



**Perancangan Sistem Navigasi Terrestrial Untuk Pesawat Udara
Wing in Surface Effect 8 Penumpang (Wise-8)**

*Design of the Terrestrial Navigation System for Aircraft
Wing in Surface Effect 8 Passenger (Wise-8)*

Achmad Setiyo Prabowo

setyo.atkpmndn@gmail.com

Politeknik Penerbangan Surabaya

ABSTRAK

Pesawat udara Wing in Surface Effect (WiSE) adalah pesawat udara yang melakukan terbang cruise hanya beberapa meter di atas permukaan air laut, dengan memanfaatkan surface effect. WiSE-8 ini merupakan suatu sarana transportasi yang nantinya akan dioperasikan di perairan laut pada beberapa daerah di Indonesia. Mengacu pada aturan sistem transportasi udara yang diterbitkan oleh International Civil Aviation Organization (ICAO) dan aturan sistem transportasi laut dari International Maritime Organization (IMO), maka peralatan penunjang yang wajib tersedia adalah radio komunikasi dan peralatan navigasi pada rentang frekuensi yang telah ditentukan. Salah satu sistem navigasi yang akan digunakan WiSE adalah sistem navigasi berbasis satelit yaitu sistem Global Positioning System (GPS). Saat ini sistem GPS masih bisa dipakai secara bebas hanya diperlukan sebuah alat penerima (receiver) GPS. Apabila suatu saat penggunaannya akan dibatasi maka akan hilang juga kebebasan penggunaan sistem GPS. Oleh karena itu penelitian ini difokuskan pada penerapan sistem navigasi yang akan digunakan oleh WiSE-8 berbasis peralatan navigasi terestrial. Sistem navigasi terestrial untuk WiSE-8 yaitu dengan menggunakan sistem Directional Finder (DF). Sistem ini memberikan informasi berupa relatif bearing terhadap suatu stasiun radio pemancar di darat, dengan tingkat akurasi sistem ini adalah 1 σ . Sehingga tingkat kesalahan estimasi posisi terkecil pada rute Dumai-Batam dengan menggunakan 2 sinyal sebesar radius 1,4037 NM. Tingkat kesalahan estimasi posisi akan semakin besar apabila target hanya menerima satu buah sinyal pancaran.

Kata kunci: Wing in Surface Effect (WiSE); Global Positioning System (GPS); Directional Finder (DF)

ABSTRACT

Wing in Surface Effect (WiSE) aircraft are airplanes that fly-cruises only a few meters above sea level, using surface effects. WiSE-8 is a transportation facility that will be operated in sea waters in several regions in Indonesia. If it refers to the rules of the air transportation system issued by the International Civil Aviation Organization (ICAO) and the rules of the sea transportation system of the International Maritime Organization (IMO), the supporting equipment that must be available is radio communication and navigation equipment in a predetermined frequency range. One of the navigation systems that WiSE will use is a satellite-based navigation system, the Global Positioning System (GPS). At present, the GPS can still be used freely and only requires a GPS receiver. If one day its use will be limited it will also lose the

freedom of the use of the GPS. Therefore this research is focused on the application of navigation systems that will be used by WiSE-8 based terrestrial navigation equipment. The terrestrial navigation system for WiSE-8 is using the Directional Finder (DF) system. This system provides information in the form of bearings relative to a radio station transmitting on land, with the accuracy of this system is 1 σ . So the level of error estimation of the smallest position on the Dumai-Batam route using 2 signals of a radius of 1.4037 NM. The estimated error rate of the position will be even greater if the target receives only one beam signal.

Keywords: *Wing in Surface Effect (WiSE); Global Positioning System (GPS); Directional Finder (DF)*

1. PENDAHULUAN

Institut Teknologi Bandung (ITB) bekerja sama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dalam suatu program perancangan pesawat udara yang disebut dengan *Wing In Surface Effect* 8 penumpang (WiSE-8). WiSE-8 ini merupakan suatu sarana transportasi yang nantinya akan dioperasikan di perairan laut pada beberapa daerah di Indonesia.

Untuk menunjang keselamatan dan keamanan, pada aturan sistem transportasi udara yang diterbitkan oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dan aturan sistem transportasi laut dari *International Maritime Organization* (IMO), maka peralatan yang wajib tersedia untuk WiSE-8 adalah radio komunikasi dan peralatan navigasi pada rentang frekuensi yang telah ditentukan. Namun mengingat ukuran fisik pesawat udara ini dan jarak jelajahnya maka alat bantu navigasi yang digunakan tidak akan sekompleks pesawat terbang pada umumnya.

Salah satu sistem navigasi yang akan digunakan WiSE adalah sistem navigasi berbasis satelit yaitu sistem GPS. Pesatnya perkembangan teknologi dalam bidang elektronika dan komputer, teknologi navigasi pun berkembang sangat cepat dengan GPS, manusia di berbagai belahan bumi dapat dengan mudah menentukan posisi serta kecepatan mereka bergerak setiap saat. Sistem ini dikembangkan oleh Amerika Serikat sejak tahun 1959, menggunakan satelit-satelit navigasi yang dimanfaatkan sebagai titik-titik acuan untuk menentukan posisi dan kecepatan sebuah wahana.

Pada saat ini sistem GPS masih dipakai secara bebas dan harganya relatif terjangkau. Hanya diperlukan sebuah alat penerima (receiver) GPS yang berharga sekitar US\$150 maka siapapun

dapat menggunakan sistem GPS. Tetapi, seperti telah disebutkan di atas, bahwa sistem ini dikelola dan dikuasai oleh sebuah negara yaitu Amerika Serikat. Sampai sekarang tidak dapat dipastikan sampai kapan sistem GPS ini dapat digunakan secara bebas. Bila suatu saat nanti, karena alasan tertentu sistem ini penggunaannya akan dibatasi, maka akan hilanglah kebebasan penggunaan sistem ini. Dengan kata lain *dependency* (ketergantungan) sistem ini terhadap suatu negara pemilik sangatlah besar. Sehingga diperlukan sistem navigasi alternatif yaitu berupa sistem navigasi inersial maupun terestrial.

Penelitian ini difokuskan pada penerapan sistem navigasi yang akan digunakan WiSE-8 berbasis sistem navigasi terestrial. Karena diharapkan sistem ini juga dapat dipergunakan pada operasional maritim di perairan laut Indonesia. Sistem navigasi terestrial yang telah digunakan di ruang udara Indonesia adalah NDB, VOR, DME dan VHF/HF-DF. Kemungkinan penggunaan sistem navigasi terestrial tersebut tidak seluruhnya dapat digunakan untuk WiSE-8. Jadi perlu dilaksanakan suatu penelitian penggunaan sistem navigasi lainnya sebagai pendamping dan alternatif sistem navigasi GPS.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dengan eksperimen dan studi literatur. Metode pemecahan masalah menggunakan deskripsi kualitatif dan kuantitatif berdasarkan literatur yang terkait dengan peralatan Navigasi Udara serta literatur pendukung lainnya. Penelitian dilakukan di Politeknik Penerbangan Surabaya yang dimulai pada bulan Juli 2019 sampai dengan bulan Oktober 2019.

Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif dengan

melakukan pemilihan jenis peralatan navigasi berbasis terestrial yang sesuai dengan Pesawat udara WiSE-8 dan melakukan perhitungan penempatan Pemancar Radio sebagai titik referensi *Directional Finder* (DF).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Pemilihan Sistem Navigasi

Berdasarkan studi literatur, dasar teori dan DR&O maka sistem navigasi terestrial yang dirancang merupakan suatu sistem navigasi dengan menggunakan metode penentuan kedudukan *theta-theta*, prinsip kerja perangkat keras seperti VHF-DF namun tampilan display berupa koordinat kedudukan wahana pada bidang dua dimensi.

Dasar pemilihan tersebut disesuaikan dengan kebutuhan pengoperasian WiSE, sesuai spesifikasi teknis dan prestasi terbangnya. Walaupun GPS dapat digunakan namun tetap diperlukan sistem navigasi berbasis terestrial. Sehingga secara garis besar dapat disimpulkan bahwa sistem navigasi terestrial yang ada di Indonesia tidak sesuai dengan kebutuhan operasi WiSE-8, secara lengkap dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Sistem Navigasi	Studi Literatur
NDB (Non Directional Beacon) Frekuensi : - LF 190 - 415 KHz - MF 510 - 533 KHz Informasi : Bearing relatif ke NDB Jarak : < 100 NM (tergantung power) Pola Pancaran : Omni Directional Ground Wave Instrumentasi : ADF	Sebenarnya dapat digunakan pada WiSE namun lokasi NDB di Indonesia sebagian besar di daerah dekat Bandara, sehingga pancaran gelombang NDB tidak dapat menjangkau daerah dengan ketinggian 3m di atas laut. Secara prinsip kerja dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penelitian ini.
VOR (VHF Omni Range) Frekuensi : 108-111.95 MHz	Karena keterbatasan jarak jangkauan, dan

Informasi : Radial terhadap Mgn North Jarak : Sesuai tabel LOS Pola pancaran : Omni Directional LOS Instrumentasi : VOR Receiver	pola pancaran cenderung untuk suatu wahana terbang tinggi, sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk WiSE-8.
VHF-DF (VHF-Directional Finder) Frekuensi : 30-300 MHz Informasi : Posisi dalam TAK ECEF Jarak : Sesuai dengan power Pola Pancaran : Omni Directional LOS Instrumentasi : Display Monitor	Sistem ini dapat diterapkan pada WiSE (selain GPS) dengan cara membangun infrastruktur stasiun pemancar, atau stasiun penerima di darat. Karena hasil penentuan posisi dapat ditampilkan pada layar monitor, dimana besar kecilnya ukuran layar disesuaikan dengan kebutuhan.
GPS (Global Positioning System) Frekuensi : L1 = 1575.42 MHz L2 = 12227.6 MHz Informasi : Latituda, longituda, altituda peta, jalur penerbangan, informasi lainnya (tergantung kecanggihan alat penerima) Jarak : Hampir seluruh dunia Pola Pancaran : Directional dari orbit ke bumi Instrumentasi : GPS receiver	Peralatan penerima GPS juga digunakan di WiSE-8 namun sampai sekarang penggunaannya masih tergantung pada negara yang mengendalikan. Alat penerima GPS juga dapat digunakan untuk membantu prosedur kalibrasi pada penelitian ini.

berdasarkan hasil studi literatur tersebut dapat ditentukan bahwa *sistem DF* dapat digunakan

sebagai sistem navigasi tambahan selain GPS. Selanjutnya akan dilakukan penelitian tentang rancangan sistem DF untuk diterapkan pada pengoperasian WiSE.

2) Perhitungan Rancangan Sistem Navigasi DF

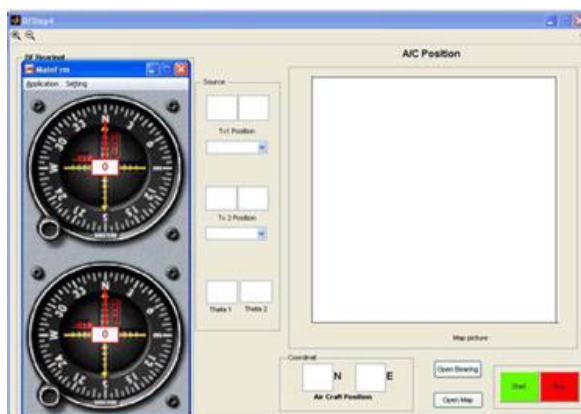
Dari hasil studi literatur maka sistem navigasi ini merupakan suatu kombinasi dari beberapa sistem navigasi yang telah ada. Untuk mengetahui kedudukan wahana digunakan metode *theta-theta* (VOR), sedangkan metode pemancaran gelombang radio menggunakan prinsip NDB dan pengolahan hasil pancaran menggunakan sistem DF.

Pembuatan rancangan akan melalui beberapa proses agar pelaksanaannya dapat berjalan sesuai dengan urutan yang benar. Untuk mempermudah pembuatan rancangan perlu adanya beberapa asumsi, yaitu :

1. Posisi wahana mengacu pada suatu bidang 2 dimensi dengan titik acuan suatu stasiun pemancar.
2. Bentuk bumi datar, karena disesuaikan dengan jarak tempuh WiSE yaitu sekitar 500 Km.
3. Posisi stasiun pemancar ditempatkan di daerah terbuka sekitar pesisir pantai dengan mengacu pada peta bumi.
4. Referensi yang digunakan adalah *magnetic north* dari kompas.

2.1 Kondisi yang diinginkan

Berdasarkan DR&O maka kondisi tampilan yang diinginkan adalah seperti gambar dibawah ini.



Tampilan gambar tersebut merupakan perspektif pilot menyerupai tampilan pada *display* GPS, namun tampilan rancangan ini lebih sederhana karena hanya memberikan parameter kedudukan wahana berupa koordinat kartesian.

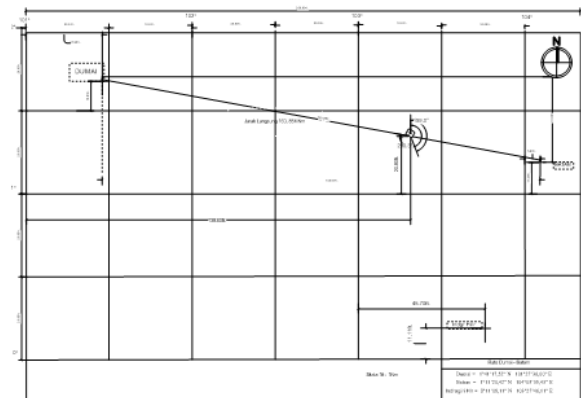
Pada saat pilot melaksanakan operasi penerbangan dengan cara menghidupkan unit penerima HF dan sistem DF, saat itu juga pilot dapat mengetahui kedudukannya. Karena terdapat minimal dua sumber sinyal dengan arah yang berbeda maka dengan metode *theta-theta* dapat diperoleh informasi kedudukan seperti contoh perhitungan berikut ini (studi kasus rute Dumai-Batam) :

Jika diketahui suatu koordinat pemancar DF yaitu:

$$Tx1 = 1^{\circ}41'17,52'' \text{ N}, 101^{\circ}27'36,00'' \text{ E}$$

$$Tx2 = 0^{\circ}11'08,11'' \text{ N}, 103^{\circ}27'46,11'' \text{ E}$$

Posisi wahana saat ini dapat diketahui dengan cara perhitungan nilai sudut yang terbentuk dari penerimaan sinyal terhadap Tx1 (θ_1) dan Tx2 (θ_2).



Karena posisi Tx1 dan Tx2 diketahui maka persamaan garis pada gambar di atas dapat dihitung :

Jika asumsi 1° longituda = 60 Nm, 1° latituda = 59,87 Nm dengan menggunakan formula 2.2.4.1 s/d 2.2.4.3 dan nilai $\alpha_{1,2}$ diperoleh dari proses DF maka posisi wahana (X,Y) dapat dihitung. Jika *heading* wahana diabaikan maka :

$$a_1 = \tan \beta_1 = \cot \alpha_1$$

$$\chi_i = \alpha_i \quad i = 1,2$$

Hasil proses dari receiver DF menghasilkan bearing: $\chi_1 = \alpha_1 = 280^{\circ}$ dan $\chi_2 = \alpha_2 = 159^{\circ}$.

Kemudian dengan memasukkan nilai-nilai tersebut kedalam rumus (2.2.4.3) dan (2.2.4.4) seperti berikut ini :

$$X = \frac{(y_2 - y_1) - x_2 \cot \alpha_2 + x_1 \cot \alpha_1}{\cot \alpha_1 - \cot \alpha_2}$$

$$Y = \frac{y_2 \cot \alpha_1 - y_1 \cot \alpha_2 - (x_2 - x_1) \cot \alpha_1 \cot \alpha_2}{\cot \alpha_1 - \cot \alpha_2}$$

X = 2.2.4.3

Y = 2.2.4.4

Selanjutnya dengan menggunakan bantuan software Matlab yaitu dengan cara menuliskan perintah seperti listing program di bawah ini :

```
Tx1=handles.Tx1;
Ty1=handles.Ty1;
Tx2=handles.Tx2;
Ty2=handles.Ty2;
O1=handles.O1;
O2=handles.O2;

A1=(Tx1-100)*60;
B1=Ty1*59.87;
A2=(Tx2-100)*60;
B2=Ty2*59.87;

Xp= (B2-B1)-(A2*cotd(O2))-(A1*cotd(O1));

X= ((Xp/((cotd(O1))-(cotd(O2))))/60)+100

Yp= (B2*cotd(O1))-(B1*cotd(O2))-((A2-
A1)*(cotd(O1))*(cotd(O2)));

Y= (Yp/((cotd(O1))-(cotd(O2))))/59.87
```

```
set(handles.edit15,'String',X);
set(handles.edit16,'String',Y);
```

```
axes(handles.axes5);
```

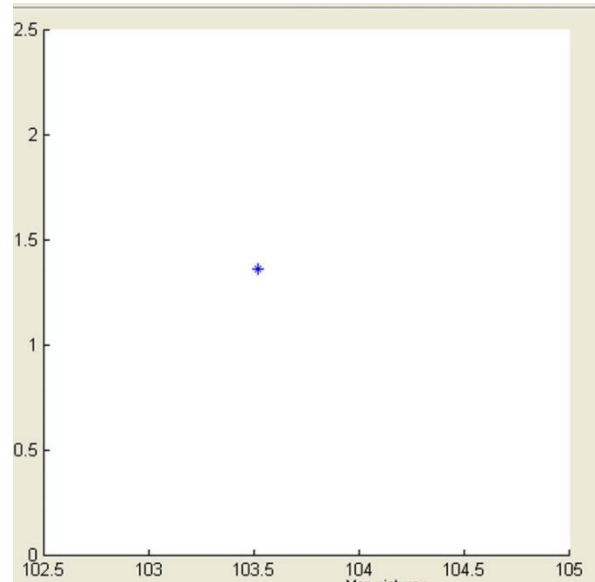
```
plot(X,Y);
```

Keterangan program :

Tx1, Ty1 merupakan posisi (x,y) dari Tx1;

Tx2, Ty2 merupakan posisi (x,y) dari Tx2;

A1 adalah faktor pengali posisi longituda dan A2 merupakan faktor pengali dari posisi latituda. Selanjutnya hasil plotting grafiknya dapat dilihat pada gambar dibawah.



Sehingga posisi wahana akan diketahui yaitu :

Longituda = 103,53 = 103°31'0,01" E

Latituda = 1,35 = 1°21'00" N

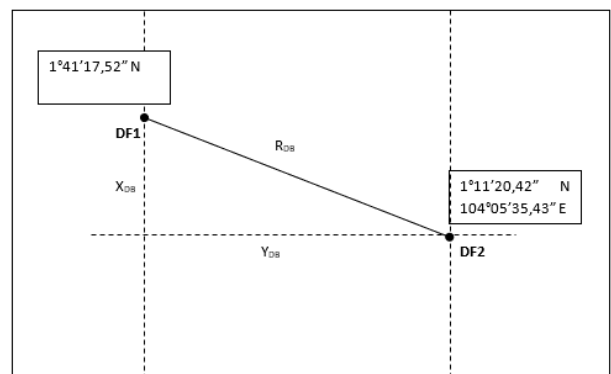
Informasi ini akan terus berubah secara kontinyu mengikuti perubahan posisi wahana. Dengan demikian dalam menjalankan misinya pilot tidak akan kehilangan informasi posisi kedudukannya.

3) Pemilihan Radio Pemancar dan Penerima DF

3.1. Pemilihan Radio Pemancar

Radio pemancar yang akan digunakan bekerja pada frekuensi HF dengan kekuatan daya pancaran gelombang sebagai berikut :

Jarak langsung terjauh dari kedua rute adalah Dumai – Batam:



Jarak Dumai – Batam : $R_{DB} = \sqrt{X_{DB}^2 + Y_{DB}^2}$

$$X_{DB} = 1^\circ 41' 17,52'' \text{ N} - 1^\circ 11' 20,42'' \text{ N}$$

$$= (60 \text{ Nm} + 41,292 \text{ Nm}) - (60 \text{ Nm} + 11,34 \text{ Nm})$$

$$= 29,862 \text{ Nm}$$

$$Y_{DB} = 104^\circ 05' 35,43'' \text{ E} - 101^\circ 27' 36,00'' \text{ E}$$

$$= (6240 \text{ Nm} + 5,59 \text{ Nm}) - (6060 \text{ Nm} + 27,6 \text{ Nm})$$

$$= 157,99 \text{ Nm}$$

Jadi $R_{DB} = \sqrt{(29,862)^2 + (157,99)^2}$

$$= \mathbf{160,79 \text{ Nm.}}$$

Jika penguatan (gain) antena pemancar dan penerima tidak diperhitungkan terlebih dahulu maka daya pancar minimum untuk menjangkau 160,79 Nm (297,783 Km). Dengan menggunakan kabel pemancar 20 m (att : 0,6 dB/m) = 12 dB, kabel radio penerima 10 m dan sensitifitas radio penerima $1\mu\text{V}$ SSB/CW (DF-4400) yaitu :

$$S_i = P_{out} - C_t + G_t - P_l + G_r - C_r$$

(2.2.7.1)

Konversi $1\mu\text{V} = 20 \text{ Log } 1.10^{-6} = -120 \text{ dB}$, $S_i = -100 \text{ dB}$ adalah spesifikasi teknis maka dalam perhitungan digunakan $S_i = -100 \text{ dB}$, sesuai persyaratan[1].

$$-100 = P_{out} - 12 + 0 - P_l + 0 - 6$$

Dimana $P_l = 32,4 + 20 \times \text{Log } F(\text{MHz}) + 20 \times \text{Log } R(\text{Km})$

$$= 32,4 + 20 \text{ Log } (23,2) + 20 \text{ Log } (297,783)$$

$$= 32,4 + 27,31 + 49,48$$

$$= 109,19 \text{ dB}$$

Sehingga :

$$-100 = P_{out} - 12 - 109,19 - 6$$

$$-100 = P_{out} - 127,19$$

Jadi power pemancar adalah $P_{out} = 127,19 - 100 = 27,19 \text{ dB}$ atau sebesar :

$$27,19 = 10 \text{ Log } (P_{out})$$

$$P_{out} = 10^{2,719} \text{ mW} = 523,6 \text{ W.}$$

Pemancar DF dengan penguatan 200 Watt akan membutuhkan antena dengan penguatan sebesar :

$$523,6 \text{ W} : 200 \text{ W} = 2,615 \text{ W}$$

$$G_t = 10 \text{ Log } 2,615 = \mathbf{4,17 \text{ dB.}}$$

Dengan persyaratan spesifikasi frekuensi HF, penguatan 200 Watt, ini salah satu pilihan yang dapat digunakan adalah tipe FTDX 9000 merk Yaesu seperti pada lampiran 13.

Sistem modulasi yang digunakan pada radio pemancar adalah Continues Wave (CW) atau Modulated CW (MCW). Jadi pada daerah jangkauan yang telah ditentukan dapat tertutup gelombang pancaran secara kontinyu. Pada mode MCW dapat juga diberikan informasi berupa kode morse 2 karakter untuk identifikasi pemancar DF.

3.2. Pemilihan Radio Penerima

Sesuai aturan ICAO, ITU dan kebutuhan operasional WiSE, persyaratan utama radio penerima yang akan digunakan antara lain :
 Frekuensi kerja : 3 MHz sampai dengan 30 MHz (HF)

Antarmuka : RS 232

Konsumsi catu daya : 12 VDC – 48 VDC

Sensitifitas : - 100 dB

Dimensi : 15 cm x 15 cm x 15 cm

Berat maksimum : 8 Kg

Impedansi : 50 Ohm.

Dari hasil studi literatur dengan membandingkan beberapa brosur dari berbagai macam tipe maka dipilih tipe DF-4400 produksi dari CUBIC Inc USA.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa rancangan hasil penelitian adalah sistem navigasi terestrial untuk WiSE-8 yaitu dengan menggunakan sistem Direct Finding (DF). Sistem ini memberikan informasi berupa relatif bearing terhadap suatu stasiun radio pemancar di darat. Tingkat akurasi sistem ini adalah 1° , sehingga tingkat kesalahan estimasi posisi terkecil pada rute Dumai-Batam dengan

menggunakan 2 sinyal adalah sebesar radius 1,4037 Nm. Tingkat kesalahan estimasi posisi akan semakin besar apabila wahana hanya menerima satu buah sinyal pancaran.

Saran

Untuk membuktikan kualitas penerimaan sinyal pada rute yang akan dilalui WiSE-8, perlu diadakan studi lapangan dengan cara pengujian dilaksanakan dengan cara memasang radio pemancar pada lokasi yang telah ditentukan pada penelitian ini, kemudian diperlukan juga sebuah radio penerima dengan frekuensi HF. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data kualitas sinyal sepanjang rute yang akan dilalui.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeronautical Telecommunications*. (1996).
ICAO Annex 10 Volume I.
- Aldring, T. A. (2007). *Analisis Permintaan Pesawat Wing in Surface Effect Berkapasitas 8 Kursi (WiSE-8)*. Bandung: ITB.
- Kennedy, G. (1985). *Electronic Communication Systems*. Singapore.
- Mike Tooley, D. W. (2007). *Aircraft Communication Systems*. United Kingdom.
- Prabowo, A. S. (2008). *Tugas Kuliah Navigasi dan Panduan Terbang*. ITB, Bandung.
- Transportation, D. o. (2001). *Federal Radio Navigation Systems*. United States.