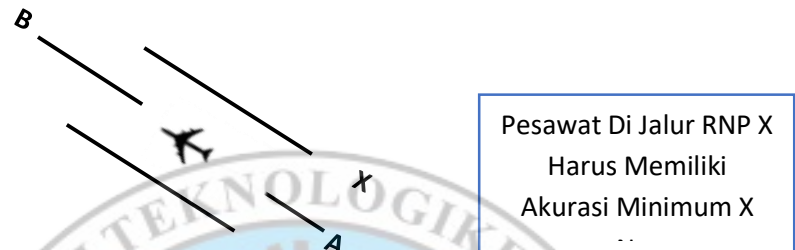


Dalam menentukan minimum separasi dan jarak rute dalam konteks PBN, “output” kinerja navigasi terintegrasi ini digunakan. Sebagai contoh dibawah ini:



Gambar 2.5 Akurasi di Jalur Required Navigation Performance

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

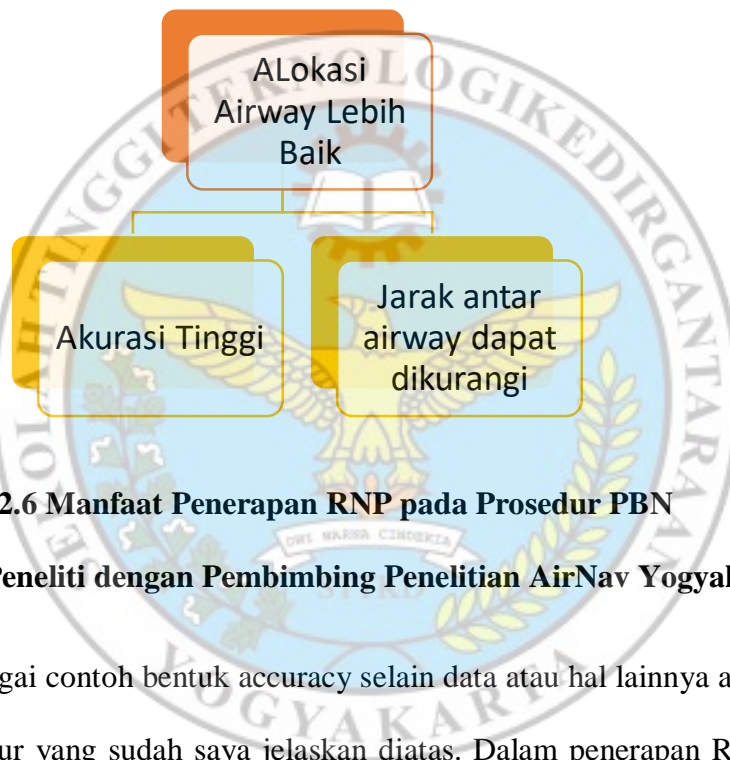
Berikut tabel tipe RNP dan Akurasi yang dibutuhkan:

Tabel 2.1 Tipe Required Navigation Performance (RNP) dan Akurasi RNP

No	Tipe RNP	Akurasi dibutuhkan
1	RNP 1	± 1 Nm
2	RNP 4	± 4 Nm
3	RNP 5	± 5 Nm
4	RNP 10	± 10 Nm

5	RNP 12,6	$\pm 12,6$ Nm
6	RNP 20	± 20 Nm

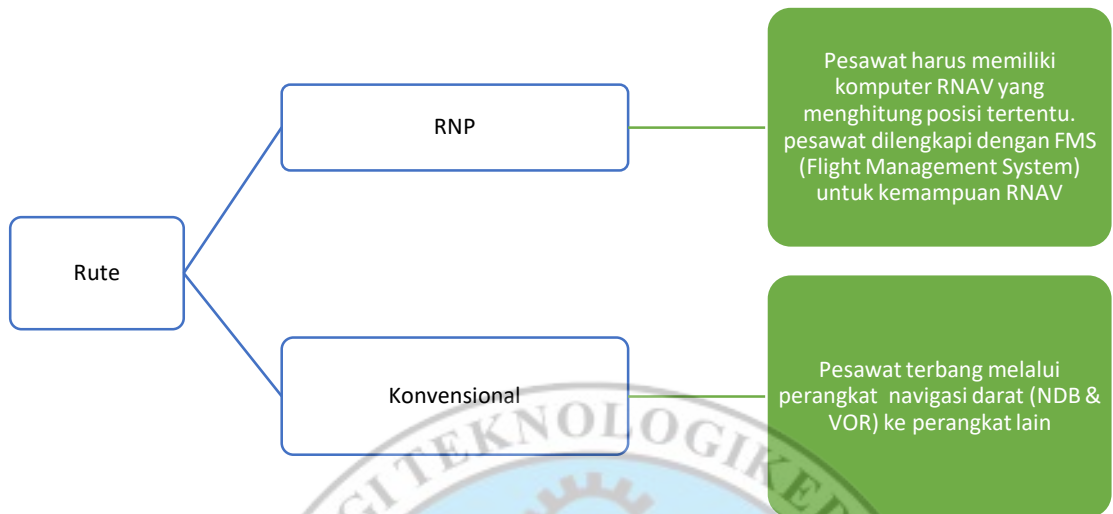
Sumber: Materi PBN Bahan 2018 dan Diskusi Pembimbing Penelitian “AirNav Yogyakarta”



Gambar 2.6 Manfaat Penerapan RNP pada Prosedur PBN

Sumber: Diskusi Peneliti dengan Pembimbing Penelitian AirNav Yogyakarta

Sebagai contoh bentuk accuracy selain data atau hal lainnya adalah rute atau jalur yang sudah saya jelaskan diatas. Dalam penerapan RNAV terbagi menjadi 2 bagian.

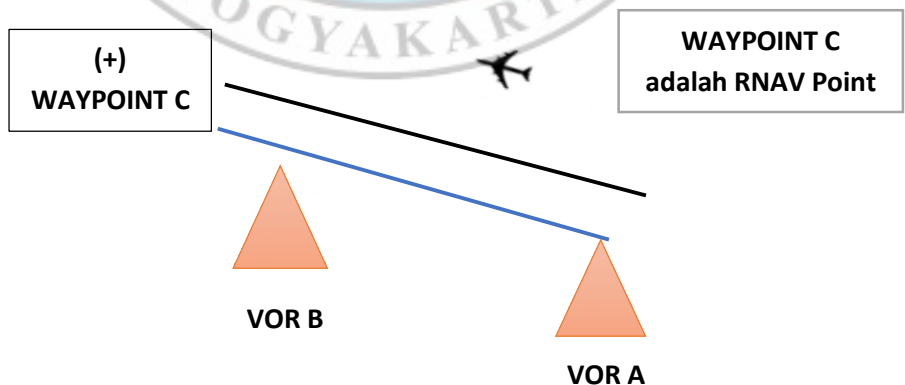


Gambar 2.7 Penerapan RNAV (Area Navigation) dalam Prosedur PBN

Sumber: Sumber: Diskusi Peneliti dengan Pembimbing Penelitian AirNav Yogyakarta

(1) Keuntungan rute RNP

- (a) Menambahkan rute potong kompas“ untuk mengurangi jarak waktu



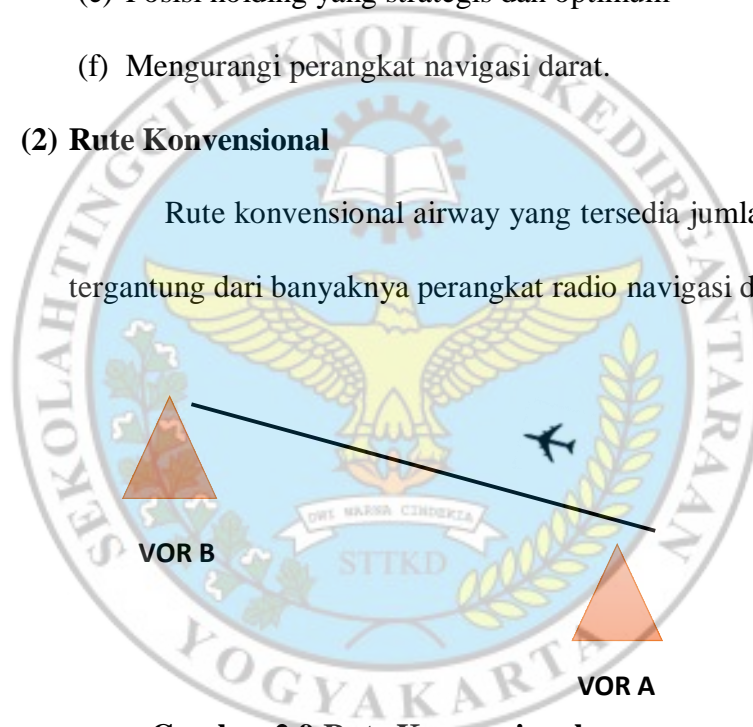
Gambar 2.8 Keuntungan Rute Required Navigation Performance

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

- (b) Menambahkan rute “potong kompas” untuk mengurangi kepadatan.
- (c) Membuat rute paralel untuk menambahkan kapasitas lalu lintas udara.
- (d) Menambah rute alternatif untuk keadaan mendesak.
- (e) Posisi holding yang strategis dan optimum
- (f) Mengurangi perangkat navigasi darat.

(2) Rute Konvensional

Rute konvensional airway yang tersedia jumlahnya tergantung dari banyaknya perangkat radio navigasi darat.



Gambar 2.9 Rute Konvensional

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

b) Integrity

Integrity lebih fokus pada kinerja sistem navigasi yang dibutuhkan oleh spesifikasi navigasi. Sementara mereka tertarik untuk mengetahui bagaimana kinerja yang dibutuhkan dalam hal akurasi, integritas, kontinuitas, dan ketersediaan yang akan dicapai, mereka

menggunakan kinerja spesifikasi navigasi yang diperlukan untuk menentukan jarak minimum dan pemisahan rute. Sistem RNAV yang dipasang harus sesuai dengan seperangkat persyaratan kinerja dasar seperti yang dijelaskan dalam spesifikasi navigasi, yang menetapkan kriteria akurasi, integritas, dan kontinuitas. Ini juga harus sesuai dengan serangkaian persyaratan fungsional tertentu, memiliki database navigasi, dan mendukung setiap terminator jalur tertentu seperti yang dipersyaratkan oleh spesifikasi navigasi.

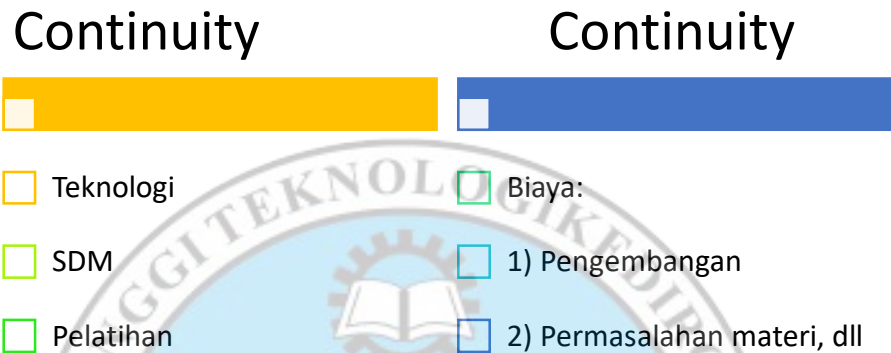
Integrity digunakan pada saat kemampuan untuk memperingatkan ketika terjadi kesalahan. Integrity dalam penerbangan merupakan bentuk dan sikap tindakan crew, petugas, dll dalam menghadapi kesalahan baik dari human error atau system error. Sedangkan PBN merupakan bentuk tantangan bagi operasional bahkan non-operasional AirNav dalam mengembangkan fasilitas pelayanan yang berbasis satelit ini.

c) **Continuity**

Kontinuitas disini merupakan teknologi yang menjadi bentuk kontinuitas, yang akan dilakukan sekarang dan berawa dari perencanaan. Teknologi berkaitan dengan dari kesalahan atau gangguan. Maka

dari itu continuity sebagai dasar tantangan bagi petugas AirNav Yogyakarta.

Tabel 2.2 Continuity Performance Based Navigation



Sumber: Peneliti, 2020

d) Availability

Proporsi waktu suatu sistem dalam kondisi berfungsi/fungsional.

5) Two Types Navigation Specifications

Satu set persyaratan pesawat dan awak udara yang diperlukan untuk mendukung operasi navigasi berbasis kinerja dalam wilayah udara yang ditentukan. Ada dua macam spesifikasi navigasi. Type NavSpec ada dua yakni:

- a) **RNAV Specific:** Spesifikasi navigasi berdasarkan navigasi area yang **tidak mencakup** persyaratan untuk pemantauan dan peringatan kinerja, yang ditentukan oleh awalan RNAV, misalnya; RNAV 5, RNAV 1.

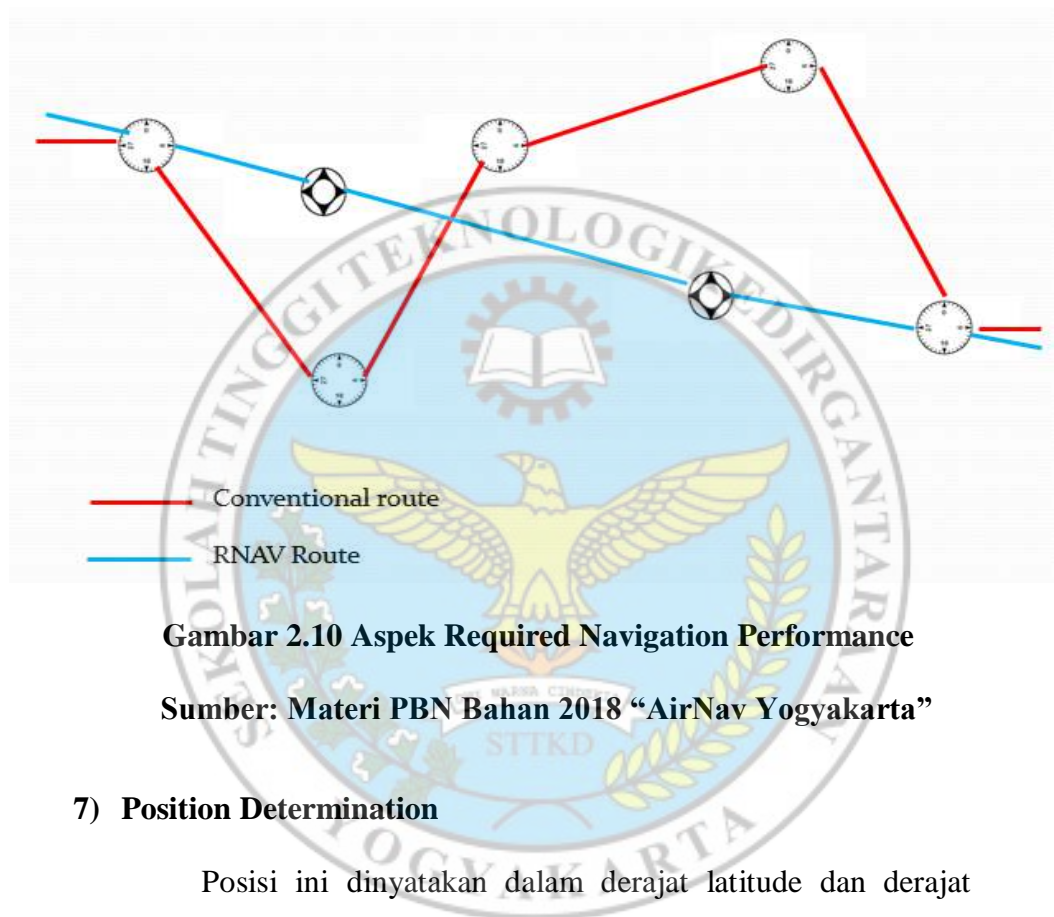
b) **RNP Specific:** Spesifikasi navigasi berdasarkan navigasi area yang **mencakup** persyaratan untuk pemantauan kinerja dan peringatan, yang ditentukan oleh awalan RNP, misalnya; RNP 4, RNP APCH.

Sistem RNAV dan RNP pada dasarnya serupa. Perbedaan utama di antara mereka adalah persyaratan untuk pemantauan dan peringatan kinerja on-board. Spesifikasi navigasi yang mencakup persyaratan untuk pemantauan kinerja navigasi on-board dan peringatan disebut sebagai spesifikasi RNP. Yang tidak memiliki persyaratan seperti itu disebut sebagai spesifikasi RNAV. Sistem navigasi area yang mampu mencapai persyaratan kinerja dari spesifikasi RNP disebut sebagai sistem RNP.

6) **Aspek RNP**

Aspek RNP akan berkaitan dengan RNAV berdasarkan materi yang telah diberikan oleh pihak AirNav Yogyakarta bahwa aspek RNP terdiri dari Performance Monitoring dan Alerting capability. Hal tersebut biasanya saling berdekatan dalam menunjang PBN. Dalam akumulasi perhitungannya yakni; **RNP = RNAV + Accesories**. Accesories ini akan menentukan pesawat yang hendak terbang masuk kategori dimana dan tiap pesawat berbeda kategori serta accesories ini didapatkan dari data Flight Plan yang akan diserahkan oleh petugas Airnav. Namun Performance Monitoring ini juga akan memantau pergerakan

pesawat dari proses awal hingga akhir sehingga pesawat akan terasa aman, nyaman bagi pengguna atau jasa penyedia serta selalu menjaga keselamatan di Bandar Udara Internasional Yogyakarta.



Gambar 2.10 Aspek Required Navigation Performance

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

7) Position Determination

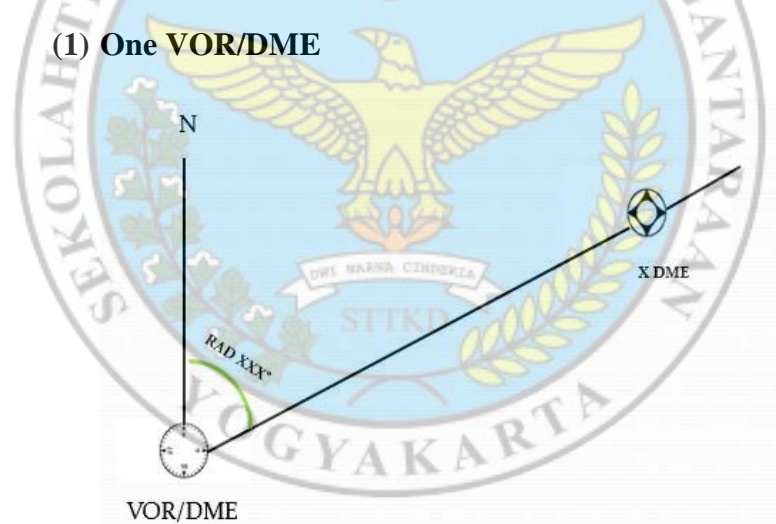
Posisi ini dinyatakan dalam derajat latitude dan derajat longitude atau lintang dan bujur dapat ditentukan melalui 4 (empat sensor). Posisi ini akan berhubungan dengan RNP dan RNAV Specifications serta akan terdiri dari Navigation Functional, Navigation Functional.

Spesifikasi RNAV dan RNP mencakup persyaratan untuk fungsionalitas navigasi tertentu. Di tingkat dasar, persyaratan fungsional ini dapat mencakup:

- a) Indikasi terus menerus dari posisi pesawat relatif terhadap lintasan untuk ditampilkan kepada pilot yang terbang pada tampilan navigasi yang terletak di bidang pandang utamanya.
- b) Tampilan jarak dan arah ke titik arah aktif (Ke);
- c) Tampilan kecepatan gerak atau waktu ke titik arah aktif (Ke);
- d) Fungsi penyimpanan data navigasi; dan
- e) Indikasi kegagalan yang sesuai dari sistem RNAV, termasuk sensor

Untuk Position determination ada 4 (empat) sensor, yakni:

(1) One VOR/DME



Gambar 2.11 Position Determination “One VOR/DME”

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

Artinya:

- Hanya ada satu DME dan VOR/DME yang akan dilintas oleh pesawat terbang serta akan ada pemantuan dari ATC. Serta dalam navigasi radio, VOR / DME adalah suar radio

yang menggabungkan jangkauan omnidirectional (VOR) VHF dengan peralatan pengukur jarak (DME). VOR memungkinkan penerima mengukur arahnya ke atau dari suar.

- Sedangkan DME memberikan jarak miring antara penerima dan stasiun. Bersama-sama, kedua pengukuran memungkinkan penerima untuk menghitung penetapan posisi.

(2) Two VOR/DME



Gambar 2.12 Position Determination “Two VOR/DME”

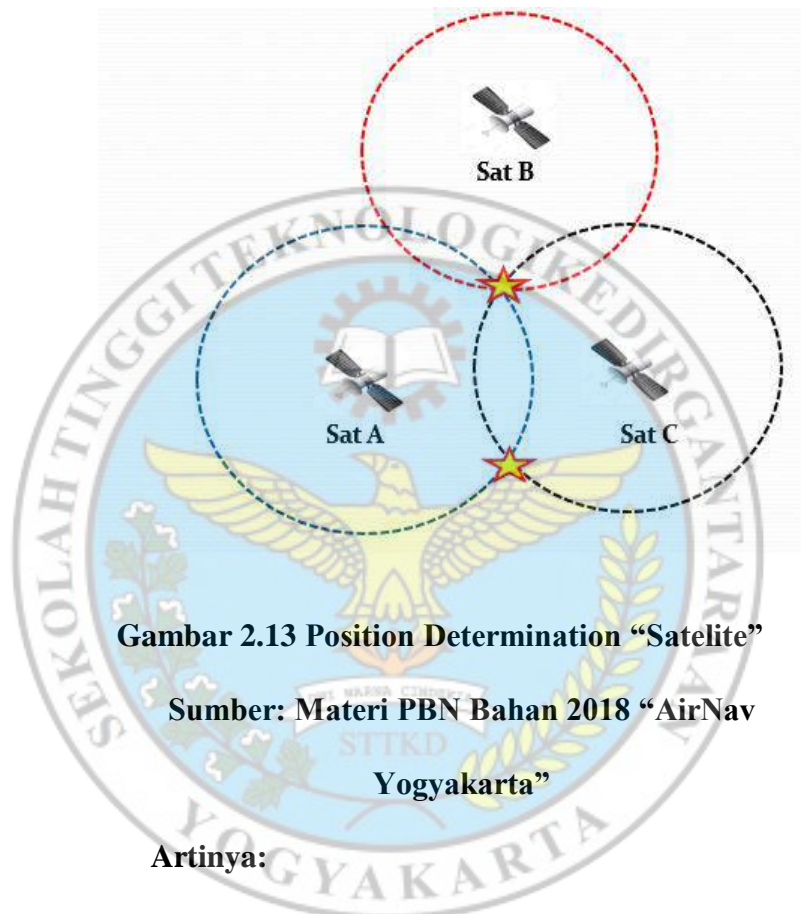
Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

Artinya:

- Untuk istilah sama seperti yang one VOR/DME namun yang membedakan adalah dalam Waypoint

terdapat pemantauan ke VOR/DME A dan VOR/DME B.

(3) Satellite



Gambar 2.13 Position Determination “Satelite”

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

Artinya:

- Pengenalan navigasi satelit, berdasarkan sistem satelit navigasi global (GNSS), telah membawa RNAV dalam jangkauan semua operator, dan memungkinkan untuk mempertimbangkan transisi penuh ke operasi en-route dan terminal berbasis RNAV. Namun, transisi semacam itu diperkirakan akan memakan waktu beberapa tahun.

➤ Sementara itu, sebagian besar Negara dapat diharapkan untuk mengidentifikasi kebutuhan untuk mempertahankan beberapa navaids berbasis darat baik untuk memberikan masukan alternatif untuk sistem RNAV, untuk mendukung lingkungan navigasi konvensional yang mundur atau untuk menyediakan lingkungan navigasi konvensional untuk non-RNAV-dilengkapi pengguna.

(4) INS (Inertia Navigation System)

Sistem RNAV dalam INS dirancang untuk memberikan tingkat akurasi tertentu, dengan definisi jalur yang dapat diulang dan diprediksi, sesuai dengan aplikasi. Sistem RNAV biasanya mengintegrasikan informasi dari sensor, seperti data udara, referensi inersia, navigasi radio, dan navigasi satelit, bersama dengan masukan dari database internal dan data yang dimasukkan oleh awak untuk melakukan fungsi berikut:

- Navigasi;
- Manajemen rencana penerbangan;
- Bmbingan dan kontrol;
- Tampilan dan kontrol sistem

Dari keempat fungsional tersebut tidak lepas dari alat yang digunakan sebagai pengukuran akurasi tersebut yakni Accelerometers (Akselerometer adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur akselerasi tepat. Akselerasi tepat yang diukur dengan akselerometer belum tentu memiliki ketepatan koordinat. Sebaliknya, akselerometer melihat akselerasi terkait dengan fenomena berat yang dialami oleh massa uji pada kerangka acuan perangkat akselerometer.) dan Gyroscopes yang digunakan untuk melacak posisi dan orientasi obyek terhadap 3 hal, yaitu:

- ❖ Titik Awal
- ❖ Orientasi: orientasi yang dimaksud terhadap obyek yang dapat mempengaruhi prosedur PBN. Biasanya terdiri dari point atau titik aman guna dapat dilalui oleh pesawat ketika PBN itu dijalankan oleh pesawat.
- ❖ Kecepatan

8) Sensor Suitability

Sensor suitability ini digunakan oleh pesawat ketika PBN dijalankan, artinya di dalam pesawat memiliki beberapa sensor yang akan di controlling oleh aplikasi atau komputer PBN. Sehingga ketika en-route tidak terjadi tabrakan antar pesawat dan

tentunya di Bandar Udara Internasional Yogyakarta, semua sensor yang terantum pada PBN sudah masuk dalam kategori.

Berikut tabel Sensor Suitability:

Tabel 2.3 Sensor Suitability

	GNSS	IRU	DME (D)	D/D/IRU	D/VOR
RNAV/RNP ₁₀	✓	✓			
RNAV ₅	✓	✓	✓	✓	✓
RNAV ₂	✓		✓	✓	
RNAV ₁	✓		✓	✓	
RNP ₄	✓				
RNP ₂	✓				
RNP ₁	✓				
RNP APCH	✓				
RNP AR APCH	✓				

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

Jadi tergantung dari sistem pesawatnya apakah sensor tersebut dapat digunakan pada jalur atau type navigation yang tercantum pada sisi kiri dari RNAV 10 hingga RNP AR APCH.

9) Navigation Data

Sistem RNP yang dipasang harus sesuai dengan serangkaian persyaratan kinerja RNP dasar, seperti yang dijelaskan dalam spesifikasi navigasi, yang harus mencakup fungsi pemantauan dan peringatan kinerja di kapal. Ini juga harus sesuai dengan satu set

persyaratan fungsional tertentu, memiliki database navigasi, dan harus mendukung setiap terminator jalur tertentu seperti yang dipersyaratkan oleh spesifikasi navigasi. Menurut Doc 9613 bahwa Pengawas lalu lintas udara terkadang berasumsi bahwa, di mana semua pesawat yang beroperasi di wilayah udara mungkin diminta untuk mendapatkan persetujuan pada tingkat kinerja yang sama, pesawat ini akan secara sistematis memberikan kinerja pelacakan yang sepenuhnya atau tepat diulang dan dapat diprediksi. Ini bukan asumsi yang akurat karena perbedaan algoritme yang digunakan dalam FMS yang berbeda dan cara pengkodean data yang berbeda yang digunakan dalam database navigasi dapat memengaruhi cara pesawat terbang selama berbelok.

Navigation data sangat dibutuhkan untuk menyusun rencana penerbangan dan hal penting lainnya, dalam sistem ini disebut WPT (Waypoint). Rute navigasi atau jalur penerbangan suatu pesawat menggunakan RNAV merupakan suatu batasan geografis tertentu ke suatu wilayah. Meskipun navigasi dapat didasarkan pada satu jenis sensor navigasi seperti GNSS, banyak sistem yang merupakan sistem RNAV multisensor. Sistem tersebut menggunakan berbagai sensor navigasi termasuk GNSS, DME, VOR dan IRS untuk menghitung posisi dan kecepatan pesawat. Meskipun implementasinya dapat bervariasi, sistem biasanya akan

mendasarkan perhitungannya pada sensor pemosisian paling akurat yang tersedia.

Berikut navigation data yang sebagai acuan dalam penerapan atau prosedur Performance Based Navigation (PBN), sebagai berikut:

a) WPT (Waypoint) atau Titik Arah

Fungsi perencanaan penerbangan membuat dan menyusun rencana penerbangan lateral dan vertikal yang digunakan oleh fungsi pemandu. Aspek kunci dari rencana penerbangan adalah spesifikasi titik arah rencana penerbangan menggunakan garis lintang dan bujur, tanpa mengacu pada lokasi alat bantu navigasi darat. Sistem RNAV secara rutin memberikan informasi kemajuan penerbangan untuk titik jalan dalam perjalanan, untuk prosedur terminal dan pendekatan, serta asal dan tujuan. Informasi tersebut mencakup perkiraan waktu kedatangan, dan jarak-ke-pergi yang berguna dalam koordinasi taktis dan perencanaan dengan ATC.

Pada materi yang telah diberikan WPT ada 4 (empat) kategori:

(1) RNAV fix is established as WPT: yang dimaksud adalah perbaikan RNAV yang akan ditetapkan sebagai WPT dalam lalu lintas udara penerbangan.

(2) **Defined by coordinae (Latitude and Longitude):** koordinat lintang dan koordinat bujur yang akan dijadikan posisi pesawat terbang atau en-route.

(3) **Type WPT:** ada 2 (dua) tipe WPT yakni F/O dan F/B

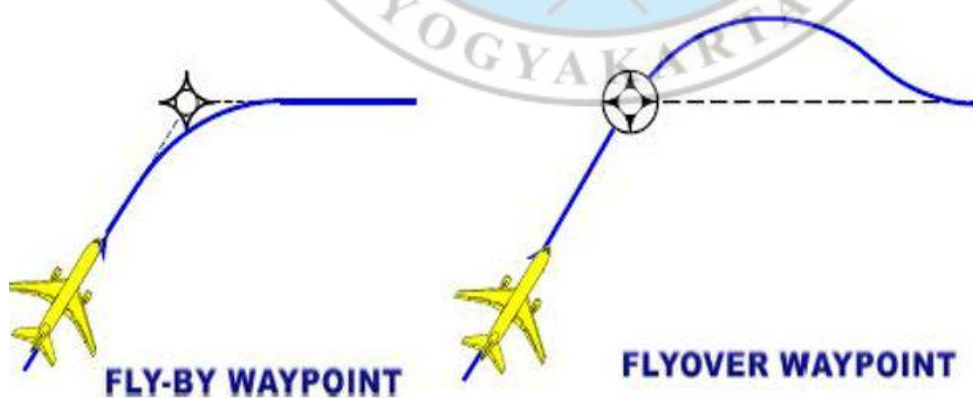
- **F/O (Fly Over):** WPT dimulai untuk bergabung dengan segmen selanjutnya.

Simbolnya



- **F/B (Fly-By Waypoint):** F/B dibutuhkan ketika pesawat ingin belok dari segmen selanjutnya.

Simbolnya:

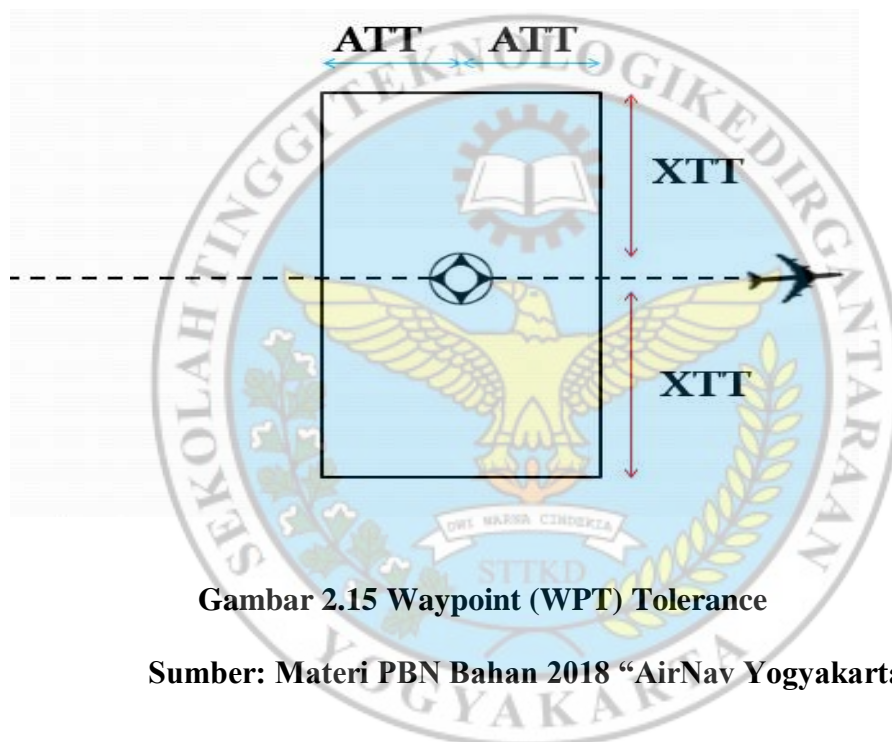


Gambar 2.14 FLY-BY Waypoint and FLYOVER Waypoint

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

(4) WPT Tolerance

WPT Tolerance memiliki 2 (dua) kategori lateraly (Cross Track Tolerance (XTT)) dan longitudinally (Along Track Tolerance (ATT)).



Gambar 2.15 Waypoint (WPT) Tolerance

Sumber: Materi PBN Bahan 2018 “AirNav Yogyakarta”

Gambar diatas merupakan bentuk toleransi bagi awak pesawat yang akan melintas di udara kecuali pada saat keadaan darurat maka pilot perlu komunikasi dengan ATC.

10) System Tolerancy

System tolerance digunakan pada semua perangkat elektroik navigasi udara yang memiliki batasan akurasi maka perlu adanya toleransi. Didalam materi terdapat FTT, FTT merupakan