

Analisis Pengaruh Frekuensi Liar terhadap Sinyal Pancaran Localizer Frekuensi 109.1 MHz di Perum LPPNPI Cabang Yogyakarta

Analysis of the Effect of Wild Frequency on Localizer Transmit Signal Frequency 109.1 MHz at Perum LPPNPI Yogyakarta Branch

Ditha Sari Puspita Ningrum, Feti Fatonah*, Febria Roza

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Tangerang,
Banten 15820

Email* : feti_fatonah@yahoo.co.id

Abstrak - Localizer di Perum LPPNPI Cabang Yogyakarta menggunakan merk Normarc Tipe NM7013 dengan frekuensi kerja 109.1 MHz. Salah satu kejadian pada tanggal 12 September 2023, terdapat laporan dari pilot menyatakan bahwa sinyal pancaran peralatan localizer runway 09 yang diterima oleh pilot tidak stabil. Pengaruh dari adanya gangguan interferensi frekuensi liar dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan instrumen pesawat, yang dapat mengakibatkan pilot membuat keputusan yang salah atau tindakan yang tidak tepat dalam proses pendaratan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi faktor yang dapat mempengaruhi sinyal pancaran localizer dan mengetahui cara perhitungan nilai potensi interferensi. Penelitian ini menggunakan metode *fishbone diagram* dan perhitungan serta simulasi potensi interferensi dengan menggunakan parameter dRSS, iRSS, dan C/I menggunakan SEAMCAT terhadap sampel jarak yang telah ditentukan. Selain itu dilakukan analisis mengenai pengaruh adanya gangguan interferensi terhadap sinyal pancaran localizer. Hasil dari penelitian ini adalah interferensi frekuensi liar terhadap localizer terjadi pada jarak d3 (15 NM), d4 (20 NM), dan d5 (25 NM). Sedangkan interferensi tidak terjadi pada jarak d1 (5 NM) dan jarak d2 (10 NM). Pengaruh dari adanya gangguan interferensi frekuensi tersebut adalah terganggunya proses pendaratan pesawat di Bandar Udara Adi Sutjipto. Untuk mengatasi masalah tersebut, penyedia layanan navigasi udara harus memastikan bahwa sistem ILS dirawat dengan baik dan dilindungi dari interferensi frekuensi.

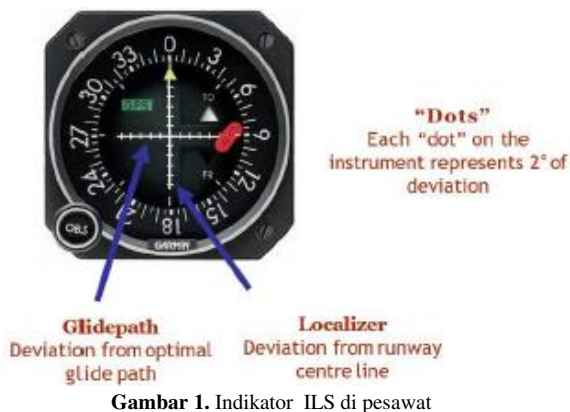
Kata kunci : Localizer, interferensi, dRSS, iRSS, C/I

Abstract - The localizer at Perum LPPNPI Yogyakarta Branch uses the Normarc brand Type NM7013 with a working frequency of 109.1 MHz. One incident on September 12, 2023, there was a report from the pilot stating that the localizer runway 09 transmission signal received by the pilot was unstable. The effect of wild frequency interference can cause errors in reading aircraft instruments, which can result in pilots making wrong decisions or taking inappropriate actions during the landing process. The purpose of this study was to identify factors that can affect the localizer transmission signal and to find out how to calculate the potential interference value. This study uses the fishbone diagram method and calculations and simulations of potential interference using dRSS, iRSS, and C/I parameters using SEAMCAT for predetermined distance samples. In addition, an analysis was carried out on the effect of interference on the localizer transmission signal. The results of this study are that wild frequency interference to the localizer occurs at distances d3 (15 NM), d4 (20 NM), and d5 (25 NM). While interference does not occur at distance d1 (5 NM) and distance d2 (10 NM). The impact of the frequency interference is the disruption of the aircraft landing process at Adi Sutjipto Airport. To overcome this problem, air navigation service providers must ensure that the ILS system is well maintained and protected from frequency interference.

Keywords : Localizer, interference, dRSS, iRSS, C/I

I. PENDAHULUAN

Instrument Landing System (ILS) adalah sebuah sistem navigasi penerbangan yang digunakan oleh pesawat udara untuk membantu dalam melakukan pendaratan, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau ketika visibilitas rendah. Sistem ini menyediakan panduan presisi secara horizontal dan vertikal kepada pilot selama fase pendaratan. ILS beroperasi bersama dengan perangkat bantu navigasi lainnya seperti DME, VOR, dan NDB. Penggunaan perangkat bantu navigasi ini mengikuti standar yang diatur oleh ICAO Annex 10, Vol 1 Chapter 3 [1]. **Gambar 1** menunjukkan indikator ILS pada pesawat pesawat yang berfungsi untuk menunjukkan lokasi pesawat udara dalam kaitannya dengan jalur yang seharusnya diikuti.



Gambar 1. Indikator ILS di pesawat

Localizer merupakan subsistem dari ILS yang memiliki peran dalam mengarahkan pesawat agar berada pada garis tengah landasan pacu selama proses pendaratannya. Sinyal localizer memberikan informasi arah horizontal, dengan menunjuk ke kanan atau ke kiri dari garis tengah landasan pacu [2]. Localizer beroperasi pada frekuensi VHF dengan rentang frekuensi 108.10 MHz hingga 111.95 MHz dan *coverage* mencapai 25 NM. Localizer dirancang untuk memberikan sinyal pada jarak minimum 25NM dalam $\pm 10^\circ$, dan pada jarak minimum 17 NM antara $\pm 10^\circ$ dan $\pm 35^\circ$ dari *course line* [3].

Pesawat yang mendekati landasan pacu akan mendeteksi perbedaan dalam amplitudo dan fase sinyal ini. Ketika pesawat berada pada jalur pendaratan yang benar, sinyal dari kedua antenna akan memiliki amplitudo yang sama dan fase yang sesuai. Namun, jika pesawat berada di sisi kanan atau kiri jalur pendaratan, maka perbedaan amplitudo dan fase akan mengindikasikan kepada

pilot bahwa pesawat perlu dikoreksi untuk kembali ke jalur pendaratan yang benar. **Gambar 2** menunjukkan gambar antenna localizer yang ada di Bandar Udara Adi Sutjipto Yogyakarta.



Gambar 2. Antena Localizer

Spektrum Frekuensi Radio adalah kumpulan rentang frekuensi radio dengan nilai frekuensi di bawah 3000 GHz, yang merupakan unit gelombang elektromagnetik yang bergerak melalui ruang udara dan angkasa [4]. Penetapan alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia mengikuti pedoman alokasi Spektrum Frekuensi Radio Internasional untuk wilayah 3, sebagaimana diatur dalam Peraturan Radio yang dikeluarkan oleh International Telecommunication Union (ITU). ITU memisahkan rentang spektrum frekuensi radio mulai dari frekuensi 3 kHz sampai dengan 3000 GHz dan membaginya menjadi sembilan pita frekuensi yang berbeda.

Menurut Radio Regulation ITU (*The International Telecommunication Union*), frekuensi yang digunakan untuk komunikasi dan navigasi penerbangan dalam layanan radio AM(R)S dan AN(R)S diklasifikasikan sebagai frekuensi keselamatan. Setiap instansi administrasi bertanggungjawab untuk melindungi frekuensi ini dari gangguan dan mengambil tindakan untuk mengatasi dan menghilangkan gangguan yang mungkin terjadi pada frekuensi tersebut.

Alokasi frekuensi untuk pelayanan navigasi penerbangan sendiri telah diatur oleh Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 7 Tahun 2021 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio Indonesia [5] dan dan KP No 110 Tahun 2017 tentang Pedoman Teknis Operasional Bagian 171-10 (Advisory Circular Part 171-10) Tata Cara dan Prosedur Penggunaan Frekuensi Radio untuk Kegiatan Penerbangan [6]. Rentang frekuensi yang dimaksudkan yaitu 108 – 111,975

MHz, dengan ditujukan untuk peralatan ILS, DVOR, dan pengoperasian GNSS dengan catatan tidak saling interferensi satu sama lain. Setiap penggunaan spektrum frekuensi radio wajib dilengkapi ISR (Ijin Stasiun Radio) tanpa terkecuali ATC, ILS / Instrument Landing System, radar dan lain sebagainya. **Tabel I** merupakan spesifikasi dari peralatan localizer di Perum LPPNPI Cabang Yogyakarta.

Tabel I. Spesifikasi Peralatan Localizer

Nama Peralatan	Localizer
Merk	Normarc
Type	NM7013
Daya	20 W
Frekuensi	109.1 MHz
Ident	IJOG
Instalasi	2012
Lokasi Penempatan	ADI 7°47'18,59" S ; 110°26'27,52" E
Jumlah Peralatan	1 Set

Interferensi radio didefinisikan oleh ketentuan No. 1.166 *Radio Regulations* ITU sebagai dampak energi yang tidak dikehendaki karena satu atau lebih emisi, radiasi, atau induksi dalam sistem komunikasi radio, termanifestasi dalam setiap penurunan kinerja, kesalahpahaman, atau kerugian. Interferensi terjadi ketika sinyal yang tidak dikehendaki dari frekuensi radio muncul, mengganggu penerimaan sinyal yang seharusnya datang dari frekuensi yang diinginkan [7]. Dalam hal penggunaannya, spektrum frekuensi radio dimanfaatkan untuk berbagai layanan komunikasi, diantaranya komunikasi perorangan dan perusahaan, navigasi radio, komunikasi radio penerbangan dan maritim, penyiaran, keselamatan dan keadaan darurat, pelacakan lokasi, serta kegiatan radio amatir [8]. Penggunaan spektrum frekuensi radio sebagai sumber daya alam tersebut harus dilakukan secara tertib, efisien dan berdasarkan pada tujuan serta peruntukannya agar tidak mengakibatkan gangguan yang merugikan serta koordinasi diperlukan untuk mencegah timbulnya interferensi atau gangguan yang kemungkinan terjadi [9].

Pasal 33 Ayat (2) dan Pasal 38 dari Undang-Undang Telekomunikasi dengan jelas mengatur tentang larangan gangguan atau interferensi frekuensi radio. Pasal 33 Ayat (2) menyebutkan, bahwa penggunaan spektrum frekuensi radio dan orbit satelit harus sesuai dengan peruntukannya dan tidak saling mengganggu. Sedangkan Pasal 38 menyebutkan, bahwa setiap orang dilarang

melakukan perbuatan yang dapat menimbulkan gangguan fisik dan elektromagnetik terhadap penyelenggaraan telekomunikasi. Sehingga apabila terdapat entitas atau pihak-pihak yang menggunakan spektrum frekuensi radio tanpa izin, atau mungkin memiliki izin namun tidak sesuai dengan peruntukannya, melebihi batas power yang ditentukan dan atau menggunakan perangkat yang tidak memiliki sertifikat resmi dari Kementerian Kominfo, maka akan dikenai sanksi pidana sesuai dengan ketentuan pada Undang – Undang Telekomunikasi.

Dalam hal ini Balai Monitoring (BALMON) merupakan pihak yang bertugas untuk melakukan pemantauan dan pengawasan terhadap penggunaan spektrum frekuensi radio di suatu wilayah. Frekuensi ilegal dalam radio komunikasi penerbangan muncul karena beberapa faktor yaitu pelanggaran aturan yang ditetapkan oleh BALMON, seperti peningkatan daya secara sepihak oleh pengguna frekuensi radio siaran FM, penggunaan perangkat yang tidak memiliki sertifikat resmi, dan terdapat kesalahan dalam upaya bandara dan BALMON untuk melindungi integritas radio komunikasi penerbangan.

Dalam penelitian oleh Umi Risyalatul Latifa (2019), dengan judul Pengaruh *Mobile Obstacle* Terhadap Pancaran Antena Localizer Merk Selex 2100 Di Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Solo menyatakan bahwa *mobile obstacle* menjadi faktor utama yang memengaruhi kinerja sistem Localizer, yakni dapat mempengaruhi pergeseran *centerline* [10]. Pada penelitian oleh Yusi Apristia (2019), dengan judul Analisa Pengaruh Width Clearance Terhadap Pancaran Localizer Merk Ams 2100 Menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana Di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali, menunjukkan hasil analisis bahwa *width clearance* memiliki dampak besar terhadap sinyal pancaran *Localizer*. Pancaran localizer tidak normal disebabkan oleh *width clearance* yang tidak normal. Kondisi ini harus dipenuhi untuk mencegah terjadinya *False course* [11]. Sedangkan penelitian oleh Aghie Vadhilla Putri (2017) dengan judul Analisis Interferensi Radio Penyiaran Fm Di Sekitar Bandar Udara Huesin Sastranegara terhadap Frekuensi Penerbangan, menyatakan bahwa stasiun radio FM yang terdaftar di Balai Monitoring Kelas II Bandung saat ini tidak menciptakan gangguan interferensi terhadap frekuensi penerbangan. Gangguan pada frekuensi penerbangan juga dapat timbul dari penggunaan frekuensi pemancar ADC dan APP yang berdekatan. Oleh karena itu dilakukan perhitungan

dengan memperhatikan rasio perlindungan yang disyaratkan oleh ICAO [12].

Beberapa kejadian terkait permasalahan yang mengganggu peralatan navigasi penerbangan, yakni localizer. Pada tanggal 12 September 2023, terdapat laporan dari pilot menyatakan bahwa sinyal pancaran peralatan localizer Runway 09 yang diterima oleh pilot unstable. Penanganan peralatan yang dilakukan oleh teknisi setelah adanya laporan tersebut diantaranya yaitu pengecekan ada tidaknya alarm dan ident localizer, ground check peralatan localizer, dan pemeriksaan serta pembersihan antena pemancar localizer. Dari beberapa penanganan tersebut, sinyal pancaran localizer yang diterima oleh pesawat masih tidak stabil. Upaya selanjutnya yaitu dilakukan pelacakan gangguan frekuensi oleh pihak Balai Monitoring (BALMON) terhadap frekuensi radio amatir. Hasil monitoring pelacakan frekuensi terhadap peralatan localizer pada frekuensi 109.1 MHz yaitu terdapat indikasi sinyal yang mengganggu. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis mengenai faktor penyebab terjadinya sinyal pancaran localizer menjadi tidak stabil.

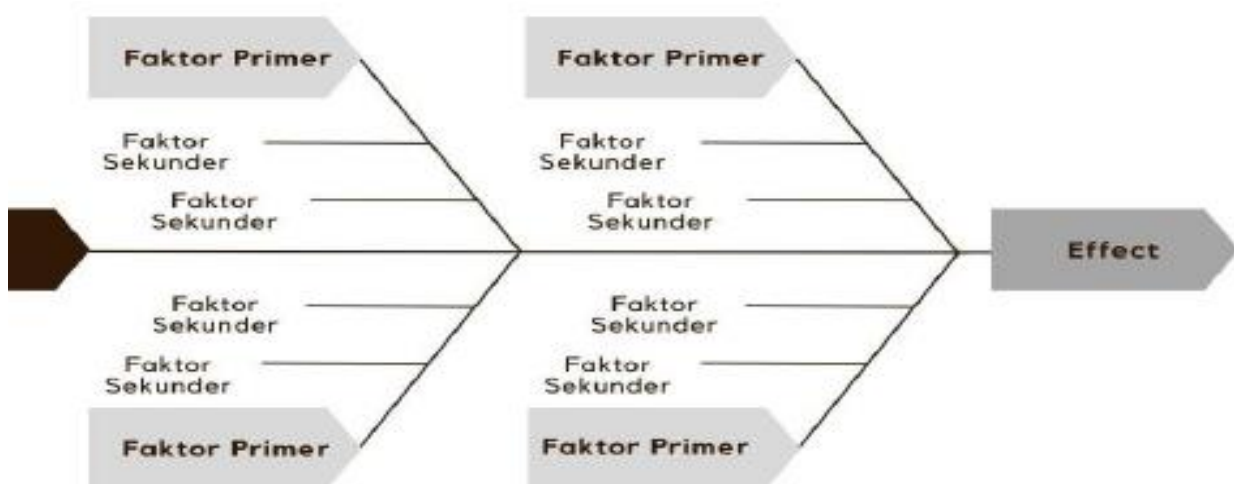
II. METODOLOGI

Metode yang digunakan untuk analisis data diantaranya Analisis teknis dengan *fishbone diagram* dan perhitungan serta simulasi menggunakan SEAMCAT. Fishbone Diagram atau disebut *Cause Effect Diagram* yang disebut juga metode visual untuk menampilkan berbagai faktor yang dapat menjadi penyebab suatu peristiwa atau

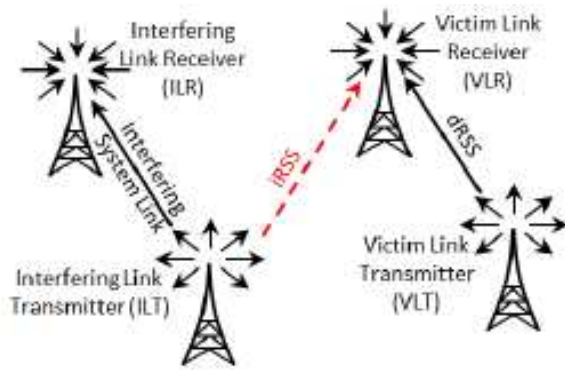
fenomena tertentu [13]. Penggunaan fishbone diagram ini berfungsi untuk mengidentifikasi akar masalah dan membantu mencari solusi maupun tindakan dari suatu masalah sehingga menciptakan hasil yang diinginkan. **Gambar 3** menunjukkan faktor-faktor dalam diagram fishbone.

Beberapa faktor dalam analisis fishbone dapat dirumuskan menjadi tiga faktor, diantaranya faktor primer, faktor sekunder, dan faktor tersier. Faktor utama atau primer sebagai penyebab utama dinyatakan dengan tulang – tulang yang berukuran besar. Sebagai contoh adalah dengan 5M atau 4M +1E (*Machine, Method, Material, Man, Environment*). Faktor sekunder adalah faktor yang mempengaruhi penyebab utama atau tulang tulang besar pada diagram yang dituliskan sebagai tulang berukuran sedang yang merupakan cabang dari tulang faktor primer. Faktor tersier merupakan penyebab yang mempengaruhi faktor sekunder, dituliskan dengan tulang dengan ukuran kecil yang merupakan cabang dari faktor sekunder.

Analisis Perhitungan dan Simulasi menggunakan SEAMCAT (*Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan analisis statistik potensi interferensi antara sistem komunikasi radio yang berbeda. SEAMCAT mentransmisikan satu penerima link korban tunggal (VLR) yang terhubung ke pemancar link korban (VLT) yang beroperasi di antara populasi yang satu atau lebih pemancar link interfering (ILT) yang terkait dengan link yang mengganggu penerima (ILR). **Gambar 4** menunjukkan ilustrasi interferensi dalam SEAMCAT



Gambar 3. Diagram fishbone



Gambar 4. Ilustrasi interferensi dalam SEAMCAT

Terdapat dua proses dalam skema ilustrasi tersebut, diantaranya proses dRSS dan iRSS. dRSS adalah besarnya kekuatan sinyal yang diterima dan diinginkan oleh *victim link*.

$$dRSS = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L \quad \dots(1)$$

$$L = 32.44 + 10 \log \left[\left(\frac{h_{TX} - h_{RX}}{1000} \right)^2 + d^2 \right] + 20 \log f \quad \dots(2)$$

Keterangan :

- P_{TX} = Daya Pancar Pengirim (dBm)
- G_{TX} = Gain Antenna Pengirim (dBi)
- G_{RX} = Gain Antenna Penerima (dBi)
- L = *Free Space Loss* (dB)
- h_{TX} = Ketinggian Antenna Pengirim (m)
- h_{RX} = Ketinggian Antenna Penerima (m)
- d = Jarak Antenna TX dan RX (km)
- f = Frekuensi (MHz)

iRSS adalah sinyal interferensi yang diterima *victim receiver* dari beberapa pemancar penginterferensi

$$iRSS = P_{tx} + G_{itx} + G_{vrX} - L \quad \dots(3)$$

$$L = 32.44 + 10 \log \left[\left(\frac{h_{TX}}{1000} \right)^2 + d^2 \right] + 20 \log f \quad \dots(4)$$

Keterangan :

- d = Jarak Antenna Penerima dan Antenna Pengganggu
- G_{VRX} = Gain Antenna Penerima korban

Setelah diketahui nilai kedua parameter tersebut, dilakukan perhitungan nilai *Carrier to Interference* (C/I). *Carrier to Interference* (C/I) merupakan perbandingan daya sinyal pembawa (*carrier*) terhadap rata-rata daya sinyal pengganggu (*interference*) dari *transmitter* lain.

$$\frac{C}{I} = dRSS - iRSS \quad \dots(5)$$

Sistem untuk menjaga kualitas komunikasi adalah 90% dari sinyal yang diterima dan mempunyai

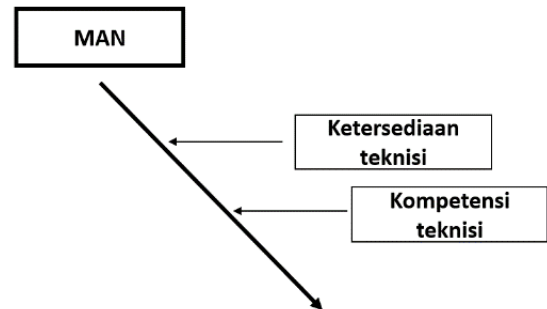
level C/I lebih besar dari C/I yang disyaratkan ($C/I \geq 19$ dB)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Faktor Pengaruh Pancaran Localizer Frekuensi 109.1 MHz Menggunakan Diagram Fishbone.

Dalam penelitian ini, dilakukan observasi dan diskusi untuk menentukan faktor yang berpengaruh terhadap sinyal pancaran localizer 109.1 MHz. Proses analisis pada setiap faktornya menggunakan metode fishbone (sebab - akibat) untuk memahami faktor-faktor yang berpotensi mempengaruhi sinyal pancaran localizer.

Pada faktor *man* yang tersaji dalam Gambar 5, terdapat faktor tersier diantaranya ketersediaan teknisi dan kompetensi teknisi. Faktor ketersediaan teknisi, memiliki maksud bahwa ketika peralatan terjadi masalah, maka teknisi harus datang ke lokasi tersebut. Sedangkan pada faktor kompetensi teknisi, eluruh teknisi memiliki lisensi tetapi hanya 11 orang yang memiliki rating navigasi dan kompetensi dalam peralatan ILS.

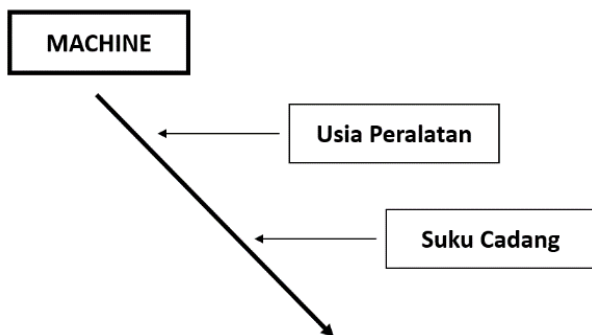


Gambar 5. Faktor *man*

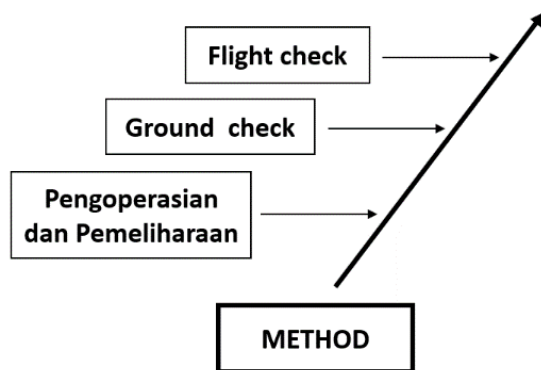
Pada faktor *machine* yang tersaji dalam Gambar 6, terdapat faktor tersier diantaranya usia peralatan dan suku cadang. Pada faktor usia peralatan, localizer diinstalasi sejak tahun 2012, artinya pada tahun 2023 peralatan sudah beroperasi selama 11 tahun dan pada tahun 2024 peralatan beroperasi selama 12 tahun. Pada faktor suku cadang, Penggantian suku cadang disesuaikan dengan SOP yang berlaku, apabila terdapat suku cadang yang diperlukan maka dapat langsung dilakukan penggantian dan pelaporan kerusakan.

Pada faktor *method* yang tersaji dalam Gambar 7, terdapat faktor tersier diantaranya *flight check*, *ground check*, dan pengoperasian serta peralatan. Pada faktor *flight check*, setiap fasilitas telekomunikasi penerbangan dan fasilitas pelayanan navigasi penerbangan wajib dikalibrasi secara berkala agar tetap laik operasi. Pada faktor

ground check, hasil *ground check* yang dilakukan oleh teknisi, didapati bahwa parameter yang diukur sesuai dengan toleransi yang ada. Faktor pengoperasian, pengoperasian localizer dilakukan sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan oleh Perum LPPNPI Cabang Yogyakarta berdasarkan *Manual Book* localizer. SOP pengoperasian terdiri dari SOP menghidupkan dan mematikan peralatan localizer. Dalam pelaksanaannya, pengoperasian peralatan dilakukan oleh teknisi telekomunikasi penerbangan dengan lisensi dan rating yang sesuai. Sedangkan dalam pemeliharaan peralatan localizer, SOP ditetapkan berdasarkan *Manual Book* peralatan dan regulasi yang berlaku dan dalam pelaksanaannya dilakukan oleh teknisi yang memiliki lisensi dan rating yang sesuai.



Gambar 6. Faktor *machine*



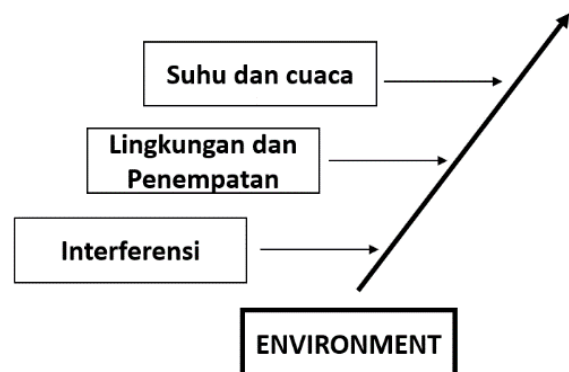
Gambar 7. Faktor *method*

Pada faktor *environment* yang tersaji dalam **Gambar 8**, terdapat faktor tersier diantaranya suhu cuaca, lingkungan dan penempatan, dan interferensi. Pada faktor suhu dan cuaca, suhu ruangan yang berada di luar batas normal, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah, memiliki dampak pada suhu peralatan dan berpotensi

menyebabkan kerusakan pada alat tersebut. Peralatan AC (*Air Conditioner*) dapat membantu peralatan untuk menjaga peralatan tetap sesuai dengan standar spesifikasi peralatan. Perubahan cuaca bisa menjadi salah satu penyebab variasi suhu, yang berakibat pada suhu ruangan maupun suhu peralatan. Selain itu, faktor cuaca dapat menyebabkan kegagalan operasi pada peralatan. Pada faktor lingkungan dan penempatan Lingkungan pada sekitar peralatan Localizer di sesuaikan dengan SKEP 113 Tahun 2002 Tentang Kriteria Penempatan Fasilitas Elektronika dan Listrik Penerbangan. Tabel kondisi lingkungan penempatan localizer tersaji dalam **Tabel II**.

Pada faktor interferensi, interferensi antara peralatan localizer dengan radio amatir akan menyebabkan informasi yang diterima oleh pilot menjadi tidak sesuai. Berdasarkan data laporan bulanan, didapati adanya gangguan interferensi dari radio amatir terhadap pancaran localizer pada tanggal 12 September 2023. Penanganan gangguan yang disebabkan oleh adanya interferensi dari radio amatir telah ditetapkan dalam SOP. Dalam SOP tersebut berisi prosedur tahapan pelaksanaan apabila terjadi gangguan pada frekuensi yang digunakan peralatan telekomunikasi dan navigasi penerbangan.

Frekuensi dinyatakan terganggu apabila terjadi gangguan atau interferensi frekuensi dari radio lain di luar frekuensi radio penerbangan ; atau terdapat pemancar radio ilegal ataupun yang berijin tetapi beroperasi di luar ketentuan ; atau terdapat bangunan atau obstacle yang dapat menimbulkan gangguan fisik dan elektromagnetik terhadap penyelenggaraan telekomunikasi dan radionavigasi penerbangan.



Gambar 8. Faktor *environment*

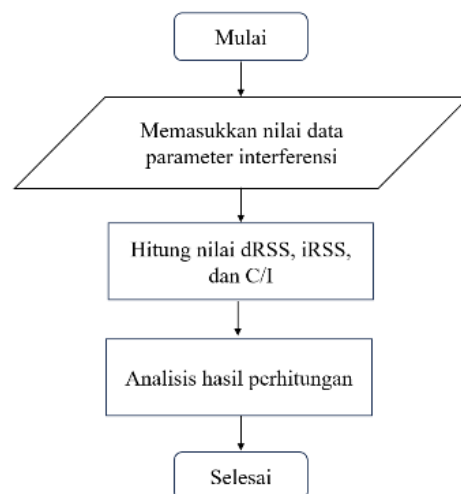
Tabel II. Kondisi lingkungan penempatan localizer

No	Aturan	Kondisi
Penempatan Antena dan Shelter		
1.	Lokasi penempatan antena Localizer berada diujung akhir landasan pacu, yang susunannya membentuk garis tegak lurus terhadap perpanjangan garis tengah landasan pacu dengan jarak yang ideal 300 meter dari threshold landasan pacu terdekat	Sesuai
2.	Lokasi penempatan shelter peralatan Localizer berada disamping (kiri ataupun kanan) antena dengan jarak 75 meter dari pusat antena	Sesuai
3.	Namun bilamana terkendala karena terbatasnya lahan yang tersedia, jarak lokasi antena Localizer terhadap <i>threshold</i> dapat diperpendek sampai dengan 150m, dan penempatan shelter peralatan Localizer sama butir b diatas.	Sesuai
Kondisi Permukaan Lahan dan Lingkungan		
1.	Bebas halangan/ <i>obstacle</i> bagi pancaran langsung sinyal Localizer	Sesuai
2.	Perataan lahan terutama di daerah kritis idealnya memiliki kerataan sama dengan atau lebih dari 3 cm	Sesuai
3.	Ketinggian permukaan lahan di antena dan shelter peralatan Localizer sama dengan permukaan <i>threshold</i>	Sesuai
4.	Meniadakan, menjauhkan dan mengendalikan setiap obyek/bangunan yang dapat memantulkan/memancarkan kembali gelombang radio, baik dalam bentuk gundukan tanah, pagar dari metal ataupun benda tumbuh/semak belukar yang dapat mempengaruhi sinyal panduan Localizer	Sesuai
5.	Tidak terdapat jaringan listrik tegangan tinggi yang melintas kawasan pendekatan dan pendaratan	Sesuai
6.	Kondisi lingkungan diluar daerah kritis dan sensitif yang tidak memenuhi persyaratan dapat diperbolehkan, selama tidak mempengaruhi kualitas sinyal Localizer yang dapat diketahui dari hasil <i>Flight Commissioning</i>	Sesuai
7.	Mempertimbangkan kemungkinan adanya rencana pengembangan bandar udara	Sesuai

B. Perhitungan dan Simulasi Interferensi Pancaran Localizer oleh Frekuensi Liar

Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan dan simulasi menggunakan aplikasi SEAMCAT (*Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool*). Gambar 9 merupakan alur dari tahap perhitungan.

Pada proses perhitungan dRSS (*desired Received Signal Strength*), yang diskemakan adalah sistem kerja localizer di Airnav Yogyakarta, dengan antenna localizer bertindak sebagai pengirim dan antenna ILS di pesawat bertindak sebagai penerima. Tabel III merupakan parameter perhitungan dRSS.



Gambar 9. Tahapan perhitungan nilai interferensi

Tabel III. Parameter perhitungan dRSS

Parameter	Nilai
Karakteristik antena	Monopole
Frekuensi	109.1 MHz
Daya pancar	43,01 dBm
Gain antena TX	9,5 dBi
Gain antena RX	0 dBi
Tinggi antena TX	2,8 m
Tinggi antena RX	0,085 m
Jarak	d1 = 5 NM (9,26 km) d2 = 10 NM (18,52 km) d3 = 15 NM (27,78 km) d4 = 20 NM (37,04 km) d5 = 25 NM (46,3 km)

Berdasarkan rumus perhitungan dengan data parameter dRSS dengan menggunakan persamaan 1 dan 2, Nilai dRSS pada jarak d1 (5 NM), didapatkan nilai dRSS sebesar - 40.0605. Nilai dRSS pada jarak d2 (10 NM), didapatkan nilai dRSS sebesar - 46.0504. Nilai dRSS pada jarak d3 (15 NM), didapatkan nilai dRSS sebesar - 49.5881. Nilai dRSS pada jarak d4 (20 NM), didapatkan nilai dRSS sebesar - 52.0673. Nilai dRSS pada jarak d5 (25 NM), didapatkan nilai dRSS sebesar - 54.0048.

Pada proses Perhitungan iRSS (*interfering Received Signal Strength*), pada skema *Interfering System Link*, yang diskemakan adalah sistem kerja pemancar radio amatir 107.1 MHz yang berpropagasi di sekitar Bandar Udara Adi Sutjipto sebagai pengganggu sistem kerja Localizer frekuensi 109.1 MHz. **Tabel IV** adalah parameter perhitungan iRSS.

Tabel IV. Parameter perhitungan iRSS

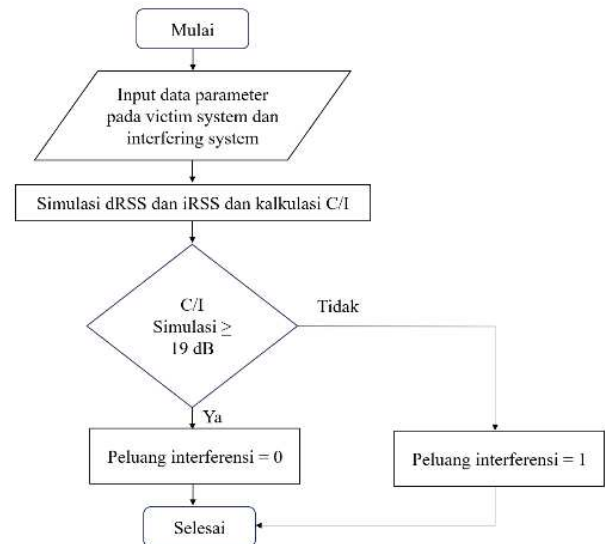
Parameter	Nilai
Karakteristik antena	OMB <i>Double Ring</i>
Frekuensi	107.2 MHz
Daya pancar	64.7882 dBm
Gain antena TX	5.15 dBi
Tinggi antena TX	40 m
Jarak (ketinggian jelajah – tinggi antena)	Ketinggian jelajah 5000 feet (1524 m) Jarak (d) = 1524 – 40 m = 1484 m

Berdasarkan rumus perhitungan dengan data parameter iRSS dengan menggunakan persamaan 3 dan 4, maka nilai iRSS yang didapat adalah sebesar - 66.5342 dBm.

Proses perhitungan C/I (*Carrier to Interference*), nilai dari masing – masing jarak berdasarkan rumus pada persamaan 5 yaitu pada jarak d1 (5 NM) sebesar 26.4802 dB. Jarak d2 (10 NM) memiliki nilai C/I sebesar 20.4838 dB. Jarak

d3 (15 NM) memiliki nilai C/I sebesar 16.9462 dB. Jarak d4 (20 NM) memiliki nilai C/I sebesar 14.4669 dB. Jarak d5 (25 NM) memiliki nilai C/I sebesar 12.5294 dB.

Alur tahapan proses simulasi tersaji pada **Gambar 10**. Sama seperti dengan tahap perhitungan dengan memasukkan nilai parameter yang telah ditentukan, kemudian dilakukan simulasi dan dihasilkan nilai dari simulasi tersebut.



Gambar 10. Tahap simulasi nilai interferensi

Setelah dilakukan berbagai tahapan tersebut di setiap sampel jarak, pada **Gambar 11** dan **Gambar 12** merupakan hasil simulasi nilai *Carrier to Interference* (C/I) untuk dRSS pada jarak d1 (5 NM). Nilai dRSS yang didapatkan adalah -39.89 dBm, nilai iRSS sebesar -66.53 dBm, dan nilai C/I sebesar 26.64 dB.

Hasil simulasi nilai *Carrier to Interference* (C/I) untuk dRSS pada jarak d2 (10 NM) tersaji pada **Gambar 13** dan **Gambar 14**. Nilai dRSS yang didapatkan adalah -45.89 dBm, nilai iRSS sebesar -66.53 dBm, dan nilai C/I sebesar 20.64 dB.

Hasil simulasi nilai *Carrier to Interference* (C/I) untuk dRSS pada jarak d3 (15 NM) tersaji pada **Gambar 15** dan **Gambar 16**. Nilai dRSS yang didapatkan adalah -49.41 dBm, nilai iRSS sebesar -66.53 dBm, dan nilai C/I sebesar 17.12 dB.

Hasil simulasi nilai *Carrier to Interference* (C/I) untuk dRSS pada jarak d4 (20 NM) tersaji pada **Gambar 17** dan **Gambar 18**. Nilai dRSS yang didapatkan adalah -51.91 dBm, nilai iRSS sebesar -66.53 dBm, dan nilai C/I sebesar 14.63 dB.

Hasil simulasi nilai *Carrier to Interference* (C/I) untuk dRSS pada jarak d5 (25 NM) tersaji pada **Gambar 19** dan **Gambar 20**. Nilai dRSS yang didapatkan adalah -53.85 dBm, nilai iRSS sebesar -66.53 dBm, dan nilai C/I sebesar 12.68 dB.

Simulation Summary			
	Mean	Median	StdDev
dRSS	-39.89 dBm	-39.91 dBm	0.03 dB
iRSS Unwanted (summation)	-66.53 dBm	-66.53 dBm	0 dB
iRSS Blocking (summation)	-1066.53 d...	-1066.53 d...	0 dB

Gambar 11. Hasil simulasi SEAMCAT nilai dRSS dan iRSS jarak d1



Gambar 12. Grafik simulasi SEAMCAT nilai C/I jarak d1

Simulation Summary			
	Mean	Median	StdDev
dRSS	-45.89 dBm	-45.89 dBm	0.03 dB
iRSS Unwanted (summation)	-66.53 dBm	-66.53 dBm	0 dB
iRSS Blocking (summation)	-1066.53 d...	-1066.53 d...	0 dB

Gambar 13. Hasil simulasi SEAMCAT nilai dRSS dan iRSS jarak d2



Gambar 14. Grafik simulasi SEAMCAT nilai C/I jarak d2

Simulation Summary			
	Mean	Median	StdDev
dRSS	-49.41 dBm	-49.42 dBm	0.02 dB
iRSS Unwanted (summation)	-66.53 dBm	-66.53 dBm	0 dB
iRSS Blocking (summation)	-1066.53 d...	-1066.53 d...	0 dB

Gambar 15. Hasil simulasi SEAMCAT nilai dRSS dan iRSS jarak d3



Gambar 16. Grafik simulasi SEAMCAT nilai C/I jarak d3

Simulation Summary			
	Mean	Median	StdDev
dRSS	-51.91 dBm	-51.91 dBm	0.01 dB
iRSS Unwanted (summation)	-66.53 dBm	-66.53 dBm	0 dB
iRSS Blocking (summation)	-1066.53 d...	-1066.53 d...	0 dB

Gambar 17. Hasil simulasi SEAMCAT nilai dRSS dan iRSS jarak d4



Gambar 18. Grafik simulasi SEAMCAT nilai C/I jarak d4

Simulation Summary			
	Mean	Median	StdDev
dRSS	-53.85 dBm	-53.85 dBm	0.01 dB
iRSS Unwanted (summation)	-66.53 dBm	-66.53 dBm	0 dB
iRSS Blocking (summation)	-1066.53 dBm	-1066.53 dBm	0 dB

Gambar 19 Hasil simulasi SEAMCAT nilai dRSS dan iRSS jarak d5



Gambar 20 Grafik simulasi SEAMCAT nilai C/I jarak d5

Berdasarkan data perhitungan maupun simulasi nilai probabilitas interferensi dari setiap jarak yang sudah ditentukan, didapatkan hasil pada Tabel v berikut ini.

Tabel V. Nilai C/I dan probabilitas interferensi

Jarak	Metode		Probabilitas Interferensi
	Perhitungan (dBm)	Simulasi (dBm)	
d1 (5 NM)	26,4802	26,64	0
d2 (10 NM)	20,4838	20,64	0
d3 (15 NM)	16,9461	17,12	1
d4 (20 NM)	14,4669	14,63	1
d5 (25 NM)	12,5294	12,68	1

Berdasarkan tabel tersebut, didapatkan hasil bahwa pada jarak d1 (5 NM) dan jarak d2 (10 NM) nilai probabilitas interferensi adalah 0, artinya bahwa pada jarak tersebut tidak terjadi interferensi karena nilai C/I melebihi nilai proteksi kriteria yang disyaratkan yaitu ≥ 19 dB. Sedangkan pada jarak d3 (15 NM), d4 (20 NM), dan d5 (25 NM) memiliki nilai probabilitas interferensi 1, artinya bahwa pada jarak tersebut terjadi interferensi karena nilai C/I kurang dari nilai proteksi kriteria yang disyaratkan.

Adanya gangguan interferensi oleh frekuensi liar terhadap sinyal pancaran localizer yaitu berdampak pada prosedur pendaratan pesawat yang terganggu. Localizer adalah bagian dari

sistem ILS yang digunakan oleh pesawat untuk mendarat saat mendekati di landasan pacu. Dalam konteks ini, interferensi frekuensi dapat terjadi ketika sinyal localizer terganggu oleh sinyal lain dalam spektrum frekuensi yang sama atau frekuensi yang berdekatan. Akibatnya, sinyal localizer yang diterima oleh pesawat menjadi tidak stabil (*unstable*). Interferensi frekuensi juga dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan instrumen pesawat, yang dapat mengakibatkan pilot membuat keputusan yang salah atau tindakan yang tidak tepat dalam proses pendaratan.

Berdasarkan Peraturan Kementerian Komunikasi dan Informatika Nomor 17 Tahun 2005 tentang Tata Cara Perizinan dan Ketentuan Operasional Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio, prinsip penggunaan spektrum frekuensi radio adalah tidak saling mengganggu dan sesuai peruntukannya. Untuk itu dalam penggunaannya harus sesuai dengan Izin Stasiun Radio (ISR) yang dimiliki dan peraturan yang berlaku agar tidak menimbulkan interferensi yang merugikan.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai bahwa kondisi faktor yang dapat mempengaruhi sinyal pancaran localizer frekuensi 109.1 MHz dapat disebabkan

oleh faktor *Man*, *Machine*, *Method*, dan *Environment*. Untuk mengetahui nilai potensi interferensi antara frekuensi liar frekuensi 107.2 MHz dengan peralatan localizer frekuensi 109.1 MHz dapat menggunakan perhitungan dan simulasi interferensi dengan aplikasi SEAMCAT. Adapun perhitungan tersebut menggunakan 5 (lima) sampel jarak berdasarkan batasan *coverage* pancaran localizer. Adanya gangguan interferensi oleh frekuensi liar terhadap sinyal pancaran localizer yaitu berdampak pada prosedur pendaratan pesawat yang terganggu. Akibatnya, sinyal localizer yang diterima oleh pesawat menjadi tidak stabil (*unstable*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Civil Aviation Organization, *Annex 10 Aeronautical Telecommunications - Volume 1 Radio Navigation Aids*, vol. I, no. July 2006. 2006.
- [2] D. A. P. Atfhal Aldiefa, Sabdo Purnomo, "Analisis Teknis Persyaratan Penempatan Peralatan dan Mobilitas Masyarakat Terhadap Pancaran Localizer menggunakan Diagram Fishbone di Bandar Udara Adisumarmo Solo," *J. Ilm. Langit Biru*, vol. 12, p. 1 : 152, 2019.
- [3] ICAO Document 8071, "Manual on Testing of Radio Navigation Aids," vol. III, 2000.
- [4] K. Ariansyah, "Analisis interferensi T-DAB dan TV Analog pada pita Very High Frequency (VHF) Interference Analysis of T-DAB and Analog Television on VHF Band," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 12, no. 3, pp. 217–230, 2014.
- [5] MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA REPUBLIK INDONESIA, "PM Kominfo Nomor 7 Tahun 2021 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio," 2021.
- [6] Direktorat Jendral Perhubungan Udara, "Pedoman Teknis Operasional Bagian 171-10 (Advisory Mengingat : Undang-Undang Nomor 1 Tahun Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara," 2017.
- [7] A. Muttaqin and Y. Rahayu, "Analisis Potensi Interferensi Sistem LTE Dengan EGSM Di Pita 800 MHz," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, p. 87, 2017.
- [8] Departemen Komunikasi dan Informatika and D. J. P. dan Telekomunikasi., *Alokasi Frekuensi*, no. 17. 2004.
- [9] T. A. Riza, "Kajian Implementasi Alokasi Frekuensi Komunikasi untuk Pelayaran Rakyat di Indonesia," vol. 4, pp. 197–207, 2016.
- [10] U. Risyatul., "Pengaruh Mobile Obstacle Terhadap Pancaran Antena Localizer Merk Selex 2100 Di Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo ...," *Prosding SNITP* ..., vol. 1, pp. 20–25, 2019.
- [11] Y. Apristia, A. Irfansyah, and ..., "Analisa Pengaruh Width Clearance Terhadap Pancaran Localizer Merk Ams 2100 Menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana Di ...," *Pros. SNITP* ..., vol. 1, pp. 40–57, 2019.
- [12] A. V. Putri, H. Wijanto, and B. Syihabuddin, "Analisis Interferensi Radio Penyiaran Fm Di Sekitar Bandar Udara Analysis of Fm Broadcast Radio Interference on Aeronautical," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 3603–3610, 2017.
- [13] M. T. Sembiring, A. R. S. Meliala, and M. Z. Harahap, "Analisis Permasalahan Menggunakan Cause and Effect Diagram , Fault Tree Analysis dan Afinity Diagram Proses Produksi Stasiun Persiapan TALENTA Conference Series Analisis Permasalahan Menggunakan Cause and Effect Diagram , Fault Tree Analysis dan Afinity D," *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 162–168, 2022, doi: 10.32734/ee.v5i2.1561.