kepada pilot, sehingga dapat mencegah tabrakan dan kecelakaan udara. Dengan demikian, pengembangan FMS Mode-S berbasis offline pada pesawat TNI AU merupakan salah satu langkah konkret dalam mewujudkan kemandirian teknologi dan meningkatkan keselamatan terbang.



3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kualitatif, menurut Sugiyono (2019, hlm. 18) metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat postpositivisme yang digunakan untuk meneliti objek dengan kondisi yang alamiah (keadaan riil, tidak disetting atau dalam keadaan eksperimen). Dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif, penelitian ini dapat memberikan wawasan yang mendalam dan detail tentang pengembangan FMS Mode-S berbasis offline pada Pesawat TNI AU. Penelitian ini juga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan terbang, tantangan dalam implementasi, manfaat yang dihasilkan, serta langkah-langkah yang diperlukan untuk mencapai kemandirian teknologi dalam konteks pengembangan FMS Mode-S.

4. Hasil dan Diskusi

Mewujudkan kemandirian teknologi terutama teknologi FMS Mode-S, memiliki peran penting bagi TNI AU dalam meningkatkan keselamatan terbang. Dalam rangka meningkatkan keselamatan terbang, pengembangan FMS Mode-S pada pesawat TNI AU merupakan langkah penting. Sistem ini memungkinkan pilot untuk memiliki kontrol terhadap pemantauan lalu lintas udara, meningkatkan kesadaran situasional pilot. Dengan kemandirian teknologi ini, TNI AU dapat memastikan keamanan terbang dan menjaga keunggulan teknologi dan kemandirian teknologi. Pembahasan yang dilakukan meliputi bagaimana cara meningkatkan keselamatan terbang pada pesawat TNI AU, bagaimana mewujudkan kemandirian teknologi terutama teknologi FMS Mode-S pada pesawat TNI AU, bagaimana FMS Mode-S bekerja dan bagaimana pengembangan FMS pada pesawat TNI AU.

4.1. Cara Meningkatkan Keselamatan Terbang Pada Pesawat TNI AU

James Reason, seorang psikolog yang mengkhususkan diri dalam bidang keselamatan, mengembangkan Swiss Cheese Model pada tahun 1990. Model ini



menggambarkan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan atau insiden dalam suatu yang sistem kompleks, seperti dalam industri penerbangan terkait keselamatan penerbangan. Model ini mengilustrasikan bagaimana kesalahan manusia atau kegagalan sistem dapat terjadi melalui serangkaian kesalahan bertumpuk yang terjadi pada lapisan-lapisan pertahanan (slice) yang seharusnya mencegah kegagalan. Peningkatan keselamatan terbang pada pesawat TNI AU dapat dikembangkan dengan konsep Swiss Cheese Model yang dikembangkan oleh James Reason. Dengan menerapkan prinsip-prinsip dari Swiss Cheese Model, TNI AU dapat mengidentifikasi celah-celah potensial dalam sistem keselamatan dan mengambil tindakan yang sesuai untuk mengurangi risiko. Pengembangan antara Swiss Cheese Model dan pengembangan Flight Monitoring System Mode-S pada pesawat TNI AU, diantaranya:

- a. Pertahanan Bertumpuk (Slices of Defense). Swiss Cheese Model menggambarkan pertahanan keselamatan sebagai serangkaian lapisan seperti keju Swiss. Setiap lapisan tersebut mewakili pertahanan yang ada untuk mencegah kesalahan mencapai konsekuensi serius. Pengembangan FMS Mode-S merupakan salah satu lapisan pertahanan dalam model ini, dengan memantau dan melacak pesawat secara real-time, pilot dapat mendapatkan informasi penting tentang posisi, kecepatan, dan kinerja pesawat, yang memungkinkan deteksi dini terhadap situasi yang berpotensi berbahaya pada saat penerbangan.
- b. Celah dalam Pertahanan (Holes in Defense). Swiss Cheese Model menunjukkan bahwa setiap lapisan pertahanan dapat memiliki celah atau kelemahan yang memungkinkan kesalahan atau kegagalan. FMS Mode-S memiliki potensi untuk mengurangi celah dalam penerbangan dengan memberikan informasi real-time tentang informasi pesawat pada pilot. Dengan informasi yang akurat dan terkini, pilot terkait dapat lebih responsif terhadap situasi darurat dan mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk mencegah kecelakaan.
- c. Pengembangan Sistem dan Kesalahan Aktor (System Development and Actor's Errors). Swiss Cheese Model mengakui bahwa kegagalan keselamatan dapat disebabkan oleh kegagalan sistem dan juga kesalahan individu.



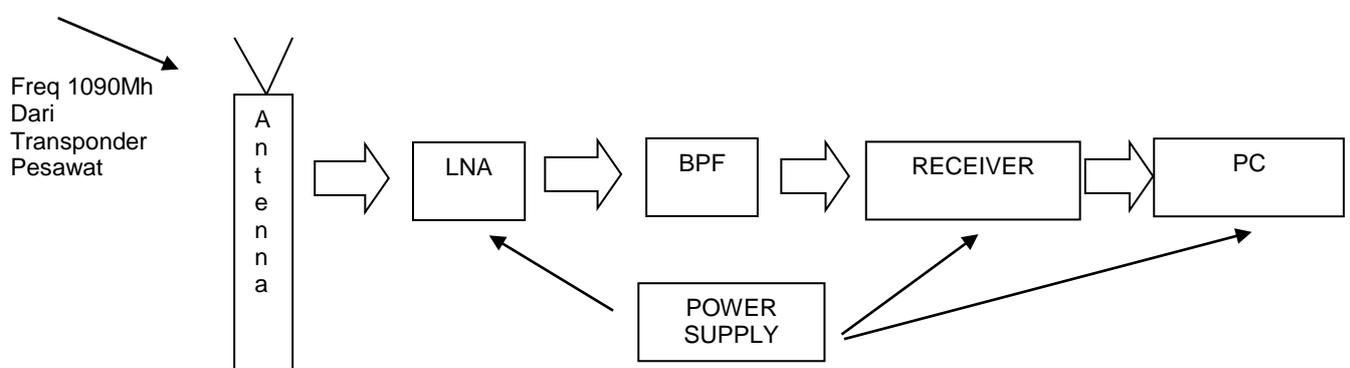
Pengembangan FMS Mode-S pada pesawat TNI AU melibatkan pengembangan teknologi, perangkat keras, dan perangkat lunak yang lebih baik sehingga dapat membantu mengurangi risiko penerbangan. Selain itu, pemahaman dan kesadaran pilot TNI AU tentang penggunaan FMS Mode-S juga penting untuk mencegah terjadinya kesalahan pilot yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan atau insiden dalam penerbangan.

4.2. Cara Mewujudkan Kemandirian Teknologi FMS Mode-S Pada Pesawat TNI AU. Kemandirian teknologi FMS Mode-S memiliki peranan yang sangat penting bagi TNI AU dalam upaya meningkatkan keselamatan terbang dan mencapai kemandirian.. Dalam konteks ini, kemandirian TNI AU dalam menggunakan dan mengembangkan teknologi FMS Mode-S mencerminkan upaya TNI AU untuk menjadi entitas yang tidak hanya mampu beroperasi secara independen, tetapi juga tidak bergantung pada pihak luar dalam hal teknologi penerbangan. Dalam teori kemandirian Poerwadarminta, TNI AU memenuhi kriteria kemandirian dengan memiliki kendali penuh terhadap teknologi FMS Mode-S yang dikembangkan. Dengan menguasai dan mengoperasikan teknologi ini secara mandiri, TNI AU dapat mengambil keputusan yang lebih efektif dan efisien dalam operasi penerbangan tanpa perlu bergantung pada bantuan eksternal. Pilot dapat mengelola dan memantau lalu lintas udara dengan lebih baik dengan demikian, TNI AU mencapai tingkat kemandirian yang tinggi dalam hal penggunaan teknologi FMS Mode-S. Kemandirian teknologi FMS Mode-S juga berhubungan erat dengan konsep kemandirian dari Poerwadarminta dalam konteks pengembangan teknologi. TNI AU tidak hanya menggunakan teknologi ini, tetapi juga terlibat dalam pengembangan dan peningkatan kemampuannya. Dengan memiliki kendali penuh terhadap FMS Mode-S , TNI AU dapat melakukan penelitian, pengembangan, dan adaptasi teknologi sesuai dengan kebutuhan dan persyaratan operasional. Hal ini memungkinkan untuk meningkatkan kemampuan teknologi dan menghadapi tantangan masa depan dengan lebih siap. Dengan demikian, TNI AU mencapai kemandirian dalam pengembangan teknologi.

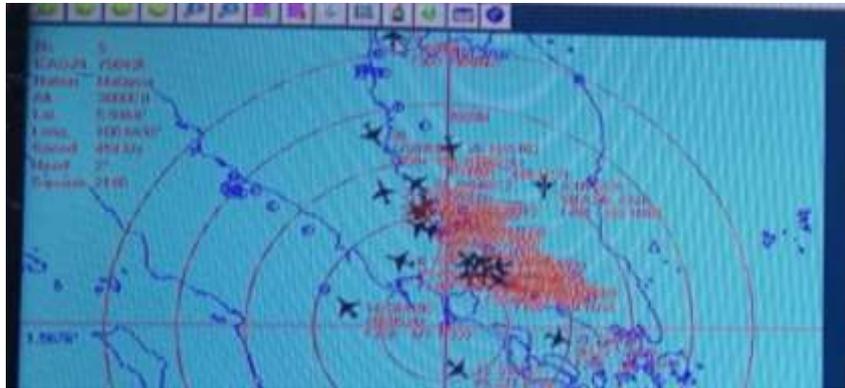
4.3. Cara FMS Mode-S Bekerja.

FMS Mode-S merupakan system monitoring penerbangan berbasis Mode-S yang dikembangkan oleh Depohar 50 untuk menampilkan data pesawat (track pesawat, call sign, altitude, latitude, longitude, speed dan heading) secara real time meliputi yang di pasang pada satuan radar untuk meningkatkan kemampuan radar TNI AU dengan kemampuan Mode-S. Konsep kemandirian yang diungkapkan oleh Poerwadarminta (2007) menyatakan bahwa mandiri berarti tidak tergantung pada orang lain, sementara kemandirian berarti keadaan dapat berdiri sendiri tanpa bergantung pada orang lain. Pengembangan FMS oleh Depohar 50 melibatkan pengembangan teknologi dan perangkat lunak secara mandiri tanpa melibatkan pihak mitra, yang merupakan langkah penting dalam meningkatkan keselamatan penerbangan dan menunjukkan semangat kemandirian. FMS yang dikembangkan oleh Depohar 50 merupakan sistem monitoring pesawat yang tergelar pada satuan radar (ground station) sehingga pilot tidak secara real time memonitor situasi penerbangan hanya mendapatkan informasi penerbangan dari informasi yang diberikan oleh ATC (Air Traffic Control).

FMS Mode-S yang dikembangkan oleh Depohar 50, memiliki cara kerja seperti pada gambar 2 dengan penjelasan sistem menerima sinyal atau frekuensi dari transponder yang dipancarkan oleh pesawat kemudian diolah secara elektronik untuk dapat menampilkan data pesawat yang diterima secara real time.



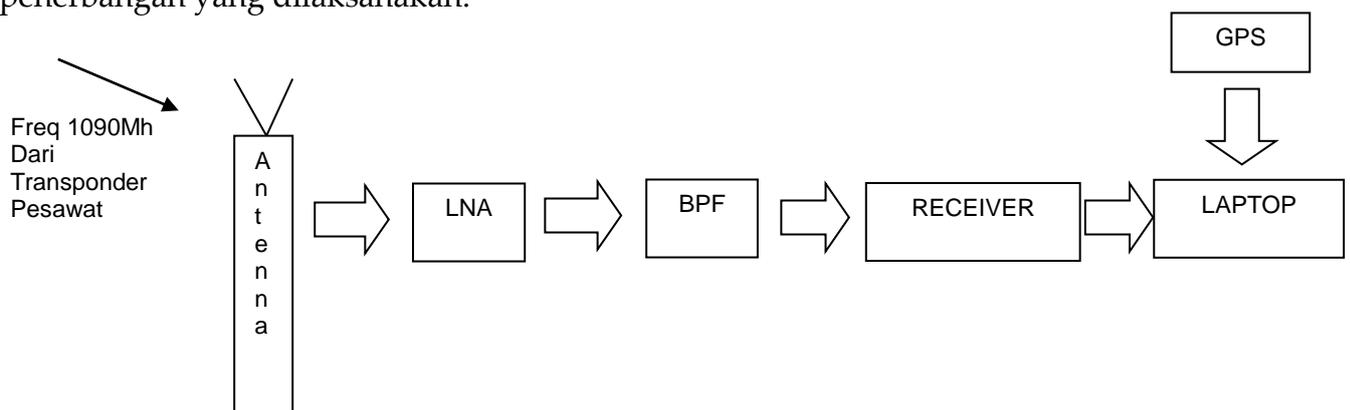
Gambar 1. FMS Mode-S Depohar 50



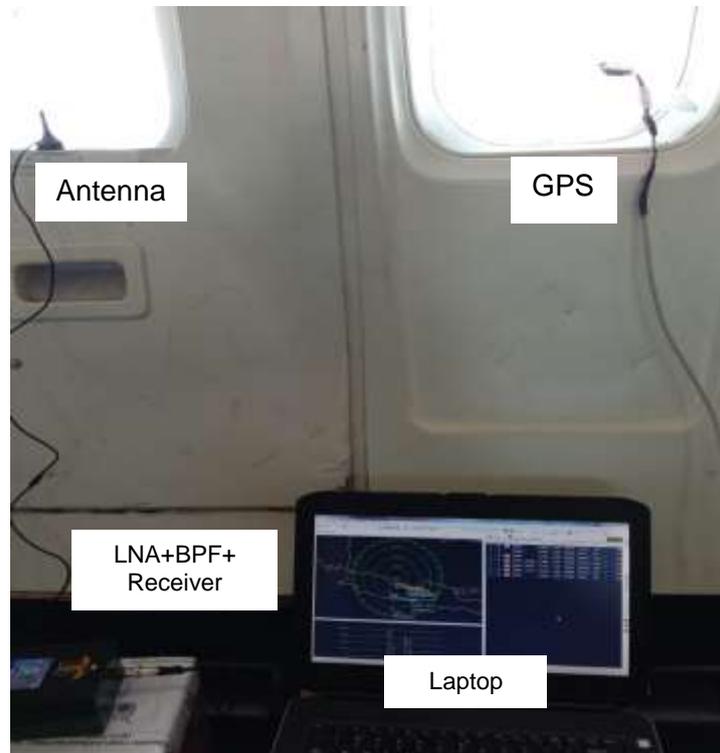
Gambar 2. Display FMS di Satrad 232 Dumai (Manual Book FMS Depohar 50)

4.4. Cara Pengembangan FMS Mode-S pada Pesawat TNI AU.

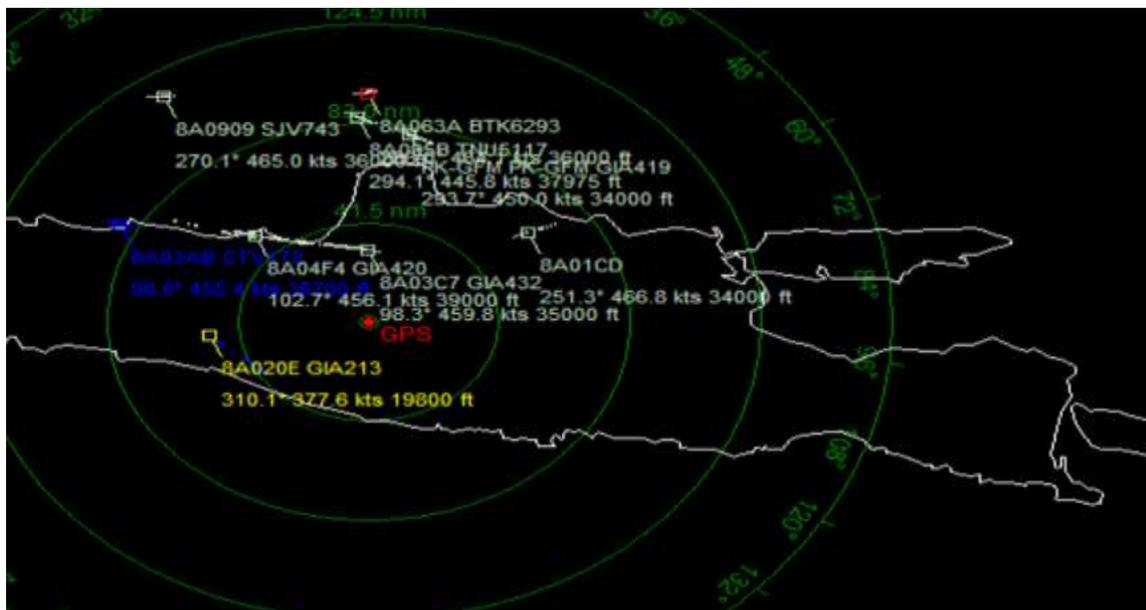
Pengembangan FMS Mode-S pada pesawat TNI AU merupakan pengembangan FMS Mode-S sebelumnya untuk dapat dipasang pada pesawat TNI AU sehingga pilot akan secara real time dapat memantau lalu lintas penerbangan. Pengembangan FMS Mode-S dilakukan pada desain awal yaitu gambar 2 dengan menggunakan metode kualitatif yang dilakukan sehingga FMS Mode-S dapat terpasang pada pesawat TNI AU dengan pengembangan seperti pada gambar 4. Pengembangan yang dapat dilaksanakan dengan penambahan modul GPS sehingga titik center pada software FMS akan bergerak sesuai dengan pergerakan pesawat. Data yang tertampil pada FMS Mode-S akan digunakan oleh pilot untuk memonitor lalulintas pesawat secara real time sehingga pilot dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam mengelola penerbangan yang dilaksanakan.



Gambar 3. Pengembangan FMS Mode-S pada Pesawat TNI AU



Gambar 4. Instalasi FMS Mode-S Pada Pesawat Boeing TNI AU



Status	State	Flag	Code	Callsign	Altitude	Latitude	Longitude	Speed	Track	Last Update
→	→	🇮🇩	8A03C7	GIA432	35,000 ft	-7.170°	111.783°	447.5 kts	98.1°	17:25:31
→	↘	🇮🇩	8A01CD	LNI665	26,175 ft	-7.442°	110.756°	422.1 kts	186.9°	17:25:35
→	↘	🇮🇩	8A0906	SJV737	38,025 ft	-6.495°	111.471°	452.6 kts	295.9°	17:25:26
→	→	🇮🇩	8A095B	TNU5117	37,975 ft	-6.029°	109.680°	454.3 kts	272.1°	17:24:46
→	↘	🇮🇩	8A01A7	LNI567	29,625 ft	-7.156°	110.863°	395.3 kts	251.1°	17:25:34
→	→	🇮🇩	8A04F4	GIA420	39,000 ft	-6.989°	111.187°	452.0 kts	90.0°	17:25:29

Gambar 5. Tampilan Display FMS Mode-S Pada Pesawat Boeing TNI AU

5. Kesimpulan

Pengembangan FMS Mode-S pada pesawat TNI AU merupakan langkah penting dalam meningkatkan keselamatan penerbangan dan mencapai kemandirian teknologi. Melalui pemantauan real-time terhadap posisi pesawat, pilot dapat mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat untuk mengatasi potensi ancaman dan insiden keamanan. Pengembangan FMS Mode-S juga memberikan peluang untuk mengembangkan teknologi, proses pengembangan ini melibatkan riset, pengujian, dan implementasi teknologi terbaru. pengembangan FMS Mode-S pada pesawat TNI AU merupakan langkah penting dalam meningkatkan keselamatan penerbangan dan mencapai kemandirian teknologi. Melalui penerapan konsep saling menguntungkan, TNI AU dapat memperoleh manfaat yang signifikan dalam hal keamanan penerbangan, efisiensi operasional, kolaborasi dengan berbagai pihak terkait, dan pengembangan teknologi dan keahlian. Dengan demikian, langkah ini akan memberikan dampak positif yang luas bagi TNI AU dan masyarakat umum yang bergantung pada penerbangan yang aman dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Azzam Ajhari, Juliadi Satyo Pramudito, Jonatan Reky Tasyam. 2021. Rancangan Aplikasi ADS-B Pada UAV Dan Drone Komersil Dengan Raspberry Pi 3b. eminar Nasional Riset dan Teknologi (SEMNAS RISTEK) 2021.
- Agus Susanto, Agus Sutrisno. 2018. Analisa Standar Keamanan terhadap Keselamatan Penerbangan di Bandar Udara Komodo Labuan Bajo. *Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi* volume 1 Nomor 1 Juni 2018.
- Basuki Rochmat, Sukendra Marthacha. 2021. Pengaruh Faktor Geografis Terhadap Keselamatan Penerbangan Di Indonesia. *Jurnal Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia* Volume 9 nomor 2.
- Bekti Setiadi, Mochammad Fatchoelqorib. 2018, Penyalahgunaan Naza (Narkotika Dan Zat Aditif Lainnya) Oleh Insan Penerbangan Dan Ancaman Terhadap



- Keselamatan Penerbangan. AVIASI Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan Vol. 15 No.2 edisi Desember 2018.
- Busyairah Syd Ali, Wolfgang Schuster, Washington Ochieng. 2015 . Analysis of anomalies in ADS-B and its GPS data. Springer GPS Solut DOI 10.1007/s10291-015-0453-5.
- Dani Sasmoko. 2019, Arduino dan Sensor Pada Project Arduino DIY. 15 No.2 edisi Desember 2018. Yayasan Prima AgusTeknik Redaksi JlnMajapahit No 605 Semarang.
- Depohar 50 . 2019. Manual Book Flight Monitoring System Mode-S.
- Erri Yeremia Papia, Femmy M. G. Tulusan, Salmin Dengo. 2018. Pengawasan Keselamatan Penerbangan Bandar Udara Sam Ratulangi Oleh Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah Viii Manado.
- Hasim Purba. 2017. Mewujudkan Keselamatan Penerbangan Dengan Membangun Kesadaran Hukum Bagi Stakeholders Melalui Penerapan Safety Culture. Jurnal Hukum Samudra Keadilan Volume 12, Nomor 1, Januari-Juni 2017.
- Junzi Sun. 2021. The 1090 Megahertz Riddle A Guide to Decoding Mode S and ADS-B Signals. Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.
- Lettu Lek Arya Putra Kurniawan, Letkol Lek Dr. Arwin D.W. Sumari, S.T., M.T., 2010, Automatic Dependent Surveillance-Broadcast dan Prospek Pengaplikasiannya di TNI-AU. AAU Journal of Defense Science and Technology, Volume 1, Number 2, 5 October 2010, 61 – 66.
- M. Yoga Azto Diraputra, Sopian Soim, Sarjana. 2021. Rancang Bangun Monitoring Lokasi Pesawat Menggunakan ADS-B dengan RTL-SDR dan Raspberry Pi Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Volume 8, No 2, September 2021.
- Michael Schultz, Judith Rosenow, Xavier Olive. 2021 . Data-driven airport management enabled by operational milestones derived from ADS-B messages. Journal of Air Transport Management". 99, Art. Nr. 102164. ISSN: 0969-6997.



Ni Luh Candra Ulandari, Dhiani Dyahjatmayanti. 2022. *Analisis Komunikasi Air Traffic Control (Atc) Dalam Menjaga Kelancaran Lalu Lintas Penerbangan Di Airnav Indonesia Cabang Denpasar Bali*. Jurnal Kewarganegaraan Vol. 6 No. 1 Juni 2022.

Peraturan Menteri Perhubungan. No 81 Tahun 2017. Kewajiban Penggunaan ADS-B pada pesawat komersil.

Sarah Septianingrum, Teguh Ratmanto. 2019 Branding Kemandirian Teknologi Dalam Bentuk "Tank Harimau Hitam". Prosiding Hubungan Masyarakat ISSN: 2460-6510.

Sky Radar.-. ADS-B Live Training Exercise Manual.

Yasuyuki Kakubari, Yoshio Kosuge, and Tadashi Koga. 2019. *ADS-B Latency Estimation Technique for Surveillance Performance Assessment*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019 Electronic Navigation Research Institute, Air Traffic Management and Systems III, Lecture Notes in Electrical Engineering 555.

Yati Nurhayati dan Susanti. 2014. Implementasi Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) di Indonesia. *Warta Ardha*, Vol. 40 No. 3 September 2014, hal. 147-162.

Avionic international. "The Cost of Complying". <https://interactive.aviationtoday.com/avionicsmagazine/december-2016-january-2017/pay-to-play-the-cost-of-ads-b-and-where-to-find-financial-assistance/>. diakses pada 24 juni 2023.

Garuda Indonesia. Penggunaan internet pada pesawat Garuda Indonesia. <https://tekno.tempo.co/read/1146296/layanan-internet-dalam-pesawat-aman-tapi>, diakses pada 29 Juni 2023.

International Civil Aviation Organization/ICAO) pada Mei 2006 (<https://www.antaranews.com/berita/50241/teknologi-ads-b-akan-gantikan-sistem-radar-di-bandara>. diakses pada 29 Juni 2023.

Kementrian Perhubungan, "ADS-B, Sistem Navigasi Berbasis Satelit Karya Anak Bangsa Segera Diproduksi Masal", [https:// dephub.go.id/post/read/ads-b,-sistem-navigasi-berbasis-satelit-karya-anak-bangsa-segera-diproduksi-masal](https://dephub.go.id/post/read/ads-b,-sistem-navigasi-berbasis-satelit-karya-anak-bangsa-segera-diproduksi-masal), diakses pada 25 Juni 2023.

Kominfo. Keterbatasan akses internet. https://www.kominfo.go.id/content/detail/13518/belum-tersentuh-meskitakterpencil/0/sorotan_media, diakses pada 29 Juni 2023.

Suara dot com, "Kronologis Dua Pesawat Aerobatic TNI AU Tabrakan di Malaysia", <https://www.suara.com/news/2015/03/15/150637/kronologis-dua-pesawat-aerobatic-tni-au-tabrakan-di-malaysia>, diakses pada 25 Juni 2023.



Swiss Cheese Model (<https://thedecisionlab.com/reference-guide/management/swiss-cheese-model>). diakses pada 29 Juni 2023.

TNI AU, "Indo Defence 2018 & Forum TNI AU andalkan ADS-B dan Kokpit Simulator F-16 Fighting Falcon" <https://tni-au.mil.id/indodefence-2018-expo-forum-tni-au-andalkan-ads-b-dan-kokpit-simulator-f-16-fighting-falcon/>, diakses pada 26 Juni 2023.

Tempo, "Insiden Tim Jupiter di Langkawi, Chappy: Pilotnya Sehat".

<https://nasional.tempo.co/read/650284/insiden-tim-jupiter-di-langkawi-chappy-pilotnya-sehat>