

## Simulasi Pergerakan Pesawat Mendekati dan Melewati Nav aids (VOR)

### *Simulation of Aircraft Movements Approaching and Passing Through Nav aids*

**Ariawan D. Rachmanto<sup>1)</sup>, Iswanto<sup>2)</sup>**

Fakultas Ilmu Komputer dan Informatika Universitas Nurtanio Bandung

Email: ariawanrachmanto@gmail.com, isw789ng@gmail.com

#### INFO ARTIKEL

##### **Histori Artikel:**

Diterima: 30 Agustus 2019  
Direvisi: 9 Desember 2019  
Disetujui: 16 Desember 2019  
Dipublikasi Online: 30  
Desember 2019

##### **Keywords:**

*airways, IFR, OBS, VOR*

##### **Kata kunci:**

*maskapai, IFR, OBS, VOR*

##### **Permalink/DOI:**

<https://dx.doi.org/10.25104/wa.v45i2.350.121-132>

©2019 Puslitbang Transportasi  
Udara, Badan Litbang  
Perhubungan-Kementerian  
Perhubungan RI. This is an open  
access article under the CC  
BYNC-SA license  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

#### ABSTRACT / ABSTRAK

*An aircraft is a public transportation facility whose operations cannot be carried out by everyone but need people that have special education as a pilot. Flight by plane consists of 3 (three) phases, namely take-off, cruise to destination, and landing. Pilots are obliged to choose or determine the flight plan (flight plan) that will be traversed by considering weather forecasts (including wind), fuel consumption, and aircraft performance. If visibility is good, pilots can fly according to the VFR, but if visibility is below the minimum requirements, pilots must follow the IFR. When it must follow IFR, the flight is under the control of the air traffic control. Airways are fictitious air lines formed by electromagnetic waves emitted by electronic equipment on earth known as VOR / DMF. The aircraft instrument used to display VOR information is the OBS or CDI. Indicator display that is used besides CDI is HSI. In every flight the pilot will pass through the airways, where the airways connect the airport-VOR-NDB, so that by using the device in the aircraft the pilot will not be wrong in flying the aircraft. The simulation that will be made is when the airplane goes to or passes through a Nav aids, by simulating the instruments / instruments contained in the aircraft.*

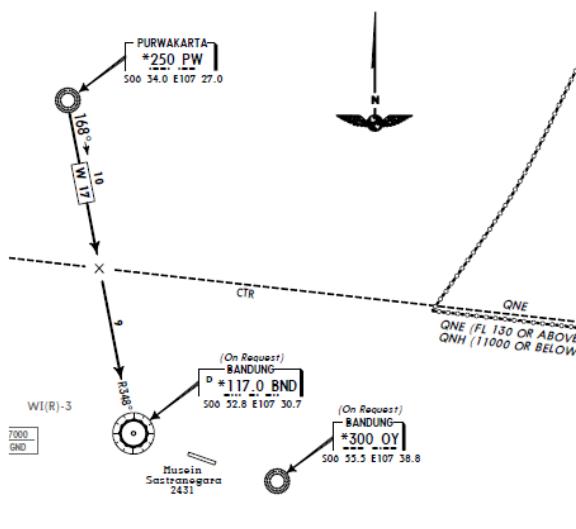
Pesawat terbang merupakan sarana transportasi umum yang operasionalnya tidak dapat dilakukan oleh setiap orang, tetapi harus mendapatkan pendidikan khusus sebagai penerbang/pilot. Penerbangan dengan pesawat terdiri dari 3 (tiga) fasa, yaitu *take-off*, *cruise to destination*, dan *landing*. Pilot berkewajiban untuk memilih atau menentukan rute penerbangannya yang akan dilalui dengan mempertimbangkan perkiraan cuaca (termasuk angin), konsumsi bahan bakar, dan kemampuan (*performance*) pesawat. Jika *visibility* baik, pilot dapat melakukan penerbangan mengikuti aturan *VFR*, tetapi jika *visibility* di bawah persyaratan minimum maka pilot harus mengikuti *IFR*. Ketika harus mengikuti *IFR*, maka penerbangannya berada di bawah kendali pengatur lalu lintas udara. *Airways* adalah jalur-jalur *fiktif* di udara yang dibentuk oleh gelombang *elektromagnet* yang dipancarkan peralatan elektronik di bumi yang dikenal dengan *VOR/DMF*. Instrumen pesawat yang digunakan untuk menampilkan informasi *VOR* adalah *OBS* atau *CDI*. Indikator display yang digunakan selain *CDI* adalah *HSI*. Dalam setiap penerbangan pilot akan melewati *airways*, dimana *airways* tersebut menghubungkan *airport-VOR-NDB*, sehingga dengan menggunakan alat dalam pesawat pilot tidak akan salah dalam menerbangkan pesawat. Simulasi yang akan dibuat adalah saat pesawat menuju atau melewati sebuah *nav aids*, dengan mensimulasikan alat/instrumen yang terdapat dalam pesawat terbang.

## PENDAHULUAN

Pendidikan pilot (Penerbang) sangat mahal karena dalam pendidikan tersebut tidak hanya dikenalkan secara teori tetapi juga dilakukan praktek. Sebelum terbang dengan pesawat terbang seorang calon penerbang akan diperkenalkan dengan instrumen-instrumen yang digunakan dalam penerbangan. Instrumen tersebut ada yang terdapat di darat seperti alat navigasi (*Navigation Aids* disingkat *NavAids*), ada juga instrumen yang terdapat dalam *cockpit* pesawat seperti *Omni-Bearing Selector (OBS)* atau *Course Deviation Indicator (CDI)*, *HSI (Horizontal Situation Indicator)*.

Semua pesawat terbang dilengkapi dengan sistem navigasi agar pesawat tidak tersesat dalam melakukan penerbangan. Sistem navigasi penerbangan terdiri dari kumpulan berbagai peralatan navigasi udara yang berguna untuk memberi panduan seperti halnya arah, jarak, kecepatan terhadap suatu bandar udara, ketinggian terhadap daratan, serta peralatan yang berfungsi untuk memberikan panduan pendaratan (*landing*) ketika cuaca buruk yang kesemuanya itu bertujuan untuk keselamatan dan keamanan penerbangan.

Setiap pesawat terbang yang akan *take off* atau *landing* (mendarat) mempunyai panduan yang harus ditaati, pada gambar dibawah ini sebagai contoh pesawat akan mendarat di landasan Husein Sastranegara dengan arah kedatangan dari Purwakarta.



Gambar 1. Kedatangan dari Purwakarta

Sebelum terbang pilot berkewajiban untuk memilih atau menentukan rute penerbangannya (*flight plan*) yang akan dilalui dengan mempertimbangkan perkiraan cuaca (termasuk angin), konsumsi bahan bakar, dan kemampuan (*performance*) pesawat. *Flight plan* dapat berupa *airways*, dimana *airways* ini menghubungkan antara *waypoint*, *waypoint* dapat berupa *airport*, *VOR*, *NDB* atau *Waypoint* yang telah disepakati.

Untuk dapat terbang sesuai dengan *flight plan* yang telah ditentukan, seorang pilot dapat menggunakan acuan *VOR/DME* sebagai arah penerbangannya. *VOR* merupakan alat bantu navigasi jarak sedang, yang bekerja menggunakan frekuensi radio sangat tinggi (*VHF / Very High Frequency*), fasilitas *VOR* memungkinkan pesawat menuju tujuan dengan memanfaatkan stasiun *VOR* di darat tanpa tergantung dari keadaan cuaca (yaitu dengan menggunakan bantuan instrumen atau dengan bantuan *autopilot*). Penerbang dapat memanfaatkan stasiun *VOR* di darat pada saat tinggal landas dengan memilih jalur penerbangan *VOR* dan selanjutnya terbang menuju stasiun *VOR* lain. Dengan stasiun *VOR* yang diletakkan sedemikian rupa, *VOR* dapat digunakan untuk menuntun pesawat menuju bandara. Posisi pesawat terbang tiap saat dapat ditentukan oleh penerbang dengan bantuan *VOR* dan *NDB* atau dengan menggunakan dua stasiun *VOR*.

Tidak semua *VOR* dilengkapi dengan *DME*, *VOR* bekerja pada frekuensi *VHF* dari 108 sampai 117.95 MHz. *VOR* adalah alat navigasi udara yang berfungsi memberikan informasi jarak kepada pesawat, jarak yang di berikan adalah sudut miring antara pesawat dan transmitter dari *DME*. Prinsip kerja *VOR/DME* adalah dengan penerbang melakukan tune frekwensi pada *VOR/DME* yang menjadi tujuan. Kemudian *VOR/DME* akan memberikan informasi *slant range* (jarak miring) antara pesawat dengan *VOR*.

Diperlukan biaya yang besar jika belajar navigasi dengan menggunakan pesawat terbang, sehingga untuk taraf pembelajaran dibuat simulasi pergerakan pesawat yang akan melewati dan setelah melewati *VOR/DME*. Simulasi yang dibuat adalah dengan meletakkan (memodelkan) *VOR/DME* pada tempat/daratan yang sudah ditentukan posisi *latitude* dan *longitudenya*, demikian

juga pesawat yang akan melewati Navaids tersebut juga ditentukan *latitude* dan *longitudenya*. Pesawat dapat diatur *heading* (arah nose pesawat yang dihitung berdasarkan kutub utara), kecepatan pesawat (*aircraft speed*) juga kecepatan angin (*wind speed*).

## TINJAUAN PUSTAKA

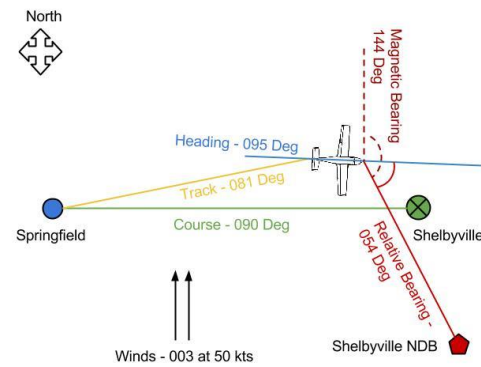
### Sistem Navigasi Udara

Peralatan navigasi Penerbangan ada beberapa yang digunakan dalam membantu penerbangan. sebagai alat bantu navigasi pada pesawat, dalam navigasi udara dikenal ada *VOR/DME*, *NDB*, *ILS* dan masih banyak lagi. Dalam penelitian ini hanya mensimulasikan menggunakan *VOR/DME*.

Instrument *VOR* yang ada di pesawat terbang menunjukkan setiap deviasi dalam derajat dari jalur penerbangan yang dipilih, tidak tergantung dari *heading* pesawat. Penerbang dapat memanfaatkan stasiun *VOR* di darat pada saat tinggal landas dengan memilih jalur penerbangan *VOR* dan selanjutnya terbang menuju stasiun *VOR* lain. Dengan stasiun *VOR* yang diletakkan sedemikian rupa, *VOR* dapat digunakan untuk menuntun pesawat menuju bandara.

Dalam navigasi terbang dikenal istilah *heading*, *magnetic bearing* dan *relative bearing*. *Heading* adalah sudut arah hidung pesawat yang diukur berdasarkan kutub utara. *Magnetic bearing* adalah sudut yang tercipta antara garis lurus pesawat terhadap *navigation ground station* (*VOR* atau *NDB/ADF*) dengan garis lurus pesawat dan kutub utara. *Relative bearing* adalah sudut yang tercipta antara *heading* pesawat dengan garis lurus antara pesawat dan *navigation ground station*.

Untuk lebih jelasnya seperti gambar di bawah ini,



Gambar 2. *Magnetic bearing dan relative bearing*

Ilustrasi dari gambar 2 diatas jika lepas landas dari *Springfield* dalam perjalanan ke *Shelbyville*. *Bearing* antara *Springfield* dengan Pesawat adalah  $81^{\circ}$ . Arah *heading* pesawat diarahkan pada sudut  $95^{\circ}$  dihitung terhadap kutub utara, pesawat mendapat gangguan angin dengan arah  $3^{\circ}$  dan kecepatan  $50 \text{ knots}$ , sehingga *magnetic bearing* pesawat terhadap *Shelbyville* adalah  $144^{\circ}$ , *relatif bearingnya* adalah  $54^{\circ}$ , sehingga supaya mencapai *Shelbyville course* pesawat harus diputar  $90^{\circ}$ .

Posisi atau letak pesawat terbang dan letak *VOR/DME* dinyatakan dengan *Geographic Coordinate System (GCS)*, yaitu suatu sistem koordinat muka bumi yang direpresentasikan dari permukaan bumi untuk mendefinisikan posisi dipermukaan bumi.

Setiap tempat di permukaan bumi di definisikan dengan nilai lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*). Satuan koordinatnya adalah derajat. Satu derajat sama dengan 60 menit busur (*arcminute*) atau juga sama dengan 3600 detik busur (*arcsecond*)

Jarak diantara posisi pesawat dengan *VOR/DME* dapat dihitung dengan menggunakan formulasi berikut,

$$\text{jarak} = \text{acos}(\sin(\text{lat1}) * \sin(\text{lat2}) + \cos(\text{lat1}) * \cos(\text{lat2}) * \cos(\text{lon1} - \text{lon2})) \quad (1)$$

Bearing atau sudut diantara posisi pesawat dengan *VOR/DME* dapat dihitung dengan menggunakan formulasi berikut:

$$\text{bearing} = \text{mod}(\text{atan}^2(\sin(\text{lon1} - \text{lon2}) \\ * \cos(\text{lat2}), \cos(\text{lat1}) \\ * \sin(\text{lat2}) - \sin(\text{lat1}) \\ * \cos(\text{lat2}) \\ * \cos(\text{lon1} - \text{lon2})), 2 * \pi) \quad (2)$$

Menghitung posisi pesawat terbang pada waktu berikutnya dapat dihitung dengan menggunakan :

$$\text{lat}_{\text{new}} = \text{asin}(\sin(\text{lat1}) * \cos(\text{jarak}) \\ + \cos(\text{lat1}) * \sin(\text{jarak}) \\ * \cos(\text{bearing})) \\ \text{lon}_{\text{new}} = \text{mod}(\text{lon1} \\ - \text{asin}(\sin(\text{bearing}) \\ * \sin(\text{jarak})) / \cos(\text{lat1})) \\ + (22/7), 2 * (22/7) \\ - (22/7) \quad (3)$$

Dimana:

lat1 = latitude 1, latitude pesawat.  
lon1 = longitude 1, longitude pesawat.  
lat2= latitude 2, latitude VOR.  
lon2 = longitude 2, longitude VOR

*bearing* dalam radian  
jarak dalam mile

#### Sistem Instrument *HSI* Dalam Pesawat

Stasiun *VOR* yang diletakkan sedemikian rupa, *VOR* dapat digunakan untuk menuntun pesawat menuju bandara. Posisi pesawat terbang tiap saat dapat ditentukan oleh penerbang dengan bantuan *VOR* dan *DME* atau dengan menggunakan dua stasiun *VOR*.

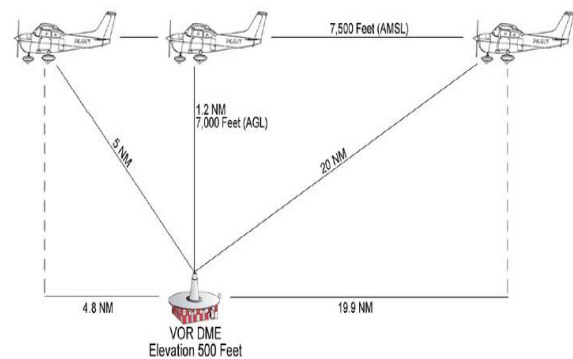
Perlengkapan penerima *VOR* di pesawat terbang mempunyai 3 macam fungsi/indikator, yaitu:

- Menentukan *azimuth*, yaitu sudut searah jarum jam antara arah utara dari stasiun *VOR* dengan garis yang menghubungkan stasiun tersebut dengan pesawat terbang.
- Menunjukkan *deviasi* kepada pilot, yaitu apakah pesawat berada di kiri, kanan atau tepat pada jalur penerbangan yang benar/dipilih.

- Menunjukkan apakah arah pesawat terbang menuju atau meninggalkan stasiun *VOR tujuan*

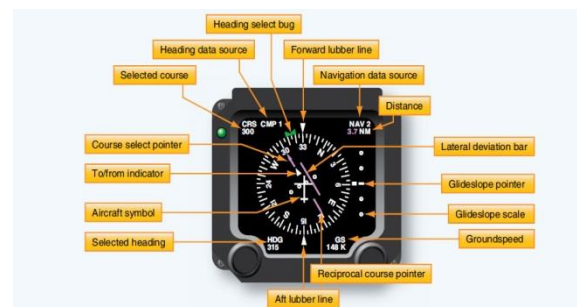
*VOR* selalu dilengkapi dengan *DME* (*Distance Measuring Equipment*), adalah alat navigasi udara yang berfungsi memberikan informasi jarak kepada pesawat, jarak yang di berikan adalah sudut miring antara pesawat dan transmitter dari *DME* ini dan bukan jarak sesungguhnya antara pesawat dan *DME*.

Cara kerja *VOR/DME* dapat ditunjukkan seperti gambar berikut:



**Gambar 3.** Slant Range *VOR/DME* Terhadap Pesawat.

Instrument yang digunakan untuk menampilkan informasi *VOR* adalah *Omni-Bearing Selector (OBS)* atau *Course Deviation Indicator (CDI)*. Saat ini informasi navigasi *VOR* digabungkan kepada indicator display yang lain, seperti *Horizontal Situation Indicator (HSI)*.



**Gambar 4.** Instrument *HSI* Untuk *VOR*

Pada *HSI*, terdapat komponen-komponen penting yaitu:

- Heading bug* yaitu indikator pada kompas menunjukkan sudut tujuan arah pesawat. Jika diaktifkan, pesawat akan terbang sesuai arah *heading bug*.

- b. *Lubber line* adalah Garis tetap pada kompas *Binnacle* atau posisi rencana radar display indikator menunjuk ke arah depan pesawat udara dan sesuai dengan *centerline*.
- c. *TO-FROM Indicator* menunjukan kepada pilot bahwa *bearing* yang sudah ditentukan akan membawa pesawat menuju atau meninggalkan *VOR station*.
- d. *Aircraft Symbol*, Simbol pesawat yang digunakan sebagai referensi, yang akan memberikan informasi lebih.
- e. *Course deviation*, digunakan sebagai navigasi pesawat untuk menentukan seberapa besar deviasi Posisi *Lateral Pesawat (Course)* terhadap *VOR/DME* tujuan, jika lokasi pesawat di sebelah kiri, jarum mengalihkan ke kanan dan sebaliknya.

Langkah-langkah pengoperasian sistem navigasi *VOR* ditunjukkan oleh urutan proses berikut ini:

1. Pilot memilih frekuensi *VOR* dan memastikan identitas *VOR station* yang dipilih dengan mendengarkan kode suara berupa kode *morse*.
2. *Receiver* menerima sinyal RF yang terdiri dari frekuensi *carrier* dan *sub-carrier*
3. *Receiver* melakukan proses *decoding* kepada sinyal yang diterima untuk mengetahui perbedaan fasa diantara keduanya.
4. Setelah perbedaan fase didapatkan, sudut *bearing* ditentukan kemudian dikirimkan ke indikator dan ditampilkan agar dapat dibaca oleh pilot. Begitu pula dengan *TO-FROM indicator*-nya.
5. Pilot melanjutkan penerbangan sampai pesawat mencapai titik perpindahan frekuensi. Kemudian pilot memilih *VOR station* berikutnya sesuai dengan jalur penerbangannya.
6. Pilot melakukan penerbangan dengan *VOR station* sebagai acuan sampai pesawat mendekati bandara tujuannya. Setelah mendekati bandara tujuan akhirnya, pilot mengganti frekuensi *VOR* ke frekuensi *ILS (Instrument Landing System)* untuk memandu pesawat melakukan pendaratan di *runway*.

## Sistem Koordinat Bumi

Untuk menggambarkan permukaan bumi yang berbentuk bola (mendekati bola/ellipse) ke dalam bentuk peta (gambar 2 dimensi), diperlukan sebuah persamaan matematis untuk mentransformasikannya. Persamaan matematis ini dikenal sebagai sistem koordinat. Penggunaan sistem koordinat merupakan ciri khas utama GIS karena sistem koordinat inilah yang menunjukkan referensi geografis pada data-data GIS.

Sistem koordinat merupakan pendekatan dalam mendefinisikan posisi data-data GIS di atas permukaan bumi. Pada umumnya, di Indonesia ada dua jenis sistem koordinat yang lazim digunakan yakni Sistem Koordinat Geografis (*Geographic Coordinate System*), dan *UTM (Universal Transverse Mercator)*.

Kedua sistem koordinat tersebut menggunakan datum global *WGS (World Geodetic System)* 84.

datum global merupakan salah satu pendekatan dalam membuat permukaan bumi mendekati *ellipse* sempurna. Dalam kenyataannya, bumi kita ini tidaklah berbentuk *ellipse* secara utuh. Oleh karena itu, diperlukan beragam pendekatan untuk membuat permukaan bola bumi (titik ketinggian nol) mendekati *ellipse* supaya sistem koordinat bisa diterapkan.

*GCS* merupakan sistem koordinat yang mengacu terhadap bentuk bumi sesungguhnya yakni mendekati bola (*ellipse*). Posisi objek di permukaan bumi didefinisikan berdasarkan garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*).

Garis lintang adalah garis vertikal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan equator/garis khatulistiwa. Sedangkan Garis bujur adalah garis horizontal yang mengukur sudut suatu titik dengan titik nol bumi yakni *Greenwich* di London Britania Raya. Unit satuan dari *GCS* adalah derajat.

Garis lintang (*latitude*) terbagi menjadi dua yakni Lintang Utara ( $0^{\circ}$  s/d  $90^{\circ}$ ) dan Lintang Selatan ( $0^{\circ}$  s/d  $-90^{\circ}$ ). Garis bujur (*longitude*) juga terbagi menjadi dua yakni Bujur Barat ( $0^{\circ}$  s/d  $180^{\circ}$ ) dan Bujur Timur ( $0^{\circ}$  s/d  $-180^{\circ}$ ).

Penulisan koordinat pada *GCS* mengikuti kaidah dalam sistem koordinat kartesius yakni x,y dengan titik (0,0) pada perpotongan garis khatulistiwa dan *greenwich*. Garis lintang merepresentasikan posisi y dan garis bujur merepresentasikan posisi x. Unit satuan *GCS* bisa juga ditulis dalam *DMS (Degree*



Minute Second) dengan 1 derajat = 60 menit dan 1 menit = 60 detik.

Perangkat lunak pemetaan yang digunakan untuk memodelkan letak titik-titik VOR/DME menggunakan MapInfo MapX4.0

## ANALISA PERANCANGAN

### Analisis Sistem

Analisis terhadap sistem peralatan navigasi udara VOR/DME bertujuan untuk mengidentifikasi perilaku sistem dalam hal ini EHSI (*Electronic Horizontal Situation Indicator*), cara kerja dan merancang model. Pergerakan pesawat menuju dan melewati VOR/DME harus dapat terlihat melalui map.

Simulasi pergerakan pesawat terbang mendekati VOR/DME dapat dilihat pada map, *heading*, *course* ditampilkan pada model instrument pesawat (EHSI).

### Analisis Kebutuhan Sistem

Adalah kebutuhan dari perangkat lunak yang dikembangkan berisi proses-proses atau layanan apa saja yang nantinya harus disediakan oleh sistem, mencakup bagaimana sistem harus bereaksi pada input tertentu dan bagaimana perilaku sistem pada situasi tertentu,

- 1) Pengguna dapat mengatur *heading* pesawat, kecepatan pesawat, *course*, kecepatan angin dan arah angin.
- 2) Pengguna dapat melakukan *zoom in* dan *zoom out*, *pan tool* dan *arrow tool* pada peta dimana pergerakan pesawat disimulasikan.
- 3) Pengguna harus menentukan menggunakan 1 vor/dme atau 2 vor/dme pada menu yang telah disediakan, dengan memilih kode VOR/DME.
- 4) Perangkat lunak menampilkan peta dengan VOR/DME, *airways* dan *airport* dimana posisi awal pesawat.
- 5) Perangkat lunak tidak dapat menunjukkan letak VOR/DME pada peta, jika VOR/DME tidak ditentukan atau tidak dipilih terlebih dahulu.
- 6) Pengguna dapat menentukan *heading* pesawat agar menuju ke VOR/DME yang ditentukan atau dipilih.
- 7) *Heading* pesawat dapat ditampilkan pada bagian tampilan besaran *heading* perangkat lunak.
- 8) Map pada perangkat lunak dapat menampilkan line/garis antara posisi pesawat dengan VOR/DME.

- 9) Instrument EHSI dapat menampilkan *distance* dalam Nm (*Nautical Mile*) dan sudut (dalam degree) antara pesawat dengan VOR.
- 10) Pengguna dapat mengubah letak pesawat sesuai dengan data airport yang ada.
- 11) Pengguna dapat menambah data VOR/DME dan data airport yang sudah ada.

### Analisis Kebutuhan Non-Fungsional

Analisis kebutuhan non fungsional dilakukan untuk mengetahui spesifikasi kebutuhan untuk sistem. Spesifikasi kebutuhan melibatkan analisis perangkat keras/*hardware*, analisis perangkat lunak/*software*, analisis pengguna/user.

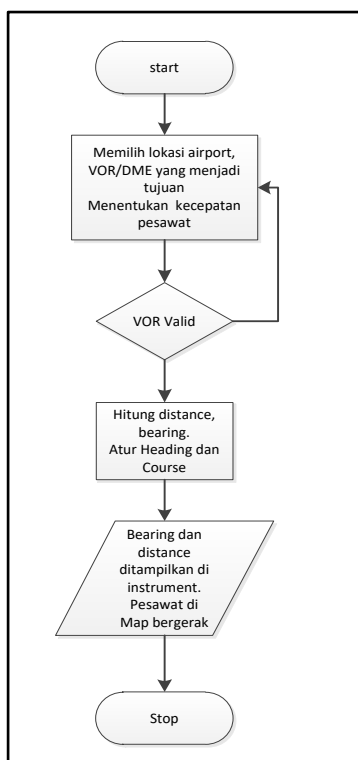
### Perancangan Sistem

Sistem aplikasi yang akan dikembangkan menggunakan MapX 4 untuk tampilan map dengan koordinat airport dan koordinat VOR/DME. Pesawat diterbangkan dari airport terdekat, *heading* dan kecepatan pesawat dapat diatur.

Sistem aplikasi yang akan dikembangkan menggunakan MapX 4 untuk tampilan map dengan koordinat airport dan koordinat VOR/DME. Pesawat diterbangkan dari airport terdekat, *heading*, *course* dan kecepatan pesawat dapat diatur.

Model instrument pesawat yang dikembangkan menggunakan *GL Studio Version 4.0.9.0*, informasi lebih lengkap dapat diakses dari [https://disti.com/?utm\\_campaign=product\\_domain&utm\\_source=simulation.com&utm\\_medium=domain&ref=dp2](https://disti.com/?utm_campaign=product_domain&utm_source=simulation.com&utm_medium=domain&ref=dp2).

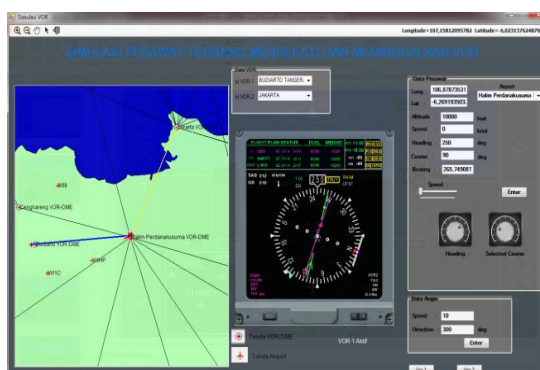
Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat program simulasi adalah C# Visual Studio 2010. Flowchart program simulasi pergerakan pesawat mendekati dan melewati VOR yang dikembangkan seperti gambar berikut,



**Gambar 5.** Alur Simulasi VOR/DME

### Pengembangan Perangkat Lunak Simulasi Vor/Dme

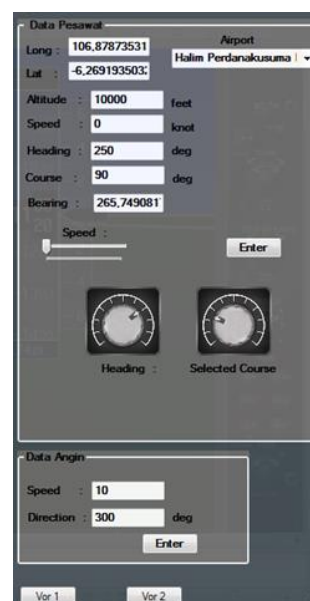
Aplikasi ini terdiri dari 1 antarmuka dengan terdapat data input, data output, maps dan instrument pesawat terbang. Berikut merupakan gambar tampilan antarmuka dari aplikasi yang telah dibuat



**Gambar 6.** Tampilan Simulasi Pesawat Mendekati/Meninggalkan VOR/DME

Tampilan perangkat lunak dikelompokkan menjadi data pesawat, data angin, map. Data pesawat terdapat data airport(latitude dan longitude), altitude dibuat kontstan, terdapat input yang dapat diatur oleh pengguna seperti speed, heading dan course. Bearing merupakan hasil

perhitungan , bearing ini merupakan bearing(sudut) antara pesawat dengan VOR/DME.



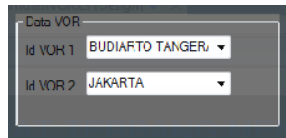
**Gambar 7.** Data Pesawat dan Data Angin

Terdapat pilihan airport dimana pesawat terbang mulai diterbangkan. Data airport dapat diupdate dengan menambah airport Indonesia sesuai dengan format data yang diberikan. Data-data airport yang dipergunakan disesuaikan dengan ketersediaan peta tampilan.

**Tabel 1.** Keterangan Instrument.

Gambar	Keterangan
	Slicer untuk mengatur Speed pesawat.
	Generic knob untuk mengatur heading pesawat.
	Generic knob untuk mengatur course pesawat.
	Button untuk mengaktifkan Vor 1 dan Vor 2 di instrument EHSI.

Data VOR merupakan data dari VOR/DME yang menjadi tujuan pesawat terbang. Dapat digunakan 2 data VOR/DME dalam hal ini dipilih berdasarkan nama VOR/DME, pada pesawat terbang pilihan VOR/DME menggunakan frekwensi dari VOR/DME yang menjadi tujuan, frekwensi VOR/DME Budiarto 115.8 MHz dan DKI Jakarta 114.6.



**Gambar 8.** Data VOR

Terdapat pilihan *VOR/DME* yang menjadi tujuan pesawat terbang. Data *VOR/DME* dapat diupdate dengan menambah *VOR/DME* di Indonesia sesuai dengan format data yang diberikan. Data-data *VOR/DME* yang dipergunakan disesuaikan dengan ketersediaan peta tampilan

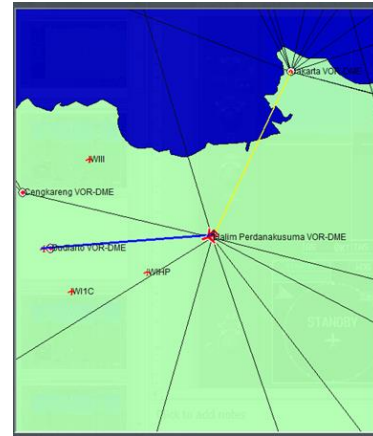
Instrument EHSI dipergunakan untuk menampilkan data-data hasil perhitungan seperti heading, deviasi, frekwensi *VOR/DME*, kode *VOR/DME*, jarak (distance),



**Gambar 9.** Instrument EHSI

Pada gambar instrument diatas data VOR 1 ditunjukkan frekwensi 115.8, kode *VOR/DME* BTO, bearing  $265^{\circ}$  jarak 19 Nm. Data VOR 2 ditunjukkan frekwensi 114.6, kode *VOR/DME* DKI, bearing  $25^{\circ}$  jarak 21 Nm. Pada instrument ditunjukkan bahwa VOR 1 yang aktif. Heading pesawat  $250^{\circ}$ , course ditunjukkan dengan jarum hijau pada instrument.

Pada peta simulasi dapat ditunjukkan pesawat dengan heading  $250^{\circ}$ , letak *VOR/DME* Jakarta dan *VOR/DME* Budiarto. Garis merah dan kuning sebagai garis penghubung antara pesawat terbang dengan *VOR/DME* yang menjadi tujuan. Peta simulasi seperti pada gambar berikut,

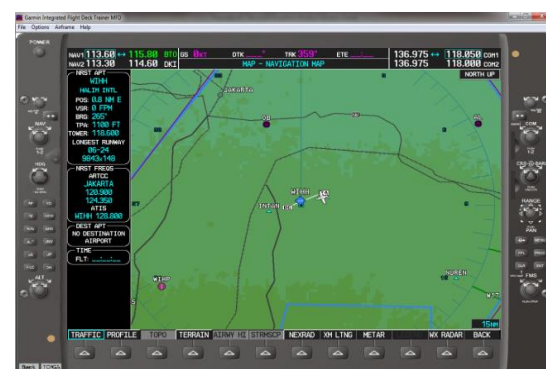


**Gambar 10.** MAP Simulasi

Tinjauan pustaka berisi sintesis dari berbagai konsep/teori yang sesuai dengan topik dari artikel/naskah. Kerangka teori yang digunakan dimasukkan dalam bagian tinjauan pustaka. Pustaka acuan yang digunakan harus menggunakan referensi yang terkini (lima tahun terakhir) dan lebih mengutamakan referensi dari jurnal ilmiah terkait yang terakreditasi dan bereputasi.

## Hasil Pengujian

Perangkat lunak Simulasi Pesawat Terbang Mendekati Dan Meninggalkan *VOR* dibandingkan dengan perangkat lunak *Garmin Integrated Flight Deck (GIFD) Trainer*, version 14.01 dibuat oleh *Garmin Ltd*. Pengujian dilakukan pada airport Halim Perdanakusuma, heading pesawat  $250^{\circ}$ . Map tampilan *Garmin* seperti pada gambar berikut,



**Gambar 11.** Map GIFD Trainer

Instrument *EHSI GIFD Trainer* seperti pada gambar berikut,





Gambar 12. EHSI GFD Trainer

Gambar lengkap dari PFD (Primary Flight Display) dengan pemilihan VOR/DME dengan menggunakan frekwensi seperti pada gambar berikut,



Gambar 13. PFD GFD Trainer

NAV1 113.60 → 115.80 BTO  
NAV2 113.30 → 114.60 DKI

VOR/DME aktif  
ditunjukkan  
berwarna hijau.

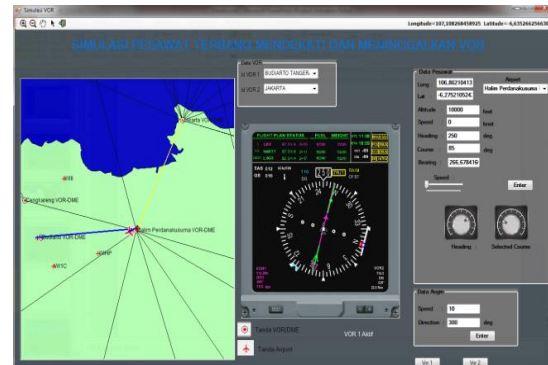
Data VOR/DME tujuan pesawat dalam pengujian Budiarto (BTO) dan Jakarta (DKI). Pada pengujian VOR/DME tujuan pesawat adalah BTO dengan menggunakan GFD Trainer, diperoleh gambar seperti berikut,



Gambar 14. PFD GFD Trainer BTO Course 85

Hasil dari program simulasi yang dikembangkan dengan menggunakan

skenario yang sama seperti pada gambar berikut,



Gambar 15. Hasil Simulasi VOR BTO Course 85

EHSI perangkat GFD Trainer dengan Simulasi yang dikembangkan dengan skenario VOR/DME BTO dengan heading 250° course = 85° ditunjukkan seperti dalam perbandingan berikut.



Gambar 16. Perbandingan Hasil Simulasi

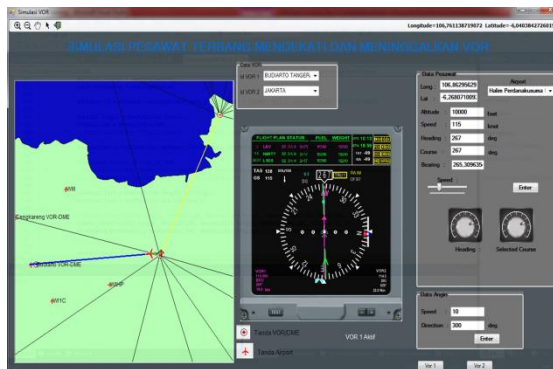
Bearing antara pesawat terbang dengan VOR/DME BTO adalah sebesar 265,67° sehingga supaya pesawat dapat tepat melalui BTO heading harus diarahkan pada 265,67°. Tanda panah dalam lingkaran merah menunjukkan pesawat terbang telah melewati VOR/DME Budiarto.

Supaya pesawat dapat melalui VOR/DME Budiarto maka heading pesawat terbang harus diarahkan sesuai dengan bearing antara pesawat dengan VOR/DME tujuan, heading = 265,67° atau 266° atau heading mendekati 266° Seperti pada gambar dibawah ini menggunakan GFD Trainer.



Gambar 17. PFD GFD Trainer BTO Course 265

Hasil dari program simulasi yang dikembangkan dengan skenario yang sama *heading* 267 seperti pada gambar berikut,



Gambar 18. Hasil Simulasi VOR BTO Heading 267<sup>0</sup>, Course 267<sup>0</sup>

EHSI perangkat *GFD Trainer* dengan Simulasi yang dikembangkan dengan skenario VOR/DME BTO dengan heading 267<sup>0</sup> course = 267<sup>0</sup> ditunjukkan seperti dalam perbandingan berikut.

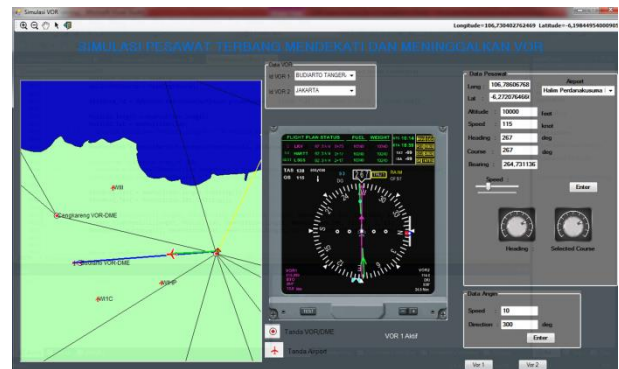


EHSI *GFD Trainer*

EHSI Simulasi VOR

Gambar 19. Perbandingan Hasil Simulasi

Aplikasi Simulasi VOR dijalankan dengan mengatur speed 115 Nm, hasil simulasi dapat diperlihatkan seperti pada gambar berikut.



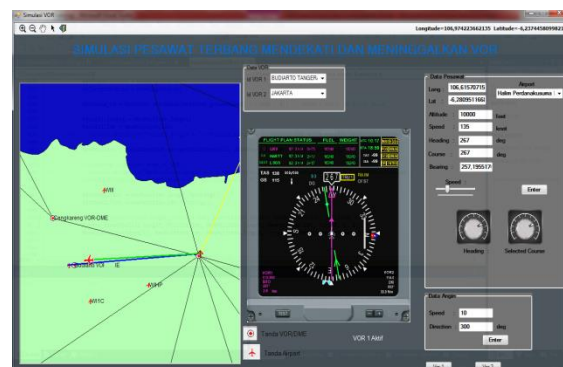
Gambar 20. Simulasi Dengan Speed 115 Nm

Tanda *from/to* pada instrument tetap menunjukkan to (menuju) BTO, map dan instrument diperbesar seperti pada gambar berikut,



Gambar 21. Perbesaran Map dan Instrument

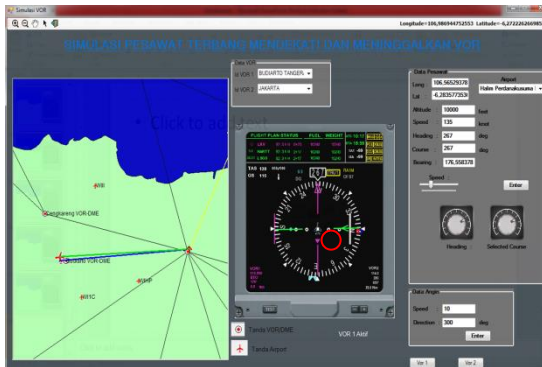
Simulasi tetap dijalankan sampai jarak antara pesawat dengan BTO 3 nm, seperti pada gambar berikut,



Gambar 22. Jarak Pesawat ke BTO 3 Nm

Tanda *from/to* pada instrument tetap menunjukkan to (menuju) BTO, besar bearing 257,19<sup>0</sup>.

Pada waktu pesawat telah melewati BTO, seperti pada gambar berikut



Gambar 23. Pesawat Melewati BTO

Tanda *from/to* pada instrument menunjukkan *from* (dari) BTO, dengan *bearing*  $176,55^{\circ}$  jarak antara pesawat ke BTO 0 Nm, gambar map dan instrument diperbesar,



Gambar 24. Perbesaran Map dan Instrument

## KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dengan membuat perangkat Simulasi Pesawat Terbang Melalui NavAids dalam hal ini VOR, kemudian membandingkan hasil yang diperoleh dengan *Garmin Integrated Flight Deck (GIFD) Trainer, version 14.01* dibuat oleh *Garmin Ltd* dengan mendapat hasil yang sama. Sistem yang dikembangkan dapat menjadi salah satu media pembelajaran bagi yang berminat mempelajari dan memahami sistem/cara kerja navigasi penerbangan khususnya VOR/DME.

## SARAN

Perangkat lunak perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menambah peralatan navigasi lain yaitu *automatic direction finder (ADF)* atau *non-directional beacon (NDB)*. Dalam menentukan arah penerbangan dari

bandara ke bandara lain selain menggunakan VOR/DME juga menggunakan ADF.

Dalam penerbangan pesawat peralatan navigasi (NavAids) adalah VOR/DME, ADF atau NDB, ILS (Instrument Landing System), Marker Beacon (Outer Marker, Midle Marker dan Inner Marker).

## UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Simlibtamas Dikti yang telah memberikan dana dalam pembuatan program simulasi pergerakan pesawat mendekati dan melewati VOR, sehingga dapat dipergunakan untuk memperkenalkan wahana kedirgantaraan. Terima kasih juga kami sampaikan pada pengelola dari jurnal Warta Ardia yang telah memberi kesempatan untuk memuat hasil penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nugraha, Septa., & Caesar, 2016, *Analisis Kinerja Sistem Doppler VHF Omnidirectional Range dan Distance Measuring Equipment pada Navigasi Penerbangan* Aditya Tama. 2016..
- Markham, Chris , January 1995, *The Command Instrument Rating-A Complete Guide to the Theory, Sixth Edition, Norhern Territory.*
- Navigation Study Guide, 1997, Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia
- Instrument Flying Handbook, FAA-H-8083-15, US Departement of Transportation, 2001, Federal Aviation Administration, Flight Standart Service.
- Sommerville, I., 2011. Software Engineering. 9th ed. London: AddisonWesley.
- Tunjung, Bondhan. 2011. *Distance Measuring Equipment (DME) Sebagai Alat Navigasi pada Pesawat.* Universitas Diponegoro. Semarang
- Diegowidagdo, 2014. *Peralatan Navigasi dalam Penerbangan.* <https://diegowidagdo.wordpress.com/2014/12/21/peralatan-navigasi-dalam-penerbangan/>
- Rosyada, Destilla, 2014. *VHF Omni-Directional Range (VOR).*

<http://destillarosyada.blogspot.com/2014/12/vhf-omni-directional-range-vor-21.html>

Koswara, Rudi, 2017., *Horizontal Situation Indicator*,  
<http://myelectronicnote.blogspot.co.id/2017/04/hsi-horizontal-situation-indicator.html>

Susanto, Arip, 2015, Navigasi Udara,  
<http://www.aripsusanto.com/p/navigasi-udara.html>

Aprianto, Malik, 2013, Sistem Koordinat GCS dan UTM,  
<http://malikaprianto10.blogspot.com/2013/04/sistem-koordinat-gcs-dan-utm.html>

GL STUDIO, GlsPlayer 4.0.9.0, User's Manual  
Version 4.0.9.0.a Document Number  
GLSPLYR-0001 rev a