

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. LANDASAN TEORI

##### 1. Performance Based Navigation

###### a. References Performance Based Navigation

Dasar hukum yang terkait tentang Performance Based Navigation ada 8 dasar hukum atau acuan referensi, meliputi:

- 1) Annex 10 tentang Aeronautical Telecommunication Service
- 2) Annex 11 tentang Air Traffic Services
- 3) Doc 9992 tentang Manual on The use of PBN in Airspace Design
- 4) Doc 4444 tentang Air Traffic Management
- 5) Doc 8168 tentang PANS-OPS (Procedures for Air Navigation Services Aircraft Operations)
- 6) Doc 9613 tentang PBN Manual
- 7) Doc 9931 tentang CDO Manual (Continuous Descent Operations)
- 8) Doc 9993 tentang CCO Manual (Continuous Climb Operations)

###### b. Pengertian Performance Based Navigation

Pertumbuhan penerbangan yang terus berlanjut meningkatkan permintaan terhadap kapasitas ruang udara, oleh karena itu menekankan perlunya pemanfaatan ruang udara yang tersedia secara

optimal. Peningkatan efisiensi operasional yang diperoleh dari penerapan teknik Area Navigation (RNAV) telah menghasilkan pengembangan aplikasi navigasi di berbagai wilayah di seluruh dunia dan untuk semua fase penerbangan. Aplikasi ini berpotensi dapat diperluas untuk memberikan panduan untuk operasi pergerakan tanah. Persyaratan untuk aplikasi navigasi pada rute tertentu atau dalam wilayah udara tertentu harus ditentukan secara jelas dan ringkas.

Hal ini untuk memastikan bahwa awak penerbangan dan pengatur lalu lintas udara atau Air Traffic Control (ATC) mengetahui kapabilitas sistem RNAV (Area Navigation) on-board untuk menentukan apakah kinerja sistem RNAV (Area Navigation) sesuai untuk persyaratan wilayah udara tertentu. Sistem RNAV (Area Navigation) berevolusi dengan cara yang mirip dengan rute dan prosedur berbasis darat konvensional. Sistem RNAV (Area Navigation) tertentu diidentifikasi dan kinerjanya dievaluasi melalui kombinasi analisis dan pengujian penerbangan. Untuk operasi domestik, sistem awal menggunakan jangkauan radio omnidirectional frekuensi sangat tinggi atau Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (VOR) dan peralatan pengukur jarak atau Distance Measuring Equipment (DME) untuk memperkirakan posisinya; untuk operasi kelautan, sistem navigasi inersia atau

Inertial Navigation System (INS) digunakan. Sistem "baru" ini dikembangkan, dievaluasi, dan disertifikasi.

**Performance Based Navigation (PBN)** menurut (ICAO (International Civil Aviation Organization)) AN / 937 Doc 9613 tahun 2008 tentang PBN Manual) ialah Konsep PBN menetapkan bahwa persyaratan kinerja sistem RNAV pesawat ditentukan dalam hal akurasi, integritas, ketersediaan, kontinuitas, dan fungsionalitas, yang diperlukan untuk operasi yang diusulkan dalam konteks konsep ruang udara tertentu. Konsep PBN mewakili pergeseran dari navigasi berbasis sensor ke navigasi berbasis kinerja. Persyaratan kinerja diidentifikasi dalam spesifikasi navigasi, yang juga mengidentifikasi pilihan sensor navigasi dan peralatan yang dapat digunakan untuk memenuhi persyaratan kinerja. Spesifikasi navigasi ini ditetapkan pada tingkat detail yang memadai untuk memfasilitasi harmonisasi global dengan memberikan panduan implementasi khusus untuk Negara dan operator.

PBN (Performance Based Navigation) menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan metode spesifik sensor untuk mengembangkan wilayah udara dan kriteria pembersihan rintangan:

- 1) Mengurangi kebutuhan untuk mempertahankan rute dan prosedur khusus sensor, dan biaya terkait.

- 2) Menghindari perlunya mengembangkan operasi sensor-spesifik dengan setiap evolusi baru dari sistem navigasi, yang akan mahal biaya.
- 3) Memungkinkan penggunaan ruang udara yang lebih efisien (penempatan rute, efisiensi bahan bakar, dan pengurangan kebisingan).
- 4) Memperjelas bagaimana sistem RNAV (Area Navigation) digunakan; dan memfasilitasi proses persetujuan operasional untuk operator dengan menyediakan serangkaian spesifikasi navigasi terbatas yang dimaksudkan untuk penggunaan global.

#### **c. Performance Based Navigation (PBN) Terminology**

Dua aspek mendasar dari setiap operasi PBN adalah persyaratan yang ditetapkan dalam spesifikasi navigasi yang sesuai dan infrastruktur bantuan navigasi (baik berbasis darat maupun luar angkasa) yang memungkinkan sistem untuk beroperasi. Spesifikasi navigasi adalah seperangkat persyaratan pesawat dan awak udara yang diperlukan untuk mendukung aplikasi navigasi dalam konsep ruang udara yang ditentukan. Spesifikasi navigasi menentukan kinerja yang dibutuhkan oleh sistem RNAV (Area Navigation) serta persyaratan fungsional seperti kemampuan untuk melakukan prosedur jalur melengkung atau untuk menerbangi rute offset paralel.

#### **d. Konsep Performance Based Navigation**

##### **1) Pengertian Konsep Performance Based Navigation**

Menurut Doc 9613 tahun 2008 tentang PBN ialah konsep Performance Based Navigation (PBN) menetapkan bahwa persyaratan kinerja sistem RNAV pesawat udara didefinisikan dalam hal akurasi, integritas, ketersediaan, kontinuitas, dan fungsionalitas yang diperlukan untuk operasi yang diusulkan dalam konteks konsep ruang udara tertentu, jika didukung oleh navigasi yang sesuai. infrastruktur. Dalam konteks tersebut, konsep PBN merepresentasikan pergeseran dari navigasi berbasis sensor menjadi navigasi berbasis kinerja. Persyaratan kinerja diidentifikasi dalam spesifikasi navigasi, yang juga mengidentifikasi pilihan sensor navigasi dan peralatan yang dapat digunakan untuk memenuhi persyaratan kinerja. Spesifikasi navigasi ini memberikan panduan implementasi khusus untuk Negara dan operator untuk memfasilitasi harmonisasi global. Berdasarkan PBN (Performance Based Navigation), persyaratan navigasi generik pertama-tama ditentukan berdasarkan persyaratan operasional.

Operator kemudian mengevaluasi opsi sehubungan dengan teknologi yang tersedia dan layanan navigasi. Solusi yang dipilih akan menjadi yang paling hemat biaya bagi operator, dibandingkan dengan solusi yang ditetapkan sebagai bagian dari



persyaratan operasional. Teknologi dapat berkembang dari waktu ke waktu tanpa memerlukan operasi itu sendiri untuk dikunjungi selama kinerja yang diperlukan disediakan oleh sistem RNAV (Area Navigation).

## 2) Keuntungan Konsep Performance Based Navigation

Navigasi berbasis kinerja atau Performance Based Navigation menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan metode khusus sensor untuk mengembangkan kriteria ruang udara dan jarak halangan. Misalnya keuntungan konsep Performance Based Navigation menurut Doc 9613 tentang PBN Manual sebagai berikut:

- a) Mengurangi kebutuhan untuk memelihara rute dan prosedur khusus sensor, dan biaya yang terkait. Misalnya, memindahkan fasilitas darat (Very High Frequency Omnidirectional Radio Range) VOR tunggal dapat memengaruhi lusinan prosedur, karena (Very High Frequency Omnidirectional Radio Range) VOR dapat digunakan pada rute, pendekatan (Very High Frequency Omnidirectional Radio Range) VOR, pendekatan yang terlewat, dll. Menambahkan prosedur khusus sensor baru akan menambah biaya ini, dan pertumbuhan cepat dalam sistem navigasi yang tersedia akan segera membuat rute dan prosedur khusus sensor menjadi tidak terjangkau;

- b) Menghindari kebutuhan untuk pengembangan operasi khusus sensor dengan setiap evolusi baru sistem navigasi, yang akan menjadi penghalang biaya. Perluasan layanan navigasi satelit diharapkan berkontribusi pada keberagaman sistem (Area Navigation) RNAV di berbagai pesawat. Peralatan GNSS (Global Navigation Satellite System) Dasar asli berkembang karena pengembangan augmentasi seperti SBAS (Satellite-Based Augmentation System) , GBAS (Ground-Based Augmentation System), dan GRAS (Ground-Based Regional Augmentation System), sementara pengenalan Galileo dan modernisasi GPS (Global Positioning System) dan GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) atau Sistem Satelit Navigasi Global akan semakin meningkatkan kinerja GNSS (Global Navigation Satellite System). Penggunaan GNSS / integrasi inersia juga berkembang;
- c) Memungkinkan penggunaan ruang udara yang lebih efisien (penempatan rute, efisiensi bahan bakar, pengurangan kebisingan, dll).

**e. Konteks Performance Based Navigation**

PBN adalah salah satu dari beberapa pendorong konsep ruang udara. Komunikasi, pengawasan ATS (Air Traffic System) dan ATM (Air Traffic Management) juga merupakan elemen penting

dari konsep ruang udara. Dalam hal ini ditunjukkan pada Figure I-A-1-1 pada Doc 9613 tentang PBN Manual. Konsep navigasi berbasis kinerja atau Performance Based Navigation (PBN) mengandalkan penggunaan sistem navigasi area (RNAV). Ada dua komponen input inti untuk penerapan PBN:

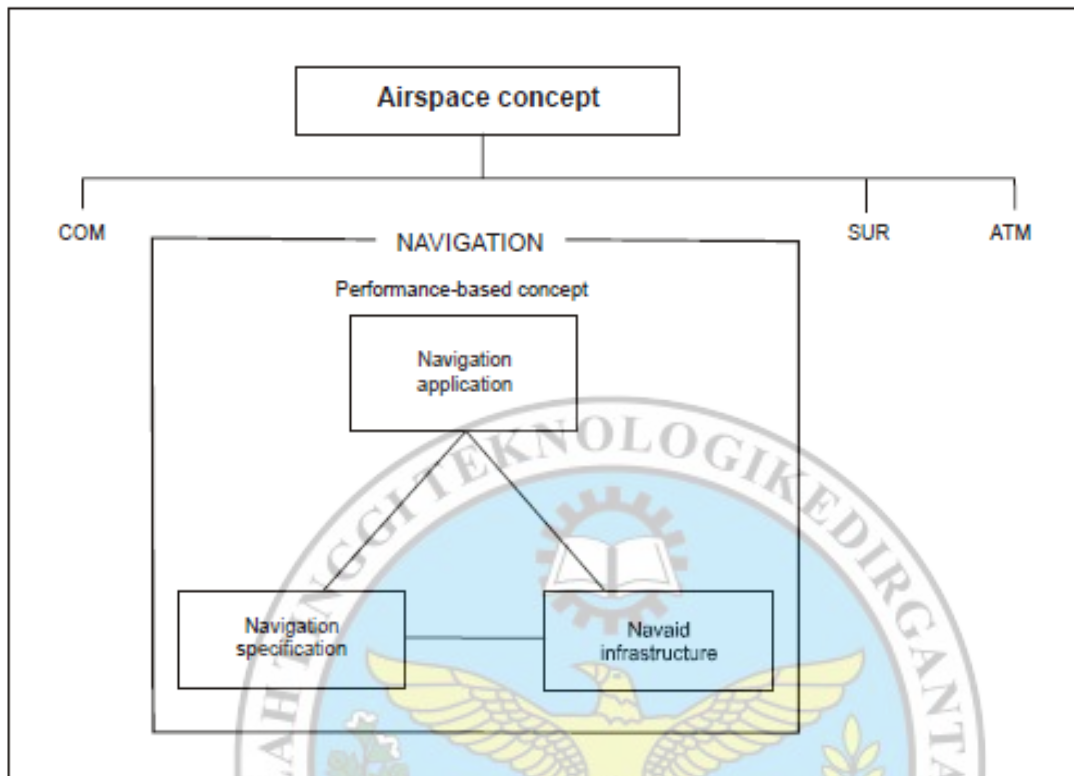
- 1) **Infrastruktur Navaid (The Navaid Infrastructure);**
- 2) **Spesifikasi Navigasi (The Navigation Specification);**

Penerapan komponen di atas dalam konteks konsep ruang udara ke rute ATS dan prosedur instrumen menghasilkan komponen ketiga;

- 3) **Aplikasi Navigasi (The Navigation Application).**







**Gambar 2.1 Figure I-A-1-1 Doc 9613 Performance Based Navigation Concept**

Keterangan:

a) **Navigation Application:** Aplikasi navigasi ini membantu personel dalam melakukan pemantauan pesawat. Misalnya:

(1) Flightradar 24 Pro: aplikasi ini menyediakan data penerbangan lengkap (nomor penerbangan, nomor registrasi pesawat, rute, dsb).

(2) Flight Board: data pesawat lepas landas, aplikasi ini menyediakan data lalu lintas pesawat di 3000 bandara di dunia dan sekitar 1400 maskapai. Data ini biasanya meliputi;

data terminal, pintu kedatangan atau keberangkatan, jam penerbangan, dll.

- (3) Flight Status-Live Flight Tracker: melacak status penerbangan tertentu dan memantau pergerakan pesawat. Data ini biasanya meliputi; nomor registrasi, rute penerbangan, nomor penerbangan, kode bandara, dll.
- (4) Flight Aware-Flight Tracker: mengetahui penerbangan yang tertunda.
- (5) Flight map: menyediakan informasi kecepatan pesawat, ketinggian pesawat, jarak tempuh, jarak yang dilalui, bandara tujuan, bandara asal, nomor penerbangan, dll.

**b) Navaid Infrastructure:** infrastruktur navigasi. Misalnya:

- (1) Sistem pendaratan Instrumen Landing System (ILS) yang presisi, misalnya pada Bandara Samarinda karena pergerakan lalu lintas penerbangan sangat padat sehingga membutuhkan sistem pendaratan ILS sehingga pendaratan pada pesawat menjadi presisi.
- (2) Bandara VIP: dalam menentukan bandara VIP harus memenuhi beberapa standar, antara lain; memenuhi standart keselamatan yang baik, pendaratan presisi, komunikasi yang bagus, tower harus memenuhi persyaratan.

(3) Airnav terlibat aktif dalam pengembangan smart airport, smart city ada drone operation menjadi konsep fully support automacy. Misalnya; Bandara Samarinda.

(4) Layanan navigasi pada 5 destinasi, misalnya: Bandara Samarinda memberikan layanan navigasi di 5 destinasi Danau Toba, Borobudur, Mandalika, Labuan Bajo, Likupang.

c) **Navigation Spesification:** Teknologi navigasi udara

f. **PBN Overview**



**Gambar 2.2 Capacity and Efficiency 2013-2028 Global Air Navigation Plan**

**Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”**

Spesifikasi PBN overview mencakup 2 (dua) hal yaitu Capacity dan Efficiency hal ini didapatkan oleh Global Air Navigation Plan yang menjadi rencana pada Tahun 2013 – 2028. Berikut penjejelasan terkait 2 (dua) hal cakupan diatas, sebagai berikut:

### 1) Capacity For Performance Based Navigation

Capacity pada PBN akan meningkatkan jumlah rute pada lalu lintas udara untuk mengurangi padatnya lalu lintas udara yang mengakomodasi pertumbuhan proyek.



**Gambar 2.3 Capacity For Performance Based Navigation**

**Sumber: Peneliti Pada Saat Penelitian, 2020**

#### a) Comfortable

Dengan adanya PBN yang diterapkan di Bandar Udara Internasional Yogyakarta, penerbangan menjadi aman dan nyaman. Tidak hanya itu juga, penerbangan di ruang udara menjadi terarah dan tanpa bantuan instrumen tambahan didarat.

Karena setiap maskapai yang ingin take-off atau landing harus memiliki sistem PBN sebagai kelengkapan instrumen pendaratan.

**b) Regular Flight**

Regular flight merupakan penerbangan non-klasik, artinya pada wilayah Yogyakarta memiliki dua bandara yang saat ini beroperasi, yaitu Bandar Udara Internasional Yogyakarta atau YIA dan Bandar Udara Internasional Adisutjipto atau JOG. Namun, saat ini penerbangan yang ada di Bandar Udara Internasional Adisutjipto telah berpindah operasi di Bandar Udara Internasional Yogyakarta atau YIA. Sebelum maskapai pindah operasi, maskapai harus melengkapi syarat dan ketentuan yang berlaku khususnya instrumen PBN. Bandara Internasional Adisutjipto tetap beroperasi, melainkan hanya penerbangan rute pendek atau penerbangan jenis klasik seperti baling-baling.

**c) Directional Air Traffic**

Directional Air Traffic meliputi peran tugas personil ATC dalam menjalankan operasional PBN yang tentunya dengan pelatihan yang menunjang guna meningkatkan kapasitas, kualitas dan kuantitas dari implementasi prosedur PBN.



## 2) **Efficiency For Performance Based Navigation**

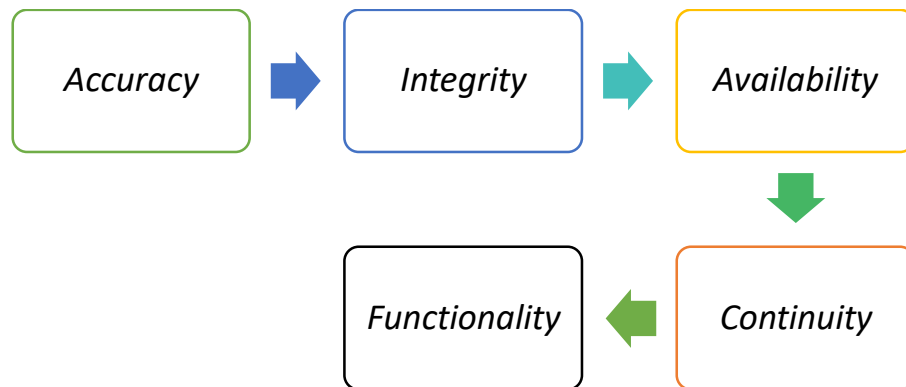
Efficiency yang ada pada PBN ini merupakan guna mengurangi penundaan atau keterlambatan yang diakibatkan profil penerbangan atau istilahnya maskapai “levelling off” yang berlebihan.

## 3) **Spesifikasi PBN Overview**

Berdasarkan materi yang telah didapatkan dari Pembimbing Penelitian yaitu Bapak Agus selaku Personil ATC AirNav Yogyakarta di Bandar Udara Internasional Yogyakarta yang berjudul “PBN Bahan 2018” terdapat 3 hal terkait definisi PBN Overview secara spesifikasi, berikut saya jelaskan sebagai berikut:

**a) Type of Area Navigation (RNAV):** Type of RNAV merupakan bentuk peningkatan efisiensi operasional dari penerapan teknik RNAV dan menghasilkan pengembangan aplikasi di berbagai wilayah dunia dan untuk semua rute penerbangan.

**b) Navigation Performance Requirements:** navigation performance requirements mencakup 5 (lima) dasar pokok yang akan menunjang PBN dalam penerapan kontinuitas serta bahan evaluasi jika terjadi permasalahan teknologi atau permasalahan lainnya, berikut 5 (lima) cakupan dasar pokok menurut Doc 9613 tentang PBN Manual:



**Gambar 2.4 Navigation Performance Requirements**

**Sumber: DOC 9613 Tentang PBN Manual**

- c) **Navigation Specification (NavSpec):** Navigation Specification meliputi terdiri dari 2 aspek yakni: (1) Set of Aircraft dan (2) Aircrew Requirements. Namun perlu diketahui bahwa pokok pertama dalam pembahasan Navigation Specification merupakan bentuk akses pengoperasian PBN di dalam pesawat atau istilahnya kokpit. Sehingga penunjang dalam menerapkan PBN harus didasari dengan fitur-fitur yang ada di dalam pesawat, tidak hanya pesawat melainkan pilot perlu di training untuk mengemudikan serta penerapan yang baik. Pembahasan pokok yang kedua merupakan dasar penunjang saja yang menggunakan Navigation Specification khususnya Air Navigation yang akan memandu serta mengontrol pesawat sehingga mengutamakan keselamatan, keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jasa layanan

transportasi udara atau penyedia jasa layanan transportasi udara.

#### **4) Navigation Performance Requirements**

Navigation Performance Requirement akan membantu tingkat kesesuaian data dalam penerbangan yang memang dasarnya harus sesuai dengan data Air Navigation dengan akurat, saat ini terdapat sistem teknologi PBN yang akan dipantau dengan satelit sehingga lebih akurat.

Navigation Performance Requirements terdiri dari 4 (empat) pembahasan pokok sebagai berikut:

##### **a) Accuracy**

Selama pengembangan konsep PBN, diakui bahwa sistem RNAV pesawat terbang yang canggih mencapai tingkat akurasi kinerja navigasi yang dapat diprediksi yang, bersama dengan tingkat fungsionalitas yang sesuai, memungkinkan penggunaan ruang udara yang tersedia secara lebih efisien. Karena persyaratan kinerja tertentu ditentukan untuk setiap Navigation Specification dalam sebuah pesawat yang disetujui untuk spesifikasi RNP tidak secara otomatis disetujui untuk semua spesifikasi RNAV. Demikian pula, pesawat yang disetujui untuk spesifikasi RNP atau RNAV yang memiliki persyaratan akurasi yang

ketat (misalnya spesifikasi RNP 0.3) tidak secara otomatis disetujui untuk Navigation Specification yang memiliki persyaratan akurasi yang kurang ketat (misalnya RNP 4).

Accuracy pada PBN akan sangat membutuhkan yang namanya sinyal radio navigasi yang biasa dikenal dengan VOR (Very High Frequency (VHF) Omnidirectional Radio Range) dan DME (Distance Measuring Equipment). Tidak hanya itu juga, accuracy akan dihitung berdasarkan perhitungan inersia gerakan pesawat, perhitungan ini sudah tersedia di dalam kokpit pesawat pada saat input data yang diperoleh dari navigasi udara biasanya inersia gerakan pesawat ini akan dipantau oleh satelit GPS. Perhitungan Inersia akan muncul EPE (Estimate Position Error), EPE ini akan mendeteksi dan memberikan arahan kepada pilot bahwa pesawat tidak boleh terbang pada jalur RNP.

Berikut acuan penentuan EPE (Estimate Position Error):

- **Nilai EPE < RNP artinya pesawat boleh terbang di jalur RNP**
- **Nilai EPE > RNP artinya pesawat tidak boleh terbang di jalur RNP**

Misalnya;

(1) Jalur RNP 4

Nilai EPE 1,5 Nm

Artinya Pesawat **boleh terbang** pada jalur RNP karena **nilai EPE < RNP**

(2) Jalur RNP 3

Nilai EPE 4,5 Nm

Artinya Pesawat **tidak boleh terbang** pada jalur RNP karena **nilai EPE > RNP**

Tidak hanya itu juga, Approach juga membutuhkan RNP, karena Approach pesawat ketika jarak minimum dan jarak rute ditentukan dengan menggunakan Approach berbasis sensor konvensional, data kinerja navigasi yang digunakan untuk menentukan jarak minimum atau jarak rute bergantung pada akurasi data mentah dari alat bantu navigasi tertentu seperti VOR, DME atau NDB. Sebaliknya, PBN memerlukan sistem RNAV yang mengintegrasikan data navigasi mentah untuk memberikan solusi pemosisian dan navigasi.