

ANALISIS PENGARUH DAYA PANCAR TERHADAP JANGKAUAN SINYAL PANCARAN VHF A/G APPROACH CONTROL DI PERUM LPPNPI CABANG SEMARANG

Amin Nur Rahman¹, Muh Wildan², Ferry Budi Cahyono³, Aldela Ayu⁴

^{1,2,3,4}Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia

Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Indonesia, Telp & Fax (021) 5982204

Keywords:

VHF A/G Approach Control, daya pancar, jangkauan sinyal, komunikasi penerbangan, Radio Mobile.

Correspondent Email:

amiinrahmaan@gmail.com

Abstrak. Sistem komunikasi Very High Frequency Air to Ground (VHF A/G) merupakan komponen vital dalam navigasi penerbangan, terutama dalam menjaga komunikasi antara pesawat dan Air Traffic Control (ATC). Penelitian ini menganalisis pengaruh daya pancar terhadap jangkauan sinyal VHF A/G Approach Control di wilayah Perum LPPNPI Cabang Semarang. Metode yang digunakan meliputi pendekatan kuantitatif melalui perhitungan teoritis (Line of Sight, Path Loss, dan Receive Signal Level) serta simulasi menggunakan software Radio Mobile. Data diperoleh dari pengamatan lapangan, wawancara, dan log peristiwa gangguan komunikasi pada pesawat PK-SNN. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan daya pancar secara signifikan memperluas jangkauan sinyal. Selain itu, ditemukan bahwa hambatan geografis seperti pegunungan dapat menyebabkan area blank spot meskipun daya pancar mencukupi area tersebut. Penelitian ini memberikan data yang berguna untuk optimalisasi konfigurasi pemancar guna meningkatkan keandalan komunikasi udara ke darat.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. The Very High Frequency Air-to-Ground (VHF A/G) communication system is a vital component of aviation navigation, particularly in maintaining communication between aircraft and Air Traffic Control (ATC). This study analyzes the effect of transmit power on the signal range of the VHF A/G Approach Control in the Semarang Branch of Perum LPPNPI. The methods used include a quantitative approach through theoretical calculations (Line of Sight, Path Loss, and Receive Signal Level) and simulations using Radio Mobile software. Data were obtained from field observations, interviews, and event logs of communication disruptions on PK-SNN aircraft. The analysis shows that increasing transmit power significantly extends signal range. Furthermore, it was found that geographical obstacles such as mountains can cause blank spots even when transmit power is sufficient. This study provides useful data for optimizing transmitter configurations to improve the reliability of air-to-ground communications.

1. PENDAHULUAN

Perum LPPNPI didirikan berdasarkan PP No. 77 Tahun 2012 untuk menyediakan layanan navigasi penerbangan yang memenuhi standar nasional maupun internasional. Kinerja Perum LPPNPI sebagai penyelenggara navigasi dinilai terutama dari aspek keselamatan penerbangan, meliputi kesiapan sumber daya manusia, peralatan, serta prosedur operasional. Aspek

keselamatan ini dijaga melalui pemeliharaan dan pengawasan kelayakan peralatan navigasi serta telekomunikasi udara, yang harus sesuai dengan standar Civil Aviation Safety Regulations (CASR) [1], [2].

Dalam era modern, sistem komunikasi radio, khususnya Very High Frequency (VHF), menjadi komponen vital komunikasi udara-darat. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009

Pasal 302–304 menegaskan perlindungan terhadap sistem komunikasi penerbangan, mengingat gangguan pada VHF A/G dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Perum LPPNPI Cabang Semarang sangat bergantung pada sistem komunikasi ini untuk kelancaran komunikasi antara pesawat dan petugas ATC.

Jangkauan pancaran VHF dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketinggian pesawat, daya pancar, kondisi atmosfer, topografi, hingga interferensi elektromagnetik. Daya pancar memiliki pengaruh signifikan terhadap jangkauan sinyal: semakin tinggi daya pancar, semakin luas area komunikasi yang tercakup. Sebaliknya, daya yang rendah dapat membatasi jangkauan dan menurunkan kualitas komunikasi.

Pada 23 Januari 2025, terjadi gangguan komunikasi antara ATC dengan pesawat PK-SNN pada saluran VHF A/G Approach Control. Gangguan serupa juga dilaporkan oleh beberapa pesawat lain di area timur laut (sekitar Pegunungan Muria), sehingga mengindikasikan adanya masalah sistemik pada sistem komunikasi. Oleh karena itu, diperlukan analisis mengenai pengaruh daya pancar terhadap jangkauan sinyal VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang.

Analisis dilakukan dengan pendekatan teoritis serta simulasi menggunakan Software Radio Mobile. Parameter yang ditinjau meliputi daya pancar, ketinggian pesawat penerima, ketinggian antena pemancar, serta gain antena. Hasil analisis diharapkan dapat membantu optimalisasi konfigurasi pemancar agar komunikasi udara-darat semakin andal dan aman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Very High Frequency Air to Ground (VHF A/G) adalah sistem komunikasi penerbangan antara pesawat di udara dengan petugas Air Traffic Controller (ATC) di darat untuk mengatur lalu lintas penerbangan di bandara. Sistem ini beroperasi pada frekuensi 118.00–136.975 MHz, menggunakan perangkat VHF Transmitter dan Receiver untuk mengirim serta menerima gelombang suara. VHF A/G

memiliki sifat Line of Sight (LoS), sehingga komunikasi hanya dapat berlangsung jika tidak ada hambatan di antara pemancar dan penerima. Akibat pengaruh bentuk permukaan bumi, jangkauan sinyal VHF terbatas dan hanya dapat diterima dalam area tertentu [3].

Pelayanan pengendalian lalu lintas penerbangan terbagi menjadi tiga bagian utama:

- a. Aerodrome Control Tower (ADC)
Bertugas mengendalikan ruang udara di sekitar bandara, termasuk pendaratan dan lepas landas. Cakupannya hingga ketinggian 10.000 kaki dengan radius 10 NM dari bandara [4].
- b. Approach Control (APP)
Mengatur ruang udara pendekatan (10.000–17.000 kaki, radius 25–30 NM). Berwenang mengoordinasikan pergerakan pesawat menuju ADC serta memberi izin masuk ke wilayah ACC [4].
- c. Area Control Center (ACC)
Mengendalikan ruang udara jelajah (17.000–24.000 kaki). Tugasnya mencakup pengaturan pergerakan pesawat antar APP dan jalur penerbangan yang melintas [4].

Sensitivitas penerima adalah tingkat kepekaan perangkat dalam menangkap sinyal terlemah yang masih dapat diterima dan diolah dengan baik. Semakin tinggi sensitivitas, semakin kecil daya sinyal yang dibutuhkan, namun kualitas penerimaan juga dipengaruhi oleh faktor seperti interferensi, noise, dan kondisi atmosfer [5].

Propagasi Line of Sight (LOS) adalah perambatan gelombang langsung dari antena pemancar ke penerima tanpa pantulan tanah, dengan jangkauan hingga ± 87 NM. Agar sinyal optimal, jalur harus bebas hambatan dalam zona Fresnel; bila hambatan melebihi 20%, dapat menimbulkan blank spot [6].

Jangkauan jarak propagasi line of sight pada VHF A/G dapat dihitung menggunakan rumus:

$$d = 4.12 \times (\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r}) \quad (1)$$

Di mana:

- d = Jarak maksimum dalam kilometer (km)
- h_t = Ketinggian antena pemancar (meter)
- h_r = Ketinggian pesawat penerima (meter)
- Konstanta 4.12 digunakan untuk memperhitungkan kelengkungan bumi

Path loss adalah rugi-rugi sinyal pada propagasi radio yang diukur dalam desibel (dB) sebagai selisih antara daya pancar dan daya terima. Nilainya dipengaruhi oleh jarak, frekuensi, serta kondisi lingkungan, di mana semakin jauh jarak dan semakin tinggi frekuensi, redaman sinyal akan semakin besar. Analisis path loss penting dalam perhitungan link budget untuk memastikan kualitas komunikasi [7].

Redaman jalur dapat dihitung menggunakan rumus Free Space Path Loss (FSPL)

$$FSPL(dB) = 20 \log d + 20 \log f + 32.44 \quad (2)$$

Di mana:

- d = Jarak antara pemancar dan penerima (km)
- f = Frekuensi (MHz)

Receive Signal Level (RSL) adalah ukuran kekuatan sinyal radio yang diterima oleh antena penerima, dinyatakan dalam dBm. Nilai RSL biasanya negatif, di mana semakin mendekati nol berarti sinyal semakin kuat. RSL harus lebih besar dari sensitivitas penerima ($RSL \geq R_{th}$) agar komunikasi tetap andal. Tingkat RSL dipengaruhi oleh daya pancar, gain antena, jarak, kondisi lingkungan, hambatan fisik, efek multipath, dan frekuensi sinyal. Pengukuran RSL penting untuk memastikan kualitas komunikasi dan dapat dilakukan dengan spectrum analyzer atau perangkat lunak monitoring [8].

Secara matematis, RSL dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan keseimbangan daya untuk mengetahui sinyal yang diterima cukup untuk komunikasi[9]:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_p \quad (3)$$

Di mana:

- P_r = Daya yang diterima (dBm)
- P_t = Daya pancar pemancar (dBm)
- G_t = Gain antena pemancar (dBi)
- G_r = Gain antena penerima (dBi)
- L_p = Path loss (dB)

Besarnya daya pancar yang dibutuhkan untuk mencapai target jarak dipengaruhi oleh frekuensi, ketinggian antena, kondisi topografi, serta kuat medan yang diharapkan di penerima. Daya pancar yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekuatan sinyal yang diterima, tetapi kualitas penerimaan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti profil medan dan perbedaan ketinggian antena. Oleh karena itu, daya pancar menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas penerimaan sinyal radio [10].

Radio Mobile adalah perangkat lunak simulasi propagasi berbasis GIS yang dikembangkan oleh Roger Coude. Software ini memanfaatkan data ketinggian dari SRTM sehingga mampu menampilkan kontur tanah dengan akurat. Radio Mobile banyak digunakan untuk perencanaan dan evaluasi sistem komunikasi radio, terutama pada frekuensi VHF, UHF, hingga rentang 20 MHz–50 GHz, sehingga fleksibel untuk berbagai aplikasi telekomunikasi [11][12].

Google Earth adalah aplikasi pemetaan interaktif berbasis citra satelit dan Globe GIS 3D yang memungkinkan pengguna menjelajahi permukaan bumi secara detail. Aplikasi ini menampilkan peta, topografi, bangunan, jalan raya, serta menyediakan fitur 3D dan street view untuk visualisasi yang realistis. Pengguna dapat mencari lokasi, membuat rute, menghitung jarak, hingga melakukan overlay data, sehingga bermanfaat bagi praktisi, akademisi, maupun masyarakat umum.

Keunggulannya antara lain kemudahan penggunaan, detail visual tinggi, serta akses gratis ke data satelit dan topografi [13].

3. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Perum LPPNPI Cabang Semarang dengan objek peralatan komunikasi VHF A/G Approach Control. Kegiatan penelitian berlangsung selama tahun 2025, meliputi tahap persiapan, pengumpulan data, dan analisis.

2.2 Data Penelitian

Data penelitian meliputi informasi spesifikasi antena pemancar VHF A/G Approach Control serta posisi pesawat yang mengalami gangguan komunikasi darat–udara di Perum LPPNPI Cabang Semarang. Data diperoleh melalui dokumentasi logbook teknisi dan ATC, observasi lapangan terhadap antena pemancar, serta wawancara dengan teknisi CNS terkait perangkat komunikasi.

2.3 Metode Analisis

Metode penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan deduktif, menggunakan perhitungan teoritis (LOS, FSPL, dan daya terima) serta simulasi Radio Mobile untuk menganalisis jangkauan sinyal VHF A/G. Data dikumpulkan melalui dokumentasi, observasi, dan wawancara, kemudian dianalisis secara eksperimen untuk mengetahui pengaruh daya pancar terhadap kualitas jangkauan sinyal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penghitungan teoritis sinyal VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang yang diterima oleh Pesawat PK-SNN

a) Penghitungan jarak Line of Sight (LOS)

Sinyal VHF A/G Approach Control bersifat line of sight (LOS), jangkauan line of sight dapat dihitung berdasarkan ketinggian antenna pemancar dan ketinggian pesawat penerima untuk menentukan batas jangkauan sinyal tanpa hambatan.

Jarak line of sight dengan menggunakan data sampel penelitian dapat dihitung menggunakan persamaan rumus (1).

$$d = 4,12 \times (\sqrt{ht} + \sqrt{hr})$$

$$d = 4,12 \times (\sqrt{34} + \sqrt{3048})$$

$$d = 4,12 \times (5,83 + 55,21)$$

$$d = 4,12 \times 61,04 = 251,48 \text{ km}$$

Jadi jarak line of sight jangkauan VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang terhadap pesawat PK-SNN adalah 251,48 km.

b) Penghitungan Path Loss (FPSL)

Redaman jalur dapat dihitung menggunakan rumus Free Space Path Loss (FSPL) untuk mengukur besar kehilangan daya akibat jarak dan frekuensi[7]

Redaman jalur (path loss) dengan menggunakan data sampel penelitian dapat dihitung menggunakan persamaan rumus (2).

$$FSPL = 20 \log d + 20 \log f + 32,44$$

$$FSPL = 20 \log 251,48 + 20 \log 120,3 + 32,44$$

$$FSPL = 48 + 42 + 32,44$$

$$FSPL = 122,44 \text{ dB}$$

Jadi redaman jalur sinyal pancaran VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang terhadap pesawat PK-SNN adalah 122,44 dB.

c) Penghitungan daya terima pesawat (Pr)

Penghitungan daya terima pesawat menggunakan persamaan keseimbangan daya untuk mengetahui sinyal yang diterima cukup untuk komunikasi[9]

Daya terima dengan menggunakan data sampel penelitian dapat dihitung menggunakan persamaan rumus (3).

$$Pr = Pt + Gt + Gr - Lp$$

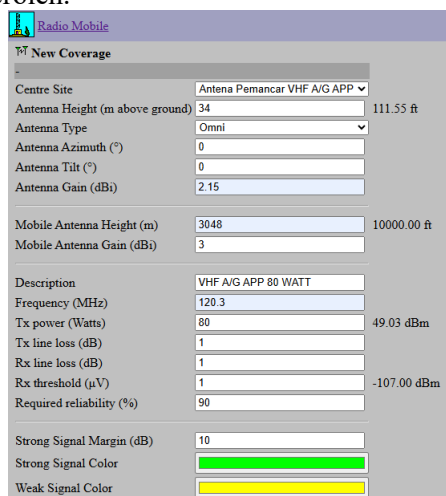
$$Pr = 49 + 2,15 + 3 - 122,44$$

$$Pr = -68,29 \text{ dBm}$$

Sinyal daya terima dipesawat (Pr) sebesar -68,29 dBm dapat dianggap baik dalam konteks komunikasi VHF pesawat, karena memungkinkan penerima untuk mendeteksi sinyal yang relatif lemah, terutama dengan daya pancar 80 watt yang cukup kuat. Ini menunjukkan bahwa penerima pesawat dapat beroperasi dengan efektif dalam jarak yang lebih jauh dan lebih banyak mengatasi gangguan atau interferensi dibandingkan dengan daya terima yang lebih rendah. Jika daya yang diterima (Pr) lebih besar dari sensitivitas minimum penerima (biasanya sekitar -107 dBm untuk radio VHF), maka komunikasi bisa berlangsung dengan baik.

2. Simulasi visualisasi sinyal pancaran VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang terhadap pesawat PK-SNN dengan radio mobile

a) Melakukan pengujian daya pancar pemancar melalui simulasi jangkauan sinyal pancaran VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang terhadap pesawat PK-SNN menggunakan Software Radio Mobile dengan hasil tampilan dalam bentuk peta. Simulasi peta dilakukan dengan setting data parameter sesuai dengan sampel yang telah diperoleh.



Gambar 1 Parameter Antena VHF A/G Approach Control

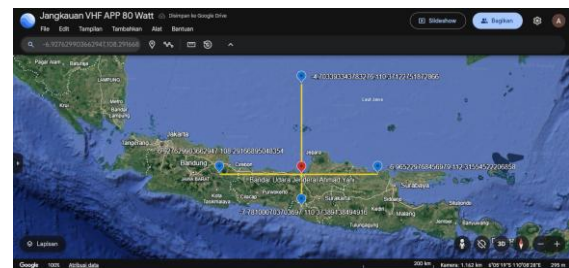
b) Tampilan simulasi jangkauan sinyal pancaran VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang terhadap pesawat PK-SNN menggunakan Software Radio Mobile. Simulasi menunjukkan bahwa sinyal kuat ditunjukkan dengan warna hijau, sedangkan sinyal lemah ditunjukkan dengan warna kuning seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Pancaran VHF A/G Approach Control dengan daya pancar 80 Watt menggunakan Radio Mobile

c) Pengukuran jarak menggunakan google earth untuk mengetahui jarak jangkauan sinyal pancaran VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang. Pengukuran ini dilakukan dengan mengambil jarak jangkauan pancaran pada empat arah radial utama (0°, 90°, 180°, dan 270°) berdasarkan sinyal kuat (warna hijau). Jarak jangkauan sinyal pancaran VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang ditampilkan pada Gambar 3 dengan estimasi jarak pancaran sebagai berikut:

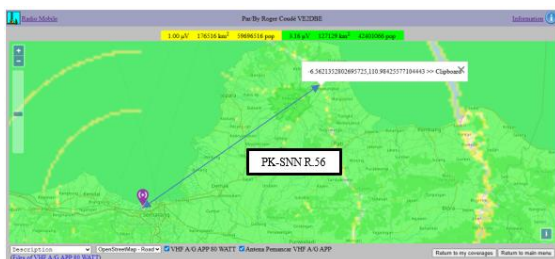
- 0° (Utara): ± 250,24 km
- 90° (Timur): ± 214,4 km
- 180° (Selatan): ± 90,13 km
- 270° (Barat): ± 230,18 km



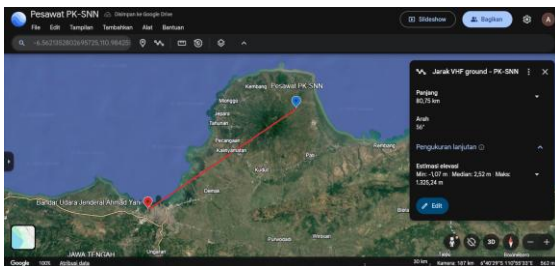
Gambar 3 Pengukuran jarak pancaran VHF A/G Approach Control menggunakan google earth dengan 4 titik radial utama.

d) Pesawat PK-SNN berada di arah radial 56° dengan ketinggian 3.048 meter, seperti yang

ditampilkan pada Gambar 4 menggunakan software Radio Mobile. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan Google Earth pada Gambar 5, Jarak antara pesawat dan antenna pemancar VHF Approach Control adalah 80,75 km. Pesawat berada di area timur laut (north east) masuk area sinyal lemah (warna kuning), tetapi masih berada dalam jangkauan sinyal. Oleh karena itu, gangguan komunikasi pada pesawat PK-SNN dengan pemancar VHF Approach Control dapat diketahui terjadi karena adanya obstacle Gunung Muria yang menghambat propagasi sinyal.



Gambar 4 Hasil Simulasi Pancaran VHF A/G Approach Control dengan daya pancar 80 Watt menggunakan Radio Mobile dari jarak dekat



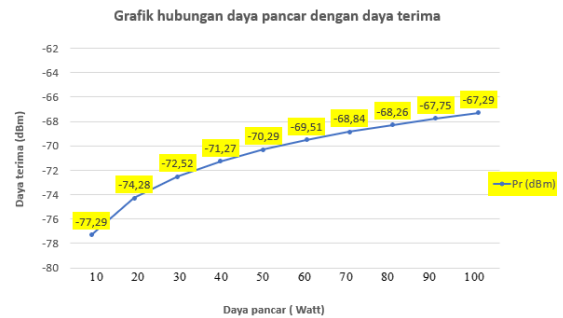
Gambar 5 Pengukuran jarak pesawat PK-SNN radial 56° menggunakan google earth

Interpretasi Hasil Analisis

Interpretasi hasil analisis menunjukkan bahwa jangkauan sinyal VHF A/G dipengaruhi oleh daya pancar, ketinggian antenna, gain antenna, dan posisi pesawat. Perhitungan teoritis dan simulasi memberikan gambaran teknis mengenai efektivitas serta cakupan komunikasi udara–darat.

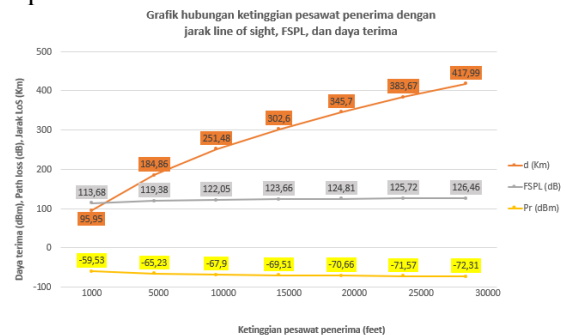
1. Grafik Penghitungan Teoritis

- a) Grafik hubungan daya pancar dengan daya terima



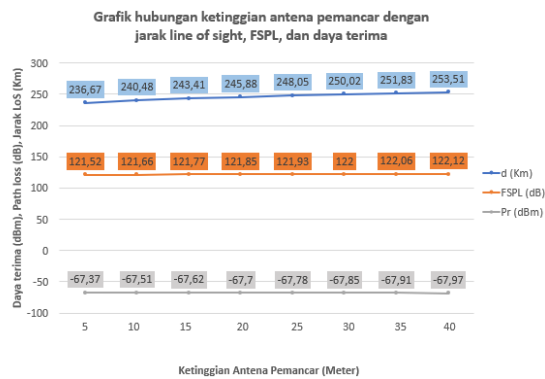
Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan daya pancar berbanding lurus dengan peningkatan daya terima di pesawat, dari sekitar -77,29 dBm pada 10 Watt hingga -67,29 dBm pada 100 Watt. Seluruh nilai daya terima masih berada di atas ambang sensitivitas -107 dBm, sehingga sistem komunikasi VHF A/G berada dalam kondisi aman dan optimal.

- b) Grafik hubungan ketinggian pesawat penerima



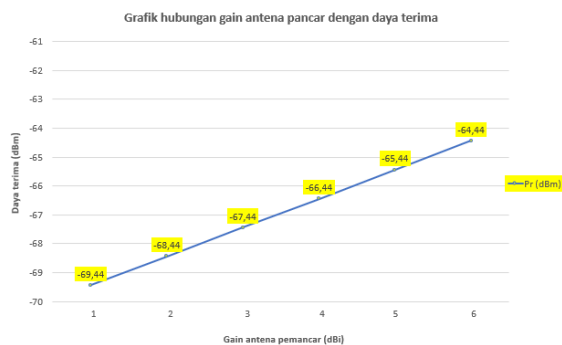
Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan ketinggian pesawat memerlukan jarak line of sight, namun menyebabkan kenaikan FSPL yang berakibat pada penurunan daya terima, dari -59,53 dBm (1000 feet) menjadi -72,31 dBm (30.000 feet). Meskipun demikian, semua nilai masih di atas ambang sensitivitas -107 dBm, sehingga komunikasi VHF A/G tetap optimal pada ketinggian 1000–30.000 feet.

- c) Grafik hubungan ketinggian antenna pemancar



Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan ketinggian antenna pemancar (5–40 m) hanya sedikit memengaruhi jarak line of sight dan FSPL. Daya terima juga hanya menurun sedikit namun tetap jauh di atas ambang -107 dBm, sehingga komunikasi tetap aman. Grafik ini menegaskan stabilitas sinyal yang tinggi terhadap variasi ketinggian antenna pemancar.

d) Grafik hubungan gain antenna pemancar dengan daya terima



Grafik memperlihatkan bahwa peningkatan gain antenna pemancar berdampak langsung pada kenaikan daya terima secara linear. Nilai daya terima meningkat dari -69,44 dBm (gain 1 dBi) hingga -64,44 dBm (gain 6 dBi), seluruhnya masih jauh di atas ambang -107 dBm. Hal ini menunjukkan bahwa sistem komunikasi berada dalam kondisi sangat aman, stabil, dan optimal.

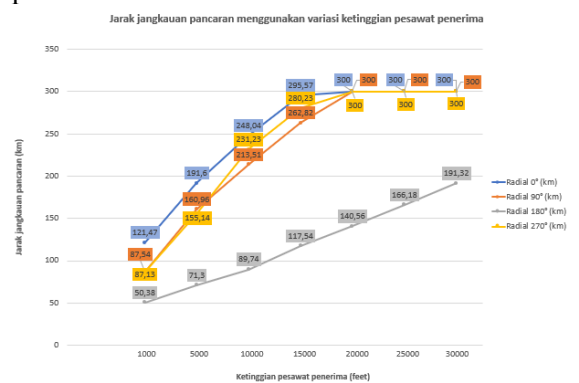
2. Grafik Simulasi Jangkauan Pancaran Variasi

a) Grafik simulasi jangkauan pancaran menggunakan variasi daya pancar



Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin besar daya pancar, maka semakin luas jangkauan sinyal VHF. Perbandingan arah radial memperlihatkan perbedaan signifikan: radial 0° memiliki jangkauan terjauh, disusul radial 90°, radial 270°, dan radial 180° yang terendah akibat hambatan topografi. Peningkatan daya pancar dari 10 W hingga 100 W menghasilkan tambahan jangkauan terbesar pada radial 180° (sekitar 13,85 km), dan terkecil pada radial 270° (sekitar 8,7 km). Faktor geografis, khususnya keberadaan pegunungan, menjadi penyebab utama variasi jangkauan antar radial. Secara keseluruhan, pada daya 10–100 W sinyal VHF A/G masih mencakup pesawat dalam area jangkauan, dan pada 100 W terlihat perbaikan kualitas sinyal terutama di sekitar Gunung Muria.

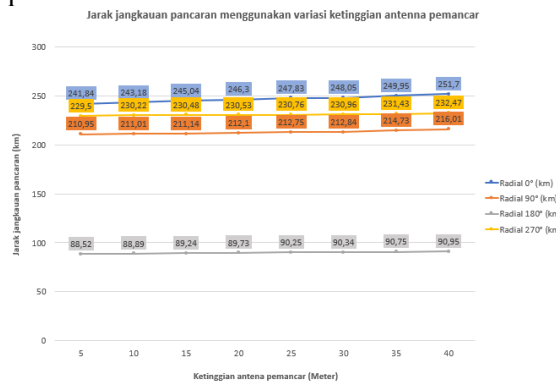
b) Grafik simulasi jangkauan pancaran menggunakan variasi ketinggian pesawat penerima



Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan ketinggian pesawat secara langsung memperluas jangkauan sinyal VHF, karena pengaruh lengkungan bumi dan hambatan geografis berkurang. Radial 0° konsisten memberikan jangkauan terjauh, mencapai ±300 km pada

ketinggian 20.000 feet ke atas, sedangkan radial 180° selalu menjadi yang terpendek akibat hambatan geografis, hanya mencapai ±191,32 km pada 30.000 feet. Pada ketinggian rendah hingga menengah (1000–15.000 feet) terlihat peningkatan jangkauan yang signifikan, misalnya radial 0° naik dari 121,47 km menjadi 295,57 km, sementara radial 180° naik dari 50,38 km menjadi 117,54 km. Setelah 20.000 feet, semua arah radial cenderung stabil pada batas maksimum ±300 km. Namun, pada ketinggian 1000–5000 feet, jangkauan tidak mampu mencakup pesawat PK-SNN sehingga berpotensi menimbulkan gangguan komunikasi. Sebaliknya, pada ketinggian di atas 5000 feet, jangkauan sinyal sudah dapat mencakup PK-SNN, sehingga direkomendasikan pesawat terbang di atas ketinggian tersebut untuk menjaga kualitas komunikasi dengan ATC.

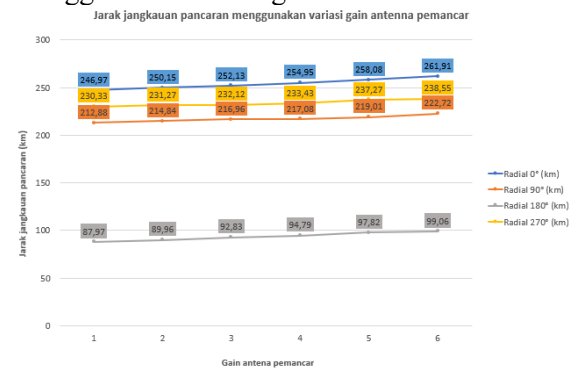
c) Grafik simulasi jangkauan pancaran menggunakan variasi ketinggian antenna pemancar



Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin tinggi antenna pemancar ditempatkan, maka semakin luas pula cakupan area sinyal VHF yang dapat dijangkau, karena garis pandang langsung (line of sight) ke pesawat penerima semakin besar. Radial 0° konsisten memberikan jangkauan terjauh, meningkat dari ±241,84 km pada ketinggian 5 meter hingga ±251,7 km pada 40 meter. Radial 270° menempati posisi kedua dengan jangkauan sekitar 229,5–232,47 km, diikuti radial 90° dengan 210,95–216,01 km. Sebaliknya, radial 180° selalu menjadi yang terpendek, hanya meningkat dari

±88,52 km menjadi ±90,95 km meskipun ketinggian antenna naik, karena adanya hambatan geografis. Secara umum, peningkatan jangkauan terjadi bertahap namun tidak linear, di mana penambahan ketinggian antenna di atas 30 meter hanya memberi tambahan jarak kecil. Pada ketinggian 5–40 meter, sinyal masih mencakup area pesawat PK-SNN, tetapi di sekitar Gunung Muria sinyal tetap lemah. Oleh karena itu, peningkatan ketinggian antenna lebih dari 40 meter disarankan untuk memperbaiki kualitas sinyal pada area tersebut.

d) Grafik simulasi jangkauan pancaran menggunakan variasi gain antenna



Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan gain antenna (dBi) memperkuat arah pancaran sinyal dengan cara membuat daya pancar lebih fokus dan terarah. Radial 0° konsisten memiliki jangkauan terpanjang, meningkat dari ±246,97 km pada gain 1 dBi hingga ±261,91 km pada gain 6 dBi. Radial 270° menempati urutan kedua (230,33–238,55 km), disusul radial 90° (212,88–222,72 km). Sebaliknya, radial 180° selalu menjadi yang terpendek meskipun naik dari ±87,97 km menjadi ±99,06 km, hal ini menunjukkan adanya hambatan geografis yang signifikan di arah tersebut. Kenaikan jangkauan bersifat konsisten dengan tambahan sekitar 2–3 km per peningkatan 1 dBi. Pada gain 1–4 dBi, area Gunung Muria masih menunjukkan sinyal lemah, namun pada gain 5 dBi sinyal di area tersebut mulai membaik dan cakupan lemah berkurang, menandakan bahwa peningkatan gain antenna dapat menjadi solusi untuk memperbaiki kualitas

komunikasi di wilayah dengan hambatan geografis.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis, simulasi menggunakan Radio Mobile, serta analisis daya pancar terhadap jangkauan sinyal VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya pancar memengaruhi jangkauan sinyal. Semakin besar daya pancar, semakin luas cakupan sinyal dan semakin baik kualitas penerimaan pada pesawat.
2. Gangguan komunikasi ATC–pesawat PK-SNN disebabkan pesawat berada di area sinyal lemah akibat hambatan geografis Gunung Muria, meskipun secara teoritis masih dalam jangkauan pancaran.
3. Peningkatan daya pancar 10–100 watt mampu meningkatkan daya terima di pesawat dan memperbaiki kualitas sinyal, terutama pada area dengan sinyal lemah.
4. Ketinggian pesawat memengaruhi kualitas komunikasi. Pada ketinggian < 5000 kaki, pesawat berada di luar jangkauan optimal, sedangkan di atas 5000 kaki komunikasi tetap stabil.
5. Ketinggian antenna pemancar 5–40 meter masih menjangkau pesawat, namun tidak sepenuhnya mengatasi area sinyal lemah. Peninggian antenna > 40 meter direkomendasikan untuk memperkuat cakupan.
6. Gain antenna 1–6 dBi berbanding lurus dengan kualitas sinyal. Pada gain 5 dBi, area Gunung Muria yang semula lemah mulai teratasi sehingga kualitas komunikasi meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prodi Teknik Navigasi Udara, dosen pembimbing dan rekan-rekan yang telah memberi dukungan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Teknik, K. Transportasi, A. Octavianie, and P. Penerbangan Makassar, “Alarm Pada Clearance Executive Monitor Instrument Landing System (Ils) Glide Path 36 Perum Lppnpi Kantor Cabang Manado Alarm On Clearance Executive Monitor Instrument Landing System (Ils) Glide Path 36 Perum Lppnpi Manado Branch Office,” *Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, vol. 4, 2021, doi: <https://doi.org/10.46509/ajtk.v3i2.179>.
- [2] airnavindonesia, “airnavindonesia.” Accessed: Feb. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.airnavindonesia.co.id/sejarah-navigasi-penerbangan/sejarah-perum-lppnpi/>
- [3] I. I. Putu et al., “Rancangan Portable Monitoring Data Terminal Radio Very High Frequency Approach Berbasis Website Di Perum Lppnpi Cabang Banjarmasin,” *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (snipt) Tahun*, p. 2023, Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/1576/1480>
- [4] A. Wimatra, M. C. Akbar, and B. Sulisty, “Pengaruh Kerusakan Sparepart Terhadap Power Pancar Radio Vhf A/G Portable Adc Di Perum Lppnpi Airnav Cabang Palembang The Influence Of Sparepart Damage On The Vhf A/G Portable Adc Radio Transmit Power At Perum Lppnpi Airnav Palembang Branch,” *Sibatik Journal | Volume*, vol. 3, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://publish.ojs-indonesia.com/index.php/SIBATIK>
- [5] R. Izzati, M. Syahroni, and J. Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, “Analisis Jangkauan Dan Optimasi Penataan Access Point Pada Jaringan Nirkabel Dengan Metode Simulated Annealing,” 2024. doi: <https://doi.org/10.30811/litek.v21i1.31>.
- [6] “Analisis Penyebab Gangguan Frekuensi 130.1 Mhz Dalam Komunikasi Penerbangan Pada Perusahaan Airnav Indonesia Cabang Jatso,” Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/10465/1/LaporanMagang_EsterMonica.pdf

- [7] O. M, "Comparing the Performance of Linksys and D-Link under LOS Conditions," May 2015, Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: <https://sri.jkuat.ac.ke/jkuatsri/index.php/sri/article/view/241/224>
- [8] P. Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro and P. Negeri Lhokseumawe, "Analisis Link Budget Untuk Sistem Komunikasi Radio Wireless Local Area Network (Wlan) Menggunakan Radio Mobile Simulator," *Jurnal Tektro*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/tektro.v5i1.2797>.
- [9] M. Fauzi and B. Budi Ridjadi, "Pemanfaatan Teknologi Long Range Sebagai Peringatan Dini Kondisi Cuaca Ekstrem Untuk Pos Jaga Pendakian Di Daerah Pegunungan." Accessed: Jul. 21, 2025. [Online].
- [10] Y. Muhaiban, H. Srihendayana, N. T. Mooniarsih, T. Elektro, and J. Elektro, "Analisis Polaradiasi Pada Pemancar Stasiun Net Tv Pontianak." Accessed: Jul. 21, 2025. [Online].
- [11] A. Endang Jayati, W. Minarti, and S. Heranurweni, "Analisa Teknis Penetapan Kanal Frekuensi Radio Untuk Lembaga Penyiaran Radio Komunitas Wilayah Kabupaten Batang," Online, 2021. doi: <https://doi.org/10.31961/eltikom.v5i2.361>.
- [12] E. Ahmad et al., "Pengukuran Coverage Outdoor Wireless LAN dengan Metode Visualisasi Di Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung," *TELKA*, vol. 2, no. 2, pp. 82–93, 2016, doi: <https://doi.org/10.15575/telka.v2n2.82-93>.
- [13] M. K. Ali, A. L. Kamal, D. Safitri, and S. Sujarwo, "Penggunaan Google Earth dalam Pembelajaran IPS," *Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 1, no. 4, p. 9, May 2024, doi: <https://doi.org/10.47134/jtp.v1i4.379>.