

Analisis Link Budget Non Direction Beacon pada Komunikasi Jalur Lintasan Penerbangan

Eka Wahyudi¹, Dian Wahyudi², Henni Mahdalena³

^{1,2,3} Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom

Jl. D.I. Panjaitan No. 128 Purwokerto, Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia

¹ekawahyudi@st3telkom.ac.id, ²dawir_twl@yahoo.com, ³henni.mahdalena@yahoo.com

Abstrak — Salah satu redaman propagasi yang harus diperhitungkan ketika menggunakan komunikasi radio pada navigasi udara adalah redaman propagasi atmosfer pada saat malam hari. Adanya redaman propagasi akan mengakibatkan daya terima pada sisi *Automatic Direction Finder* pada pesawat udara yang dipancarkan oleh *Non Direction Beacon* akan berkurang karena adanya *loss*. Berkurangnya daya terima akibat dari toleransi *loss* yang diperbolehkan yaitu 1.575 dB dari daya pancar, meskipun nilai tersebut sudah mengakibatkan kesalahan penunjukan arah jarum indikator pada kompas *Automatic Direction Finder*. Untuk itu diperlukan sebuah analisis terhadap pengaruh redaman propagasi atmosfer terhadap daya pancar *Non Direction Beacon* dan daya terima *Automatic Direction Finder*. Dengan melakukan perhitungan *Link Budget* dengan parameter-parameter yang telah tersedia maka didapatkan daya pancar *Non Direction Beacon* sebesar 85.1957 dB dan daya terima saat terjadi redaman propagasi atmosfer 82.3981 dB. Dari perhitungan disimpulkan bahwa redaman propagasi atmosfer pada malam hari khususnya pada saat matahari terbenam sangat mempengaruhi daya terima.

Kata Kunci - *Navigasi, Non Direction Beacon, Automatic Direction Finder, Redaman Atmosfer*

Abstract - One of the propagation attenuation that should be calculate when using radio communication in air navigation is atmospheric propagation attenuation at night. The presence of propagation attenuation will decrease acceptance on the side of the Automatic Direction Finder on aircraft that emitted by Non Direction Beacon because of the loss. Reduced power received due to loss of tolerance allowed is 1.575 dB of transmit power , although the value is already resulting in the appointment of an error on the needle indication of Automatic Direction Finder compass. It required an analysis of the influence of the atmosphere on the propagation attenuation of Non Direction Beacon transmit power and receive power Automatic Direction Finder. By doing Link Budget calculations with the parameters then obtained emittance Non Direction Beacon of 85.1957 dB and acceptance occurs when the atmospheric propagation attenuation of 82.3981 dB. From the calculation is concluded that atmospheric propagation attenuation, especially at night when the sun goes down greatly affect receptivity .

Keyword - Navigation , Non Direction Beacon , Automatic Direction Finder , Atmospheric Attenuation

I. PENDAHULUAN

Pada sebuah sistem komunikasi sederhana terdapat *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx) yang masing-masing terhubung dengan perantara antena. Antara Tx dan Rx terpisah oleh *path* (jarak) yang harus dilalui. Dengan adanya jarak antara Tx dan Rx maka muncul redaman propagasi. Rx memerlukan daya sinyal minimal yang akan ditangkap oleh antena, agar terjadi komunikasi diantara keduanya. Demikian halnya pada peralatan navigasi penerbangan *Non Direction Beacon* (NDB). NDB harus memancarkan sinyal yang dapat diterima oleh pesawat udara, sehingga penerbang dapat mengetahui posisi pesawatnya (*azimuth*) relatif terhadap lokasi NDB, agar dapat melakukan proses pendaratan (*landing system*). NDB yang akan dibahas dalam jurnal ini adalah NDB *low range* yang daerah cakupannya (*coverage range*) antara 92.650 meter sampai dengan 185.300 meter dengan daya pancar antara 50 watt sampai dengan 100 watt^[6]. Secara khusus NDB yang akan dibahas pada kesempatan ini mempunyai daya

pancar sebesar 50 watt dan frekuensi *carrier* 235 KHz dengan range frekuensi kerja 190-535 kHz^[1]. Sesuai dengan data yang dikeluarkan oleh Federal Aviation Administration yaitu data *reflects specifications* FAA-E-2541A, yang sudah diakui oleh standar internasional, dimana toleransi *operating total distortion* maksimum sebesar 5 % dari toleransi initial 1.5 dB, atau sebesar 1.575 dB^[1].

NDB dalam memancarkan sinyal menggunakan antena dengan pola pancaran radiasi *omnidirectional* sebagai alat navigasi pemancar sinyal ke pesawat udara^[1]. Rentang spektrum frekuensi NDB termasuk dalam pita *low frequency* (LF) hingga *medium frequency* (MF), dimana pada pita LF/MF tersebut mempunyai keunggulan dalam ketahanan terhadap perubahan ataupun gangguan atmosfer^[4]. Namun pada umumnya daya pancar NDB yang tertangkap pesawat tidak sepenuhnya utuh sebesar daya pancar pengirim. Hal ini terjadi karena adanya redaman propagasi atmosfer pada saat malam hari, sehingga

memungkinkan penerimaan secara simultan pacaran NDB lain pada frekuensi yang sama^[4].

Untuk mengetahui apakah pancaran NDB ini mampu diterima pesawat dengan baik pada waktu malam hari yang memungkinkan terjadinya penerimaan simultan dari NDB lain pada frekuensi yang sama, maka perlu dilakukan suatu analisis jaringan komunikasi NDB dengan menggunakan analisis *link budget*. Sebagai rujukan data analisis maka data jalur lintasan penerbangan mempergunakan data bandara Tunggul Wulung Cilacap yang memiliki posisi koordinat *azimuth* relatif S 07° 38.9 dan E 109° 02.1.

Pada pesawat terbang terdapat perangkat penerima yang terdiri dari pesawat penerima komunikasi dan pesawat penerima navigasi. Dimana pesawat penerima komunikasi merupakan pesawat-pesawat penerima yang digunakan untuk berkomunikasi dalam penerbangan, baik melalui media suara atau menggunakan kode dan data-data, antara pesawat dengan pesawat atau antara pesawat dengan pengatur lalu lintas udara di darat. Setiap pesawat memerlukan komunikasi agar memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk keselamatan penerbangan, baik mengenai kondisi lalu lintas udara di bandara tujuan, maupun informasi cuaca selama penerbangan berlangsung dan berita-berita lainnya yang diperlukan^{[2][4]}.

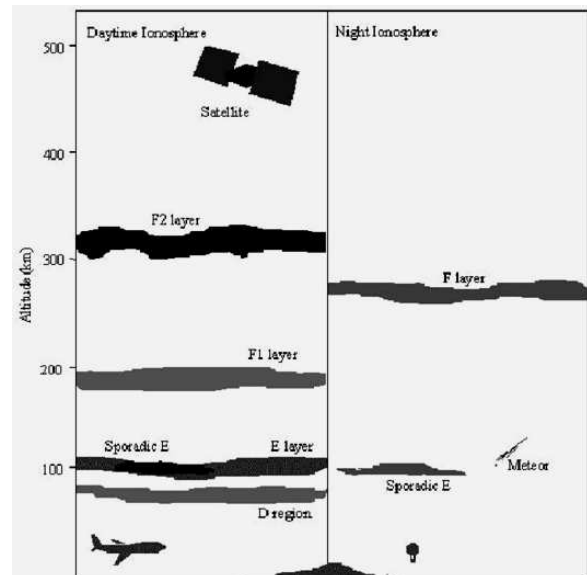
Agar penerbangan berjalan tertib, aman, lancar, nyaman dan efisien, pada setiap pesawat modern harus dilengkapi dengan pesawat penerima navigasi, yaitu pesawat penerima yang dapat menerima kode, sinyal dan data-data yang memuat kode-kode atau sinyal yang memandu atau mengarahkan sebuah pesawat terbang agar sampai disuatu tujuan yang dikehendaki dengan selamat dan tepat^{[1][3]}. Navigasi pada transportasi udara adalah suatu cara untuk menuntun pesawat atau untuk menjadi acuan bagi pesawat apabila melakukan operasi penerbangan ke dan dari suatu tempat ketempat lainnya dengan tepat dan selamat tiba ditempat tujuan. Pada transportasi udara dibutuhkan alat-alat bantu navigasi dalam setiap kegiatan penerbangan pesawat dan pendaratan pesawat^{[2][8]}.

Dalam kegiatan pengoperasian penerbangan dan pendaratan pesawat sering dijumpai kendala. Seperti halnya kendala yang timbul dari redaman atmosfer salah satunya adalah redaman hujan. Sehingga dibuatlah alat bantu navigasi udara yang menggunakan spektrum frekuensi antara *medium frequency* (MF) dan *low frequency* (LF). Pada sistem navigasi transportasi udara dengan spektrum frekuensi pada *low frequency* ini digunakan pada peralatan *radio beacon* atau yang biasa disebut *Non Direction Beacon* (NDB) yang digunakan untuk memandu sebuah pesawat untuk menuju kesuatu bandara tertentu^{[2][5]}.

Non Direction Beacon (NDB) merupakan salah satu alat bantu navigasi udara yang berada di bandara dengan fungsi untuk mengarahkan pesawat kesuatu tempat yang dituju, atau untuk menemukan dan menentukan tempat landasan pesawat. Penggunaan

NDB sebagai alat navigasi di Indonesia masih sangat dibutuhkan, sebab pesawat-pesawat komersial di Indonesia masih menggunakan *Automatic Direction Finder* (ADF). Meskipun saat ini sudah banyak pesawat yang mempergunakan sistem komunikasi satelit, namun tidak seluruhnya mengandalkan sistem tersebut, karena tidak menutup kemungkinan di daerah tertentu sistem tersebut mengalami gangguan sinyal, di samping itu dari sisi bandara, hingga saat ini masih banyak yang mempergunakan NDB dan merupakan fasilitas navigasi standar yang terdapat di setiap bandara^[10].

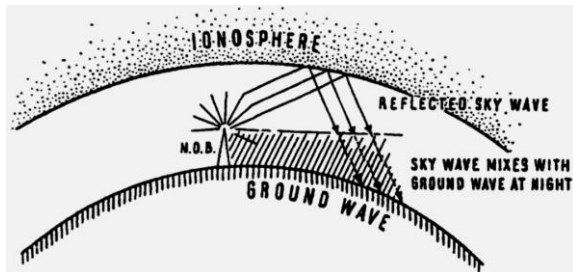
Dalam sistem komunikasi ruang terbuka, banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisi pada lapisan atmosfer, terutama malam hari. Secara umum lapisan atmosfer dibagi menjadi tiga bagian, yaitu lapisan troposfir, stratosfir, dan ionosfir. Pada lapisan ionosfir, terjadi penyerapan radiasi dari pancaran sinar matahari yang berbahaya. Ketinggian lapisan ionosfir dari permukaan bumi adalah 60 – 300 kilometer. Secara khusus lapisan ionosfir ini masih dibagi lagi menjadi tiga kawasan atau lapisan, yaitu lapisan F, lapisan E, dan lapisan D. Pada siang hari, dengan adanya ionisasi, lapisan F terpisah menjadi dua lapisan lagi dan lapisan itu akan kembali menyatu pada malam hari. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi propagasi gelombang pada kondisi siang hari dan malam hari pada lapisan ionosfir^[9].



Gambar 1. Propagasi gelombang pada kondisi siang hari dan malam hari^[9].

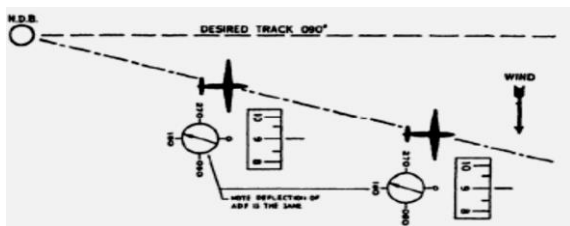
Pada malam hari gelombang radio akan mempergunakan dua jalur/lintasan untuk dapat dipergunakan sebagai penunjuk/pemandu arah. Pada jalur pertama atau jalur normal, merupakan jalur yang melewati sepanjang permukaan bumi, apabila gelombang pada jalur pertama ini dapat diterima dengan baik sebagai penunjuk/pemandu arah maka jarum indikator ADF akan langsung menuju ke arah dikirimnya NDB. Pada jalur/lintasan yang kedua, yang merupakan jalur yang salah, merupakan jalur komunikasi radio yang melalui satu atau lebih lapisan ionosfir. Hal ini dapat terjadi karena lapisan ionosfir

pada malam hari akan turun ke lapisan paling bawah, sehingga lebih rendah dari posisi lapisan yang sebelumnya. Akibatnya pemancar gelombang radio akan terpecah menjadi gelombang sekunder karena terjadinya ionisasi pada ionosfer, yang apabila berinteraksi dengan penerima akan menyebabkan fading atau penurunan daya pada daya sinyal. Adapun gambar efek pembiasan dari lapisan ionosfer adalah seperti sperti Gambar 2^[10].



Gambar 2. Efek malam hari pada transmisi NDB ^[10]

Kondisi tersebut akan mengakibatkan gelombang yang dipancarkan oleh NDB akan kembali ke bumi setelah mengalami pantulan dan akan bercampur dengan pancaran gelombang langsung NDB. Akibat dari percampuran dua gelombang NDB ini akan mengakibatkan *level* daya yang diterima oleh ADF akan melebihi ambang batas toleransi yang ditentukan, sehingga dapat mengakibatkan kesalahan penunjukkan arah ADF lebih dari 90 derajat dari jalur yang seharusnya. Dengan demikian sinyal yang dipancarkan oleh NDB mempersyaratkan harus dalam kondisi *line of sight* (LOS) menuju ADF di pesawat tanpa ada penghalang apapun, begitu juga terhadap pengaruh pantulan dari lapisan ionosfer pada malam hari. Gambar 3 merupakan contoh ilustrasi kesalahan jalur sebesar 90 derajat dari derajat semula^[10].



Gambar 3. Ilustrasi kesalahan jalur sebesar 90^o^[10]

Perhitungan *link budget* merupakan perhitungan besarnya penerimaan sinyal yang diterima oleh ADF pada pesawat terbang sebagai *receiver* berdasarkan daya yang ditransmisikan *transmitter* dari NDB sebagai pemancar dengan mempertimbangkan pengaruh redaman-redaman (*losses*) dan penguatan-penguatan (*gain*) yang mempengaruhi hingga sampai ke *receiver*. Disamping itu, dalam perhitungan *link budget*, juga akan memperhatikan jenis *carrier*, ukuran antenna penerima dan lokasi ADF (pesawat terbang) ^[7].

II. METODOLOGI

Proses analisis *link budget Non Direction Beacon* pada komunikasi jalur lintasan penerbangan ini akan mempergunakan metodologi sebagai berikut,

A. Studi Observasi

Studi observasi dilakukan dengan melakukan perhitungan pada parameter-parameter redaman dari *effect night* dan proses perhitungan *link budget Non Direction Beacon*.

B. Variabel Penelitian

Parameter-parameter *link budget* yang akan dianalisis antara lain daya terima pada sisi *receiver* (P_{RX}) yang berdasarkan hipotesis akan berkurang akibat redaman dari *effect night* karena adanya pengurangan daya *carrier* yang diterima oleh ADF di pesawat terbang. Untuk data rujukan maka akan digunakan data spesifikasi *reflectes* dari FAA-E-2541A, ITU-R P.1147 dan ITU-R 435-7.

C. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan adalah deskriptif, yaitu memaparkan perilaku pengaruh redaman atmosfer terhadap parameter-parameter *link budget* pada *Non Direction Beacon* yang diperoleh dari proses perhitungan.

III. PARAMETER PERHITUNGAN

Hasil perhitungan yang akan dilakukan adalah melakukan perhitungan *link budget* komunikasi radio pada navigasi udara *Non Direction Beacon* sebagai *transmitter* dengan *Automatic Direction Finder* sebagai *receiver*. Parameter yang dilakukan proses perhitungan antara lain adalah:

A. Cymomotive Force

Cymomotive force merupakan daya pancar tetapan kondisi terburuk dengan nilai redaman sebesar - 4 dB terhadap daya normalnya.

B. Sea Gain

Parameter *sea gain* merupakan penguatan (*gain*) tambahan pada NDB terhadap posisi permukaan laut. Semakin jauh dari permukaan laut, maka nilainya akan semakin kecil (mendekati 0 dB).

C. Polarization Coupling Loss

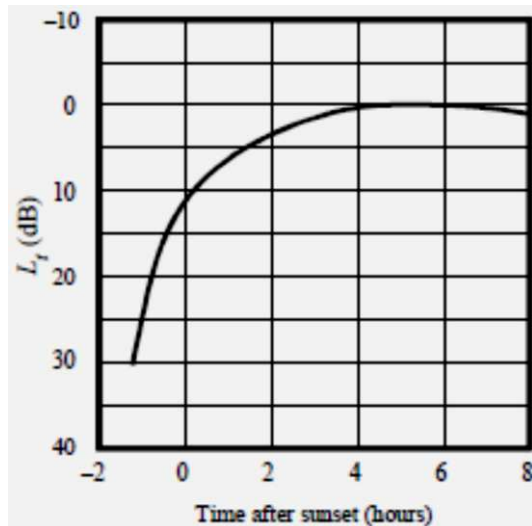
Polarization Coupling Loss merupakan redaman yang dipengaruhi oleh frekuensi kerja dari NDB. Semakin tinggi frekuensi maka nilainya akan membesar.

D. Slant Propagation Distance (p)

Slant Propagation Distance merupakan jarak antara NDB dan ADF dalam garis lurus. Jarak ini akan menentukan waktu tempuh dari propagasi gelombang yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan waktu tempuh pesawat.

E. Loss Factor

Loss Factor merupakan parameter yang dipengaruhi oleh frekuensi operasi dan sudut geomagnetik lintang pada jalur petransmisian sinyal.



Gambar 4. Grafik Hourly Loss Sunset pada NDB^[6]

F. Hourly Loss

Loss yang terjadi saat matahari terbenam (*sunset*) dimana *loss* ini dapat dihitung sesuai standar gangguan yang terjadi pada NDB dengan berdasarkan pada grafik gambar 4.^[6]

G. Annual Average Power (AAP)

Parameter AAP yang berupa daya rata-rata dalam rentang waktu tertentu, akan dianalisa dengan kondisi setelah *sunset* dan *sunrise* dengan skenario terburuk dan skenario normal

IV. PEMBAHASAN

Pembahasan parameter perhitungan dari bagian sebelumnya akan dijelaskan pada bagian ini. Pembahasan dilakukan dengan melakukan perhitungan *link budget* komunikasi radio pada navigasi udara dari NDB ke arah ADF.

A. Cymomotive Force

Daya pancar tetapan *cymomotive* merupakan daya yang dipergunakan untuk mengantisipasi keadaan atau kondisi terburuk dengan nilai sebesar - 4 dB dari daya pancar normal.

$$V = -4dB$$

$$V = P + G_V + G_H$$

$$V = 16,9897 + 1,5 + 0$$

$$V = 18,4897$$

dengan:^[11]

$$P = \text{Daya kirim } (P_{TX}) \text{ (50 Watt = } 10 \log 50$$

Dengan asumsi daya pancar sebesar 50 Watt, maka $10 \log 50 = 16.9897$ dB.

G_V = Gain antena karena directivitas vertikal (nilainya ditetapkan 1.5 dB)

G_H = Gain antena karena directivitas horizontal (nilainya ditetapkan 0 dB)

B. Sea Gain

Sea gain (G_S) merupakan *gain* tambahan pada *Non Direction Beacon* dari posisi permukaan laut. Untuk lokasi yang jauh dari permukaan laut, maka nilainya $G_S = 0$ dB.

C. Polarization Coupling Loss

NDB mempergunakan frekuensi kerja dengan frekuensi 235 khz, yang termasuk dalam kelompok *Low Frequency*, sehingga akan menghasilkan *loss* sebesar 0 dB.

D. Slant Propagation Distance (p)

Jarak *slant* propagasi adalah jarak antara pengirim dan penerima dimana jarak propagasinya sama dengan jarak antara pengirim dan penerima $d = h$ (100 km). Untuk menghitung *slant* propagasi, maka dapat dipergunakan persamaan:^[11]

$$p = (d^2 + 4h)^{1/2}$$

$$p = (100^2 + 2.100)^{1/2}$$

$$p = 101,981km$$

dengan:

p = Jarak *slant* propagasi (km)

d = Jarak antara pengirim & penerima (100km)

E. Loss Factor

Loss Factor dihitung dengan memasukkan parameter frekuensi yang digunakan dengan sudut geomagnetik lintang pada jalur yang digunakan dalam petransmision sinyal.

$$\Phi = \frac{(\Phi_T + 3\Phi_R)}{4}$$

$$\Phi = \frac{(109^\circ + 3 \times 7^\circ)}{4}$$

$$\Phi = 32,5^\circ$$

dengan:^[11]

$$\Phi_T = E 109^\circ.02.1$$

$$R = S 07^\circ.38.6$$

Sehingga dapat dihitung *loss factor*:

$$k_R = k = 3.2 + 0.19 f^{0.4} \tan^2(\Phi+3)$$

$$k = 3.2 + 0.19 \times 235^{0.4} \tan^2(32.5^\circ+3)$$

$$k = 4.059 = 6.085 \text{ dB}$$

dengan:^[11]

k_R = *loss factor* (dB) karena faktor b pada frekuensi LF = 0

f = Frekuensi (235 Khz)

Φ = Letak sudut geomagnetik (32.5°)

F. Hourly Loss

Loss yang terjadi saat matahari terbenam (*sunset*) yang dihitung dengan mempergunakan persamaan:^[11]

$$L_T(\text{sunset}) = 12.40 - 9.248 t + 2.892 t^2 - 0.3343 t^3$$

$$L_T(\text{sunset}) = 2.7976 \text{ dB}$$

dengan: ^[11]

$$t = \text{waktu setelah sunset atau sunrise (2 jam)}$$

G. Annual Average Power (AAP)

Annual Average Power (AAP) merupakan daya rata-rata dalam rentang waktu satu tahun, dimana akan dianalisa dua kondisi *effect night* pada saat setelah *sunset* dan *sunrise* dengan V kondisi terburuk = -4 dB dan V dalam kondisi normal = 18.4897 dB.

Kondisi Terburuk 1: ^[11]

(V = -4 dB, $L_T \text{ sunset} = 0 \text{ dB}$)

$$E = V + G_s - L_p + A - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_T$$

$$E = 62.706 \text{ dB}$$

Kondisi Terburuk 2: ^[11]

(V = -4 dB dan $L_T \text{ sunset} = 2.7976 \text{ dB}$)

$$E = V + G_s - L_p + A - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_T$$

$$E = 59.9084 \text{ dB}$$

Kondisi Normal 1: ^[11]

(V = 18.4897 dB dan $L_T \text{ sunset} = 0 \text{ dB}$)

$$E = V + G_s - L_p + A - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_T$$

$$E = 85.1957 \text{ dB}$$

Kondisi Normal 2: ^[11]

(V = 18.4897 dB dan $L_T \text{ sunset} = 2.7976 \text{ dB}$)

$$E = V + G_s - L_p + A - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_T$$

$$E = 82.3981 \text{ dB}$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Akibat dari kejadian *loss sunset* sangat mempengaruhi daya terima pada pesawat, yaitu terjadi ketidaksesuaian dengan data yang dikeluarkan oleh Federal Aviation Administration. Daya normal sebesar 85.1957 dB dan daya setelah terjadi *loss* sebesar 82.3981 dB walaupun dengan Fading Margin sebesar 107 dB.

[12]

2. *Loss* yang sangat mempengaruhi pada sistem navigasi *Non Direction Beacon* adalah *Hourly Loss*, karena NDB tahan terhadap redaman hujan.
3. Karena terjadi *loss* yang besar akibat terjadinya redaman atmosfer yang disebabkan ionisasi pada saat *sunset*, maka pesawat akan kehilangan arah jalur penerbangan yang semestinya. Dan akan menjauh 90 derajat dari jalur penerbangan yang semestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aviogenix Air Transport. 1983. *Data Sheet Pratt and Whitney JT8D. 737 Power Plant AVG 737-2K3 PN501*.
- [2] Aswoyo, Budi. 2008. *Studi Perbandingan Efisiensi Bahan Pada Pembuatan Antena Horn Sektorial Bidang Medan Listrik (E)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Australian Communication Authority. 2004. *A Derivation of the Co-Channel Reuse Distance for Stations in the Medium Frequency Narrowband Area Service (MF NAS)*. Australia : Australian government.
- [4] Diktat Kuliah, *Sistem Komunikasi Radio*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- [5] Cahyadi, *Propagasi Gelombang Radio*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Civil Aviation Safety Authority. *Operational Notes On Non Direction Beacon And Associated Automatic Direction Finder*. Australia : Civil Aviation Safety Authority.
- [7] Bandara Tunggul Wulung, *Kumpulan Foto-foto data lapangan*. Cilacap.
- [8] Dirljen PerUd, *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/196/VIII/97. Tentang Tata Cara Evaluasi Teknis Pengadaan/Pemasangan Fasilitas Telekomunikasi Penerbangan*.
- [9] Nautel. 1982. *Instruction Manual Book. ND200S 50 Watt Non Directional Beacon Transmitter*. Cilacap : *Manual Book Non Direction Beacon Bandara Tunggul Wulung Cilacap*.
- [10] Susanti, Susi. 2010. *Analisis Pengaruh Redaman Hujan Pada Teknologi VSAT SCPC Terhadap Link Budget Arah Uplink Dan Downlink*. Purwokerto : Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwoketo. 2010.
- [11] Gurung, Sanjaya, dan Jingshu Zhao. *Attenuation Of Microwave Signal and ITS Impacts On Communication System*. North Texas: Department of Electrical Engineering College of Engineering Universitas of North Texas.

