

ANALISIS LINK BUDGET ANTENA *SIDEBAND* *DOPPLER VERY HIGH OMNI-DIRECTIONAL RANGE (DVOR)* PADA JALUR LINTASAN PENERBANGAN

Eka Wahyudi¹ Wahyu Pamungkas² Bayu Saputra³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Telekomunikasi, STT Telematika Telkom Purwokerto

Jl. D.I. Panjaitan No. 128 Purwokerto, Telp: (0281) 641629

¹ekawahyudi@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi telekomunikasi terus berkembang seiring dengan perkembangan jaman. Mulai dari komunikasi kabel hingga komunikasi nirkabel. Salah satu pemanfaatan komunikasi nirkabel sebagai media komunikasi adalah teknologi radio yang diterapkan pada salah satu peralatan navigasi penerbangan, yang dikenal dengan istilah *Doppler Very high Omni-Directional Range (DVOR)*. 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 *Fobserved* 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.

Kata kunci: Navigasi, DVOR, Efek *doppler*, *Fobserved*, Atenuasi, *Pathloss*

1. PENDAHULUAN

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)*.

DVOR yaitu alat bantu navigasi udara yang berfungsi untuk menentukan sudut pesawat agar

mendarat dengan sempurna di jalur lintasan bandar udara yang dituju dengan mengirimkan informasi berupa sudut *azimuth* dan *bearing* buatan kepada pesawat terhadap stasiun DVOR yang berada di bandar udara. Stasiun DVOR akan memancarkan gelombang kesegala arah yang akan diterima pesawat dan memungkinkan pilot untuk menentukan arah dan tujuan penerbangannya ke bandara-bandara 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 37500 *feet* dan pada DVOR sinyal yang dipancarkan bersifat *Line of*

sight atau segaris dengan pandangan mata^[1]. 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. METODOLOGI PENELITIAN

a. Studi Literatur

Metode ini dipergunakan karena untuk melengkapi data - data yang berkaitan dengan penelitian yaitu pencarian buku, jurnal, dan bahan-bahan yang terkait mengenai perangkat *Doppler Very High Omni-directional Range* (DVOR).

b. Studi Observasi

Pada proses penelitian ini, studi observasi dilakukan perhitungan atas parameter-parameter yang terkait dan *link budget* pada *Doppler Very High Omni-directional Range* (DVOR).

c. Variabel Penelitian

Parameter-parameter *link budget* yang akan dianalisis antara lain daya kirim pada sisi *transmitter* (T_{RX}) yang akan berkurang akibat pengaruh *loss* terhadap propagasi *Line of Sight* serta pengaruh efek *doppler* yang terjadi pada antena *sideband* dan berpengaruh pada daya *carrier* yang akan di terima pesawat

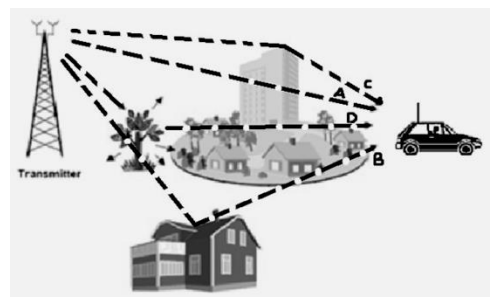
d. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan adalah deskriptif, yaitu memaparkan perilaku pengaruh *loss* propagasi terhadap parameter-parameter *link budget* pada *Doppler Very High Omni-directional Range* (DVOR).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Dasar Teori

Propagasi gelombang radio ialah mentransmisikan atau menyebarkan gelombang elektromagnetik di udara bebas (*free space*). Gelombang elektromagnetik pada umumnya dipengaruhi banyak faktor dalam bentuk yang sangat kompleks diantaranya pengaruh keadaan cuaca, fenomena luar angkasa, maupun permukaan bumi yang tidak rata. Mekanisme dasar propagasi gelombang elektromagnetik ada bermacam-macam, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi empat yaitu *free space*, refleksi, difraksi dan *scattering*



Gambar 1 Propagasi Gelombang Radio^[8]

1) Konsep Dasar Sistem Komunikasi Radio Pada Navigasi Pesawat.

Pesawat terbang pada dasarnya memiliki sistem komunikasi dua arah yaitu pengirim (Rx) dan penerima (Tx), di mana pada pesawat penerima terdiri dari pesawat penerima komunikasi dan pesawat penerima navigasi. Pesawat penerima komunikasi merupakan pesawat yang dipergunakan untuk berkomunikasi dalam penerbangan, baik melalui media suara atau menggunakan kode dan data-data navigasi, antara pesawat dengan pesawat di udara atau pesawat dengan pengatur lalu lintas udara yang berada di darat. Setiap pesawat memerlukan komunikasi agar

memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk kelancaran dan keselamatan penerbangan, baik itu informasi tentang bandara tujuan, informasi cuaca dan data-data lain yang diperlukan selama penerbangan berlangsung.

2) *Doppler Very High Omni-directional Range* (DVOR)

Merupakan fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja pada frekuensi radio dengan arah pancaran *omnidirectional* atau dipancarkan kesegala arah yang memungkinkan penerbang untuk menentukan arah penerbangannya kebandara yang dituju dalam daerah jarak pancarnya. Alat ini bekerja pada getaran 108.0 – 117.95 Mhz dan berfungsi untuk memberikan *azimuth* dan *bearing* buatan bagi pesawat dengan mengirimkan identitas dirinya dalam bentuk sandi *morse*.

3) *Instrumen Landing System* (ILS)

adalah instrumen alat bantu pendaratan (*non visual*) yang digunakan untuk membantu penerbang melakukan prosedur pendekatan dan pendaratan pesawat disuatu bandara. Alat ini bekerja pada getaran VHF dan terdiri dari *localizer* landasan pacu, *signal glide slope* dan *marker beacon* untuk menentukan lokasi pendaratan.

4) *Marker Beacon*

Sinyal *marker beacon* digunakan untuk menunjukkan posisi pesawat saat mendekati landasan pacu. Transmisi *marker beacon* beroperasi pada frekuensi 75 Hz, dan berfungsi untuk memberikan informasi berupa sisa jarak antara pesawat dan titik pendaratan.

5) *Non Direction Beacon* (NDB)

Merupakan salah satu alat fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja pada gelombang AM

dengan menggunakan frekuensi rendah (*low frequency*) berkisar antara 190 – 535 Khz dan berfungsi untuk mengarahkan pesawat kesuatu tempat yang dituju, atau untuk menemukan dan menentukan tempat landasan pesawat.

6) *Automatic Direction Finder* (ADF)

Merupakan salah satu alat navigasi yang terletak pada pesawat yang beroperasi pada frekuensi rendah sesuai dengan frekuensi NDB. ADF berfungsi sebagai *receiver* untuk mengarahkan pesawat kesuatu tempat yang dituju, atau untuk menemukan dan menentukan tempat landasan pesawat.

7) Radar

Radio Detection and Ranging (Radar) adalah salah satu alat bantu navigasi yang sangat potensial, baik dalam penentuan posisi maupun pendeteksi objek tertentu. *Radar* menghasilkan pulsa-pulsa pendek gelombang radio dan pancaran tersebut diarahkan pada area tertentu melalui antena radar yang sering disebut dengan *scanner*.

8) Pengertian *Doppler Very High Omni-directional Range* (DVOR)

Doppler Very High Omni-directional Range (DVOR) merupakan alat bantu navigasi penerbangan yang memancarkan sinyal berupa gelombang radio dari *ground station* dan diterima oleh pesawat, sehingga penerbang dapat menentukan jalur lintasan dan sudut *azimuth* relatif terhadap bandara yang dituju. DVOR bekerja dengan menggunakan *band Very High Frequency* (VHF) yang memiliki sifat *Line of Sight* untuk memenuhi syarat propagasinya dan dipasang didalam atau diluar lingkungan bandara sesuai dengan fungsinya. Data yang diambil dalam penelitian ini

diperoleh dari VOR pada Bandar udara Tunggul Wulung Cilacap yang merupakan VOR jenis *Doppler* yang memiliki daerah cakupan maksimum (*maximum range*) 175 *nautical miles* (315 Km) dengan daya pancar antara 50 *watt* sampai 100 *watt*. DVOR menggunakan antenna tipe *alford loop* berjumlah 49 antenna dengan sifat *omnidirectional* yang memancarkan sinyalnya kesegala arah agar dapat ditangkap oleh pesawat terbang. Namun DVOR yang dibahas ini mempunyai daya pancar sebesar 62 *watt* dan menggunakan frekuensi *carrier* sebesar 114Mhz. Sesuai data *manual book Model 1150 Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR)* dengan toleransi awal operasi pada frekuensi *carrier* $\pm 0.0005\%$ dan memiliki *Effective Radiated Power* minimum 23dBW^[1]. Gambar 2 merupakan ilustrasi konfigurasi 49 Antena *Doppler Very High Omnidirectional Range (DVOR)*.

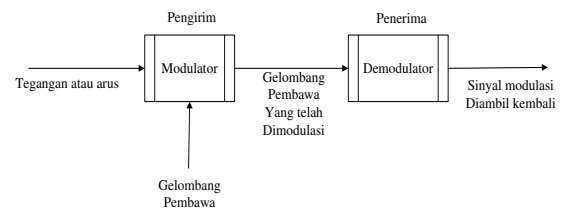


Gambar 2 Konfigurasi 49 Antena DVOR

9) *Receiver* pada pesawat terbang

Sinyal yang dipancarkan DVOR adalah hasil sinyal modulasi. Modulasi adalah suatu proses pada satu frekuensi tinggi, dimana frekuensi tinggi itu diubah-ubah sesuai informasi atau suatu sinyal yang dimasukkan. Frekuensi tinggi ini disebut frekuensi pembawa (*Carrier Frekuensi*) dan sinyal yang dimasukkan adalah frekuensi rendah. Modulasi yang terjadi pada antenna *sideband* DVOR

adalah modulasi frekuensi (FM).^[2] Modulasi frekuensi merupakan proses modulasi dengan cara mengubah *frequency* gelombang pembawa yang dilakukan oleh sinyal informasi.^[8] Seperti pada Gambar 3 yang menjelaskan tentang prinsip sederhana proses modulasi.



Gambar 3 Prinsip Sederhana Proses Modulasi^[8]

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:

a. Antena

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

b. Daya Pancar (P_{TX})

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.^[4]

c. *Gain* antenna

Gain antenna mengukur kemampuan antenna untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan kearah yang dituju. Besarnya nilai *gain* dapat dicari menggunakan persamaan^[4]:

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

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

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

dengan:

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)

d. *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*. Besarnya daya sinyal *Cross section clutter* dapat dihitung dengan persamaan^[10]:

$$S_{rc} = \frac{P_t G_d^2 \lambda^2 \sigma_c}{(4\pi)^3 R^4 L}$$

dengan:

P_t = daya pancar sinyal radar (W)

G_d = *gain directivity antenna* (dB)

λ = panjang gelombang (m)

σ_c = *cross section scattered* (m²)

R = jarak antara radar dengan target yang tidak diinginkan (m)

L = total loss (dB)

e. *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]:

$$A = 32.5 + 20 \log_{10} F + 20 \log_{10} D$$

dengan:

A = *Attenuation* (dB)

F = *Frequency* (MHz)

D = *Distance* (Km)

f. *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^[6]:

$$PL = \frac{P_t}{P_r}$$

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

dengan:

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)

g. 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^[2].

$$F_{observed} = f_{SB} \frac{V + V_o}{V + v_r \sin \theta}$$

dengan:

F_{observed} = frekuensi antenna *sideband* (MHz)

f_{SB} = frekuensi *sideband*
= 113.009.960 Hz

$$V = \text{cepat rambat frekuensi} \\ = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$$

$$V_o = \text{kecepatan gerak penerima} \\ (\text{asumsi } 1000 \text{ m/detik})$$

$$\omega = 2 \pi \times 30$$

$$r = \text{jari-jari lingkaran tengah 48 antena} \\ \text{sideband (m)}$$

b. Hasil Simulasi

Analisa data yang dilakukan ialah dengan cara mengamati perilaku hubungan dan pengaruh antara perhitungan *link budget* pada antena *sideband* DVOR terhadap efek *doppler* yang dipancarkan antena tersebut dengan menggunakan parameter *distance* (jarak), *attenuasi*, *pathloss*, dan *Fobserved*.

1) Analisa Hasil Perhitungan Data Atenuasi Terhadap Jarak.

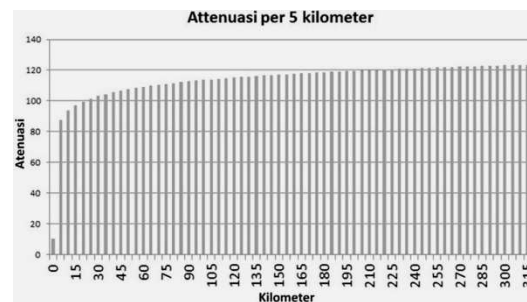
Tabel 1 Nilai Atenuasi yang Dicuplik Per 5 Kilometer

Atenuasi Per 5 Kilometer		Kilometer	Atenuasi	Kilometer	Atenuasi
5	87,54176346	115	114,776320	240	121,1665882
10	93,56236338	120	115,145988	245	121,3456851
15	97,08418856	125	115,500563	250	121,5211636
20	99,58296329	130	115,841230	255	121,693167
25	101,5211636	135	116,169038	260	121,8618303
30	103,1047885	140	116,484924	265	122,0272809
35	104,4437243	145	116,789723	270	122,1896387
40	105,6035632	150	117,084188	275	122,3490173
45	106,6266137	155	117,368997	280	122,505524
50	107,5417635	160	117,64476	285	122,6592606
55	108,3696172	165	117,912042	290	122,8103233
60	109,1253884	170	118,171341	295	122,9588037
65	109,8206305	175	118,423124	300	123,1047885
70	110,4643242	180	118,667813	305	123,2483602
75	111,0635886	185	118,905797	310	123,3895973
80	111,6241631	190	119,137435	315	123,5285745
85	112,1507419	195	119,363055		
90	112,6472136	200	119,5829633		
95	113,1168355	205	119,7974406		
100	113,5623634	210	120,0067493		
105	113,9861494	215	120,2111326		
110	114,3902171	220	120,410817		
		225	120,6060137		
		230	120,7969201		
		235	120,9837206		

Pada Tabel 1 terlihat jelas bahwa pada jarak pertama kali pesawat menerima sinyal dari DVOR yaitu jarak 315 kilometer, nilai atenuasi yang diterima adalah sebesar 123,5285745 desibel nilai tersebut hanya mengalami perubahan angka dibelakang koma sampai pada jarak 300 kilometer. Pada jarak

selanjutnya yaitu 295 kilometer nilai atenuasi berubah 1 desibel dengan nilai 122,9588037 sampai pada jarak 265 kilometer bernilai 122,0272809 dengan perubahan angka kurang dari 1 desibel, direntang 295 sampai 265 kilometer ini nilai yang berubah kurang dari 1 desibel dapat ditotal sepanjang 30 kilometer.

Berdasarkan kumpulan data diatas dapat kita ambil perbedaan jarak tempuh masing-masing rentang nilai yang diakibatkan perubahan nilai atenuasi diatas 1 *desibel*, jarak tempuh tersebut ialah 30 kilometer, 25 kilometer, 20 kilometer, 15 kilometer, 10 kilometer, dan 5 kilometer. Dengan demikian jelas terlihat perubahan nilai atenuasi, semakin dekat jarak yang ditempuh maka semakin kecil nilai atenuasinya, dalam hal ini masing-masing jarak tempuh akibat perubahan memiliki selisih 5 kilometer.



Gambar 4 Grafik Atenuasi Per 5 Kilometer

Gambar 4 dapat dilihat dengan jelas bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang frekuensi *Fobserved* atau frekuensi yang dipancarkan dengan efek *doppler* maka semakin besar pula nilai atenuasi yang diterima gelombang tersebut.

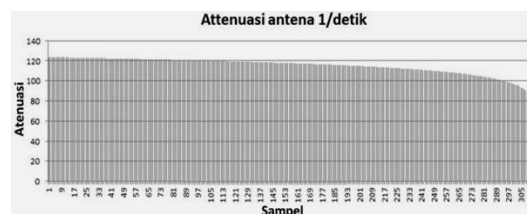
2) Analisa hasil perhitungan data atenuasi terhadap salah satu antena pada jangka waktu tertentu.

Tabel 2 Nilai Atenuasi Antena 1 Per Detik
(25 sampel)

Antena 1 (per 1 detik)		Sample	Attenuasi	Sample	Attenuasi
Sample	Attenuasi	11	123,219835	21	122,92931
1	123,500956	12	123,1912159	22	122,8997158
2	123,47325	13	123,1625022	23	122,8700204
3	123,445455	14	123,1336933	24	122,8402232
4	123,417571	15	123,1047885	25	122,8103233
5	123,389597	16	123,0757871		
6	123,361533	17	123,0466887		
7	123,333378	18	123,0174924		
8	123,305131	19	122,9881976		
9	123,276792	20	122,9588037		
10	123,24836				

Dari data Tabel 2 dapat dilihat perubahan nilai atenuasi, dimana pada sampel pertama atau pada saat pesawat pertama kali diterima oleh pemancar DVOR di jarak 315 kilometer nilai atenuasinya sebesar 123,5 dB dan mengalami perubahan nilai sebesar 1 dB pada sampel atau detik ke 19 dengan nilai atenuasi 122,9 dB. Sampel berikutnya yang mengalami perubahan 1 dB terletak pada sampel ke 51 dengan nilai 121,9 dB, jarak perubahan waktu dari sampel 19 ke sampel 51 ialah 32 detik. Untuk sampel berikutnya yang mengalami perubahan sebesar 1 dB terletak dari sampel 51 sampai sampel 80 yang bernilai 120,9 dengan jarak perubahan waktu sebesar 29 detik, pengurangan nilai berikutnya terletak pada sampel 106 dimana perubahan waktu yang diperlukan dari sampel 80 ke sampel 106 ialah sebesar 26 detik, secara ringkas nilai sampel dengan pengurangan 1 dB dan waktu tempuhnya ialah: sampel 106 sampai 128 dengan waktu 22 detik, sampel 128 sampai 149 dengan waktu 21 detik, sampel 149 sampai 167 dengan waktu 18 detik, sampel 167 sampai 183 dengan waktu 14 detik, sampel 183 sampai 198 dengan waktu 15 detik, sampel 198 sampai 210 dan sampel 210 sampai 222 dengan waktu

tempuh 12 detik, selanjutnya dari sampel 222 sampai sampel 309 dengan waktu tempuh berkisar antara 10 sampai 1 detik, selebihnya dari sampel 309 sampai 313 mengalami pengurangan nilai 2 dB disetiap detiknya, dan sampel 314 terjadi pengurangan sebesar 6 dB yaitu dari 79,58 dB menjadi 73,56 dB. Dari data-data tersebut waktu tempuh yang diperlukan untuk mengalami perubahan sebesar 1 dB ialah 32 detik, 29 detik, 26 detik, 22 detik, 21 detik, 18 detik, 15 detik, 12 detik, 10 detik, 8 detik dan seterusnya sampai sampel ke 314 dengan selisih masing-masing waktu tempuh berkisar antara 2 sampai 3 detik.



Gambar 5 Grafik Atenuasi Antena 1 Per Detik

Berdasarkan pada Gambar 5 dapat diberi kesimpulan bahwa semakin besar nilai detik yang diperoleh pada sebuah antena *sideband* DVOR maka semakin kecil nilai atenuasinya, hal ini disebabkan karena nilai detik pada sebuah antena *sideband* berbanding terbalik dengan nilai jarak pancar antena tersebut

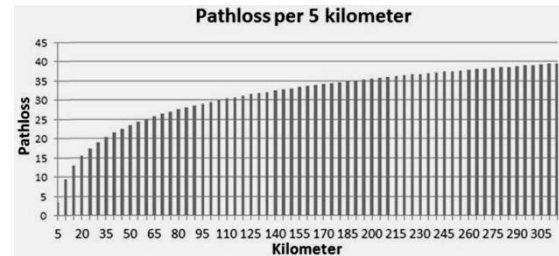
- Analisa hasil perhitungan *pathloss* terhadap jarak.

Tabel 3 Nilai *Pathloss* yang Dicuplik Per 5 Kilometer

Pathloss Per 5 Kilometer		Kilometer	Pathloss
Kilometer	Pathloss		
5	3,481304146	175	34,36266503
10	9,501904059	180	34,60735416
15	13,02372924	185	34,84533863
20	15,52250397	190	35,07697608
25	17,46070423	195	35,30259629
30	19,04432915	200	35,52250397
35	20,38326495	205	35,73698128
40	21,54310389	210	35,94628995
45	22,56615433	215	36,15067326
50	23,48130415	220	36,35035768
55	24,30915785	225	36,54555442
60	25,06492907	230	36,73646078
65	25,76017119	235	36,9232613
70	26,40386486	240	37,10612889
75	27,00312933	245	37,28522575
80	27,5637038	250	37,46070423
85	28,09028257	255	37,63270767
90	28,58675425	260	37,80137102
95	29,05637616	265	37,96682154
100	29,50190406	270	38,12917934
105	29,92569004	275	38,28855794
110	30,32975776	280	38,44506469
115	30,71586087	285	38,59880126
120	31,08552898	290	38,74986402
125	31,44010432	295	38,89834438
130	31,78077111	300	39,04432915
135	32,10857943	305	39,18790085
140	32,42446477	310	39,32913794
145	32,7292641	315	39,46811513
150	33,02372924		
155	33,30853802		
160	33,58430371		
165	33,85158294		
170	34,11088249		

Pada Tabel 3 nilai *pathloss* pada kilometer 315 memiliki nilai sebesar 39,4 dB, kemudian mengalami perubahan ± 1 dB pada kilometer 295 sampai kilometer 265 dimana nilai *pathloss* pada kilometer 295 sebesar 38,8 dB mengecil menjadi 37,9 dB dengan rentang jarak yang ditempuh selama perubahan nilai sebesar 30 kilometer, pada rentang pengurangan ± 1 dB berikutnya yaitu dari kilometer 265 menuju kilometer 235 dengan jarak yang ditempuh sejauh 30 kilometer, sampel berikutnya dengan pengurangan ± 1 dB dari kilometer 235 sampai kilometer 210 dengan jarak tempuh perubahan nilai sebesar 25 kilometer, secara ringkas nilai *pathloss* yang mengalami pengurangan nilai ± 1 dB dari kilometer 210 sampai kilometer 30 memiliki rentang jarak tempuh masing-masing sebesar 20 kilometer, 15 kilometer, 10 kilometer, dan 5 kilometer, adapun pada

kilometer 25 kebawah mengalami penurunan sebanyak 2 sampai 6 *desibel*. Berdasarkan data tersebut maka dapat diketahui rentang jarak yang ditempuh untuk menghasilkan pengurangan nilai ± 1 dB, adapun selisih disetiap rentang jarak ialah 5 kilometer.



Gambar 6 Grafik *Pathloss* Per 5 Kilometer

Pada Gambar 6 dapat dilihat dan ditarik sebuah kesimpulan bahwa semakin jauh jarak sebuah sinyal dikirimkan maka semakin besar pula nilai rugi-rugi lintasan (*pathloss*) yang dihasilkan.

4. PENUTUP

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan maka didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Efek *doppler* yang dihasilkan *ground* antenna DVOR sebanyak 48 buah memiliki pengaruh yang kecil terhadap hasil perhitungan *pathloss* dan atenuasi pada *link budget* dikarenakan hasil perubahan frekuensi *Fobserved* yang terjadi akibat efek *doppler*.
2. Perubahan nilai atenuasi dan *pathloss* terhadap jarak dengan pengambilan sampel setiap 5 kilometer sejauh 315 kilometer menghasilkan perubahan nilai masing-masing parameter sebesar ± 1 dB, perubahan tersebut diperoleh dari rentang kilometer sejauh 35 kilometer, 30

kilometer, 25 kilometer, 20 kilometer, 15 kilometer, 10 kilometer, dan 5 kilometer.

3. Dilihat dari sisi *transmitter* (*ground antenna* DVOR) semakin besar nilai jarak yang ditempuh gelombang frekuensi *Observed* (efek *doppler*) maka semakin besar nilai atenuasi dan *pathloss* yang dihasilkan. Sedangkan dari sisi *receiver* (pesawat) semakin dekat jarak yang ditempuh pesawat, maka akan semakin tinggi sensitifitas sinyal yang diterima oleh pesawat tersebut.
4. Perubahan nilai atenuasi satu antena *sideband* terhadap waktu menghasilkan kesimpulan bahwa semakin besar nilai detik yang diperoleh pada sebuah antena *sideband* DVOR maka semakin kecil nilai atenuasinya, hal ini disebabkan karena nilai detik pada sebuah antena *sideband* berbanding terbalik dengan nilai jarak pancar antena tersebut.
5. *Loss* yang sangat mempengaruhi pada system navigasi *Doppler Very High Omnidirectional Range* (DVOR) adalah *pathloss* dan atenuasi, karena DVOR bekerja pada gelombang VHF yang tahan terhadap redaman hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SELEX Sistemi Integrati Inc. March. 2007. *Manual Book Model 1150 Doppler Very High Omnidirectional Range (DVOR). Overland Park, USA.*
- [2] SELEX Sistemi Integrati Inc. March. 2007. *Operation and Maintenance Manual Model 1150 Doppler Very High Omnidirectional Range (DVOR). Overland Park, USA.*
- [3] Mahdalena, Henni. 2011. *Analisis Link Budget Pada Non Direction Beacon Di Jalur Lintasan Penerbangan Bandara Tunggal Wulung Cilacap.* Purwokerto. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra.
- [4] Larasati, Shinta Widyaningrum. 2010. *Analisis Link Budget Pada Sistem Transmisi Microwave Antara BTS Pancasan Dengan BTS Ajibarang Dalam Cakupan BSC Gunung Depok Studi Kasus Di PT.Indosat, Tbk Purwokerto.* Purwokerto. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra.
- [5] Bailey, David. 2003. *Practical Radio Engineering and Telemetry for Industry.* Australia: IDC Technologies.
- [6] Constantine, Balanis. 1997. *Antenna Theory Analysis and Design.* Kanada: John Willey and Son Inc.
- [7] Susilawati, Indah. 2009. *Teknik Telekomunikasi Dasar Komunikasi Radio.* Yogyakarta : Universitas Mercu Buana Yogyakarta.
- [8] Utomo, Pramudi. 2008. *Teknik Telekomunikasi Jilid 1 untuk SMK.* Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- [9] Shanmugam, K.Sam. 1976. *Digital and Analog Communication Systems,* United States of America: University of Kansas.
- [10] Pamungkas, Wahyu. 2006. *Diktat Kuliah Radar dan Navigasi.* Purwokerto. Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra.