

## Pengenalan Peralatan Ground Based Navigation dan Global Navigation Satellite System Untuk Personel Bandar Udara di Indonesia

Dian Anggraini Purwaningtyas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Penerbangan Indonesia Curug  
E-mail: <sup>1</sup>dian.anggraini@ppicurug.ac.id

**Received :**  
23 Januari 2024

**Revised :**  
29 Februari 2024

**Accepted :**  
01 Maret 2024

### *Abstrak*

Perkembangan peralatan navigasi baik ground based maupun satellite based untuk operasi penerbangan menjadi kunci dalam layanan, perkembangan teknologi navigasi udara perlu diketahui oleh pemangku kepentingan dalam operasi penerbangan, personel yang bertugas di bandar udara dipandang perlu untuk mengetahui perkembangan teknologi navigasi udara, beberapa peralatan yang di pasang di bandara memiliki ketentuan untuk bebas dari penghalang agar peralatan tersebut dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan standar dan ketentuan operasional penerbangan. Tujuan dari kegiatan ini adalah memberikan pengenalan kepada staf bandar udara pada teknologi navigasi penerbangan. Kegiatan ini dilaksanakan secara daring dan diikuti oleh 20 staf dari unit pelayanan bandar udara di Indonesia. Berdasarkan evaluasi dari kegiatan didapatkan bahwa para peserta dapat memahami materi, beberapa peserta merasakan masih perlu untuk diberikan visualisasi dari performa peralatan navigasi dikarenakan kegiatan dilaksanakan secara daring dibutuhkan materi pengajaran yang menggunakan ilustrasi agar peserta dapat maksimal dalam memahami teknologi navigasi penerbangan.

**Kata Kunci :** Navigasi Udara, Pelatihan Masyarakat, Ground based Navigation, GNSS

### *Abstract*

*The development of navigation equipment, both ground-based and satellite-based for flight operations, is the key to service, the development of air navigation technology needs to be known by stakeholders in flight operations, it is deemed necessary for personnel on duty at airports to know the development of air navigation technology, some of the equipment installed At airports there are provisions to be free from obstructions so that the equipment can operate properly by flight operational standards and conditions. This activity aims to provide airport staff with an introduction to aviation navigation technology. This activity was carried out online and was attended by 20 staff from airport service units in Indonesia. Based on the evaluation of the activity, it was found that the participants were able to understand the material, some participants felt that it was still necessary to provide visualization of the performance of navigation equipment because the activity was carried out online and required teaching material that used illustrations so that participants could maximize their understanding of aviation navigation technology.*

**Keywords :** Air Navigation, Community Training, Ground-based Navigation, GNSS

### **Pendahuluan**

Layanan navigasi penerbangan membutuhkan infrastruktur yang sesuai dengan kebutuhan operasional (Chang et al., 2019), diantaranya adalah ketersediaan peralatan navigasi penerbangan. Fungsi dari peralatan navigasi penerbangan untuk memberikan petunjuk arah maupun posisi agar pesawat sesuai dengan jalur penerbangan yang telah disepakati pada saat

pengisian flight plan (ICAO, 2002). Peralatan navigasi yang saat ini memiliki populasi yang tersebar di sebagian besar bandar udara di Indonesia adalah peralatan navigasi ground based, seperti Very High Frequency Omni Range (VOR), Distance Measuring Equipment maupun Instrument Landing System. Peningkatan pengguna transportasi udara merupakan sebuah peluang untuk jasa transportasi penerbangan setelah pandemi COVID-19, dengan peningkatan kebutuhan tersebut akan berdampak pada peningkatan operasional pesawat dan untuk itu diperlukan ketersediaan peralatan navigasi yang memiliki tingkat keandalan yang tinggi (IATA, 2022).

Sistem kenavigasian pada pesawat saat ini tidak hanya dengan ground based navigation namun juga telah menggunakan satelit atau disebut dengan Global Navigation Satellite System (GNSS), GNSS menjadi kunci untuk penerapan prosedur penerbangan diantaranya adalah Performance Based Navigation (PBN) (Guidance et al., n.d.). Saat ini personil yang memiliki tugas untuk pemeliharaan peralatan navigasi adalah personil yang bertugas di Perusahaan Umum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia (Perum LPPNPI), namun peralatan navigasi penerbangan tersebut dipasang di area bandar udara, karakteristik dari operasi peralatan navigasi penerbangan dipengaruhi oleh ada atau tidaknya *obstacle* di sekitar peralatan (Ye et al., 2020), maka personil di bandar udara memerlukan wawasan bagaimana operasi peralatan navigasi tersebut agar tidak ada permasalahan teknis maupun operasional pada saat peralatan navigasi tersebut beroperasi. Selain dari peralatan navigasi ground based yang terpasang di bandar udara evolusi peralatan navigasi dengan satelit dan penggunaan sistem satelit dan hal tersebut dapat berdampak pada tidak dipergunakannya peralatan navigasi ground based, dari teknologi tersebut tidak semua personil bandar udara mengetahui, tidak hanya sistem satelit namun juga peralatan navigasi ground based.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka pada pelatihan keudaraan untuk personil bandar udara yang berasal berbagai unit di bandar udara untuk mendapatkan materi terkait dengan navigasi penerbangan. Kegiatan ini bertujuan untuk menambah wawasan peserta terkait teknologi navigasi penerbangan yang nantinya akan berdampak terhadap tugas, peningkatan pemahaman personal yang memberikan kontribusi pada pengambilan keputusan atas permasalahan operasional.

## Metode

Kegiatan pengenalan peralatan *ground based navigation* dan GNSS dilaksanakan selama 1 hari, dimana terbagi menjadi 2 sesi dan dilaksanakan secara daring, peserta pelatihan ini berasal dari staf bandar udara dengan berbagai background profesi. Kegiatan pengenalan dilakukan dengan memberikan paparan, *case study* dan *quiz*. Adapun tahapan pelaksanaannya adalah : 1). Melakukan koordinasi dengan lembaga pelatihan untuk pelaksanaan pengenalan materi pada diklat Keudaraan Tingkat Sarjana dalam hal ini melakukan koordinasi dengan Balai Pendidikan dan Pelatihan Penerbangan Curug dengan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara; 2). Menetapkan waktu pelaksanaan kegiatan dan durasi pembelajaran, 3). Melakukan persiapan materi, 4). Melakukan kegiatan pemberian materi navigasi, 5). Melakukan evaluasi kegiatan menggunakan google form dan interview dengan peserta

Teknik pengumpulan data dan evaluasi kegiatan pelatihan menggunakan kuesioner dan dokumentasi kegiatan. Materi yang disampaikan adalah navigasi ground based dan satellite based. Berdasarkan ICAO Annex 10, Perdirjen 326 tahun 2019, ICAO Document 9849, dokumentasi kegiatan yang digunakan adalah foto dari pengambilan gambar di layar. Peserta pelatihan berasal dari : Kantor UPBU H. Hasan Aroeboesman Ende, Kantor UPBU Mopah Merauke, Kantor UPBU Kuala Pembuang, Kantor UPBU Pansguma Putussibau, Kantor UPBU Pogogul, Kantor Otband Wil IV Bali, Kantor UPBU Gusti Sjamsir Alam, Kantor UPBU

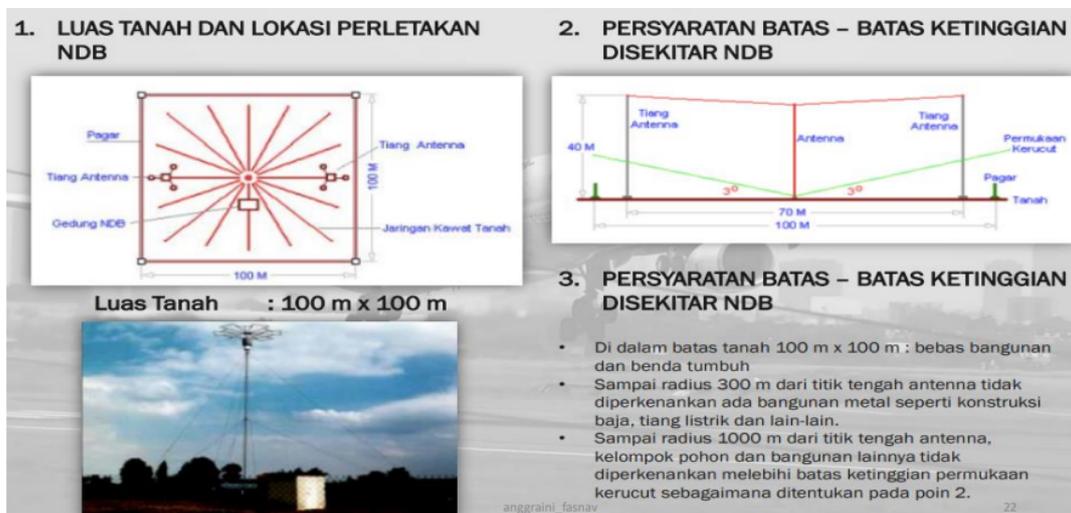
Matahora, Kantor UPBU Tanjung Api Ampana, Kantor UPBU Arung Palaka Bone, Kantor UPBU Namniwel, Kantor UPBU Cakrabhuwana, Direktorat Angkutan Udara, Kantor UPBU Djalaluddin Gorontalo, Direktorat Navigasi Penerbangan, Kantor UPBU Halu Uleo Kendari, Kantor UPBU Lasikin.

## Hasil dan Pembahasan

Pada tahap awal berkoordinasi dengan lembaga penyelenggara pelatihan yaitu Balai Pendidikan dan Pelatihan Penerbangan Curug yang telah berkoordinasi dengan Direktorat Jendral Perhubungan Udara untuk peserta yang akan mengikuti pelatihan, kemudian kegiatan Pengenalan Peralatan ground based navigasi dan global navigation satellite system (GNSS) pada diklat pemberdayaan masyarakat keudaraan tingkat sarjana dihadiri oleh 20 personel staf dari unit pelayanan bandar udara (UPBU) dari berbagai bandar udara di Indonesia. Kegiatan ini dilaksanakan secara daring selama 1 hari dengan pola pembelajaran 8 jam. Kegiatan ini terdiri dari 2 sesi dan penyampaian materi berupa paparan yang dilanjutkan dengan diskusi. Adapun materi yang diberikan adalah Sejarah Navigasi Penerbangan, Navigasi Ground based dan surveillance yang terdiri dari materi Non-Directional Beacon (NDB), Automatic Direction Finder (ADF), Doppler Very High Frequency Omni Range (DVOR), Distance Measuring Equipment (DME), Instrument Landing System (ILS), Primary Surveillance Radar (PSR), Secondary Surveillance Radar (SSR), Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B), Automatic Dependent Surveillance – Contract (ADSC) serta materi Global Navigation Satellite System (GNSS) yang terdiri dari Global Positioning System (GPS), Glonass, Performance Based Navigation (PBN), serta GNSS Element, serta materi untuk sitting kriteria peralatan navigasi dan surveillance berdasarkan KM 44 Tahun 2005 serta Standar Nasional Indonesia KM 32 Tahun 2005 (*Km 26 Tahun 2005 SNI Penempatan DME, 2005*) untuk VOR dan KM 26 Tahun 2005 untuk DME (*Km 26 Tahun 2005 SNI Penempatan DME, 2005*) pada sitting kriteria peralatan DVOR/ DME serta mempertimbangkan penataan ruang udara sesuai PP 9 Tahun 2022 (MARVES, 2022).

Navigasi merupakan proses dari perencanaan dan mengarahkan pesawat dengan menggunakan peta maupun alat bantu navigasi, navigasi udara adalah tindakan untuk mengarahkan pesawat dengan *plotting* dan *directing* dari satu tempat ke tempat lain (ICAO, n.d.). Perkembangan navigasi diawali oleh militer udara dari negara Amerika Serikat, hingga saat ini cara bernavigasi terdapat 4 cara yaitu : 1). Pilotage; 2). Dead Reckoning; 3). Radio Navigation System; 4). Global Navigation Satellite System. Pilotage adalah cara bernavigasi secara visual dengan mengenali landmark, kekurangan dari navigasi ini adalah rute yang zig zag dan kurang efektif untuk penerbangan jarak jauh. Kemudian dead reckoning merupakan cara bernavigasi dengan menggunakan komputasi berdasarkan waktu, airspeed, jarak dan arah/direction, manfaat dari cara ini adalah rute yang lebih langsung dan tidak zigzag. Selanjutnya dengan menggunakan alat bantu peralatan navigasi groundbased, peralatan navigasi ground based diantaranya adalah Non Directional Beacon (NDB). VHF Omni Range (VOR), Distance Measuring Equipment (DME), Instrument Landing System dan untuk peralatan surveillance diantaranya adalah Radio Detecting and Ranging (RADAR), Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B). NDB merupakan peralatan navigasi penerbangan yang menggunakan frekuensi rendah yaitu 190 – 1750 KHz, memancarkan frekuensi yang dimodulasikan dengan kode morse dengan frekuensi audio 1020 Hz, 2-digit kode morse dengan kecepatan identifikasi 7 ident per menit. Sistem penerima di pesawat disebut dengan Automatic Direction Finder (ADF), dimana posisi NDB akan ditunjukkan ke sistem avionik di pesawat berupa magnetic bearing, yaitu sudut yang merupakan penjumlahan dari magnetic heading dan relative bearing, hal yang perlu diketahui oleh personel bandara untuk NDB diantaranya adalah

penempatan peralatan tersebut, berdasarkan KM 44 Tahun 2005 (DJPU, 2005) peralatan NDB diletakkan sebagai berikut :



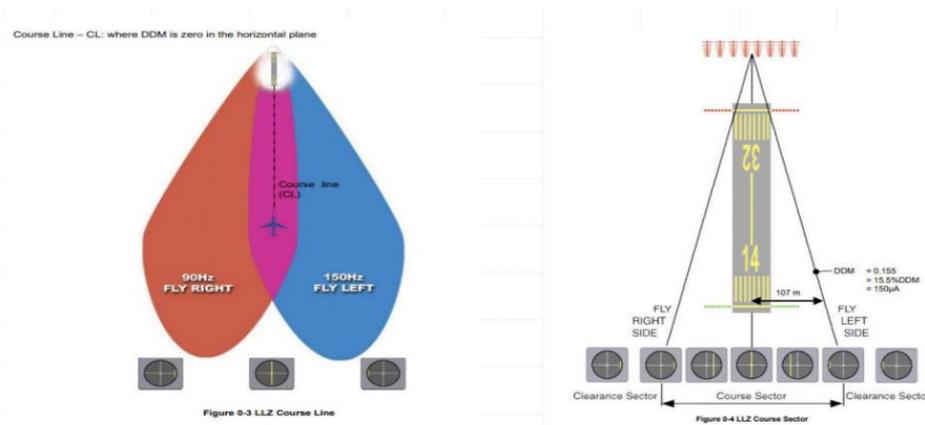
Gambar 1 Sitting Kriteria Penempatan Peralatan NDB

Dari peralatan NDB merupakan peralatan non precision, dikarenakan NDB tidak dapat memberikan posisi yang akurat untuk posisi pesawat terhadap pemancar. Selanjutnya peralatan navigasi adalah VHF Omni Range (VOR) , fasilitas navigasi penerbangan yang dipancarkan di frekuensi 108 – 118 MHz yang memberikan informasi azimuth dari pesawat terhadap stasiun pemancar VOR (Manual, 2002), peralatan ini memberikan informasi bearing / sudut yang lebih akurat dari NDB dikarenakan pada VOR memancarkan sinyal pembawa / *carrier* 30 Hz dengan phase yang sama dan sinyal variabel 30Hz, dari perbedaan phase antara 2 sinyal tersebut akan merepresentasikan bearing pesawat, sinyal yang dipancarkan oleh VOR merupakan pancaran gelombang line of sight sehingga area di sekitar VOR harus bebas dari penghalang / *obstacle* (Perhubungan Udara, 2019). Peralatan selanjutnya adalah Distance Measuring Equipment (DME), peralatan ini memberikan informasi jarak dari pesawat menuju stasiun DME dalam Nautical Mile (NM), dimana 1 NM adalah 1,852 km. Komponen pada DME terdiri dari 3 komponen dasar, yaitu 1). Antenna DME pada pesawat; 2). DME Navigation display unit pada cockpit pesawat dan 3). DME *transmitter / receiver* di *ground* (Wyatt & Tooley, 2021). DME memberikan informasi jarak dari pesawat ke ground station, ground speed dalam knots, waktu tempuh menuju station. Kriteria penempatan VOR berdasarkan KM 44 Tahun 2005 adalah sebagai pada gambar 3. Peralatan navigasi selanjutnya untuk approach dan landing adalah Instrument Landing System (ILS), peralatan ini memiliki 3 komponen peralatan yaitu : 1). Localizer; 2). Glide Path dan 3) (Civil Aviation Safety Authority Australia, 2011).

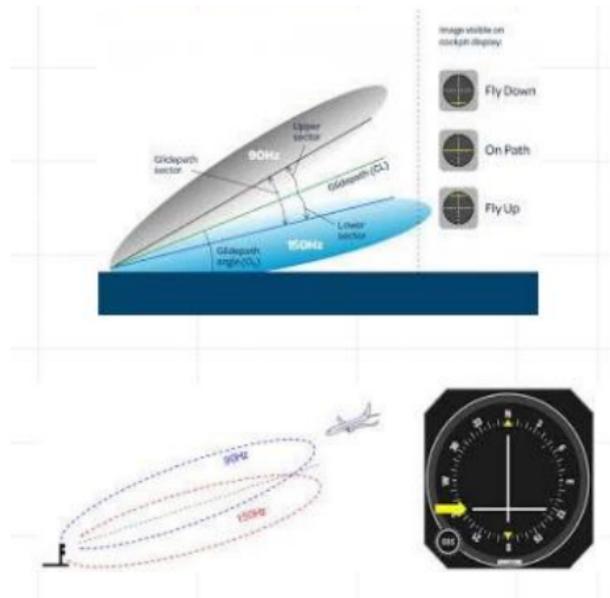


Gambar 2. Siting Kriteria DVOR/DME

Marker, localizer memancarkan gelombang radio dengan frekuensi 90 Hz dan 150 Hz dengan band frekuensi 108 – 117 MHz dimana dari gelombang ini akan dipancarkan dan dimodulasikan di udara sehingga sistem penerima di pesawat akan mendapatkan informasi garis tengah dari runway, kemudian untuk glide path memancarkan gelombang radio dengan frekuensi 329 – 335 MHz, GP memberikan guidance vertikal dan sudut pendaratan yang tepat ke arah touchdown point pada runway, Glide path memancarkan gelombang 90Hz dan 150 Hz namun berbeda posisi dari localizer, pada glide path 90 Hz diatas dan 150 Hz di bawah sebagaimana pada gambar :



Gambar 3. Signal Localizer



Gambar 4. Signal Pada Glide Path

Bagian ketiga dari ILS adalah marker, yang bekerja pada frekuensi 75 MHz, marker memiliki 3 jenis marker yaitu : 1) Outer marker; 2). Middle Marker dan 3). Inner Marker, Outer marker (OM) berlokasi 3,9 NM dari threshold runway, Middle marker (MM) berlokasi 1050m dari threshold runway ditujukan untuk low visibility condition dan Inner Marker (IM) berlokasi tepat di threshold runway. Selanjutnya untuk memberikan informasi kepada staf bandar udara adalah kriteria penempatan dari peralatan ILS , berdasarkan KM 44 tahun 2005 adalah sebagai berikut :

**1. LUAS TANAH DAN LOKASI PERLETAKAN ILS - LOCALIZER**

**Luas Tanah : 600 m x 220 m**

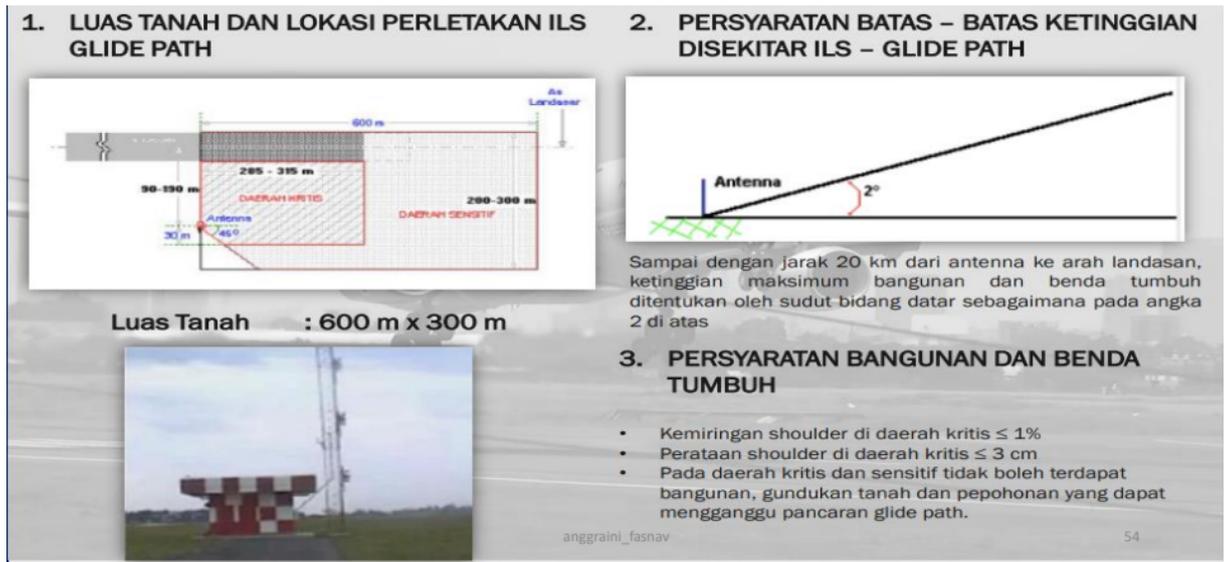
**2. PERSYARATAN BATAS - BATAS KETINGGIAN DISEKITAR ILS - LOCALIZER**

Sampai dengan jarak 20 km dari antenna ke arah landasan, ketinggian maksimum bangunan dan benda tumbuh ditentukan oleh sudut bidang datar sebagaimana pada angka 2 di atas

**3. PERSYARATAN BANGUNAN DAN BENDA TUMBUH DI DAERAH KRITIS DAN SENSITIF**

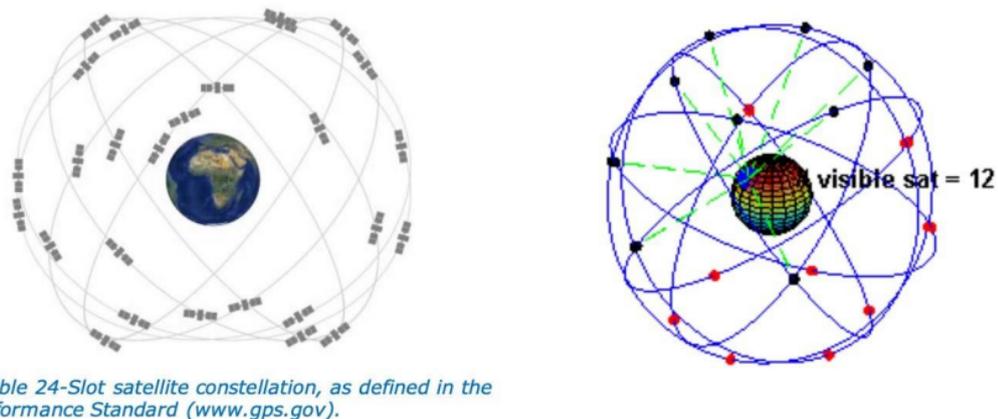
- Ketinggian lahan di antenna Localizer sama dengan ketinggian threshold runway
- Peralatan shoulder di daerah kritis  $\leq 3$  cm
- Pada daerah kritis ILS Localizer tidak boleh terdapat gundukan tanah, bangunan dan pohon yang dapat mengganggu pancaran Localizer.

Gambar 5. Sitting Kriteria Localizer



Gambar 6. Sitting Criteria Glide Path

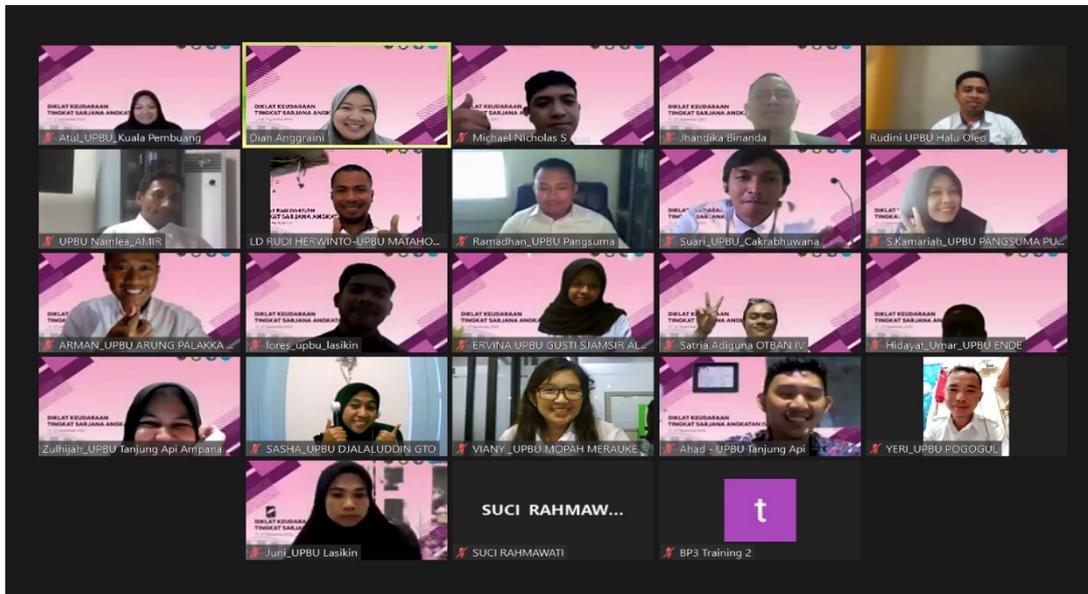
Selanjutnya materi untuk Global Navigation Satellite System (GNSS) , berdasarkan ICAO Annex 10 (ICAO, 2002), GNSS merupakan sistem yang memberikan informasi posisi dan waktu dimana informasi tersebut didapatkan dari konstalasi satelit, sistem penerimaan di pesawat dan sistem integrity monitoring. Konstalasi satelit diantaranya adalah GPS dan Glonass, GPS diopersikan oleh United States of America (USA) , Glonass oleh Rusia. GPS memberikan informasi kepada user berupa Posisi, Velocity dan Time (PVT) (UnitedNations, 2012), untuk mendapatkan parameter tersebut diperlukan minimal 4 satelit GPS, arsitektur GPS terdiri dari 1). Space segment; 2). Control Segment dan 3). User Segment.



Gambar 7. Konstalasi Satelit GPS

GPS memiliki 24 satelit yang terdistribusi di 6-orbit circular dengan inclinasi 55 (Sabatini et al., 2017). Selanjutnya untuk integrity monitoring terdapat beberapa jenis yaitu: 1). Aircraft Based Augmentation System (ABAS); 2). Satellite Based Augmentation System (SBAS), 3). Ground Based Augmentation System (GBAS), untuk ABAS sistem penerimaannya yaitu *Receiver Autonomous Integrity Monitoring* (ICAO, 2017), untuk SBAS diantara beberapa negara memiliki sistem augmentasi diantaranya adalah WAAS untuk cover UA

Airspace, EGNOS untuk cover airspace eropa, MSAS covering airspace jepang, GAGAN untuk cover airspace india (Hegarty & Chatre, 2009)

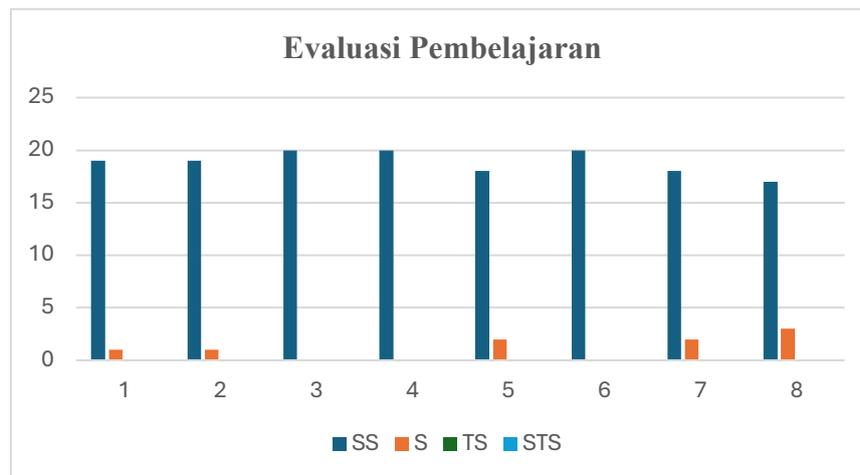


Gambar.8 Foto Bersama

Selanjutnya melakukan evaluasi pembelajaran kepada peserta pelatihan, dengan memberikan angket melalui google form, diberikan 8 butir pertanyaan, dengan list pertanyaan sebagai berikut :

1. Metode pembelajaran berjalan dengan efektif sesuai dengan waktu yang diberikan
2. Materi yang disampaikan sistematis dan mudah dipahami
3. Isi materi sesuai dengan tujuan dari pembelajaran
4. Diskusi berjalan dengan baik
5. Platform daring dapat diterapkan pada pembelajaran ini
6. Peserta mendapatkan solusi dari permasalahan pada saat pembelajaran
7. Hasil dari pembelajaran dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pekerjaan
8. Pembelajaran daring perlu untuk diberikan metode agar peserta dapat memahami

Dari 8 butir pertanyaan tersebut selanjutnya diberikan kepada 20 peserta, didapatkan hasil sebagaimana pada grafik pada gambar 10. Dari gambar 10 didapatkan untuk butir pertanyaan 1 mendapatkan 19 Orang menjawab SS dan 1 orang S, pada butir pertanyaan nomor 2 19 orang menjawab SS dan 1 orang menjawab S, pada butir pertanyaan nomor 3, 4 dan 6 20 orang menjawab SS, pada butir pertanyaan nomor 5 dan 7 18 orang menjawab SS dan 2 orang S, pada butir pertanyaan nomor 8 17 orang menjawab SS dan 3 orang menjawab S.



Gambar 9. Grafik Evaluasi Pembelajaran

## Kesimpulan

Pengenalan peralatan ground based dan satellite based untuk Navigasi penerbangan menambahkan wawasan dan pemahaman para peserta diklat, terutama untuk cara kerja, obstacle yang memungkinkan kurang maksimalnya operasi peralatan dan sebagai bekal untuk pengambilan keputusan pada saat menghadapi permasalahan operasional. Tujuan dari pengenalan ini adalah agar para personil dari UPBU dapat lebih memaksimalkan kinerjanya dengan mengetahui layanan navigasi penerbangan yang peralatannya dipasang di lokasi bandar udara. Pembelajaran ini dilaksanakan secara daring sehingga beberapa materi yang sangat teknis agak sulit untuk di pahami dan memerlukan analogi, deskripsi serta ilustrasi pembelajaran yang lebih baik agar peserta dapat memiliki gambaran dikarenakan materi navigasi hampir 80% adalah materi teknis, sedangkan peserta terdiri dari berbagai background bidang pekerjaan di UPBU.

## Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih selain kepada seluruh pihak yang terlibat baik secara langsung maupun secara tidak langsung atas terlaksananya kegiatan ini.

## Daftar Pustaka

- Chang, Y. H., Yang, H. H., & Hsu, W. J. (2019). Effects of work shifts on fatigue levels of air traffic controllers. *Journal of Air Transport Management*, 76(January), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.01.013>
- Civil Aviation Safety Authority Australia. (2011). *Instrument Landing System Operational Notes*. 1–1 to 5–4. [http://www.casa.gov.au/wcmswr/\\_assets/main/pilots/download/il](http://www.casa.gov.au/wcmswr/_assets/main/pilots/download/il)
- DJPU, K. (2005). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 44 Tahun 2005 Tentang Pemberakuan Standar Nasional (SNI) 03-7112-2005 Mengenai Kawasan Keselamatan Oprasi Penerbangan Sebagai Standar Wajib. In *Kementerian Perhubungan Republik Indonesia* (pp. 1–31).
- Guidance, I., Ii, V., Rnav, I., & Operations, R. N. P. (n.d.). *Performance-Based Navigation Manual. I*.
- Hegarty, C. J., & Chatre, E. (2009). Evolution of the Global Navigation Satellite System (GNSS). *Proceedings of the IEEE*, 96(12), 1902–1917. <https://doi.org/10.1109/jproc.2008.2006090>
- IATA. (2022). *IATA Annual Safety Report - 2022 Executive Summary and Safety Overview Edition*

59. *Iata*, 1–22.
- ICAO. (n.d.). Manual on Testing of Radio Navigation Aids Vol 3: Testing of Surveillance Radar Systems. In *Doc 8071*.
- ICAO. (2002). Aeronautical Telecommunications. In *Volume IV Surveillance Radar and Collision Avoidance Systems: Vol. IV* (Issue October 2001). <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Aeronautical+Telecommunications#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:10?Aeronautical+Telecommunications#0>
- ICAO. (2017). *Doc 9849 AN/457 - Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual*.
- KM 26 Tahun 2005 SNI penempatan DME. (2005).
- Manual, M. (2002). *Model 1150 Doppler Vhf Omnirange*.
- MARVES, J. (2022). Permenhub PM 9/2022: Perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 55 Tahun 2016 tentang Tata Navigasi Penerbangan Nasional. *JDIH Kemenko Bidang Kemaritiman Dan Investasi*. <https://jdih.maritim.go.id/permenhub-pm-92022-perubahan-atas-peraturan-menteri-perhubungan-nomor-pm-55-tahun-2016-tentang-tatanan-navigasi-penerbangan-nasional>
- Perhubungan Udara, D. J. (2019). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil-Bagian 139 (Manual of Standard CASR - Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodrome). *Kementerian Perhubungan*, I. [https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/pEI/2019/KP\\_326\\_TAHUN\\_2019\\_MOS\\_139\\_VOL\\_I\\_AERODROME.pdf](https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/pEI/2019/KP_326_TAHUN_2019_MOS_139_VOL_I_AERODROME.pdf)
- Sabatini, R., Moore, T., & Ramasamy, S. (2017). Global navigation satellite systems performance analysis and augmentation strategies in aviation. *Progress in Aerospace Sciences*, 95(October), 45–98. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.10.002>
- United Nations. (2012). *Global Navigation Satellite Systems - Education Curriculum*. 52.
- Wyatt, D., & Tooley, M. (2021). Distance measuring equipment. *Aircraft Communications and Navigation Systems*, 1(February), 155–155. <https://doi.org/10.4324/9780080941523-75>
- Ye, J., Li, Y., Liang, F., & Xu, J. (2020). Research on the Influence and Control of Obstacles Around the DVOR. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 887(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/887/1/012041>