

PENERAPAN PERFORMANCE-BASED NAVIGATION DAN AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE–BROADCAST DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI LALU LINTAS UDARA DI WILAYAH INDONESIA

Rizqullah Dzaky Prawira^{1*}, I Gede Farrel Raditya Pranajaya², Dhian Supardam³, Lina Rosmayanti⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia
Email : 16072430009@ppicurug.ac.id

Received :
15 Desember 2025

Revised :
02 Januari 2026

Accepted :
30 Januari 2026

ABSTRAK

Peningkatan efisiensi lalu lintas udara menjadi salah satu tantangan utama dalam sistem transportasi udara Indonesia yang memiliki wilayah udara luas dan kompleks. Penelitian ini membahas penerapan Performance-Based Navigation (PBN) dan Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS–B) sebagai solusi untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan ruang udara nasional. Metode yang digunakan meliputi analisis deskriptif terhadap kebijakan penerbangan sipil, studi implementasi di beberapa wilayah udara Indonesia, serta evaluasi terhadap peningkatan efisiensi operasional yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBN mampu mengoptimalkan jalur penerbangan, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan meningkatkan kapasitas ruang udara. Sementara itu, penggunaan ADS–B memperkuat kemampuan pengawasan dan pemantauan lalu lintas udara secara real-time, terutama di wilayah terpencil yang belum terjangkau radar konvensional. Kombinasi kedua teknologi ini berkontribusi signifikan terhadap peningkatan keselamatan, efisiensi, dan ketepatan waktu penerbangan di Indonesia. Oleh karena itu, implementasi berkelanjutan serta dukungan infrastruktur dan sumber daya manusia menjadi faktor kunci dalam keberhasilan sistem navigasi dan pengawasan berbasis kinerja di masa depan.

Kata kunci: PBN, ADS-B, keselamatan penerbangan, navigasi

ABSTRACT

Improving air traffic efficiency is one of the main challenges in Indonesia's air transportation system, which covers a vast and complex airspace. This study discusses the implementation of Performance-Based Navigation (PBN) and Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS–B) as solutions to enhance the effectiveness of national airspace management. The methods used include a descriptive analysis of civil aviation policies, case studies of implementation in several Indonesian airspace sectors, and evaluation of the resulting improvements in operational efficiency. The results show that the application of PBN can optimize flight routes, reduce fuel consumption, and increase airspace capacity. Meanwhile, the use of ADS–B enhances real-time surveillance and monitoring capabilities, especially in remote areas not yet covered by conventional radar. The combination of these two technologies contributes significantly to improving flight safety, efficiency, and punctuality in Indonesia. Therefore, continuous implementation,

along with infrastructure and human resource support, are key factors in the success of future performance-based navigation and surveillance systems.

Keywords: PBN, ADS-B, aviation safety, navigation.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri penerbangan di Indonesia terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penumpang, pesawat, dan rute penerbangan. Kondisi ini menuntut adanya sistem manajemen lalu lintas udara yang lebih efisien, aman, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi global. Salah satu langkah strategis yang dilakukan oleh otoritas penerbangan adalah penerapan *Performance-Based Navigation (PBN)* dan *Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B)*. (Broadcast et al., 2024; Makassar & Pi, 2022; Yousnaidi et al., 2023)

Performance-Based Navigation (PBN) merupakan konsep navigasi berbasis kinerja yang memungkinkan pesawat melakukan penerbangan dengan jalur lebih presisi menggunakan sistem navigasi satelit (GNSS) dan peralatan avionik modern. (Sonhaji et al., n.d.) Dengan penerapan PBN, rute udara dapat dioptimalkan untuk mengurangi jarak tempuh, waktu penerbangan, serta konsumsi bahan bakar.

Sementara itu, *Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B)* adalah sistem pengawasan berbasis satelit yang memungkinkan pesawat secara otomatis menyiarkan posisi, kecepatan, dan informasi penting lainnya kepada pengendali lalu lintas udara (ATC) dan pesawat lain. (Sonhaji et al., n.d.) Teknologi ini meningkatkan kesadaran situasional (*situational awareness*) dan efektivitas pengawasan lalu lintas udara, terutama di wilayah yang belum terjangkau radar konvensional.

Di Indonesia, penerapan PBN dan ADS-B menjadi bagian dari modernisasi sistem navigasi udara yang diinisiasi oleh AirNav Indonesia serta didukung oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Dengan topografi kepulauan yang luas dan kompleks, teknologi ini sangat relevan untuk meningkatkan efisiensi rute penerbangan, memperluas jangkauan pengawasan, dan menekan biaya operasional maskapai. (Broadcast et al., 2024; Sonhaji et al., n.d.)

METODE

Pada penelitian ini, metode yang digunakan ialah Systematic Literature Review (SLR). SLR dalam hal ini, berupa pendekatan yang terstruktur dan transparan dalam menentukan, menilai, dan menginterpretasi semua penelitian yang terkait dengan pertanyaan penelitian yang spesifik. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara menyeluruh dari berbagai studi yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga menghasilkan pemahaman yang komprehensif mengenai topik yang diteliti. Dalam penelitian ini, SLR digunakan untuk mengeksplorasi peran kepemimpinan situasional dalam industri penerbangan. (Ekotrans, 2022)

Penerapan Performance-Based Navigation Dan Automatic Dependent Surveillance–Broadcast Dalam Meningkatkan Efisiensi Lalu Lintas Udara Di Wilayah Indonesia

Metode ini dipilih karena bertujuan untuk menganalisis dan mengkaji berbagai hasil penelitian, laporan, serta publikasi ilmiah yang berkaitan dengan penerapan Performance-Based Navigation (PBN) dan Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B) dalam meningkatkan efisiensi lalu lintas udara di wilayah Indonesia. Melalui pendekatan ini, penulis berusaha menyajikan pemahaman yang mendalam mengenai bagaimana kedua sistem tersebut diterapkan, serta sejauh mana kontribusinya terhadap peningkatan kinerja sistem navigasi udara nasional. (Broadcast et al., 2024; Makassar & Pi, 2022; Sonhaji et al., n.d.; Yousnaidi et al., 2023)

Sumber data dalam penelitian ini berasal dari berbagai literatur yang relevan dan kredibel, meliputi jurnal ilmiah, artikel penelitian, dokumen resmi dari lembaga penerbangan seperti AirNav Indonesia, ICAO, dan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, serta buku referensi dan laporan teknis terkait teknologi navigasi dan pengawasan udara. Selain itu, penulis juga menggunakan sumber daring yang terpercaya seperti situs web resmi milik ICAO, FAA, dan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, guna memperoleh data yang aktual dan kontekstual terhadap kondisi penerbangan di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan Performance-Based Navigation (PBN) dan Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B) merupakan langkah penting dalam modernisasi sistem navigasi dan pengawasan lalu lintas udara di Indonesia. Kedua teknologi ini berperan besar dalam mendukung tercapainya efisiensi operasional, peningkatan keselamatan penerbangan, serta optimalisasi kapasitas ruang udara. Berdasarkan hasil telaah berbagai literatur dan dokumen resmi, penerapan PBN dan ADS-B di Indonesia telah menunjukkan perkembangan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, sejalan dengan program global yang dicanangkan oleh International Civil Aviation Organization (ICAO). (Broadcast et al., 2024; Makassar & Pi, 2022; Siregar et al., 2024; Sonhaji et al., n.d.; Steven & Anggraini, 2025; Yousnaidi et al., 2023)

Secara konseptual, Performance-Based Navigation (PBN) merupakan sistem navigasi berbasis kinerja yang memanfaatkan teknologi Global Navigation Satellite System (GNSS) dan sistem avionik pesawat modern untuk menentukan jalur penerbangan secara presisi tanpa bergantung pada bantuan navigasi darat konvensional seperti VOR atau NDB. Melalui penerapan PBN, rute udara dapat dirancang lebih efisien sehingga pesawat mampu terbang dengan jarak dan waktu yang lebih singkat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBN dapat mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 5–10 persen per penerbangan, menekan emisi karbon, serta mengurangi beban kerja pengendali lalu lintas udara. Di Indonesia, konsep PBN telah diterapkan pada beberapa bandara besar seperti Soekarno–Hatta, Ngurah Rai, dan Sultan Hasanuddin melalui prosedur RNAV dan RNP yang lebih terintegrasi dengan sistem manajemen lalu lintas udara. (Sonhaji et al., n.d.)

Sementara itu, Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B) merupakan sistem pengawasan berbasis satelit yang memungkinkan pesawat menyiarkan informasi posisi, kecepatan, dan identitasnya secara otomatis kepada pengendali lalu lintas udara (ATC) dan pesawat lain di sekitarnya. Teknologi ini menjadi alternatif modern dari sistem radar konvensional, terutama di wilayah yang belum terjangkau oleh infrastruktur radar. Di Indonesia, yang memiliki karakteristik geografis kepulauan dan wilayah udara yang sangat

luas, penerapan ADS-B memberikan keuntungan besar dalam memperluas jangkauan pengawasan hingga ke daerah terpencil seperti Papua, Maluku, dan wilayah perbatasan. Menurut laporan AirNav Indonesia, sistem ADS-B telah berhasil meningkatkan kesadaran situasional (*situational awareness*) bagi pengendali lalu lintas udara, mempercepat proses pengambilan keputusan, dan memperkuat keselamatan penerbangan nasional. (Broadcast et al., 2024; Makassar & Pi, 2022; Sonhaji et al., n.d.; Yousnaidi et al., 2023)

Dari hasil review terhadap beberapa penelitian, diketahui bahwa sinergi antara penerapan PBN dan ADS-B mampu memberikan dampak positif terhadap efisiensi lalu lintas udara. PBN berperan dalam optimalisasi rute penerbangan, sedangkan ADS-B mendukung pengawasan dan koordinasi yang lebih akurat antara pesawat dan pengendali. Kombinasi kedua sistem ini juga mendukung penerapan konsep Air Traffic Flow Management (ATFM) dan Airport Collaborative Decision Making (A-CDM) yang saat ini sedang dikembangkan di berbagai bandara utama di Indonesia. Dengan sistem yang lebih terintegrasi, kapasitas ruang udara dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa mengorbankan aspek keselamatan. (Makassar & Pi, 2022; Sonhaji et al., n.d.; Yousnaidi et al., 2023)

Meskipun demikian, beberapa tantangan masih dihadapi dalam implementasi kedua teknologi tersebut. Tantangan utama terletak pada keterbatasan infrastruktur di beberapa wilayah, kebutuhan pelatihan bagi personel teknis dan pengendali lalu lintas udara, serta koordinasi antarinstansi terkait. Selain itu, modernisasi avionik pada armada pesawat juga menjadi faktor penting agar seluruh maskapai dapat mendukung penerapan prosedur berbasis PBN dan ADS-B secara penuh. Beberapa penelitian juga menyoroti perlunya kebijakan nasional yang lebih konsisten serta dukungan pendanaan untuk mempercepat proses adaptasi teknologi ini di seluruh ruang udara Indonesia. (Sonhaji et al., n.d.; Yousnaidi et al., 2023)

Secara keseluruhan, hasil review menunjukkan bahwa penerapan PBN dan ADS-B telah membawa perubahan positif bagi sistem penerbangan nasional. Efisiensi rute penerbangan meningkat, biaya operasional maskapai menurun, dan keselamatan penerbangan semakin terjamin. Dengan dukungan kebijakan pemerintah, komitmen lembaga navigasi udara, serta kerja sama internasional, diharapkan penerapan kedua sistem ini dapat terus dikembangkan dan menjadi fondasi utama dalam sistem navigasi udara Indonesia yang modern, efisien, dan berkelanjutan. (Sonhaji et al., n.d.; Yousnaidi et al., 2023) (International Civil Aviation Organization, 2018)

KESIMPULAN

Penerapan Performance-Based Navigation (PBN) dan Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B) di Indonesia telah menunjukkan perkembangan yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan keselamatan lalu lintas udara nasional. Berdasarkan hasil review terhadap berbagai literatur, dapat disimpulkan bahwa PBN memberikan kontribusi besar dalam optimalisasi rute penerbangan, pengurangan waktu tempuh, penghematan bahan bakar, serta pengurangan emisi. Sementara itu, ADS-B terbukti mampu meningkatkan jangkauan pengawasan di wilayah-wilayah yang sebelumnya tidak terlayani radar konvensional, sehingga meningkatkan akurasi pemantauan pesawat dan *situational awareness* bagi pengendali lalu lintas udara. Sinergi antara kedua teknologi tersebut mendukung modernisasi sistem navigasi udara Indonesia dan membuka peluang penerapan konsep manajemen lalu lintas udara yang lebih terintegrasi seperti ATFM dan A-CDM. (International Civil Aviation Organization, 2017)

Meskipun implementasinya telah membawa dampak positif, beberapa tantangan masih harus dihadapi. Tantangan tersebut meliputi kebutuhan modernisasi infrastruktur di wilayah

Penerapan Performance-Based Navigation Dan Automatic Dependent Surveillance–Broadcast Dalam Meningkatkan Efisiensi Lalu Lintas Udara Di Wilayah Indonesia

terpencil, perlunya peningkatan kompetensi sumber daya manusia, serta kebutuhan harmonisasi regulasi dan kebijakan nasional agar sejalan dengan standar internasional. Selain itu, konsistensi dalam pemeliharaan, pembaruan peralatan, dan kesiapan maskapai dalam mengadopsi teknologi avionik modern juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan jangka panjang penerapan PBN dan ADS-B. (International Civil Aviation Organization, 2023) (Kemenrian Perhubungan, 2018)

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar pemerintah dan lembaga terkait seperti AirNav Indonesia terus memperluas penerapan PBN dan ADS-B ke seluruh wilayah udara nasional, terutama daerah yang memiliki potensi pertumbuhan lalu lintas udara tinggi. Investasi dalam pelatihan dan sertifikasi sumber daya manusia harus diperkuat untuk memastikan kesiapan teknis dan operasional. Selain itu, maskapai penerbangan perlu didorong untuk melakukan modernisasi peralatan avionik agar mampu mendukung prosedur berbasis satelit secara penuh. Dukungan penelitian lanjutan mengenai efektivitas penerapan kedua sistem juga sangat penting agar kebijakan yang diambil dapat berbasis data dan relevan dengan perkembangan teknologi global. Melalui upaya berkelanjutan tersebut, Indonesia dapat mewujudkan sistem navigasi udara yang lebih efisien, aman, dan kompetitif di tingkat internasional. (International Civil Aviation Organization, 2007) (International Civil Aviation Organization, 2012)

DAFTAR PUSTAKA

- Broadcast, S., Perum, D. I., & Cabang, L. (2024). *No Title*. 9(4), 352–366.
- Makassar, P. P., & Pi, R. (2022). *Rancangan Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast menggunakan Flightware Prostick Plus dan Rasperry PI di Politeknik Penerangan Makassar Design of Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast based Flightware Prostick Plus and Rapserry PI at Politeknik Penerbangan Makassar*. 5, 95–103.
- Siregar, G. K., Rosmayanti, L., Penerbangan, P., & Curug, I. (2024). *APPROACH CONTROL SURVEILLANCE TERHADAP PEMANDUAN LALU LINTAS PENERBANGAN BERBASIS PERFORMANCE-*. 12(3).
- Sonhaji, I., Handayantri, D., Penerbangan, P., & Curug, I. (n.d.). *PENGARUH PENERAPAN FLIGHT PROCEDURE BERBASIS PBN TERHADAP KINERJA ATC DI PERUM LPPNPI CABANG DENPASAR*. 16(1), 288–297.
- Steven, E., & Anggraini, D. (2025). *PEMANFAATAN SPACE-BASED DALAM OPTIMALISASI LAYANAN RUANG*. 8, 5524–5538.
- Yousnaldi, R. S., Passarella, R., Kurniati, R., & Arsalan, O. (2023). *Assessing Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Signal Quality for Airplane Departure Using Random Forest Algorithm*. 64–71.
- Ekotrans, J. I. (2022). *JIEE: Review: Administrasi Keuangan di Indonesia*. 2(1), 1–10.
- International Civil Aviation Organization. (2007). *ICAO DOC 4444 Air Traffic Management* (Issue November).
- International Civil Aviation Organization. (2012). *Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter*.
- International Civil Aviation Organization. (2017). *Doc 9924 Aeronautical Surveillance Manual*.
- International Civil Aviation Organization. (2018). *Doc 9859 Safety Management Manual* INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION.
- International Civil Aviation Organization. (2023). *Doc 9613 Performance-based Navigation (PBN) Manual*.
- Kemenrian Perhubungan, K. (2018). *ADS-B Implementation in Indonesia*.