

Analisa Fungsi T-DME Sebagai Pengganti Fungsi Outer Marker Runway 07 L Bandara Soekarno Hatta

Nurlaili Wulan Sari, Bekti Yulianti.

Jurusan Teknik Elektro – Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

ABSTRAK : DME merupakan sebuah alat yang memberikan informasi jarak dan posisi pesawat terbang dengan ground station. DME umumnya berpasangan dengan VOR (*Very High Omni-Directional Range*) maupun ILS (*Instrument Landing System*) disebut juga T-DME. Peralatan T-DME (Terminal DME) di bandara Soekarna Hatta merupakan DME yang dipasangkan dengan salah satu *Instrument Landing System* (ILS) yaitu *Glide Path*, yang merupakan peralatan navigasi penerbangan yang berfungsi untuk memberikan jarak terhadap titik pendaratan secara presisi dan tidak terputus kepada pesawat udara yang sedang melakukan pendekatan dan dilanjutkan dengan pendaratan di landasan pacu pada suatu bandar udara. Pada penelitian ini akan membandingkan antara data yang terdapat di *ground check* dengan yang tertera pada layar monitor. Hasil dari pengamatan mendapatkan hasil bahwa perbedaan sinyal delay sebesar $0.01 \mu s$ dan perbedaan pembacaan jarak 0.02 NM atau 3.7 meter. Hasil akhir disimpulkan bahwa selisih perhitungan tersebut masih dalam nilai toleransi yang diperbolehkan.

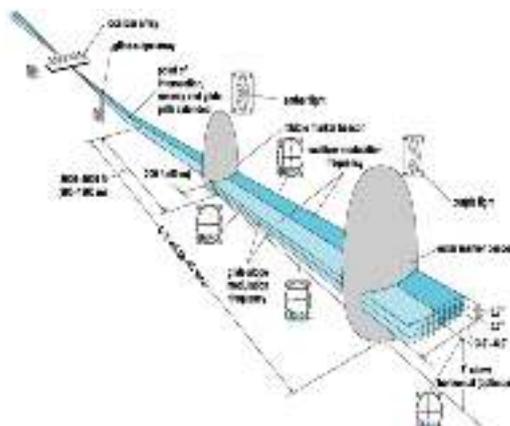
Kata kunci : DME, VOR, ILS, T-DME, Outer Marke

I. Latar Belakang

Instrument Landing System (ILS) adalah alat bantu navigasi yang memberikan informasi kepada penerbang untuk pendaratan menuju landasan di suatu bandara dengan menggunakan instrument. . Komponen peralatan ILS terdiri dari Localizer, Glide Path dan Marker Beacon.

Dalam hal kondisi tertentu yang diakibatkan terbatasnya lahan yang tersedia atau karena kebutuhan operasional, maka fungsi *Outer Marker* (OM) dapat digantikan dengan DME-ILS (T-DME). Dengan menggunakan T-DME sebagai pengganti fungsi kerja *Outer Marker* yang ditempatkan satu tempat dengan *Glide Path* diharapkan dapat mengatasi permasalahan dengan segera lebih meningkatkan kualitas pelayanan terhadap pengguna jasa peralatan navigasi penerbangan khususnya pesawat terbang yang akan melakukan pendaratan.

- Pemancar Localizer sebagai pemandu kekanan/kekiri dari as landasan.
- Pemancar *Glide Path* sebagai pemandu sudut pendaratan pada sumbu landasan.
- Marker Beacon (*Inner, Middle, dan Outer Marker Beacon*).



Gambar 1. Standard Characteristic and Terminology

II. Landasan teori

2.1 Instrument Landing Sistem (ILS)

ILS singkatan dari *Instrument Landing System* adalah alat bantu navigasi yang memberi informasi kepada penerbang untuk pendekatan menuju ke landasan.

Sistem pada ILS tersusun dari 3 (tiga) komponen informasi :

Localizer maupun *Glide Path* bekerja dengan prinsip yang sama. Localizer bekerja untuk memberikan informasi panduan horizontal, sedangkan *Glide Path* memberi informasi panduan vertikal. Pemancar memancarkan frekuensi carrier yang dimodulasi AM (*Amplitude*

Modulated) dengan dua sinyal audio adalah 90 Hz dan 150 Hz. Bila pesawat pada posisi sudut pendaratan dan perpanjangan as landasan, akan menerima sinyal modulasi 90 dan 150 Hz yang sama besarnya (DDM=0).

2.2. Teori Marker Beacon

Fungsi sub-sistem ILS Marker adalah memberikan sinyal panduan jarak antara posisi pesawat dengan *runway threshold* yang terdekat. Marker beacon terdiri dari 3 jenis yaitu *Outer Marker*, *Middle Marker*, *Inner Marker*.

Ada tiga kedudukan dengan frekuensi sinyal audio dan tiga lampu indikator yang akan didengar dan dilihat oleh penerbang, yaitu :

- a. Apabila pesawat berada di daerah *inner marker* yang memiliki jarak 4-7 mil dari ujung landasan menandakan pesawat secara normal memotong *glide path*, maka sinyal audio AM yang dihasilkan oleh detektor adalah 400 Hz dan lampu indikator biru akan menyala.



Gambar 2. Lampu Indikator Outer Marker

- b. Apabila pesawat berada di daerah *middle marker* yang memiliki jarak ± 3500 kaki dari landasan dan memiliki ketinggian mendekati 200 kaki dari landasan, maka sinyal audio AM yang dihasilkan oleh detektor adalah 1300 Hz dan lampu indikator amber akan menyala.



Gambar 3. Lampu Indikator Middle Marker

- c. *Inner marker* jarang digunakan pada bandar udara di Indonesia karena jarak pandang (*visibility*) pilot masih relatif baik. *Inner marker* biasanya digunakan di bandar udara yang berada pada daerah bersalju dan berkabut. Peralatan *inner marker* memancarkan gelombang elektromagnetik untuk memberikan informasi ke pilot dengan jarak 450 m dari *threshold* (ujung runway).



Gambar 4. Lampu Indikator Inner Marker

2.3. Distance Measuring Equipment (DME)

DME merupakan sebuah alat yang memberikan informasi jarak dan posisi pesawat terbang dengan ground station. DME umumnya berpasangan dengan VOR (*Very High Omnidirectional Range*) dengan daya yang dikeluarkan sebesar 1000 Watt (*very high*). Dalam pengoperasiannya pesawat udara mengirimkan sinyal pulsa interogator yang berbentuk sinyal acak (*random*) kepada ground station.

Sistem DME terdiri dari pemancar dan penerima pada pesawat terbang, disebut dengan *interrogator* sedangkan pemancar dan penerima di darat disebut *transponder*.



Gambar 5. DME-VOR

Dalam beberapa hal DME digunakan berpasangan dengan ILS untuk menunjukkan seberapa jauh pesawat terbang dari *touch down*. T-DME adalah DME yang dipasangkan dengan salah satu *Instrument Landing Sistem* yaitu peralatan *Glide Path*, yang fungsinya dapat menggantikan fungsi peralatan *outer Marker*.

Dalam pengoperasian pesawat udara, sinyal pulsa *interrogator* yang berbentuk sinyal acak (*random*) dipancarkan ke *ground station*. Kemudian *ground station* mengirimkan sinyal ke pesawat udara sebagai balasan yang kemudian akan di tunjukan pada instrumen indikator pesawat udara dalam satuan NM (*Nautical Mile*).



Gambar 6. DME-ILS (T-DME)

Rumus pengukuran jarak tersebut secara matematis dapat dituliskan pada persamaan berikut :

$$R = \frac{T-t \times c}{2} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

R : jarak pesawat terbang ke stasiun DME darat (NM).

c : cepat rambat pulsa radio (3×10^8 m/s).

T : Waktu yang diperlukan untuk perjalanan bolak-balik antara sinyal interogator bolak-balik antar sinyal interogator dan sinyal *reply* (μ s).

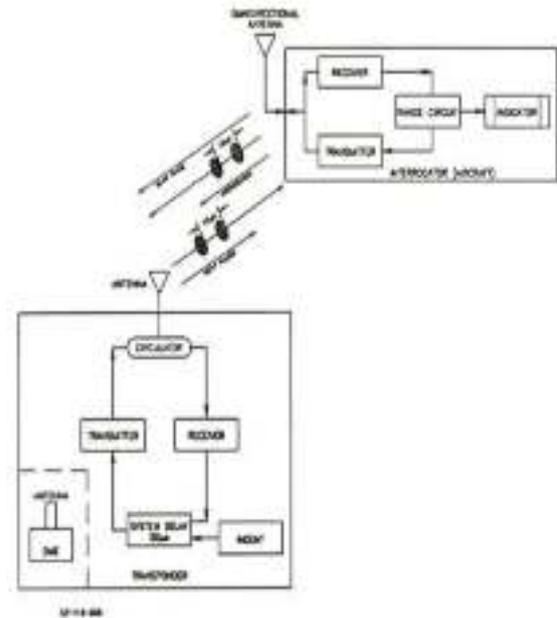
t : *reply signal delay*/penundaan singkat pengiriman sinyal jawaban ($50 \mu\text{s} \pm 1,0 \mu\text{s}$)

DME bekerja pada frekuensi 962 -1213 MHz, termasuk band frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*). Band frekuensi tersebut terbagi menjadi 252 kanal, 126 kanal X dan 126 kanal Y yang memiliki frekuensi masing-masing sebesar 1 MHz. Hal ini berlaku pada interogator dan reply. frekuensi interogator dan reply memiliki perbedaan sebesar 63 Hz.

Prinsip kerja dari fasilitas navigasi DME terdiri dari Sepasang sinyal berupa pulsa-pulsa dikirimkan dari transmitter yang ada di pesawat terbang menuju ke transponder di ground station yang kemudian akan diproses. Setelah pemeriksaan sinyal yang di kirimkan ke ground station, secara otomatis ground station akan mengirimkan sinyal balasan ke pesawat tersebut. Sinyal yang diterima menunjukkan jarak antara pesawat dengan ground station dalam satuan NM.

DME juga dapat menampilkan ground speed dalam satuan knots dan DME juga dapat menampilkan waktu menuju ke ground station tujuan dalam satuan menit. Frekuensi yang digunakan dalam pengoperasian DME ialah

frekuensi UHF band yang berpasangan dengan frekuensi VHF dari VOR.



Gambar 7. Block Diagram DME

III. METODE PENELITIAN

3.1. Teknik Pengumpulan Data

1. Teknik Kepustakaan

Penelitian Kepustakaan ini dilakukan penulis dengan membaca buku-buku yang menyangkut kerangka teori, standar aturan serta konsep-konsep yang relevan dengan masalah yang akan dibahas, mempergunakan fasilitas pengumpulan data dari internet, serta pengumpulan data di perusahaan.

2. Teknik penelitian melalui bimbingan

Penelitian melalui bimbingan ini dilakukan penulis dengan cara berkonsultasi tentang materi dan hal-hal teknis dalam penelitian kepada dosen pembimbing dan narasumber lainnya.

3. Teknik Analisis

Penelitian ini dilakukan penulis dengan menggunakan analisis teknis dalam bentuk deskriptif untuk mempelajari hal yang berkaitan dengan T-DME dan Outer Marker. Melakukan pengujian dari data alat dan perlengkapan yang berkaitan dengan T-DME dan Outer Marker . Hasil pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas data/sinyal yang dipancarkan

3.2 Analisis Teknis Deskriptif

Pada penelitian ini penulis akan menguraikan konsep penempatan peralatan T-DME, cara kerja peralatan T-DME, kelebihan dan kekurangan peralatan T-DME dan Outer Marker. Setelah mendapatkan hasilnya maka akan dilakukan penelitian lebih efektif menggunakan peralatan T-DME atau Outer Marker sebagai salah satu alat bantu pendaratan.

IV. ANALISA

4.1. T-DME di Runway 07 L Bandara

Soekarno Hatta

Peralatan T-DME (Terminal DME) di Bandara Soekarno Hatta merupakan DME yang dipasangkan dengan salah satu *Instrument Landing System (ILS)* yaitu *Glide Path* yang merupakan peralatan navigasi penerbangan yang berfungsi untuk memberikan jarak terhadap titik pendaratan secara presisi dengan pendaratan di landasan pacu pada suatu bandar udara.

Dari hasil pengukuran penempatan peralatan T-DME, penempatan sudah sesuai dengan standar aturan yang berlaku. Pada daerah kritis dan sensitif tidak terdapat bangunan, gundukan tanah dan pepohonan yang dapat mengganggu pancaran *Glide Path*.

Prinsip kerja dari T-DME adalah DME yang dipasangkan dengan salah satu *Instrument Landing System* yaitu peralatan *Glide Path*, yang fungsinya dapat menggantikan fungsi peralatan *outer Marker*. DME yang dipasangkan dengan peralatan *Glide Path*, *power output*nya rendah yaitu 100 Watt (*Low Power*) dan jarak jangkauan mencapai 25 NM atau 46.250 m dengan frekuensi 1013 MHz (Tx) dan 1076 MHz (Rx).

4.2. Analisis indikator DME di pesawat terhadap ground station

Dalam pengoperasiannya pesawat udara mengirimkan sinyal pulsa interrogator yang berbentuk sinyal acak (*random*) kepada *ground station*. Kemudian *ground station* mengirimkan sinyal ke pesawat udara sebagai balasan yang kemudian akan di tunjukan pada instrumen indikator pesawat udara dalam satuan NM (*Nautical Mile*).



Gambar 8. Indikator DME di Pesawat



Gambar 9. Slant Distance

$$R = \frac{(T-t)xc}{2}$$

$$\frac{((30 + 50\mu s) - 50\mu s) \times (3 \times 10^8 \frac{m}{s})}{2}$$

$$\frac{(80\mu s - 50\mu s) \times (3 \times 10^8 \frac{m}{s})}{2}$$

$$\frac{30 \mu s \times (3 \times 10^8 \frac{m}{s})}{2}$$

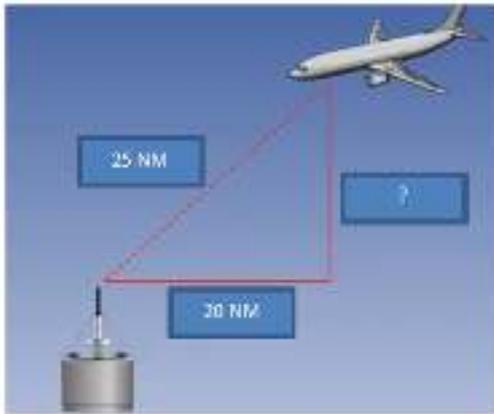
$$\frac{30 \times 10^{-6} s \times (3 \times 10^8 \frac{m}{s})}{2}$$

$$\frac{90 \times 100 m}{2} = 4500 m$$

$$1 Nm = 1850 m$$

$$\frac{4500}{1850} = 2,432 NM$$

Analisa batas maksimum ketinggian berdasarkan Jarak jangkau T-DME



Gambar 10. Slant Range

$$\text{Slant Range} = \sqrt{\text{Plant Range}^2 + \text{Height}^2}$$

$$\text{Height} = \sqrt{\text{Slant Range}^2 - \text{Plant Range}^2}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{25^2 - 20^2} \\ &= \sqrt{625 - 400} \\ &= \sqrt{225} \\ &= 15 \text{ NM} \end{aligned}$$

4.3. Analisis Teknis Berdasarkan Data Aplikasi PMDT

PMDT (*Portable Maintenance Data Terminal*) adalah suatu program atau aplikasi yang mampu digunakan untuk memonitor dan mengontrol T-DME baik dengan remote control status unit atau langsung dihubungkan dengan peralatan.



Gambar 11. Tampilan Login PMDT

Setelah masuk pada tampilan pilih menu-menu yang ingin diselect. Diantaranya menu monitor, transmitter, RCMS, diagnosis, dll. Yang mana setiap menu memiliki fungsi masing-masing dalam software PMDT ini.



Gambar 12. Monitor data pada TDME

Tampilan seperti diatas adalah datamonitoring dari transmitter menunjukkan nilai normal karena semua indicator berwarna hijau.

Tabel 1. data Parameter Delay dengan 7 kali pengukuran

No	Tanggal	Delay (μs)	R (NM)
1	5 Des 2017	49.95	2.436
2	22 Jan 2018	49.99	2.433
3	12 Feb 2018	49.99	2.433
4	15 Mar 2018	49.99	2.433
5	9 Apr 2018	50.00	2.432
6	21 Mei 2018	50.01	2.424
7	4 Juni 2018	50.01	2.430
Rata-Rata		49.99	2.430

Signal Delay dalam ketentuan $50 \mu\text{s}$ dan rata rata signal delay dari 7 kali percobaan adalah $49,99 \mu\text{s}$ perbedaannya $0,001 \mu\text{s}$ masih berada dalam toleransi. T sesuai indicator disini sebesar $30 \mu\text{s}$, nilai R (Jarak) apabila $50 \mu\text{s}$ maka $R=2,432 \text{ NM}$ dan rata rata dari 7 kali perhitungan percobaan R sebesar $2,430 \text{ NM}$. Maka perbedaannya : $2,432 \text{ NM} - 2,430 \text{ NM} = 0,002 \text{ NM}$.

Bila dihitung dalam meter maka perbedaannya sebesar : $0,002 \text{ NM} \times 1850 = 3,7 \text{ m}$

Tabel 2. data Parameter Spacing dengan 7 kali pengukuran di monitor

No	Tanggal	Spacing (μ s)
1	5 Des 2017	11.95
2	22 Jan 2018	11.95
3	12 Feb 2018	12.00
4	15 Mar 2018	12.00
5	9 Apr 2018	12.01
6	21 Mei 2018	12.01
7	4 Juni 2018	12.02
Rata-Rata		11.99

Berdasarkan data parameter DME, nilai delay adalah nilai jeda antara sinyal interogasi (sinyal dari pesawat) dengan sinyal balasan (sinyal dari stasiun DME), nilai normal delay adalah sebesar 50 μ s dengan toleransi $\pm 1,0$ μ s.

Nilai Spacing adalah jarak spasi antara kedua pulsa, dimana sinyal interogasi maupun sinyal balasan pada sistem DME berupa pasang-pasangan pulsa. Nilai spacing yang normal adalah sebesar 12 μ s dengan toleransi $\pm 0,25$ μ s.

Berdasarkan data parameter yang ada dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem DME dalam 7x percobaan masih dalam toleransi dan berjalan dengan normal.

4.4. Perbandingan nilai parameter pada monitor dengan hasil ground check

Analisis dari hasil data nilai ground check dengan nilai pada monitor setelah dibandingkan, nilai parameter terdapat perbedaan. Namun nilai nilai tersebut masih dalam batas toleransi yang ditetapkan. Dan data dari transmitter masih akurat untuk digunakan namun harus diperhatikan apabila terjadi pergeseran nilai parameter. Jika nilai dari pergeseran parameter melewati batas toleransi maka harus dilakukan pengecekan lebih lanjut hal ini bertujuan untuk mempertahankan akurasi yang dipancarkan oleh transmitter.

V. KESIMPULAN

1. Signal Delay dalam ketentuan 50 μ s dan rata rata signal delay dari 7 kali percobaan adalah 49,99 μ s perbedaannya 0,001 μ s masih berada dalam toleransi.
2. nilai R (Jarak) apabila 50 μ s maka $R = 2,432$ NM dan rata rata dari 7 kali perhitungan percobaan R sebesar 2,430 NM. Maka perbedaannya :

$2,432$ NM - $2,430$ NM = $0,002$ NM atau 3,7 m.

3. Pengukuran spacing yang dilakukan mendapatkan nilai rata-rata 11.99 μ s.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Aviation Fundamental Jeppesen Sanderson.Inc, 1986.
2. Anonim, fungsi Kegunaan Fasilitas Telekomunikasi, Navigasi udara dan Listrik
3. Faidi M. Gambaran Umum Instrument Landing System (ILS), 2013.
4. International Civil Aviation Organization, Annex 10 Aeronautical Telecommunication, Volume 1, 2006.
5. Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. SKEP/113/VI/2002, tanggal 12 Juni 2002 Tentang Kriteria Penempatan Fasilitas Elektronika dan Listrik Bandara
6. Manual Book DME Low Power, Selex 1118A.
7. Manual Book Outer Marker, Wilcox MK 10.
8. Radio Navigation. Germany : Atlantic Flight Training Ltd Jeppesen Sanderson.Inc, 2004.
9. Undang-Undang Republik Indonesia No. 1 tahun 2009, tanggal 12 Januari 2009 Tentang Penerbangan
10. <http://www.ilmuterbang.com/fasilitas-navigasi-dan-pengamatan>, (diakses tanggal 21 september 2017)
11. <http://www.ilmuterbang.com/fasilitas-komunikasi-penerbangan> (diakses tanggal 21 september 2017)
12. <http://www.ilmuterbang.com/fasilitas-bantu-endaratan> (diakses tanggal 21 september 2017)
13. <http://www.wikipedia.com/instrument-landing-system> (diakses tanggal 21 september 2017)
14. <http://www.indonesia.aerospace.com> (diakses tanggal 21 september 2017)