

TUGAS AKHIR

ANALISIS LINK BUDGET ANTENA SIDEBAND DVOR MODEL 432 UNTUK MEMANDU PESAWAT

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ANDIKA HARAHAHAP
1407220052



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS LINK BUDGET ANTENA SIDEBAND DVOR MODEL 432
UNTUK MEMANDU PESAWAT

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :
(21 September 2018)

Oleh :

ANDIKA HARAHAP

1407220052

Pembimbing I

(Noorly Evalina ST. MT)

Pembimbing II

(Partaonan Harahap ST . MT)

Penguji I

(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

Penguji II

(Solly Aryza Lubis ST. M. Eng)

Diketahui dan Disahkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : ANDIKA HARAHAAP
NPM : 1407220052
Tempat / Tgl Lahir : Meranti Jaya / 17 Desember 1993
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

“ ANALISIS LINK BUDGET ANTENA SIDEBAND DVOR MODEL 432 UNTUK MEMANDU PESAWAT ”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Medan, 5 Oktober 2018

Saya yang menyatakan

ANDIKA HARAHAAP

1407220052

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “***Analisis Analisis Link Budget Antena Sideband DVOR Model 432 Untuk Memandu Pesawat***”.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda tersayang, yang dengan cinta kasih dan sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Srg, ST, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Partaonan Hrp, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing II.
5. Ibu Noorly Evalina ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Karyawan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Elektro angkatan 2014 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

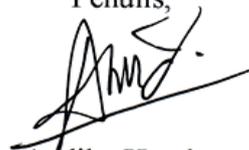
Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alukum wr.wb

Medan, 06 September 2018

Penulis,



Andika Harahap

1407220052

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	7
2.2 Landasan Teori	9
2.3 Pengertian Navigasi Udara	10
2.4 DVOR (<i>Doppler VHF Omnidirectional Range</i>).....	13
2.4.1 Prinsip Dasar Sistem DVOR	15
2.4.2 Antena DVOR	18
2.4.3 Sistem Kelistrikan	20
2.4.4 Sistem <i>Single Sideband</i>	21

2.4.5 Sistem <i>Double Sideband</i>	22
2.4.6 Konsep Dasar Radio Navigasi	22
2.4.7 Konfigurasi Perangkat DVOR – OBS	24
2.4.8 Parameter Perhitungan Efek <i>Doppler</i> pada Antena <i>Sideband</i>	26
2.4.9 Cara Kerja Perangkat DVOR	26
2.4.10 Perhitungan <i>Link Budget</i>	27
2.5 NDB (<i>Non Directional Beacon</i>)	30
2.5.1 Penggunaan NDB	30
2.5.2 <i>Power Output</i> dan <i>Range</i>	31
2.5.3 Frekuensi NDB	32
2.5.4 Bagian Pokok NDB	33
2.6 DME (<i>Distance Measuring Equipment</i>)	33
2.7 ILS (<i>Instrument Landing System</i>)	34
2.7.1 Komponen ILS	34
2.7.2 <i>Localizer</i>	36
2.7.3 <i>Glide Slope</i>	37
2.7.4 <i>Marker Beacon</i>	37
2.7.5 <i>Decision Height</i>	37
2.7.6 Kategori ILS	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Lokasi Penelitian	39
3.2 Peralatan Penelitian	39
3.3 Data Penelitian	40
3.4 Metode Penelitian	40

3.5 <i>Flowchart</i> Penelitian	41
3.6 <i>Flowchart</i> Analisa Data Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Perhitungan <i>Attenuasi</i> dan <i>Pathloss</i> Frekuensi Antena <i>Sideband</i> ...	43
4.2 Jenis Gangguan Frekuensi Yang Terjadi	50
BAB V PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Beban Bandara Kualanamu	20
Tabel 2.2. Kategori ILS.....	38
Tabel 3.1 Data Penelitian	40
Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian DVOR	44
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Attenuasi</i> Frekuensi Antena <i>Sideband</i>	45
Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian DVOR	47
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Pathloss</i> Frekuensi Antena <i>Sideband</i>	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengiriman Sinyal Oleh Antena DVOR	19
Gambar 2.2. Blok Diagram Kelistrikan DVOR	21
Gambar 2.3. Gelombang Modulasi Amplitudo	23
Gambar 2.4. Gelombang Modulasi Frekuensi	24
Gambar 2.5. Blok diagram pemrosesan data pada DVOR	24
Gambar 2.6 Konfigurasi Perangkat DVOR	25
Gambar 2.7. Cara kerja perangkat DME	33
Gambar 2.8. Gambaran sinyal <i>Glide Slope</i> dan <i>Localizer</i>	35
Gambar 2.9. Gambaran Tiga Dimensi Sistem Pendaratan Instrumen	35
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2. Diagram Alir Analisa Data Penelitian	42
Gambar 4.1. Grafik <i>Attenuasi</i> Per 2 KilometeR.....	46
Gambar 4.2. Grafik <i>Pathloss</i> Per 2 Kilometer	50

ABSTRAK

Teknologi telekomunikasi terus berkembang seiring dengan perkembangan jaman, dimana media komunikasi pada awalnya masih menggunakan kabel atau *wireline* sebagai media transmisi data maupun nirkabel, salah satu media nirkabel ialah gelombang radio. Penerapan gelombang radio ialah untuk komunikasi alat navigasi udara di bandara maupun di pesawat, salah satu alat tersebut ialah *Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR)*. Dalam DVOR, informasi pengiriman frekuensi menuju pesawat akan mengalami penurunan frekuensi yang diakibatkan oleh jarak dan dengan menggunakan parameter perhitungan *link budget*. Proses terjadinya *attenuasi* dan *pathloss* dipengaruhi oleh jarak antara DVOR dan pesawat. Perubahan nilai *attenuasi* terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,3$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Perubahan nilai *pathloss* terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,38$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Dan semakin jauh jarak yang ditempuh gelombang frekuensi maka semakin besar nilai *attenuasi* dan *pathloss* yang dihasilkan. Jenis gangguan-gangguan yang terjadi pada saat proses pengiriman atau penerimaan yaitu adanya *noise*, *fading* dan adanya interferensi gelombang radio yang sama sehingga sangat berbahaya bagi pesawat.

Kata kunci: DVOR, *attenuasi*, *pathloss*, jenis gangguan telekomunikasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi telekomunikasi terus berkembang seiring dengan perkembangan jaman, dimana media komunikasi pada awalnya masih menggunakan kabel atau *wireline* sebagai media transmisi data maupun nirkabel, salah satu media nirkabel ialah gelombang radio. Komunikasi gelombang radio pada awalnya hanya digunakan terbatas yaitu untuk komunikasi militer, tapi kini gelombang radio juga dipergunakan untuk komunikasi umum. Contoh penerapan gelombang radio ialah untuk komunikasi alat navigasi udara di bandara maupun di pesawat, salah satu alat tersebut ialah *Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR)*[1].

Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR) yaitu suatu peralatan navigasi udara untuk memandu pesawat agar bisa mendarat sempurna pada bandara yang dituju dengan cara memberikan informasi berupa *azimuth* atau bearing buatan, bukan *azimuth* arah sebenarnya (utara, timur, selatan, barat sebenarnya kepada pesawat) melainkan informasi terhadap titik *DVOR ground station* yang ada pada Bandara Kuala Lumpur. Stasiun DVOR akan memancarkan gelombang kesegala arah yang akan diterima pesawat sehingga memungkinkan pilot untuk menentukan arah dan tujuan ke bandara Kuala Lumpur yang berada dalam daerah jangkauannya. Perangkat ini bekerja pada *band* frekuensi jenis *Very High Frequency (VHF)* yang berada dalam jarak frekuensi 30 - 300Mhz, sedangkan DVOR sendiri memiliki jarak frekuensi kerja pada 108.0 – 117.95 Mhz dengan

maksimum cakupan area seluas 175 *nautical miles* (315 Km) pada ketinggian 43000 *feet* dan pada DVOR sinyal yang dipancarkan bersifat *Line of sight* atau segaris dengan pandangan mata. DVOR memiliki antenna berjumlah 49 yang fungsinya terbagi menjadi dua, yaitu antenna *sideband* dan antenna *carrier*. Dimana antenna *sideband* berjumlah 48 buah yang letaknya mengelilingi antenna *carrier*, sedangkan antenna *carrier* hanya berjumlah 1 buah yang berada di tengah – tengah lingkaran berdiameter 13,5 m[2].

Berdasarkan hal tersebut diatas, penulis berkeinginan membuat tugas akhir tentang “*Analisis Link Budget Antena Sideband DVOR Model 432 Untuk Memandu Pesawat*” dan melakukan penelitian mengenai, prinsip kerja *Doppler VHF Omnidirectional Range* (DVOR) yang menggunakan sistem modulasi amplitudo (AM) dan modulasi frekuensi (FM). Dan menganalisa proses perhitungan *link budget* pada antenna *sideband* DVOR serta hubungannya terhadap efek doppler yang dipancarkan dengan frekuensi kerja DVOR bandara kualanamu yaitu 112.2 MHz.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas dapat diketahui permasalahan yang perlu dikaji lebih lanjut, yaitu:

1. Bagaimana proses terjadinya *attenuasi* dan *pathloss* pada frekuensi *link budget* antenna *sideband* DVOR Bandara Kualanamu ?
2. Bagaimana jenis gangguan-gangguan yang terjadi pada saat pengiriman atau penerimaan frekuensi ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Menganalisa proses terjadinya *attenuasi* dan *pathloss* pada frekuensi *link budget* antena *sideband* DVOR Bandara Kualanamu.
2. Mengetahui jenis gangguan-gangguan yang terjadi saat pengiriman atau penerimaan frekuensi.

1.4 Batasan Masalah

Pada penulisan Tugas Akhir ini penulis menganalisa *Doppler Very High Omnidirectional Range* (DVOR) dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Parameter-parameter perhitungan pada analisis Tugas Akhir ini diambil dari *Manual Book Model 1150 / 432 Doppler Omni Directional Range* (DVOR) dan parameter *link budget* yaitu :
 - a. Kecepatan cahaya (V) = 3×10^8 m/s
 - b. Jarak (*distance*)
 - c. Antenuasi
 - d. *Pathloss*
 - e. *Fobserve*
2. Frekuensi kerja yang dipergunakan antara 108 MHz sampai 118 MHz. Dengan memakai frekuensi kerja Bandara Kualanamu berada pada 112,2 Mhz pada jarak 0 - 40 Nm (0 - 72 Km).
3. Sistem modulasi yang digunakan adalah Amplitudo Modulasi (AM) dan Frekuensi Modulasi (FM).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini adalah

:

1. Bagi Mahasiswa, dapat mengetahui bagaimana proses sebuah pesawat bisa mendapatkan informasi azimuth buatan serta sistem kerja antena *sideband* sebagai wujud penerapan ilmu yang didapat selama masa perkuliahan.
2. Bagi Universitas, dapat dijadikan sebagai referensi untuk mengetahui kajian mengenai proses sebuah pesawat dapat informasi menuju arah bandara kualanamu dengan menggunakan DVOR yang menggunakan modulasi FM dan AM.
3. Bagi Perusahaan, dapat mengetahui proses pengiriman informasi frekuensi *link budget* antena *sideband* DVOR Bandara Kualanamu serta hubungannya terhadap efek *doppler* yang dipancarkan antenna untuk memandu pesawat yang dipancarkan antenna pada jarak 40 NM.

1.6 Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literature

Meliputi studi definisi *Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR)* dan parameter *link budget* antena *sideband* serta pengaruhnya terhadap efek *doppler* untuk memandu pesawat ke bandara kualanamu, dengan modulasi FM dan AM.

2. Data Riset

Meliputi pengumpulan data frekuensi DVOR bandara kualanamu dan sudut datangnya arahnya pesawat.

3. Pengolahan Data dan Analisa

Perhitungan besar *pathloss* antenna *sideband* yang terjadi pada DVOR.

Berdasarkan kepada data yang diperoleh dengan metode efek doppler dan menggunakan parameter *link budget*.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tentang kutipan dari penelitian terdahulu serta menguraikan tentang teori dasar - dasar umum tentang peralatan navigasi udara terutama *Doppler Very High Omnidirectional Range* (DVOR), parameter *link budget* antenna *sideband* DVOR, konfigurasi perangkat *Doppler Very High Omnidirectional Range* (DVOR), dan jenis peralatan navigasi udara.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tempat dan data riset serta langkah – langkah pemecahan masalah yang akan di bahas, meliputi langkah – langkah pengumpulan data dan cara – cara pengolahan data.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan perhitungan *link budget* antenna *sideband* DVOR serta pengaruhnya terhadap efek *doppler* yang terjadi pada DVOR Bandara Kualanamu.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Teknologi telekomunikasi terus berkembang seiring dengan perkembangan jaman, dimana media komunikasi pada awalnya masih menggunakan kabel atau *wireline* sebagai media transmisi data maupun nirkabel, salah satu media nirkabel ialah gelombang radio. Komunikasi gelombang radio pada awalnya hanya digunakan terbatas yaitu untuk komunikasi militer, tapi kini gelombang radio juga dipergunakan untuk komunikasi umum. Contoh penerapan gelombang radio ialah untuk komunikasi alat navigasi udara di bandara maupun di pesawat, salah satu alat tersebut ialah *Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR)*[1].

Beberapa penelitian tentang *Doppler VHF Omnidirectional Range* yang dilakukan yaitu :

1. DVOR (Doppler VOR) adalah alat bantu navigasi yang dimiliki oleh bandara guna menunjang segala aktifitas penerbangan. Alat navigasi ini memberikan informasi arah mata angin buatan (azimuth) kepada pesawat, sehingga ketika pesawat berada di udara seorang pilot dapat memperoleh informasi arah mata angin buatan (azimuth). Alat ini dapat memberikan informasi azimuth dari 0° sampai dengan 360° , sehingga seorang pilot akan tetap mengetahui posisi pesawat ketika mengudara mengingat bahwa di udara seorang pilot tidak dapat mengetahui informasi arah mata angin hanya dengan menggunakan sebuah kompas seperti halnya ketika berada di darat[2].

2. Dalam DVOR, informasi yang dikirim menggunakan efek *doppler* menuju pesawat akan mengalami penurunan sinyal (*loss*) yang diakibatkan oleh jarak. Dengan melakukan analisis perhitungan *link budget* menggunakan parameter *pathloss* dan atenuasi terhadap efek *doppler* dengan objek penerima (pesawat), maka apabila pesawat semakin mendekat, akan menghasilkan perubahan nilai *pathloss* dan atenuasi yang tidak berarti. Perhitungan *pathloss* dengan peubah jarak menghasilkan pengurangan $\pm 1\text{dB}$ pada rentang jarak tempuh pesawat, mulai dari jarak 30 Km hingga 5 Km dengan interval 5 Km. Sehingga semakin jauh jarak yang ditempuh oleh gelombang frekuensi *Fobserved* maka semakin besar nilai atenuasi yang akan diterima. Pada analisis atenuasi sebuah antenna terhadap jangka waktu tertentu menghasilkan perubahan sebesar $\pm 1\text{dB}$ dalam waktu tempuh dengan rentang masing-masing sebesar 32 detik, 29 detik, 26 detik, 22 detik, 18 detik, 15 detik, 12 detik, 10 detik, dan 8 detik, dan diperoleh kesimpulan semakin besar nilai waktu yang dipergunakan pada sebuah antenna DVOR maka semakin kecil atenuasinya[1].
3. DVOR yaitu suatu peralatan navigasi udara untuk memandu pesawat agar bisa mendarat sempurna pada bandara yang dituju dengan cara memberikan informasi berupa *azimuth* atau *bearing* buatan yang menggunakan frekuensi akibat adanya efek *doppler*, bukan *azimuth* arah sebenarnya kepada pesawat melainkan informasi terhadap titik DVOR *ground station* yang ada pada Bandara Kualanamu. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Efek Doppler. Berdasarkan arah mendarat *runway* 23, OBS menunjukkan *azimuth / bearing* 110° sebagai panduan arah bandara tujuan,

dengan frekuensi Efek *Doppler* antena *sideband* 112.209.960,0157 Hz. Berdasarkan arah mendarat *runway* 05, OBS menunjukkan *azimuth* / *bearing* 191° sebagai panduan arah bandara tujuan, dengan frekuensi Efek *Doppler* antena *sideband* 112.209.960,01865 Hz. Dan jenis gangguan frekuensi yang terjadi pada pengiriman sinyal frekuensi DVOR ke penerima (pesawat) adalah *noise*, *fading*, *interferensi frekuensi radio*[3].

2.2 Landasan Teori

Link budget merupakan sebuah cara untuk menghitung mengenai semua parameter dalam transmisi sinyal, mulai dari gain dan losses dari Tx sampai Rx melalui media transmisi. Dalam hal ini perhitungan dengan media transmisi *Wifi*. *Link* merupakan parameter dalam merencanakan suatu jaringan yang menggunakan media transmisi berbagai macam. *Link budget* ini dihitung berdasarkan jarak antara *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx). Link budget juga dihitung karena adanya penghalang antara Tx dan Rx misal gedung atau pepohonan. *Link budget* juga dihitung dengan melihat spesifikasi yang ada pada antenna. Parameter antenna yang dibutuhkan dalam perhitungan antara lain :

1. Jarak (d) terjauh antara antena pemancar (Tx) dengan antena penerima (Rx).
2. Frekuensi BS dan Antena penerima, ini merupakan frekuensi standart 2,4 GHz.
3. TX *Power* merupakan daya dari AP (Access Point) yang akan kita gunakan.
4. TX *Cable Loss* merupakan loss atau kerugian yang terjadi karena kabel yang kita gunakan.
5. TX *Antena Gain* merupakan daya terpancar dari antena yang kita gunakan.
6. RX *Antena Gain* merupakan daya yang dihasilkan dari antena penerima.

7. *RX Cable Loss* sebenarnya hampir sama dengan Tx kabel *loss*, hanya saja ini terjadi pada daerah penerima atau antena penerima.
8. *RX Sensitivity* merupakan sensitivitas dari antena penerima dalam hal menangkap sinyal wifi dari antena pemancar.

Parameter-parameter tersebut biasanya sudah tercantum dalam datasheet peralatan dalam mendirikan infrastruktur DVOR[1].

2.3 Pengertian Navigasi Udara

Navigasi berasal dari bahasa latin yaitu *navis* yang berarti kapal dan *agere* yang berarti bergerak. Navigasi udara dapat didefinisikan sebagai ilmu atau peralatan untuk menentukan pesawat terbang dalam melakukan penerbangan hingga sampai tujuan dengan selamat. Navigasi udara ada juga yang menyebut sebagai fase-fase dalam jalur penerbangan.

Dalam kegiatan penerbangan, pengetahuan dan keterampilan bernavigasi bagi semua pihak yang terkait dengan kegiatan penerbangan, sangat penting dan menentukan keberhasilan misi penerbangan itu sendiri Seorang pilot harus mahir bernavigasi, agar perjalanan pesawat yang dikemudikannya dapat berlangsung secara aman dan tidak sesat. Seorang *Flight Operation Officer* (FOO) harus mahir dan memahami pengetahuan navigasi, karena mereka harus mampu memberikan pelayanan dan dukungan operasional penerbangan kepada pesawat dan pilot yang dilayaninya. Bagi seorang ATC, AIS Officer, Teknisi Navigasi dan lain-lain, pengetahuan tentang navigasi juga sangat penting dan harus mereka kuasai dengan benar, karena dengan pengetahuan yang baik tentang navigasi, diharapkan mereka mampu memberikan pelayanan navigasi penerbangan secara optimal.

Dengan kemajuan teknologi dipasanglah rambu-rambu udara yang tempatnya di darat seperti NDB, DVOR, ILS, DME dan lain sebagainya yang fungsinya untuk menuntun pesawat terbang dalam perjalanannya dari satu tempat ketempat yang lain, sehingga panduan secara manual bisa digunakan.

Faktor-faktor yang akan mempengaruhi kegiatan navigasi pada umumnya adalah masalah posisi di darat (di muka bumi), kecepatan pesawat terbang pada berbagai ketinggian terbangnya, serta pengaruh pergerakan udara (angin). Hal-hal inilah yang nanti akan mendominasi diskusi selanjutnya, disamping perhitungan waktu, rencana penerbangan (*flight plan*) dan lain sebagainya[4].

Peralatan Navigasi udara pada dasarnya dapat diklasifikasikan dalam dua bagian yaitu :

1. Peralatan Navigasi Utama

A. Yang termasuk peralatan navigasi utama :

1. NDB (*Non Directional Beacon*)
2. DME (*Distance Measuring Equipment*)
3. DVOR (*Doppler VHF Omnidirectional Range*)

B. Yang termasuk alat bantu pendaratan adalah ILS (*Instrument Landing System*)

yang terdiri dari :

1. *Localizer*
2. *Glidepath/ Glide slope*
3. *Marker Beacon* :
 - a. *Outer marker*
 - b. *Middle marker*
 - c. *Inner marker*

2. Peralatan Penunjang Navigasi :

- a. Radar
- b. ATC
- c. Alat Pengindera Cuaca / *Runway Visual Range* (RVR)
- d. Alat Penginformasian Bandar Udara ATIS (*Automatic Terminal Information Service*)

Ada beberapa cara yang dapat dijadikan pokok untuk bernavigasi yaitu:

1. ***Celestial navigation*** (navigasi angkasa) yaitu cara bernavigasi dengan menentukan / memperhitungkan letak benda-benda langit seperti letak / posisi bintang-bintang, bulan, planet-planet dan matahari. Cara bernavigasi semacam ini adalah cara bernavigasi paling kuno. Alat yang digunakan untuk menentukan letak benda-benda tersebut adalah sextant, yaitu perhitungan dengan cara prinsip *Triangle geometri* yaitu mengukur sudut antar posisi benda.
2. ***Piloting navigation*** yaitu cara bernavigasi dengan menentukan posisi dengan acuan pada tanda-tanda yang umum dan tetap dipermukaan bumi, misalnya gunung-gunung, pantai, danau, sungai atau tempat-tempat yang menentukan letak geografis tertentu.
3. ***Dead recoqning*** yaitu cara bernavigasi dengan menentukan posisi dengan menentukan / memperhitungkan arah angin, kecepatan dan jarak tempuh.
4. ***Radio navigation*** yaitu cara bernavigasi dengan menggunakan peralatan radio elektromagnetik dengan mengukur waktu tempuh / jarak / posisi berdasarkan signal yang diterima dari gelombang radio tersebut yang dipancarkan oleh stasiun-stasiun pemancar navigasi.

Radio navigasi dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. *Active radio navigation* yaitu sistem navigasi yang menggunakan dua system dari kedua belah pihak untuk berkomunikasi yaitu pemancar dan penerima, contohnya peralatan DME dan RADAR.
2. *Passive radio navigation* yaitu sistem navigasi yang hanya menggunakan satu system dari masing-masing pihak yaitu pemancar atau penerima saja, contohnya peralatan VOR, ILS, NDB, GPS dan lain-lain[3].

2.4 DVOR (*Doppler VHF Omnidirectional Range*)

DVOR adalah sebuah alat bantu navigasi udara yang memberikan informasi arah kepada pesawat udara terhadap bandara atau station DVOR itu sendiri dengan azimuth tertentu.

Daerah frekuensi kerja dari DVOR yaitu 108 sampai 118 Mhz. Sistem kerja DVOR secara umum yaitu antena yang digunakan pada DVOR merupakan suatu antena yang seolah-olah berputar secara horizontal dengan antena tetap yang terletak ditengah-tengah. Pesawat udara yang terletak pada suatu jarak tertentu akan menerima perubahan frekuensi pada saat putaran menuju pesawat, dan akan mengalami pengurangan frekuensi apabila perputaran antena menjauhi pesawat. Pada DVOR, perputaran antenanya digantikan oleh perpindahan sinyal dari suatu antena ke antena lainnya kearah berlawanan jarum jam. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan signal pada beberapa antena secara bersamaan dengan pergeseran kearah berlawanan jarum jam. Dalam prakteknya karena adanya *overlapping* atau saling menumpang *radiation pattern* maka kita gunakan suatu *switching* yang sangat peka sebesar 30 Hz. Alat bantu navigasi DVOR ini dapat banyak membantu sistem navigasi dalam menuntun pesawat melakukan

pendaratan, *holding*, *homing*, *en-route*, dan lain-lain. DVOR berfungsi sebagai alat bantu navigasi yang bekerja pada daerah frekuensi 108 Mhz sampai dengan 118 Mhz yang memberi panduan kepada pesawat terbang ke segala arah dengan azimuth dari 0 sampai 360 derajat terhadap lokasi DVOR. Karena VOR bekerja pada frekuensi VHF maka jangkauan DVOR bersifat *line of sight*. Oleh karena itu DVOR dianggap sebagai alat navigasi jarak pendek. Pancaran maximum dari DVOR ini kurang lebih 200 NM (387 km) pada ketinggian 41000 ft[3].

DVOR dapat digunakan sebagai alat bantu navigasi untuk *En-route* (jalur lalu lintas udara) maupun sebagai *Terminal Aid* (pendekatan ke arah Bandar Udara). Penempatan fasilitas DVOR menentukan jalur lalu lintas udara. Bila VOR terletak disekitar *approach* area maka DVOR tersebut dapat digunakan untuk membantu pendaratan (*landing*). Namun DVOR ini juga dapat memberi informasi arah / azimuth untuk pesawat-pesawat yang melintas melalui rute lalu lintas udara diatas DVOR / Bandar Udara tersebut. Supaya DVOR dapat memberi panduan arah / azimuth kepada pesawat terbang sepanjang rute lalu lintas udara, maka perlu dipasang beberapa peralatan DVOR, karena jangkauan DVOR yang terbatas. Alat ini memberikan arah / sudut *azimuth* yang lebih jelas yang lebih teliti dari pada NDB. Walaupun demikian NDB tetap dipakai karena NDB memakai modulasi AM sehingga pancarannya sangat jauh. Ide dasar dari DVOR ini adalah *Rotating Light Beam* yang sampai sekarang masih dipakai di Bandar Udara untuk pendaratan pesawat kecil yang tidak menggunakan peralatan DVOR. Gambaran dari alat ini merupakan sebuah lampu pijar yang memancarkan cahayanya ke segala arah, dan sebuah lampu sorot yang memancarkan cahayanya pada arah tertentu. Lampu sorot diputar dengan kecepatan sudut tertentu. Lampu

pijar yang tetap hanya menyala apabila lampu sorot tepat menghadap arah Utara. Dengan menghitung waktu (t) antara sebuah pesawat melihat lampu pijar menyala sampai pesawat tersebut melihat lampu sorot maka dapat dihitung juga sudutnya. Jadi ide dari *Rotating Light Beam* ini menganggap lampu pijar sebagai *reference signal* sedangkan lampu sorot merupakan *variable signal*.

DVOR memakai dua buah sinyal yang dimodulasikan secara AM dan FM yaitu 30 Hz sebagai *reference* dan 30 Hz sebagai *variable*. Sebenarnya kedua signal ini membentuk perhitungan sudut akibat dari pergeseran fase signal *variable* terhadap signal *reference* sesuai posisi pesawat terhadap stasiun DVOR sehingga diperoleh beda fase tertentu yang menunjukkan sudut derajat *azimuthnya*[4].

2.4.1 Prinsip Dasar Sistem DVOR

VOR adalah peralatan bantu navigasi udara yang bekerja pada frekuensi 108 – 118 MHz dan berfungsi untuk memberikan sinyal panduan kesegala arah dengan azimuth dari 0 sampai 360 derajat, terhadap lokasi stasiun VOR. Karena VOR bekerja pada frekuensi VHF, maka jangkauan peralatan ini sangat ditentukan atau terbatas oleh "*line of sight*", oleh sebab itu VOR sebagai alat bantu navigasi jarak pendek yaitu maksimum ± 200 nm pada ketinggian 41.000 feet.

VOR dapat digunakan sebagai alat bantu navigasi untuk Enroute (lalu lintas udara) dan Terminal/*Approach* (pendekatan). Penempatan fasilitas VOR menentukan rute lalu lintas udara, bila VOR terletak disekitar airport maka tidak hanya akan memberi informasi arah/*azimuth* untuk pendekatan ke arah landasan

tetapi juga dapat memberi informasi arah/*azimuth* untuk pesawat-pesawat yang melalui rute lalu lintas udara diatas VOR/bandara tersebut.

VOR dapat memberi panduan arah/*azimuth* kepada pesawat terbang sepanjang rute lalu lintas udara, maka harus dipasang beberapa VOR karena jangkauan VOR yang terbatas. Karena sinyal VOR dapat dipengaruhi oleh faktor refleksi daerah sekitarnya, sehingga dapat mengganggu akurasi sinyal VOR, karena itu penentuan lokasi adalah penting dan untuk mengurangi kerugian pancaran signal yang disebabkan oleh refleksi tersebut maka dipasanglah DVOR. DVOR mempunyai unjuk hasil *azimuth* yang lebih akurat pada lokasi-lokasi dimana VOR Conventional (CVOR) memberikan unjuk kerja yang kurang akurat.

VOR terdiri dari VHF *Transmitter*, Antena, Monitor dan Kontrol. VOR biasanya beroperasi bersama dalam satu gedung / *shelter* dengan DME (*Distance Measurement Equipment*) dengan maksud untuk memberikan informasi arah / *azimuth* (VOR) sekaligus jarak (DME) kepada penerbang, juga dapat digunakan prosedur operasi bersama-sama ILS (*Instrument Landing System*).

VOR memancarkan sinyal radio frekuensi *omni directional* (kesegala arah) dan sinyalnya memberikan informasi *azimuth* dari 0 sampai 360 derajat. Dengan memilih chanel frekuensi VOR, penerbang akan mendapat arah / *azimuth* “TO” kearah stasiun VOR atau “FROM” dari/meninggalkan stasiun VOR dan apa bila terbang tepat diatas stasiun VOR, maka pesawat tersebut tidak menerima signal VOR karena melalui “*Cone of Silence*” (daerah kerucut tanpa sinyal radio), dan setiap stasiun VOR mempunyai kode identifikasi yang dipancarkan dengan kode *morse*.

VOR memancarkan signal yang terdiri dari dua komponen sinyal modulasi 30 Hz yang terpisah. Dengan membandingkan fase ke dua sinyal 30 Hz ini, maka akan mendapatkan posisi *azimuth* pesawat terhadap lokasi VOR, beda fase ke dua sinyal 30 Hz akan berubah sesuai dengan posisi pesawat terhadap lokasi VOR yang dipilih.

Satu dari dua komponen signal 30 Hz tersebut dinamakan sinyal “*Reference*” dan 30 Hz sinyal yang lainnya dinamakan “*variable*” signal. Signal 30 Hz *Reference* dipancarkan ke segala arah (*omni directional*) dengan fase sesaat (*instantaneous phase*) disekeliling VOR yang sama pada setiap *azimuth* dari 0 sampai 360 derajat. Sinyal 30 Hz *variable* didapat dari modulasi yang terjadi di ruang udara yang dihasilkan oleh pancaran *directional* patern RF yang diputar dengan fase yang berbeda di setiap *azimuth*.

Fase antara 30 Hz *Reference* dan 30 Hz *Variable signal* dapat diatur dan pada arah utara magnet (*azimuth* = 0), fase diatur sedemikian rupa sehingga 30 Hz *Reference* dan *Variable* mempunyai fase yang sama. Karena itu pesawat mendapat posisi *azimuth* yang sesuai dengan cara mendeteksi perbedaan fase kedua sinyal 30 Hz tersebut untuk posisi segala arah terhadap VOR. Karena *Reference* dan *Variable* keduanya merupakan frekuensi modulasi yang sama yaitu 30 Hz, maka timbul masalah bagaimana memancarkan dan menerima kedua signal pada frekuensi pembawa yang sama pula. Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara salah satu dari 30 Hz sinyal dipancarkan dengan sistem modulasi 30 Hz FM pada *sub carrier*, sedangkan 30 Hz yang lainnya dipancarkan dengan sistem modulasi 30 Hz AM pada frekuensi radio *carrier*. Kedua sinyal 30 Hz AM dan 30

Hz FM akan dipisah didalam *receiver* pesawat oleh *filter* yang selanjutnya masuk ke *circuit phase detector* untuk diproses menjadi informasi arah/*bearing*.

Sistem VOR mempunyai signal 30 Hz *Reference* dan signal 30 Hz *Variable* yaitu :

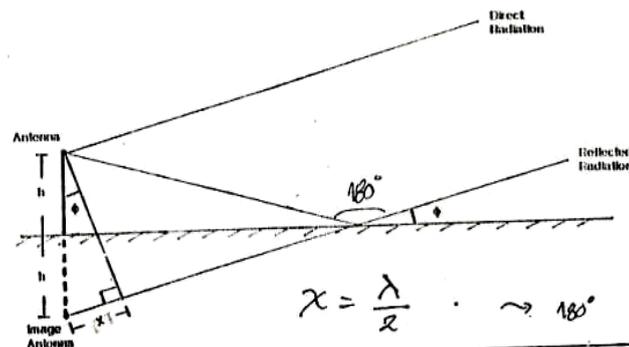
1. *Signal Reference* (30 Hz AM) dipancarkan oleh *Carrier* (F_c) yang dimodulasi dengan signal 30 Hz secara AM.
2. *Signal Variable* (30 Hz FM) dihasilkan dengan cara simulasi pemindahan/perputaran sumber *signal Carrier* ($F_c \pm 9960$) disekeliling lingkaran dengan radius 44 ft (13,4 m) pada kecepatan 1800 rpm (30 Hz). hal ini dikerjakan dengan *switching* elektronik secara berurutan pada setiap antenna yang terdiri dari 48 buah antenna yang terletak disekeliling lingkaran *Counter Poise*. Deviasi frekuensi yang dihasilkan dari frekuensi yang dipancarkan ($F_c \pm 9960$ Hz) tersebut sebanding dengan radius dan kecepatan putar.

Kombinasi sinyal *reference* dan *variable* yang dipancarkan ke udara akan menghasilkan frekuensi *carrier* yang dimodulasi AM oleh 9960 Hz (*sub-carrier*), dan selanjutnya 9960 Hz *sub carrier* termodulasi oleh 30 Hz FM karena efek Doppler. Dengan demikian hasil pancaran DVOR untuk modulasi diudara dari sinyal-sinyal tersebut adalah identik dengan hasil sinyal yang dipancarkan oleh VOR konvensional[2].

2.4.2 Antena DVOR

Dalam pemasangan antenna DVOR kita harus berhati menentukan tinggi antenna tersebut. Sebab sedikit kesalahan saja akan dapat mempengaruhi kekuatan sinyal yang akan dipancarkan. Untuk itulah kita harus dapat menentukan

tinggi antenna yang tepat agar sinyal yang dipancarkan dapat maksimal. Ketika antenna dipasang, pada titik yang sangat jauh dari antenna akan menerima 2 sinyal sekaligus. Satu adalah sinyal yang berasal dari radiasi langsung antenna dan yang satu lagi adalah sinyal yang berasal dari sinyal yang dipantulkan oleh tanah. Sinyal pantulan memiliki lintasan yang lebih panjang dari sinyal langsung sehingga dapat menimbulkan perbedaan fasa dari 2 sinyal tersebut. Akibat pemantulan dihasilkan perubahan fasa 180^0 , oleh karena itu jika perbedaannya lebih dari 180 (atau kelipatannya $1 \frac{1}{2} \lambda, 2 \frac{1}{2} \lambda, \dots n$) maka kedua sinyal akan diterima dalam satu fasa sehingga akan saling menambah. Jika panjang lintasan 1λ atau kelipatannya ($2\lambda, 3\lambda, \dots n$), maka kedua sinyal akan saling mengurangi atau bahkan akan saling menghilangkan. Dapat terlihat pada gambar 2.1 di bawah ini menunjukkan sinyal yang akan diterima oleh pesawat yaitu sinyal langsung dan sinyal tidak langsung yang berasal dari pantulan tanah[2].



Gambar 2.1. Pengiriman Sinyal Oleh Antena DVOR[2]

2.4.3 Sistem Kelistrikan

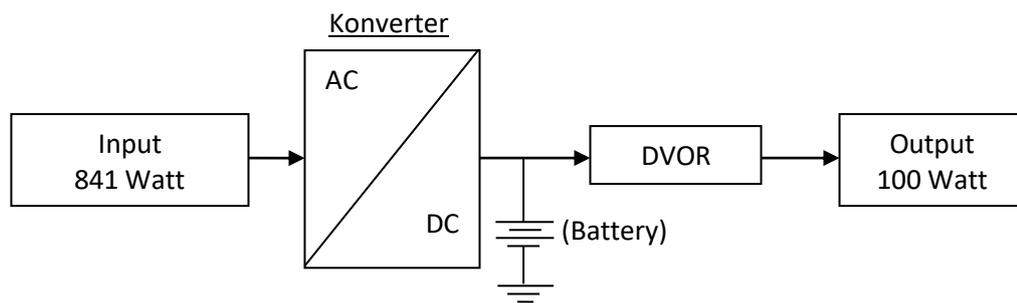
Sistem kelistrikan Bandara Kualanamu merupakan sistem yang terdiri dari 2 sumber yaitu dari PLN sebesar 20 kV menggunakan 2 feeder utama yang terhubung dengan *Main Power House* utama sebagai Sumber utama untuk menyuplai seluruh sistem kelistrikan Bandara dan menggunakan Generator sebanyak 4 buah dengan kapasitas masing-masing 1500 kVA sebagai sumber cadangan. Generator hanya digunakan apabila PLN mengalami gangguan dan hanya mensuplai sistem yang vital dalam jangka waktu tertentu. Sistem kelistrikan Kualanamu sampai saat ini masih mengandalkan suplai dari PLN 20 kV, karena sudah adanya kesepakatan kerja antara Pihak PT.Angkasa Pura II sebagai pengelola bandara Kualanamu Medan dengan Pihak PT.PLN (Persero) Distribusi Sumatera Utara sebagai penanggung jawab Unit kerja distribusi PLN di Bandara Kualanamu yang merupakan konsumen prioritas utama dalam pemakaian listrik. Adapun untuk data beban di Bandara Kualanamu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini, Data Beban Bandara Kualanamu.

Tabel 2.1 Data Beban Bandara Kualanamu

ID	SERVICE	(kVA)	KET.
POL	<i>Pertamina</i>	788	AVTUR
CHL	<i>Cabin Chiller</i>	1093	PUBLIK
PTB-1	<i>Passenger Terminal Building</i>	1287	PUBLIK
AOB	<i>Operational Building 1</i>	282	CREW
CG	<i>Cargo</i>	235	PUBLIK
MPH-TO	<i>Main Power Building</i>	18,5	CREW
RA	<i>Parking Area</i>	22,5	PUBLIK
RB	<i>Building Area</i>	22,8	PUBLIK
R23	<i>Run Way 23</i>	110,87	CREW
TH10	<i>Tower Area</i>	50,91	CREW
OB	<i>Operational Building 2</i>	282	CREW
RC	<i>Service Car Area</i>	91,6	PUBLIK
AP-1	<i>Apron</i>	83,37	CREW
AP-2	<i>Apron</i>	96,42	CREW

R05	Run Way 05	144,44	CREW
-----	------------	--------	------

DVOR termasuk salah satu beban yang terdapat pada bandara. DVOR dimasukkan kedalam kategori pada beban *Tower Area*. Sistem kelistrikan pada DVOR adalah menggunakan DC dengan masukan AC. Dapat terlihat pada gambar 2.2 berikut ini, blok diagram dari sistem kelistrikan DVOR[3].



Gambar 2.2. Blok Diagram Kelistrikan DVOR

2.4.4 Sistem *Single Sideband*

Pada versi Sistem *Single Sideband*, frekuensi *carrier* dari Sinyal *variable* berbeda 9960 Hz dengan frekuensi *carrier* dari Sinyal *reference*. Frekuensi *carrier* dari *variable* dipancarkan bergantian dan berurutan pada setiap antenna sekeliling lingkaran (*Sideband* antenna) dan menghasilkan Sinyal seperti penjelasan diatas . Namun timbul kesalahan-kesalahan pada Sistem *Single Sideband* ini , karena menghasilkan dua sudut (*azimuth*) yang kritis yaitu satu pada saat antenna yang memancar ada pada posisi yang paling dekat dengan pesawat dan kedua pada saat antenna yang memancar pada posisi yang paling jauh dengan pesawat.

2.4.5 Sistem *Double Sideband*

Untuk mengatasi masalah tersebut diatas dikembangkan Sistem *Double Sideband*. Dua sinyal RF dipancarkan melalui jajaran antenna yaitu satu sinyal RF adalah $F_c + 9960 \text{ Hz}$ (*upper sideband*) dan yang lainnya $F_c - 9960 \text{ Hz}$ (*lower sideband*). Pasangan *upper* dan *lower sideband* ini dipancarkan secara berurutan pada setiap antena *sideband* yang berlawanan posisinya dimana hal ini untuk mengatasi masalah-masalah pada sistem *single sideband* tersebut. Untuk menjaga perbedaan frekuensi *carrier* dengan frekuensi *sideband* dan *phasing* yang stabil (konstan), pada sistem *double sideband* menjadi lebih kritis dari pada *system single sideband*. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan *circuit phase locking*.

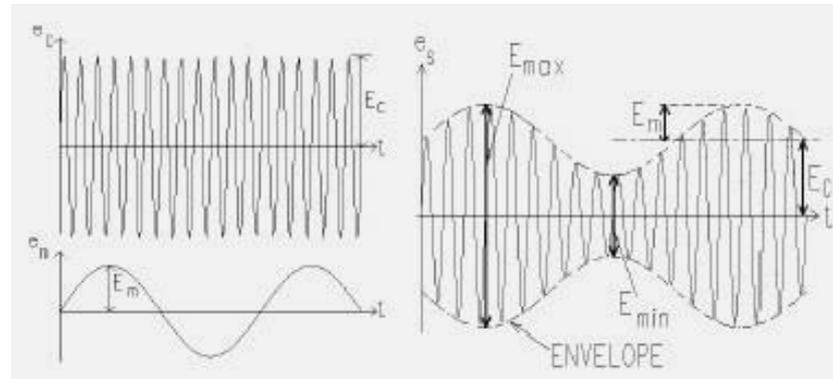
2.4.6 Konsep Dasar Radio Navigasi

Radio navigasi merupakan cara untuk menentukan sebuah arah tertentu, dengan bantuan gelombang radio sebagai media transmisi sinyal informasi berupa data dan suara dari *transmitter* ke *receiver* yang ada di pesawat udara. Dengan cara memodulasikan sinyal informasi berupa sinyal Modulasi Amplitudo (AM) atau sinyal Modulasi Frekuensi (FM).

1. Modulasi Amplitudo (AM)

Modulasi Amplitudo merupakan sebuah teknik modulasi yang menggunakan perubahan amplitudo sinyal *carrier*, tetapi frekuensi *carrier* tidak berubah. AM memiliki *range* frekuensi 535 kHz sampai 1605 kHz dan termasuk pada Medium Frekuensi (MF) 300 kHz sampai 3000 kHz. Gelombang AM mempunyai panjang gelombang yang dekat, sehingga memiliki jangkauan yang dekat, akan tetapi rentan terhadap gangguan

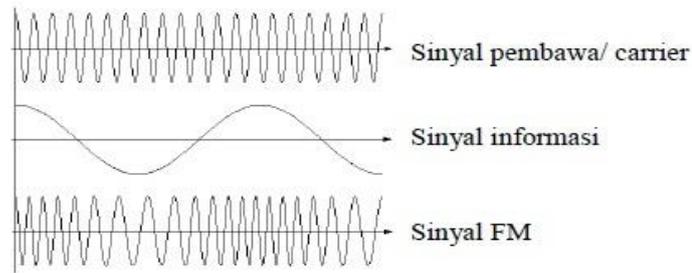
berupa interferensi, redaman, dan *noise*, yang akan mengurangi kualitas dari sinyal informasi yang disampaikan. Dapat terlihat pada gambar 2.3 berikut ini, gelombang modulasi amplitudo[4].



Gambar 2.3. Gelombang Modulasi Amplitudo

2. Modulasi Frekuensi (FM)

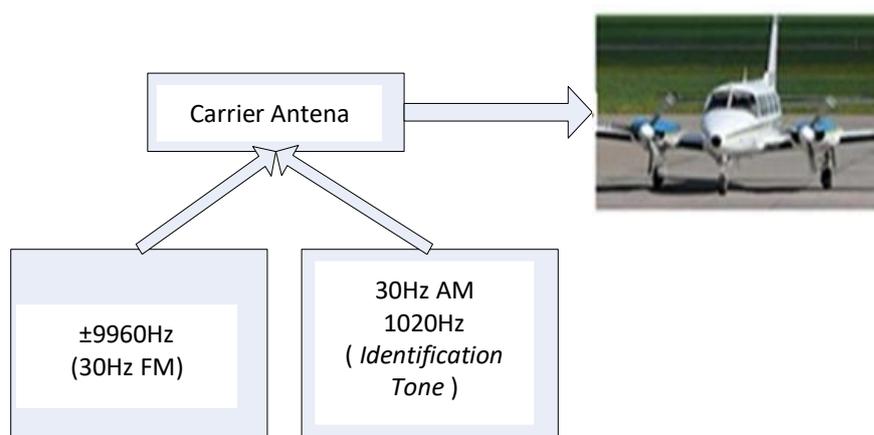
Modulasi Frekuensi merupakan sebuah teknik modulasi yang menggunakan perubahan frekuensi pembawa untuk menyampaikan sinyal informasi, sedangkan amplitudo pembawa tidak berubah. FM memiliki jarak frekuensi 88 MHz sampai 108 MHz dan termasuk dalam pada *Very High Frequency* (VHF) 30 MHz sampai 300 MHz. Mempunyai panjang gelombang yang besar dibandingkan dengan gelombang AM, sehingga digunakan untuk jarak jauh dan bersifat *Line of Sight* (LOS). Kelebihan FM adalah lebih tahan terhadap gangguan, sehingga teknik modulasi inilah yang sering dipakai sekarang. Dapat terlihat pada gambar 2.4. berikut ini, gelombang modulasi frekuensi[3].



Gambar 2.4. Gelombang Modulasi Frekuensi

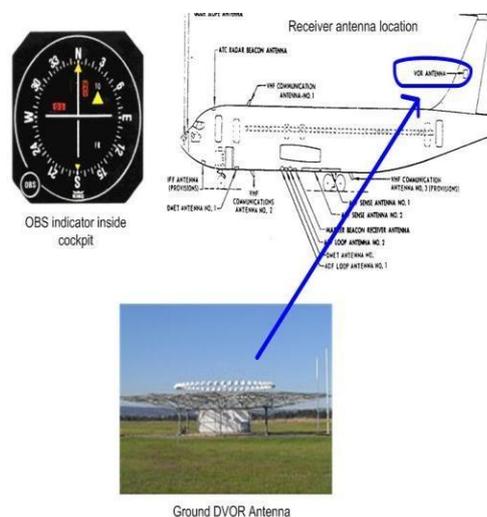
2.4.7 Konfigurasi Perangkat *Dopler VHF Omnidirectional Range (DVOR) - Omni Bearing Selector (OBS)*

Seorang pilot harus mensetting frekuensi perangkat DVOR yang ada pada pesawat agar mendapatkan sinyal informasi dari DVOR *ground station* yang adapada bandara tujuan. *Range* frekuensi kerja perangkat DVOR berada pada rentang frekuensi 108MHz sampai 118MHz, sedangkan frekuensi kerja perangkat DVOR pada Bandara Kualanamu sendiri berada pada frekuensi 112.2MHz. Jadi perangkat DVOR yang ada pada pesawat harus disetting pada frekuensi 112.2 MHz. Perangkat DVOR akan mengirimkan informasi berupa arah buatan pada pesawat dan akan ditampilkan pada *Omni Bearing Selector (OBS)*. Dapat terlihat pada gambar 2.5 berikut ini blok diagram pemrosesan data pada DVOR.



Gambar 2.5. Blok diagram pemrosesan data pada DVOR

Proses penumpangan sinyal/modulasi dari sinyal *variable* ± 9960 Hz (30 Hz FM), sinyal referensi (30 Hz AM), dan sinyal identifikasi 1020 Hz yang akan ditumpangkan/dimodulasikan pada antena *carrier*, untuk selanjutnya sinyal termodulasi tersebut akan dikirimkan secara *omnidirectional*/kesegala arah, dan dapat diterima oleh pesawat, sebagai panduan *azimuth*/arah dari bandara/*ground station* DVOR tersebut. Pada perangkat DVOR memiliki sebuah konfigurasi. Dapat terlihat pada gambar 2.6 berikut ini konfigurasi perangkat DVOR.



Gambar 2.6. Konfigurasi Perangkat DVOR

Prinsip kerja dari perangkat DVOR yaitu mengirimkan sinyal informasi dari bandara. Pada saat pesawat hendak berangkat menuju bandara tujuan, pilot akan mensetting perangkat DVOR penerima yang ada di pesawat, dengan mensetting frekuensi, menggunakan frekuensi bandara tujuan untuk mendapatkan informasi arah dari DVOR *ground station* yang ada pada bandara tujuan, agar pesawat bisa menuju bandara tujuan. Setelah pesawat berada dalam jangkauan/*coverage* area dari pancaran antena DVOR *ground station* yang ada pada bandara tujuan, maka pesawat akan menerima informasi arah dari bandara tujuan tersebut.

2.4.8 Parameter Perhitungan Efek Doppler Pada Antena *Sideband*

Parameter-parameter perhitungan pada analisis Tugas Akhir ini diambil dari *Manual Book Model 432/1150 Doppler Omnidirectional Range (DVOR)*, yaitu:

- a. Kecepatan cahaya (V) = 3×10^8 m/s
- b. Diameter sistem kesatuan 48 antena *sideband* DVOR = 13,4 m
- c. Kecepatan perputaran antena *sideband* = 30 *cycle per second* (cps)
- d. Kecepatan pesawat / pengamat (asumsi dengan kecepatan 1000 m/s)

Frekuensi kerja yang dipergunakan antara 108.00 MHz sampai 118.00 MHz. Dengan frekuensi Bandara Kualanamu berada pada 112.2 MHz pada jarak 0 - 40 Nm (0 - 72 Km)[3].

2.4.9 Cara Kerja Perangkat *Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR)*

DVOR mempunyai 49 antena *Alford loop* yang dibagi menjadi 2 fungsi sebagai antena *carrier* dan antena *sideband*, yang memiliki dual polarisasi dan bersifat *omnidirectional*.

1. Antena *Carrier*

Antena *carrier* selain sebagai antena pemancar sinyal *carrier*, juga memancarkan sinyal *reference* 30 Hz yang dimodulasikan secara *Amplitude Modulation* (AM).

2. Antena *Sideband*

Antena *sideband* memancarkan sinyal variable 30 Hz yang dimodulasikan secara *Frequency Modulation* (FM) yang didapatkan dari frekuensi *carrier* (f_c), $f_c \pm 9960$ Hz dengan deviasi 480 Hz dari perputaran 48 buah antena

sideband sebesar 30 *cycle per second* (cps), akibat adanya efek Doppler, yaitu terjadinya perubahan frekuensi akibat dari kecepatan benda yang bergerak (pesawat) terhadap pengamat (DVOR *Groundstation*).

2.4.10 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *link budget* merupakan perhitungan besarnya penerimaan sinyal yang diterima oleh pesawat terbang sebagai *Receiver* berdasarkan *power* yang ditransmisikan dari *Doppler Very High Omni-directional Range* (DVOR) sebagai pemancar yang dipengaruhi redaman-redaman (*losses*) dan penguatan-penguatan (*gain*) yang mempengaruhi sampai ke receiver, beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja dari system DVOR:

2.4.10.1 Antena

Merupakan suatu perangkat berfungsi untuk mengirimkan sinyal informasi yang berasal dari pengirim dan penerima dan juga mengubah sinyal informasi menjadi sebuah gelombang *elektromagnetik*.

2.4.10.2 Daya Pancar (PTX)

Merupakan daya yang dipancarkan dari *transmitter*/pengirim. Daya pancar pada kondisi ini dalam kondisi murni atau dalam arti belum mengalami penguatan. Sampai akan dikuatkan dayanya dan dipancarkan menuju *receiver*/penerima.

2.4.10.3 *Gain* antena

Gain antena mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan kearah yang dituju. Besarnya nilai *gain* dapat dicari menggunakan persamaan[5] :

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$A = \frac{1}{2} \times \text{diagonal 1} \times \text{diagonal 2} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$G = 10 \log\left(\frac{4\pi Ae}{\lambda^2}\right) \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

G = penguatan (dB)

λ = panjang gelombang (m)

e = efisiensi (%)

Ae = Luas efektif (m)

A = luas fisik (m)

f = frekuensi yang digunakan (Hz)

c = cepat rambat gelombang (m/sec)

2.4.10.4 Cross section clutter dari area target

Target - target yang tidak diinginkan ketika sebuah radar memancarkan sinyal dapat memantulkan sinyal kesegala arah termasuk ke arah penerima radar, sinyal yang tidak diinginkan ini disebut *clutter*[1].

2.4.10.5 Line of Sight propagation path attenuation

Atenuasi adalah melemahnya sinyal yang diakibatkan oleh adanya jarak yang semakin jauh yang harus ditempuh oleh suatu sinyal. Atenuasi gelombang radio dapat di hitung dengan formula[5]:

$$A = 32.5 + 20\text{Log}10F + 20\text{Log}10D \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

A = *Attenuation* (dB)

F = *Frequency* (MHz)

D = *Distance* / jarak (Km)

2.4.10.6 Pathloss

Didefinisikan sebagai perbedaan antara daya yang ditransmisikan dengan daya yang diterima. Dengan memperhitungkan perolehan antenna pemancar dan penerima, maka rugi-rugi lintasan dapat ditentukan sebagai berikut[5]:

$$PL = \frac{P_t}{P_r} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right] \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana:

PL : rugi-rugi lintasan (dalam dB)

P_t : daya yang ditransmisikan (dalam watt)

P_r : daya yang diterima (dalam watt)

G_t : gain antenna pemancar

G_r : gain antenna penerima

λ : panjang gelombang radio (dalam meter)

d : jarak antara antenna pemancar dan antenna penerima (Km)

2.4.10.7 Efek doppler pada antenna Sideband

Efek doppler yang terjadi pada antenna *sideband* menyebabkan perubahan frekuensi dari gelombang yang diterima, perubahan terjadi karena arah dan pergerakan antenna yang selalu berubah dengan kecepatan yang tetap dapat dirumuskan sebagai berikut[6]:

$$F_{observe} = f_{SB} \frac{V - V_o}{V} \times \sin \theta \dots\dots\dots (2.7)$$

$$F_{total} = F_{DVOR} + F_{observe} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

F_{observe} = Frekuensi yang dipancarkan antenna *sideband* (Hz)

F_{SB}	= Frekuensi antenna <i>sideband</i> ($f_c \pm 9960\text{Hz}$)
$\sin \theta$	= Sudut arah datangnya pesawat terhadap antenna DVOR
V	= Kecepatan propagasi cahaya ($3 \times 10^8 \text{m/s}$)
V_o	= Kecepatan pesawat (1000 m/s)
F_{DVOR}	= Frekuensi Kerja DVOR (112.2 MHz)
F_{total}	= Frekuensi pada 48 antenna sideband akibat adanya efek <i>doppler</i>

2.5 NDB (*Non Directional Beacon*)

Fasilitas navigasi jenis ini terpasang dalam stasiun NDB di tanah, memancarkan informasi dalam bentuk sinyal radio ke segala arah kemudian diterima pesawat terbang yang dilengkapi dengan loop antenna, sehingga penerbang dapat menentukan posisinya menuju stasiun tersebut.

NDB akan memancarkan gelombang radio frekuensi rendah (LF) atau frekuensi menengah (MF) ke segala arah. NDB dipasang khususnya berkaitan dengan instrumen yang ada di pesawat yang disebut ADF (*Automatic Direct Finder*). NDB merupakan fasilitas navigasi yang harus ada di setiap bandara [7].

2.5.1 Penggunaan NDB

NDB memberikan informasi bearing dalam kaitannya dengan ADF untuk :

1. *En Route Navigation* (Check Point)

NDB tidak dipasang pada daerah pelabuhan udara yang dituju, tetapi pada suatu tempat/check point tertentu sepanjang jalur penerbangan (*Air Ways*)

2. *Homing* (Penunjuk arah bandara)

Stasiun NDB diletakkan pada daerah pelabuhan udara untuk menunjukkan pada pesawat dimana pelabuhan udara tersebut berada.

3. *Locator*

Locator merupakan NDB low power yang ditempatkan diperpanjang garis tengah landasan guna membantu menunjukkan kepada penerbang pada saat approach letak garis tengah landasan yang diperlukan untuk pendaratan.

4. *Holding*

Holding adalah kondisi dimana pesawat berada diatas pelabuhan udara dan menunggu saat mendarat, penerbang harus menunggu petunjuk dari ATC. Dalam prosedur *holding* ini ditentukan suatu titik "*fix*" pada daerah holding dan ini berupa NDB atau dapat pula suatu stasiun DVOR.

Lokasi dimana NDB dipasang akan menentukan penggunaan NDB, kemungkinan terpasang pada suatu daerah *Reporting Point on Air Ways*, terpasang di pulau-pulau untuk pelayanan long range navigation atau terpasang pada daerah aerodrome atau dekat aerodrome untuk *homing* dan *let down*.

2.5.2 Power Output dan Range

NDB memiliki *power output* berkisar antara 25 Watt sampai 10 Kilo Watt. Jarak jangkauan yang bisa ditempuh gelombang RF NDB tergantung dari besar kecilnya power yang terpancar. NDB dengan power kecil bisa mencapai jangkauan ± 10 NM, jenis ini hanya digunakan untuk aerodrome locator dan bisa mencapai lebih 500 NM untuk NDB dengan *high power*, (kondisi ini masih perlu dipertimbangkan pada waktu malam dan siang juga permukaan bumi, lautan atau daratan yang menjadi rambatan dari jenis LF dan MF). Makin besar kekuatan pancar NDB, makin besar pulalah daerah cakup NDB tersebut :

1. *Low Range / Power*

Daerah cakup/*Coverage Range* 50 NM sampai 100 NM (1 NM = 1,853 Km), dengan daya pancar / *output power* antara 50 sampai 100 Watt yang termasuk jenis ini adalah tipe : G 142, LWX 100 dan NX 200.

2. *Medium Range / Power*

Daerah cakup / *Coverage Range* 100NM sampai 150 NM dengan daya pancar / *output power* antara 500 – 1000 Watt.

3. *High Range / Power*

Daerah cakup / *Coverage Range* 150NM sampai 300 NM dengan daya pancar / *output power* antara 2000 sampai 3000 Watt. Yang termasuk jenis ini adalah tipe G91 dan NX 12000.

Di Indonesia terpasang beberapa jenis NDB dengan kekuatan pancar yang berbeda disesuaikan dengan persyaratan operasi pelabuhan udara bersangkutan, untuk bandara kecil biasanya NDB yang digunakan berkekuatan sekitar 10 Watt sampai 25 Watt, hanya untuk keperluan *let down*.

2.5.3 Frekuensi NDB

NDB bekerja pada band frekuensi rendah dan frekuensi menengah yaitu antara 200 sampai 400 KHz, dan secara terus menerus memancarkan frekuensi *carrier* dengan modulasi 1020 Hz untuk identifikasi (tanda pengenal stasiun tersebut).

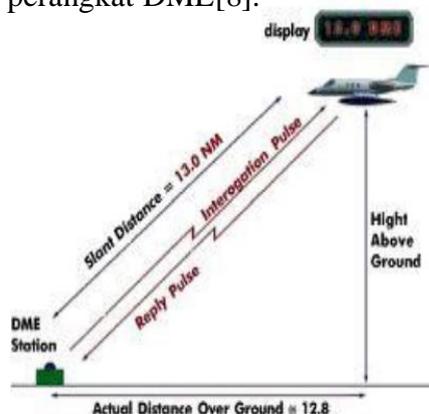
2.5.4. Bagian Pokok NDB

Bagian pokok dari NDB terdiri dari :

1. *Transmitter* adalah suatu blok rangkaian yang memancarkan sinyal informasi data penerbangan berupa kode morse.
2. *Change over unit* adalah blok rangkaian yang mengatur pemilihan *signal input* (TX1 atau TX2) dan mengatur output pancaran *signal input* (Antena atau *Dummy load*)
3. Antena *tuning unit* adalah blok rangkaian yang berfungsi untuk mengirim sinyal yang akan dipancarkan oleh antena dari output change over unit
4. *Dummy load* adalah suatu antena yang berfungsi untuk meredam signal pancaran yang dihasilkan dari output change over unit.
5. Antena adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi gelombang elektromagnetik[7].

2.6 DME (*Distance Measuring Equipment*)

Distance Measuring Equipment (DME) merupakan alat bantu navigasi yang berfungsi untuk memberikan panduan / informasi jarak (*slant range*) pada pesawat dengan stasiun DME yang ada di bandara. Dapat terlihat pada gambar 2.7 berikut ini cara kerja perangkat DME[8].



Gambar 2.7. Cara kerja perangkat DME

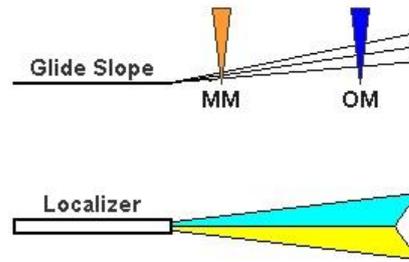
Pemberian informasi jarak pada pesawat yang hendak menuju bandara tujuan. Sebuah pesawat akan mengirimkan *interogation pulse* menuju DME *ground station*, setelah pesawat mengirimkan sinyal tersebut, maka DME *ground station* akan memberikan sinyal balasan, yang berisi informasi jarak pesawat terhadap DME *ground station* yang ada pada bandara tujuan[3].

2.7 ILS (*Instrument Landing System*)

Instrument Landing System (ILS) adalah salah satu peralatan radio navigasi penerbangan yang berfungsi sebagai alat bantu pendaratan instrumen yaitu berupa radio pemancar yang dilengkapi dengan monitor, dimana suatu pemancar perangkat *ILS* melalui gelombang radio frekuensi mampu memberikan sinyal informasi panduan arah pendaratan (*azimuth*), sudut luncur (*glide path*) dan jarak terhadap titik pendaratan secara presisi kepada pesawat udara yang sedang melakukan awal pendekatan dan dilanjutkan dengan pendaratan di landasan pacu pada suatu bandar udara[9].

2.7.1 Komponen ILS

Pada saat pesawat akan terbang dengan ILS, pesawat akan mengikuti dua sinyal yaitu: sebuah sinyal pada *localizer* untuk panduan lateral (VHF) dan sebuah sinyal pada *glide slope* untuk panduan vertikal (UHF). Seorang pilot akan menyetel *Nav receiver* pada suatu frekuensi *localizer* yang ada di pesawat, *receiver* kedua yaitu *glide slope* secara otomatis menyesuaikan dengan frekuensi yang seharusnya, pasangan frekuensi ini otomatis. Dapat terlihat pada gambar 2.8 berikut ini, gambaran sinyal *glide slope* dan *localizer*.

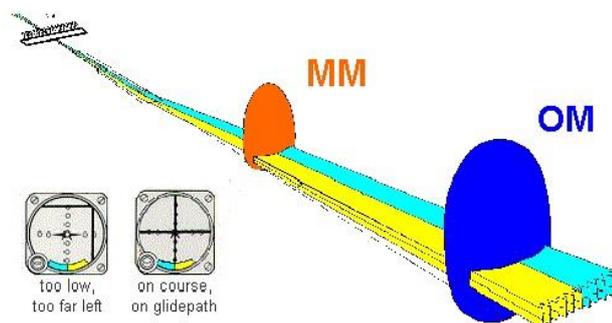


Gambar 2.8. Gambaran sinyal *Glide Slope* dan *Localizer*

Dalam ILS bukan hanya terdapat sinyal localizer dan *glide slope*. *Federation Aviation America* (FAA) mengelompokkan komponen-komponennya sebagai berikut:

1. Informasi panduan : *localizer* dan *glide slope*.
2. Informasi jarak : rambu (*beacon*), outer marker (OM) dan middle marker (MM)
3. Informasi visual : *approach lights*, *touchdown and centerline lights*, *runway lights*.

Dapat terlihat pada gambar 2.9 berikut ini gambaran tiga dimensi sistem pendaratan *instrument*.



Gambar 2.9. Gambaran Tiga Dimensi Sistem Pendaratan Instrumen

Indikator VOR awal berwarna kuning dan biru seperti tampak di sini, tapi kemudian dihapuskan karena tidak memberikan informasi yang berguna. Antena *localizer* tampak di ujung landas pacu.

2.7.2 *Localizer*

Sinyal *localizer* memberikan informasi *azimuth* atau lateral untuk memandu pesawat pada sumbu landasan pacu. Ini mirip dengan sinyal VOR kecuali bahwa sinyal *localizer* memberikan informasi radial untuk satu arah saja; arah landas pacu. Informasi landas pacu ditampilkan pada indikator yang sama dengan informasi VOR. Saat mengikuti *localizer*, penerbang berbelok ke arah jarum dengan cara yang sama dengan navigasi VOR. Indikator *localizer* bereaksi secara berbeda dari VOR dalam beberapa cara[10].

1. *Localizer* hanya terdiri atas satu arah.
2. Jarum penunjuk *localizer* empat kali lebih sensitif jarum VOR. Penyetelan heading / arah harus jauh lebih kecil karena meningkatnya sensitivitas indikator. Untuk VOR, tiap titik di bawah jarum mewakili deviasi / penyimpangan 0.5° dari jalur.
3. Karena *localizer* memberikan informasi hanya untuk satu radial, arah landas pacu, *Nav receiver* secara otomatis memotong kenop / tombol OBS (*Omni Bearing Selector*). Dengan memutar OBS berarti juga memutar *course ring* pada peralatan, tetapi tidak memiliki pengaruh apapun terhadap jarum.

Adapun spesifikasi *localizer*, yaitu :

1. Antena *localizer* terletak jauh di ujung landas pacu.
2. *Approach course localizer* disebut *front course*.

3. *Course line* dalam arah berlawanan terhadap *front course* disebut *back course*.
4. Sinyal *localizer* umumnya dapat dipakai dalam jarak 18 NM.
5. *Morse Code Identification* (Identifikasi kode Morse) *localizer* terdiri atas pengidentifikasi tiga huruf dimulai dengan huruf I.

2.7.3 Glide Slope

Glide Slope merupakan sinyal yang memberikan panduan vertikal bagi pesawat selama pendekatan ILS. *Glide slope* path standar adalah 3° menurun ke ujung *approach runway* [11].

2.7.4 Marker Beacon

Marker beacon digunakan untuk kesiapan pilot terhadap suatu tindakan (mengecek ketinggian) diperlukan. Informasi ini diperuntukkan kepada pilot oleh syarat audio dan visual. *Marker beacon* ditempatkan di interval yang ditetapkan sepanjang ILS *approaches* dan dikenali dengan audio yang terpisah dan karakteristik-karakteristik visual. Semua *marker beacon* beroperasi pada frekuensi 75 MHz[10].

2.7.5 Decision Height

DH untuk satu ILS approach adalah suatu titik pada glide slope yang ditentukan oleh altimeter dimana suatu keputusan harus dibuat untuk melanjutkan mendarat atau melaksanakan suatu *missed approach* [12].

2.7.6 Kategori ILS (*Instrument Landing System*)

Jarak minimal untuk suatu ILS *approach* adalah setengah mil jarak penglihatan dan suatu ketinggian 200 ft. Lalu berbagai hal mulai berubah, terutama keandalan, ketelitian, dan kemampuan autopilot. RVR, suatu pengukuran

lebih dapat dipercaya dari penglihatan, mulai muncul di approach plates, juga. Seperti perubahan-perubahan yang meningkat, *Federation Aviation America* (FAA) menunjuk tiga kategori dari ILS *approaches*, dengan berturut-turut untuk menurunkan ketinggian. FAA memutuskan bahwa tiga kategori tidak cocok untuk semua situasi yang diinginkan dan lebih lanjut mengembangkannya. Dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini kategori ILS (*Instrument Landing System*)[9].

Tabel 2.2. Kategori ILS (*Instrument Landing System*)

Kategori ILS			
Kategori	Minimal Jarak Pandang	Minimal Ketinggian	Catatan
I	200 feet	2400 feet	
I	200 feet	1800 feet	dengan zona sentuh pada landasan dan lampu tengah landasan
II	100 feet	1200 feet	Setengah dari minimal kategori I
III A	100 feet	700 feet	
III B	50 feet	150 sampai 700 feet	
III C	Tidak Ada	Tidak ada batasan	

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Airnav Indonesia Cabang Medan yang berada di Bandara Internasional Kualanamu Deli Serdang. Dan dalam melakukan penelitian tentang DVOR dilakukan selama empat bulan.

3.2 Peralatan Penelitian

Adapun peralatan penelitian yang digunakan oleh penulis di dalam penelitian DVOR Bandara Kualanamu, yaitu :

1. Satu Unit Laptop
Merk : ACER Aspire 4739 series
Processor : Intel (R) Core TM i3 CPU M 380 @ 2.53 GHz
Installed memory (RAM) : 2.00 GB
System tytpe : 32-bit Operating System
2. Satu unit DVOR
Merk/Type : *Thales/432*
3. Satu unit RADAR
Merk : INDRA

3.3 Data Penelitian

Adapun data penelitian yang didapat oleh penulis di dalam penelitian DVOR Bandara Kualanamu, yaitu :

Tabel 3.2 Data Penelitian

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Daya Yang Ditransmisikan Daya Yang Diterima Gain Penerima	$P_t = 100 \text{ W}$ $P_r = 45 \text{ W}$ $G_r = 25 \text{ dB}$
2	Frekuensi DVOR Bandara Kualanamu	112.2 MHz
3	Jari-jari Antena DVOR	13,4 m
4	Kecepatan Putaran Antena <i>Sideband</i>	$\omega = 2\pi \times 30 \text{ cps}$
5	Kecepatan Cahaya	$V = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
6	Kecepatan Pesawat	$V_o = 1000 \text{ m/s}$
7	Jarak (<i>distance</i>)	0 - 40 Nm (0 - 72 KM)
8	Frekuensi Antena <i>Sideband</i>	9960 Hz
9	Power Supply	Input = 841 W Output = 100 W

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara-cara teknik / penjabaran suatu analisa/perhitungan yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian. Adapun langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu :

1. Studi Literatur

Meliputi studi definisi *Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR)* untuk memandu pesawat ke bandara kualanamu, dengan modulasi FM dan AM dan definisi parameter *link budget* antena *sideband* DVOR.

2. Pengumpulan Data

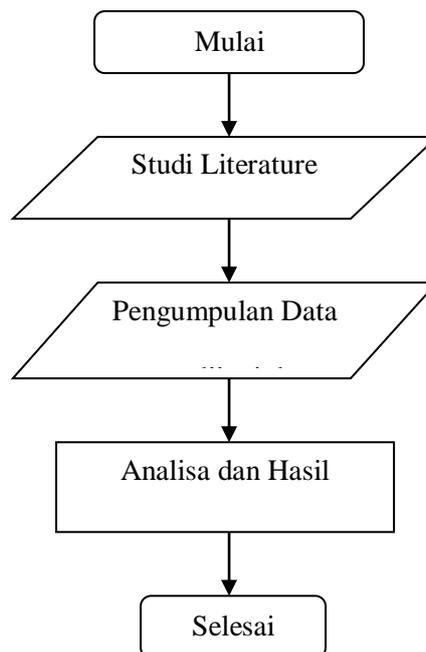
Meliputi pengambilan dan pengumpulan data yang didapat pada instansi Airnav Indonesia Cabang Medan Bandara Internasional Kualanamu.

3. Pengolahan Data dan Analisa

Menganalisis besar *link budget* yang terjadi pada DVOR dengan menggunakan parameter *attenuasi* dan *pathloss* yang berdasarkan formula yang ada sehingga didapat nilai-nilai. Dan data tersebut dapat juga disajikan dalam bentuk grafik.

3.5 *Flowchart* Penelitian

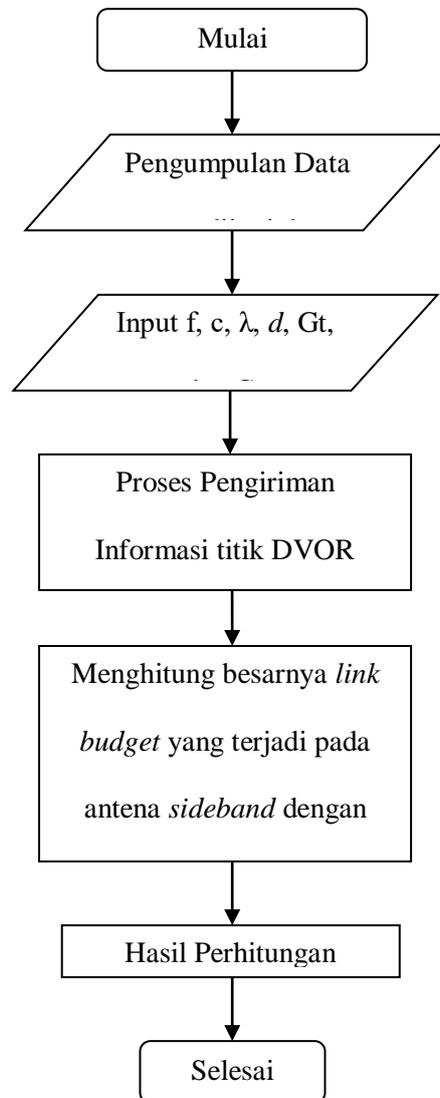
Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram *flowchart* berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.6 *Flowchart* Analisa Data Penelitian

Adapun proses berlangsungnya analisa data penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram *flowchart* berikut ini :



Gambar 3.2 Diagram alir analisa data penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil perhitungan jarak kerja dari DVOR yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$$V = f \times s$$

$$3 \times 10^8 = 112,2 \times 10^6 \times s$$

$$s = \frac{300000000}{112200000}$$

$$s = 2,67 \text{ m} = 2,67 \times 10^{-3} \text{ km} = 0,00144 \text{ Nm}$$

Maka dari hasil diatas, jarak kerja minimal dari DVOR bandara kualanamu adalah 0,00144 Nm. Tetapi, didalam hasil dan pembahasan untuk jarak kerja DVOR maksimal pada jarak 0 - 40 Nm (0 - 72 km).

4.1 Perhitungan *Attenuasi Dan Pathloss* Frekuensi Antena *Sideband*

1. Perhitungan *Attenuasi* Frekuensi Antena *Sideband*

Berdasarkan pada jarak datangnya arah pesawat untuk mendarat di Bandara Kualanamu dengan menghitung *attenuasi* frekuensi antena *sideband* dengan jarak setiap per 2 Km, maka data hasil penelitian tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.1 berikut ini, data hasil penelitian perhitungan *attenuasi* frekuensi antena *sideband*

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian dari *Runway 23*

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Daya Yang Ditransmisikan Daya Yang Diterima Gain Penerima	Pt = 100 W Pr = 45 W Gr = 25 dB
2	Frekuensi DVOR Bandara Kualanamu	112.2 MHz
3	Jari-jari Antena DVOR	13,4 m
4	Kecepatan Putaran Antena <i>Sideband</i>	$\omega = 2\pi \times 30$ cps
5	Kecepatan Cahaya	$V = 3 \times 10^8$ m/s
6	Kecepatan Pesawat	$V_o = 1000$ m/s
7	Jarak (<i>distance</i>)	0 - 40 Nm (0 - 72 KM)
8	Frekuensi Antena <i>Sideband</i>	9960 Hz
9	Power Supply	Input = 841 W Output = 100 W

Adapun hasil perhitungan attenuasi frekuensi antena *sideband* pada DVOR yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$A = 32.5 + 20\text{Log}10F + 20\text{Log}10D$, adalah sebagai berikut :

Data ke- 1 (2 Km)

$$A = 32,5 + 20\text{Log}10F + 20\text{Log}10D$$

$$A = 32,5 + 20\text{Log}10(112,2) + 20\text{Log}10(2)$$

$$A = 32,5 + 20 (3,049) + 20 (1,301)$$

$$A = 32,5 + 60,98 + 26,02$$

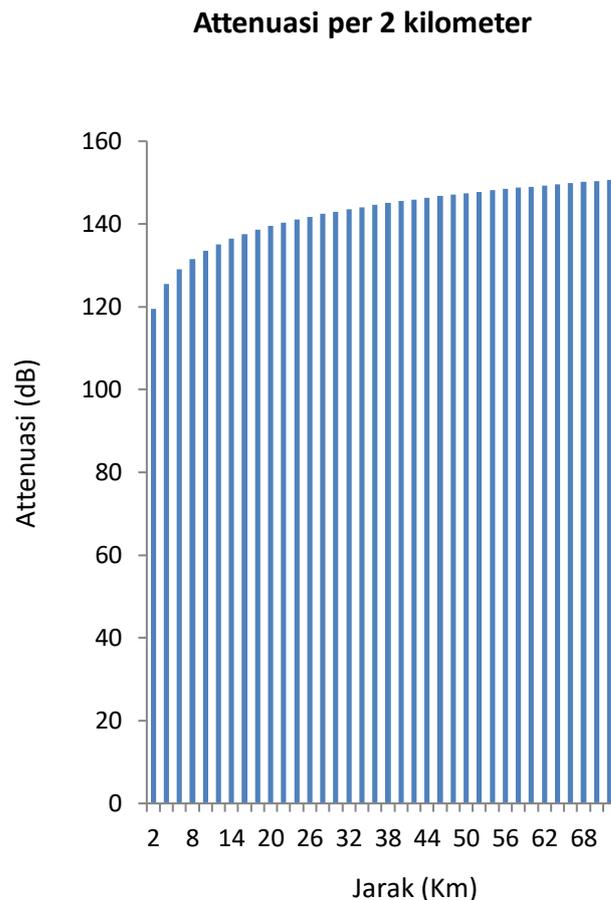
$$A = 119,5 \text{ dB}$$

Dan untuk hasil perhitungan data berikutnya akan ditampilkan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Attenuasi Frekuensi Antena *Sideband* Setiap Per 2 Kilometer

Attenuasi Per 2 Kilometer	
Jarak (Km)	Attenuasi (dB)
2	119,5
4	125,52
6	129,04
8	131,54
10	133,48
12	135,06
14	136,4
16	137,56
18	138,58
20	139,5
22	140,32
24	141,08
26	141,77
28	142,42
30	143,02
32	143,58
34	144,10
36	144,60
38	145,07
40	145,52
42	145,94
44	146,34
46	146,73
48	147,1
50	147,45
52	147,8
54	148,12
56	148,44
58	148,74
60	149,04
62	149,32
64	149,6
66	149,87
68	150,13
70	150,38
72	150,62

Dari tabel hasil perhitungan diatas, akan didapatkan hasil *attenuasi* frekuensi antena *sideband* DVOR pada saat dipancarkan. Dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Attenuasi Per 2 Kilometer

Pada gambar 4.1 dapat dilihat dengan jelas bahwa semakin jauh jarak yang ditempeh oleh suatu gelombang frekuensi *Fobserved* atau frekuensi yang dipancarkan dengan efek doppler maka semakin besar nilai attenuasinya pada gelombang tersebut.

2. Perhitungan *Pathloss* Frekuensi Antena *Sideband*

Berdasarkan pada jarak datangnya arah pesawat untuk mendarat di Bandara Kualanamu dengan menghitung *pathloss* frekuensi antena *sideband* dengan jarak setiap per 2 Km, maka data hasil penelitian tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.3 berikut ini, data hasil penelitian perhitungan attenuasi frekuensi antena *sideband*

Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian DVOR

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Daya Yang Ditransmisikan Daya Yang Diterima Gain Penerima	Pt = 100 W Pr = 45 W Gr = 25 dB
2	Frekuensi DVOR Bandara Kualanamu	112.2 MHz
3	Jari-jari Antena DVOR	13,4 m
4	Kecepatan Putaran Antena <i>Sideband</i>	$\omega = 2\pi \times 30$ cps
5	Kecepatan Cahaya	$V = 3 \times 10^8$ m/s
6	Kecepatan Pesawat	$V_o = 1000$ m/s
7	Jarak (<i>distance</i>)	0 - 40 Nm (0 - 72 KM)
8	Frekuensi Antena <i>Sideband</i>	9960 Hz
9	Power Supply	Input = 841 W Output = 100 W

Adapun hasil perhitungan *pathloss* frekuensi antena *sideband* pada DVOR yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$$\lambda = \frac{c}{f}, A = \frac{1}{2} \times \text{diagonal 1} \times \text{diagonal 2}, G = 10 \log\left(\frac{4\pi Ae}{\lambda^2}\right), PL (dB) = -10 \log \left[\frac{G_{tx} G_{rx} \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right], \text{ adalah sebagai berikut :}$$

Data ke- 1 (2 Km) :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$A = \frac{1}{2} \times \text{diagonal 1} \times \text{diagonal 2}$$

$$G = 10 \log\left(\frac{4\pi Ae}{\lambda^2}\right)$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{G_{tx}G_{rx}\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right]$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{112,2 \times 10^6} = 2,67 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{2} \times 26,8 \times 26,8 = 359,12 \text{ m}, A = Ae$$

$$G = 10 \log\left(\frac{4 \times 3,14 \times 359,12}{2,67^2}\right)$$

$$G = 10 \log 632,71 = 10 \times 2,80 = 28 \text{ dB}, G = G_t$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{G_{tx}G_{rx}\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right]$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{28 \times 28 \times 2,67^2}{(4 \times 3,14)^2 \times 2^2} \right]$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{4990,23}{631,01} \right]$$

$$PL (dB) = - 10 \log 7,90 = - 10 \times 0,897 = - 8,97 \text{ dB}$$

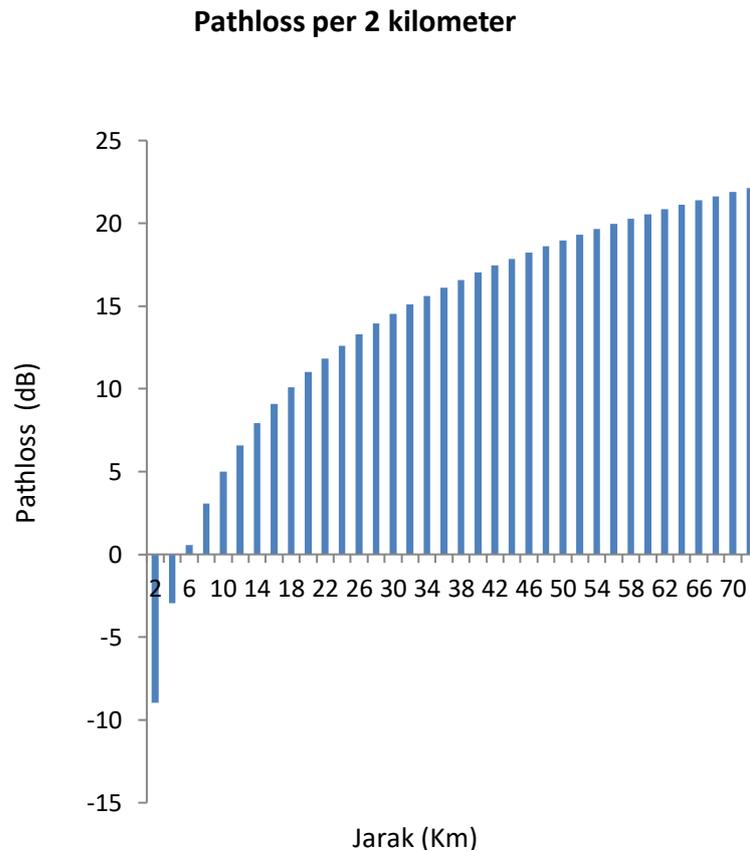
Dan untuk hasil perhitungan data selanjutnya akan ditampilkan dalam bentuk table dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Pathloss* Frekuensi Antena *Sideband* Setiap Per 2 Kilometer

<i>Pathloss</i> Per 2 Kilometer	
Jarak (Km)	<i>Pathloss</i> (dB)
2	-8,97
4	-2,96
6	0,56
8	3,06
10	4,99
12	6,58
14	7,92
16	9,08
18	10,10
20	11,01

22	11,84
24	12,60
26	13,29
28	13,94
30	14,54
32	15,10
34	15,62
36	16,12
38	16,59
40	17,03
42	17,46
44	17,86
46	18,25
48	18,62
50	18,97
52	19,31
54	19,64
56	19,96
58	20,26
60	20,56
62	20,84
64	21,12
66	21,38
68	21,64
70	21,90
72	22,14

Dari tabel hasil perhitungan diatas, akan didapatkan hasil *pathloss* frekuensi antena *sideband* DVOR pada saat dipancarkan. Dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik *Pathloss* Per 2 Kilometer

Pada gambar 4.2 dapat dilihat dengan jelas bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh oleh sinyal frekuensi *Fobserved* atau frekuensi yang dikirimkan dengan efek doppler maka semakin besar nilai rugi-rugi lintasan (*patloss*) yang dihasilkan.

4.2 Jenis Gangguan Frekuensi Yang Terjadi

Adapun gangguan yang terjadi pada proses pengiriman sinyal dari DVOR ke penerima (pesawat), yaitu :

1. *Noise*

Noise dapat diartikan sebagai sifat-sifat listrik banyaknya bentuk-bentuk energi yang tidak diinginkan, cenderung mengganggu pada

penerima dan membentuk sinyal yang tidak digunakan karena banyak gangguan sifat listrik, maka menghasilkan noise pada penerima (pesawat).

2. *Fading*

Fading adalah perubahan amplitudo gelombang elektromagnetik yang diterima karena perubahan atmosfer.

Beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya *fading*, yaitu :

1. Perubahan redaman karena hujan.
2. Perubahan pengarah an antenna.

Dan akan menyebabkan proses pengiriman sinyal tidak sempurna kepada penerimanya.

3. Interferensi Frekuensi Radio

Interferensi frekuensi radio adalah sinyal pengganggu yang tidak diinginkan dimana frekuensinya berdekatan atau sama dengan frekuensi yang ada. Interferensi frekuensi radio ini sangat berbahaya bagi pesawat, dan akan menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat. Pesawat tersebut tidak dapat menerima sinyal informasi dari bandara.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis data yang dilakukan pada Tugas Akhir ini, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Proses terjadinya *attenuasi* dan *pathloss* dipengaruhi oleh jarak antara DVOR dan pesawat. Perubahan nilai *attenuasi* terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,3$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Perubahan nilai *pathloss* terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,38$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Dan semakin jauh jarak yang ditempuh gelombang frekuensi maka semakin besar nilai *attenuasi* dan *pathloss* yang dihasilkan.
2. Jenis gangguan-gangguan yang terjadi pada saat proses pengiriman atau penerimaan yaitu : adanya *noise* yang dapat menyebabkan suara bising didalam radio frekuensi pada pesawat, terjadinya *fading* yang menyebabkan proses pengiriman sinyal tidak sempurna kepada penerimanya, dan adanya interferensi gelombang radio yang sama sehingga sangat berbahaya bagi pesawat, dan dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat.

5.2 Saran

1. Untuk pengembangan tugas akhir ini dapat dikaji lebih rinci lagi tentang antena *Alford Loop* pada DVOR.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pamungkas, Wahyu, dkk. 2013. “Analisis *Link Budget* pada Antena *Sideband Doppler VHF Omni-Directional Range* (DVOR) di Jalur Lintasan Penerbangan”. Jurnal, STT Telematika Telkom Purwokerto, Purwokerto. 2013.
- [2] Utomo, Cahyo. 2013. “Doppler Very High Frequency Omni-directional Range (DVOR) AWAV RB51D Sebagai Salah Satu Alat Navigasi Udara Di Bandara Ahmad Yani Semarang”. Jurnal, Universitas Diponegoro, Semarang. 2013.
- [3] Nugraha, Yoga Tri. 2016. “Analisi Sistem Navigasi Udara *Model 432* (DVOR) Untuk Memandu Pesawat Menuju Bandara”. Jurnal, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.2016.
- [4] Haryadi, Fasich. 2013. “Analisis Perangkat Navigasi *Model 1150 Doppler Very High Omni-Directional Range* (DVOR) Untuk Memandu Pesawat Menuju Bandara Tujuan”. Jurnal, Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2013.
- [5] Gurung, Sanjaya. 2015. “*Attenuation Of Microwave Signal And Its Impacts On Communication System*”. Jurnal, University of North Texas, Texas.2015.
- [6] Yellu, Augustine D. 2013, “*A Uniform Geometrical Theory of Diffraction Model of Very-High-Frequency Omni-directional Range Systems for Improved Accuracy*”. Journal, Ohio: University, Ohio, USA. 2013.
- [7] Mahdalena, Henni. 2011. “Analisis *Link Budget* Pada *Non Directional Beacon* Di Jalur Lintasan Penerbangan Bandara Tunggul Wulung Cilacap”.

- Purwokerto: Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2011.
- [8] Pamungkas, Wahyu. 2006. Diktat Kuliah RADAR dan Navigasi Diktat Kuliah Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2006
- [9] NASA, 1982. *“Air Telecommunication” . Overland Park, USA.*
- [10] Dewanata, Pandu. 2014. *“Study Banding Komunikasi Alat Bantu Pendaratan Instrument Landing System Di Bandar Udara Ngurah Rai Bali”.* Jember : Universitas Jember. 2014.
- [11] Bailey, David. 2003. *Practical Radio Engineering and Telemetry for Industry.* Australia: IDC Technologies.
- [12] SELEX Sistemi Integrati Inc. March, 1982. *Manual Book Model 1150 Doppler Very High Omnidirectional (DVOR).* Overland Park, USA.

LAMPIRAN





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mucktar Basri No.3 Medan 20238, Telp (061) 661059 – EXT.12
Website: <http://teknik.umsu.ac.id> Email: teknik@umsu.ac.id

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA : ANDIKA HARAHAAP
NIM : 1407220052
JUDUL : ANALISIS *LINK BUDGET* ANTENA *SIDEBAND* DVOR MODEL 432
UNTUK MEMANDU PESAWAT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf Pembimbing
1.	'	Acc Judul	Sudi-
2.	27-6-2018	Publikasi: rumusan masalah & tujuan masalah	Sudi-
3.	9-7-2018	Publikasi: tujuan penelitian, dan sumber data software Mandelley	Sudi-
4.	15/7-2018	Publikasi: Metode	Sudi-
5.	27/8-2018	Publikasi: Hasil dan Pembahasan	Sudi-
6.	28/8-2018	Acc Seminar	Sudi-

PEMBIMBING I

NOORLY EVALINA, S.T, M.T



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mucktar Basri No.3 Medan 20238, Telp (061) 661059 – EXT.12
Website: <http://teknik.umsu.ac.id> Email: teknik@umsu.ac.id

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA : ANDIKA HARAHAHAP
NIM : 1407220052
JUDUL : ANALISIS LINK BUDGET ANTENA SIDEBAND DVOR MODEL 432
UNTUK MEMANDU PESAWAT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf Pembimbing
1.	2-7-2018	perbaiki BAB I dan lanjut siapkan sampai B.II, B.III	
2.	11-7-2018	perbaiki Tinjauan pustaka.	
3.	17/7-2018	dan Teori dasar antena perbaiki persamaan - Floccarth.	
4.	25/7-2018	lanjut ke BAB IV	
5.	5/8/2018	Ulangi percobaan dan pengel...	
6.	10/8/2018	perbaiki data?	
7.	19/8-1	lanjut BAB IV dan BAB V	
8.	28-8/2018	lanjut Daftar pustaka. See seminar lanjut Keperkus I	

PEMBIMBING II

PARTAONAN HARAHAHAP, S.T, M.T

ANALISIS LINK BUDGET ANTENA SIDEBAND DVOR MODEL 432 UNTUK MEMANDU PESAWAT

ANDIKA HARAHAHAP

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email : andikaharahap252@gmail.com

ABSTRAK - Teknologi telekomunikasi terus berkembang seiring dengan perkembangan jaman, dimana media komunikasi pada awalnya masih menggunakan kabel atau wireline sebagai media transmisi data maupun nirkabel, salah satu media nirkabel ialah gelombang radio. Penerapan gelombang radio ialah untuk komunikasi alat navigasi udara di bandara maupun di pesawat, salah satu alat tersebut ialah Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR). Dalam DVOR, informasi pengiriman frekuensi menuju pesawat akan mengalami penurunan frekuensi yang diakibatkan oleh jarak dan dengan menggunakan parameter perhitungan link budget. Proses terjadinya attenuasi dan pathloss dipengaruhi oleh jarak antara DVOR dan pesawat. Perubahan nilai attenuasi terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,3$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Perubahan nilai pathloss terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,38$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Dan semakin jauh jarak yang ditempuh gelombang frekuensi maka semakin besar nilai attenuasi dan pathloss yang dihasilkan. Jenis gangguan-gangguan yang terjadi pada saat proses pengiriman atau penerimaan yaitu adanya noise, fading dan adanya interferensi gelombang radio yang sam a sehingga sangat berbahaya bagi pesawat.

Kata kunci: DVOR, attenuasi, pathloss, jenis gangguan telekomunikasi

I. PENDAHULUAN

Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR) yaitu suatu peralatan navigasi udara untuk memandu pesawat agar bisa mendarat sempurna pada bandara yang dituju dengan cara memberikan informasi berupa *azimuth* atau bearing buatan, bukan *azimuth* arah sebenarnya (utara, timur, selatan, barat sebenarnya kepada pesawat) melainkan informasi terhadap titik DVOR *ground station* yang ada pada Bandara Kualanamu. Stasiun DVOR akan memancarkan gelombang kesegala arah yang akan diterima pesawat sehingga memungkinkan pilot untuk menentukan arah dan tujuan ke bandara kualanamu yang berada dalam daerah jangkauannya. Perangkat ini bekerja pada *band* frekuensi jenis *Very High Frequency* (VHF) yang berada dalam jarak frekuensi 30 - 300Mhz, sedangkan DVOR sendiri memiliki jarak frekuensi kerja pada 108.0 – 117.95 Mhz dengan maksimum cakupan area seluas 175 *naautical miles* (315 Km) pada ketinggian 43000 *feet* dan pada DVOR sinyal yang dipancarkan bersifat *Line of sight* atau segaris dengan pandangan mata. DVOR memiliki antena berjumlah 49 yang fungsinya terbagi menjadi dua, yaitu antena *sideband* dan antena *carrier*. Dimana antena *sideband* berjumlah 48 buah yang letaknya mengelilingi antena *carrier*, sedangkan antena *carrier* hanya berjumlah 1 buah yang berada di tengah – tengah lingkaran berdiameter 13,5 m[2].

Berdasarkan hal tersebut diatas, penulis berkeinginan membuat tugas akhir tentang “*Analisis Link Budget Antena Sideband DVOR Model 432 Untuk Memandu Pesawat*” dan melakukan penelitian mengenai, prinsip kerja *Doppler VHF Omnidirectional Range* (DVOR) yang menggunakan sistem modulasi amplitudo (AM) dan modulasi frekuensi (FM). Dan menganalisa proses perhitungan *link budget* pada antena *sideband* DVOR serta hubungannya terhadap efek doppler yang dipancarkan

dengan frekuensi kerja DVOR bandara kualanamu yaitu 112.2 MHz.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi telekomunikasi terus berkembang seiring dengan perkembangan jaman, dimana media komunikasi pada awalnya masih menggunakan kabel atau *wireline* sebagai media transmisi data maupun nirkabel, salah satu media nirkabel ialah gelombang radio. Komunikasi gelombang radio pada awalnya hanya digunakan terbatas yaitu untuk komunikasi militer, tapi kini gelombang radio juga dipergunakan untuk komunikasi umum. Contoh penerapan gelombang radio ialah untuk komunikasi alat navigasi udara di bandara maupun di pesawat, salah satu alat tersebut ialah *Doppler Very High Omni-Directional Range* (DVOR)[1].

Beberapa penelitian tentang *Doppler VHF Omnidirectional Range* yang dilakukan yaitu :

1. DVOR (Doppler VOR) adalah alat bantu navigasi yang dimiliki oleh bandara guna menunjang segala aktifitas penerbangan. Alat navigasi ini memberikan informasi arah mata angin buatan (*azimuth*) kepada pesawat, sehingga ketika pesawat berada di udara seorang pilot dapat memperoleh informasi arah mata angin buatan (*azimuth*). Alat ini dapat memberikan informasi *azimuth* dari 0^0 sampai dengan 360^0 , sehingga seorang pilot akan tetap mengetahui posisi pesawat ketika mengudara mengingat bahwa di udara seorang pilot tidak dapat mengetahui informasi arah mata angin hanya dengan menggunakan sebuah kompas seperti halnya ketika berada di darat[2].

2. Dalam DVOR, informasi yang dikirim menggunakan efek *doppler* menuju pesawat akan mengalami penurunan sinyal (*loss*) yang diakibatkan oleh jarak. Dengan melakukan analisis perhitungan *link budget* menggunakan parameter *pathloss* dan atenuasi terhadap efek *doppler* dengan objek penerima (pesawat), maka apabila pesawat

semakin mendekat, akan menghasilkan perubahan nilai *pathloss* dan atenuasi yang tidak berarti. Perhitungan *pathloss* dengan peubah jarak menghasilkan pengurangan ± 1 dB pada rentang jarak tempuh pesawat, mulai dari jarak 30 Km hingga 5 Km dengan interval 5 Km. Sehingga semakin jauh jarak yang ditempuh oleh gelombang frekuensi *Observed* maka semakin besar nilai atenuasi yang akan diterima. Pada analisis atenuasi sebuah antenna terhadap jangka waktu tertentu menghasilkan perubahan sebesar ± 1 dB dalam waktu tempuh dengan rentang masing-masing sebesar 32 detik, 29 detik, 26 detik, 22 detik, 18 detik, 15 detik, 12 detik, 10 detik, dan 8 detik, dan diperoleh kesimpulan semakin besar nilai waktu yang dipergunakan pada sebuah antenna DVOR maka semakin kecil atenuasinya[1].

3. DVOR yaitu suatu peralatan navigasi udara untuk memandu pesawat agar bisa mendarat sempurna pada bandara yang dituju dengan cara memberikan informasi berupa *azimuth* atau *bearing* buatan yang menggunakan frekuensi akibat adanya efek *doppler*, bukan *azimuth* arah sebenarnya kepada pesawat melainkan informasi terhadap titik DVOR *ground station* yang ada pada Bandara Kualanamu. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Efek Doppler. Berdasarkan arah mendarat *runway* 23, OBS menunjukkan *azimuth / bearing* 110° sebagai panduan arah bandara tujuan, dengan frekuensi Efek *Doppler* antenna *sideband* 112.209.960,0157 Hz. Berdasarkan arah mendarat *runway* 05, OBS menunjukkan *azimuth / bearing* 191° sebagai panduan arah bandara tujuan, dengan frekuensi Efek *Doppler* antenna *sideband* 112.209.960,01865 Hz. Dan jenis gangguan frekuensi yang terjadi pada pengiriman sinyal frekuensi DVOR ke penerima (pesawat) adalah *noise*, *fading*, *interferensi frekuensi radio*[3].

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Airnav Indonesia Cabang Medan yang berada di Bandara Internasional Kualanamu Deli Serdang. Dan dalam melakukan penelitian tentang DVOR dilakukan selama empat bulan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil perhitungan jarak kerja dari DVOR yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$$V = f \times s$$

$$3 \times 10^8 = 112,2 \times 10^6 \times s$$

$$s = \frac{300000000}{112200000}$$

$$s = 2,67 \text{ m} = 2,67 \times 10^{-3} \text{ km} = 0,00144 \text{ Nm}$$

Maka dari hasil diatas, jarak kerja minimal dari DVOR bandara kualanamu adalah 0,00144 Nm. Tetapi, didalam hasil dan pembahasan untuk jarak kerja DVOR maksimal pada jarak 0 - 40 Nm (0 - 72 km).

4.1 Perhitungan *Attenuasi* Dan *Pathloss* Frekuensi Antena *Sideband*

1. Perhitungan *Attenuasi* Frekuensi Antena *Sideband*

Berdasarkan pada jarak datangnya arah pesawat untuk mendarat di Bandara Kualanamu dengan menghitung *attenuasi* frekuensi antenna *sideband* dengan jarak setiap per 2 Km, maka data hasil penelitian tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.1 berikut ini, data hasil penelitian perhitungan *attenuasi* frekuensi antenna *sideband*.

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian dari *Runway 23*

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Daya Yang Ditransmisikan Daya Yang Diterima Gain Penerima	Pt = 100 W Pr = 45 W Gr = 25 dB
2	Frekuensi DVOR Bandara Kualanamu	112.2 MHz
3	Jari-jari Antena DVOR	13,4 m
4	Kecepatan Putaran Antena <i>Sideband</i>	$\omega = 2\pi \times 30$ cps
5	Kecepatan Cahaya	$V = 3 \times 10^8$ m/s
6	Kecepatan Pesawat	$V_0 = 1000$ m/s
7	Jarak (<i>distance</i>)	0 - 40 Nm (0 - 72 KM)
8	Frekuensi Antena <i>Sideband</i>	9960 Hz
9	Power Supply	Input = 841 W Output = 100 W

Adapun hasil perhitungan attenuasi frekuensi antena *sideband* pada DVOR yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$A = 32.5 + 20\text{Log}10F + 20\text{Log}10D$,
adalah sebagai berikut :

Data ke- 1 (2 Km)

$$A = 32,5 + 20\text{Log}10F + 20\text{Log}10D$$

$$A = 32,5 + 20\text{Log}10(112,2) + 20\text{Log}10(2)$$

$$A = 32,5 + 20 (3,049) + 20 (1,301)$$

$$A = 32,5 + 60,98 + 26,02$$

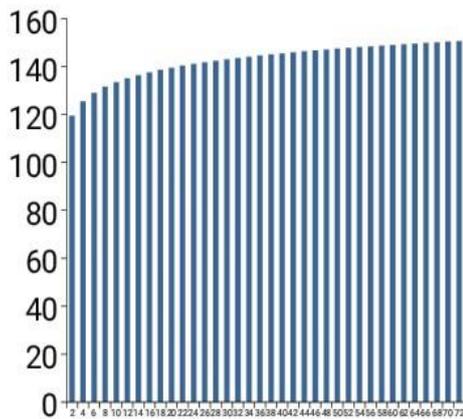
$$A = 119,5 \text{ dB}$$

Dan untuk hasil perhitungan data berikutnya akan ditampilkan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Attenuasi Frekuensi Antena *Sideband* Setiap Per 2 Kilometer

Attenuasi Per 2 Kilometer	
Jarak (Km)	Attenuasi (dB)
2	119,5
4	125,52
6	129,04
8	131,54
10	133,48
12	135,06
14	136,4
16	137,56
18	138,58
20	139,5
22	140,32
24	141,08
26	141,77
28	142,42
30	143,02
32	143,58
34	144,10
36	144,60
38	145,07
40	145,52
42	145,94
44	146,34
46	146,73
48	147,1
50	147,45
52	147,8
54	148,12
56	148,44
58	148,74
60	149,04
62	149,32
64	149,6
66	149,87
68	150,13
70	150,38
72	150,62

Dari tabel hasil perhitungan diatas, akan didapatkan hasil *attenuasi* frekuensi antena *sideband* DVOR pada saat dipancarkan. Dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dibawah ini.



Jarak (KM)

Gambar 4.1 Grafik Attenuasi Per 2 Kilometer

Pada gambar 4.1 dapat dilihat dengan jelas bahwa semakin jauh jarak yang ditempeh oleh suatu gelombang frekuensi *Observed* atau frekuensi yang dipancarkan dengan efek doppler maka semakin besar nilai attenuasinya pada gelombang tersebut.

2. Perhitungan *Pathloss* Frekuensi Antena *Sideband*

Berdasarkan pada jarak datangnya arah pesawat untuk mendarat di Bandara Kualanamu dengan menghitung *pathloss* frekuensi antena *sideband* dengan jarak setiap per 2 Km, maka data hasil penelitian tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.3 berikut ini, data hasil penelitian perhitungan attenuasi frekuensi antena *sideband*

Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian DVOR

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Daya Yang Ditransmisikan Daya Yang Diterima Gain Penerima	Pt = 100 W Pr = 45 W Gr = 25 Db
2	Frekuensi DVOR Bandara Kualanamu	112.2 MHz
3	Jari-jari Antena DVOR	13,4 m
4	Kecepatan Putaran Antena <i>Sideband</i>	$\omega = 2\pi \times 30$ cps
5	Kecepatan Cahaya	$V = 3 \times 10^8$ m/s
6	Kecepatan Pesawat	$V_0 = 1000$ m/s
7	Jarak (<i>distance</i>)	0 - 40 Nm (0 - 72 KM)
8	Frekuensi Antena <i>Sideband</i>	9960 Hz
9	Power Supply	Input = 841 W Output = 100 W

Adapun hasil perhitungan *pathloss* frekuensi antena *sideband* pada DVOR yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$$\lambda = \frac{c}{f}, A = \frac{1}{2} \times \text{diagonal 1} \times \text{diagonal 2},$$

$$G = 10 \log\left(\frac{4\pi Ae}{\lambda^2}\right), PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{GtxGrx\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right], \text{ adalah sebagai berikut :}$$

Data ke- 1 (2 Km) :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$A = \frac{1}{2} \times \text{diagonal 1} \times \text{diagonal 2}$$

$$G = 10 \log\left(\frac{4\pi Ae}{\lambda^2}\right)$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{GtxGrx\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right]$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{112,2 \times 10^6} = 2,67 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{2} \times 26,8 \times 26,8 = 359,12 \text{ m}, A = Ae$$

$$G = 10 \log\left(\frac{4 \times 3,14 \times 359,12}{2,67^2}\right)$$

$$G = 10 \log 632,71 = 10 \times 2,80 = 28 \text{ dB},$$

$$G = Gt$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{GtxGrx\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right]$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{28 \times 25 \times 2,67^2}{(4 \times 3,14)^2 2^2} \right]$$

$$PL (dB) = - 10 \log \left[\frac{4990,23}{631,01} \right]$$

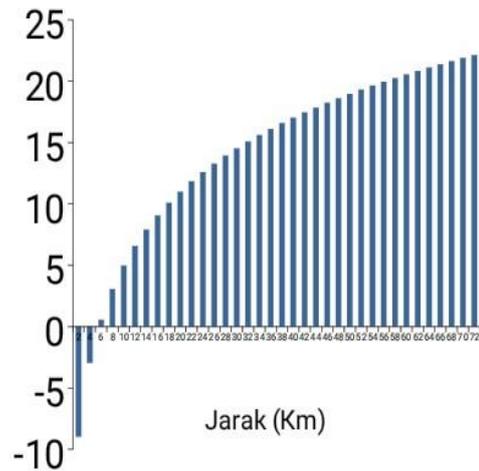
$$PL (dB) = - 10 \log 7,90 = - 10 \times 0,897 = - 8,97 \text{ dB}$$

Dan untuk hasil perhitungan data selanjutnya akan ditampilkan dalam bentuk table dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Pathloss* Frekuensi Antena *Sideband* Setiap Per 2 Kilometer

<i>Pathloss</i> Per 2 Kilometer	
Jarak (Km)	<i>Pathloss</i> (dB)
2	-8,97
4	-2,96
6	0,56
8	3,06
10	4,99
12	6,58
14	7,92
16	9,08
18	10,10
20	11,01
22	11,84
24	12,60
26	13,29
28	13,94
30	14,54
32	15,10
34	15,62
36	16,12
38	16,59
40	17,03
42	17,46
44	17,86
46	18,25
48	18,62
50	18,97
52	19,31
54	19,64
56	19,96
58	20,26
60	20,56
62	20,84
64	21,12
66	21,38
68	21,64
70	21,90
72	22,14

Dari tabel hasil perhitungan diatas, akan didapatkan hasil *pathloss* frekuensi antena *sideband* DVOR pada saat dipancarkan. Dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik *Pathloss* Per 2 Kilometer

Pada gambar 4.2 dapat dilihat dengan jelas bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh oleh sinyal frekuensi *Observed* atau frekuensi yang dikirimkan dengan efek doppler maka semakin besar nilai rugi-rugi lintasan (*pathloss*) yang dihasilkan.

4.2 Jenis Gangguan Frekuensi Yang Terjadi

Adapun gangguan yang terjadi pada proses pengiriman sinyal dari DVOR ke penerima (pesawat), yaitu :

1.Noise

Noise dapat diartikan sebagai sifat-sifat listrik banyaknya bentuk-bentuk energi yang tidak diinginkan, cenderung mengganggu pada penerima dan membentuk sinyal yang tidak digunakan karena banyak gangguan sifat listrik, maka menghasilkan noise pada penerima (pesawat).

2.Fading

Fading adalah perubahan amplitudo gelombang elektromagnetik yang diterima karena perubahan atmosfer. Beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya *fading*, yaitu :

- Perubahan redaman karena hujan.
- Perubahan pengarahannya antenna.

Dan akan menyebabkan proses pengiriman sinyal tidak sempurna kepada penerimanya.

c) Interferensi Frekuensi Radio

Interferensi frekuensi radio adalah sinyal pengganggu yang tidak diinginkan dimana frekuensinya berdekatan atau sama dengan frekuensi yang ada. Interferensi frekuensi radio ini sangat berbahaya bagi pesawat, dan akan menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat. Pesawat tersebut tidak dapat menerima sinyal informasi dari bandara.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis data yang dilakukan pada Tugas Akhir ini, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Proses terjadinya *attenuasi* dan *pathloss* dipengaruhi oleh jarak antara DVOR dan pesawat. Perubahan nilai *attenuasi* terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,3$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Perubahan nilai *pathloss* terhadap jarak setiap 2 Kilometer sejauh 72 Kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar $\pm 0,38$ dB, perubahan tersebut diperoleh dari jarak 2 Kilometer sampai 72 Kilometer. Dan semakin jauh jarak yang ditempuh gelombang frekuensi maka semakin besar nilai *attenuasi* dan *pathloss* yang dihasilkan.

2. Jenis gangguan-gangguan yang terjadi pada saat proses pengiriman atau penerimaan yaitu : adanya *noise* yang dapat menyebabkan suara bising didalam radio frekuensi pada pesawat, terjadinya *fading* yang menyebabkan proses pengiriman sinyal tidak sempurna kepada penerimanya, dan adanya interferensi gelombang radio yang sama sehingga sangat berbahaya bagi

pesawat, dan dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat.

5.2 Saran

1. Untuk pengembangan tugas akhir ini dapat dikaji lebih rinci lagi tentang antena *Alford Loop* pada DVOR.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pamungkas, Wahyu, dkk. 2013. "Analisis *Link Budget* pada Antena *Sideband Doppler VHF Omni-Directional Range* (DVOR) di Jalur Lintasan Penerbangan". Jurnal, STT Telematika Telkom Purwokerto, Purwokerto. 2013.
- [2] Utomo, Cahyo. 2013. "Doppler Very High Frequency Omni-directional Range (DVOR) AWAV RB51D Sebagai Salah Satu Alat Navigasi Udara Di Bandara Ahmad Yani Semarang". Jurnal, Universitas Diponegoro, Semarang. 2013.
- [3] Nugraha, Yoga Tri. 2016. "Analisis Sistem Navigasi Udara *Model 432* (DVOR) Untuk Memandu Pesawat Menuju Bandara". Jurnal, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan. 2016.
- [4] Haryadi, Fasich. 2013. "Analisis Perangkat Navigasi *Model 1150 Doppler Very High Omni-Directional Range* (DVOR) Untuk Memandu Pesawat Menuju Bandara Tujuan". Jurnal, Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2013.
- [5] Gurung, Sanjaya. 2015. "*Attenuation Of Microwave Signal And Its Impacts On Communication System*". Jurnal, University of North Texas, Texas. 2015.
- [6] Yellu, Augustine D. 2013, "A *Uniform Geometrical Theory of Diffraction Model of Very-High-Frequency Omni-directional Range Systems for Improved Accuracy*". Journal, Ohio: University, Ohio, USA. 2013.
- [7] Mahdalena, Henni. 2011. "Analisis *Link Budget* Pada *Non Directional*

- Beacon Di Jalur Lintasan Penerbangan Bandara Tunggul Wulung Cilacap*". Purwokerto: Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2011.
- [8] Pamungkas, Wahyu. 2006. Diktat Kuliah RADAR dan Navigasi Diktat Kuliah Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto. 2006
- [9] NASA, 1982. "Air Telecommunication" . *Overland Park, USA*.
- [10] Dewanata, Pandu. 2014. "Study Banding Komunikasi Alat Bantu Pendaratan Instrument Landing System Di Bandar Udara Ngurah Rai Bali". Jember : Universitas Jember. 2014.
- [11] Bailey, David. 2003. *Practical Radio Engineering and Telemetry for Industry*. Australia: IDC Technologies.
- [12] SELEX Sistemi Integrati Inc. March, 1982. *Manual Book Model 1150 Doppler Very High Omnirange (DVOR)*. *Overland Park, USA*.

BIODATA PENULIS

Nama : Andika Harahap

NPM : 1407220052

TTL : Dusun Meranti Jaya, 17 Desember 1993

Alamat : Dusun Meranti Jaya. Kec. Bagan Sinembah. RIAU.

Emai : Andikaharahap252@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

2000 – 2006 : MI An-nur Bortrem Jaya

2006 – 2009 : MTs Bustanul Ulum

2009 – 2012 : SMA N 3 Bagan Sinembah

2014 – Sekarang : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jurusan Teknik Elektro.



Medan 05 Oktober 2018