TELEKONTRAN: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan
Vol. 13, No. 2, Oktober 2025
DOI : 10.34010/telekontran.v13i2.17209
p-ISSN : 2303 – 2901; e-ISSN : 2654 – 7384

Analisis Gangguan Sinyal *Very High Frequency Extended Range* 134.1 MHz Di AirNav Cabang Surabaya

Analysis of Very High Frequency Extended Range 134.1 MHz Signal Interference at AirNav Surabaya Branch

Elizabeth Rindi Novitri*, Feti Fatonah, Toni
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Tangerang, Banten 15820
Email*: elizabethrindinovitri@gmail.com

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab gangguan sinyal pada sistem komunikasi *Very High Frequency Extended Range* (VHF-ER) frekuensi 134,1 MHz di sektor *Upper* Pangkalan Bun (UPKN) yang dikelola oleh AirNav Indonesia Cabang Surabaya. Fokus utama penelitian adalah mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya *blank spot* serta merumuskan solusi teknis guna meningkatkan keandalan komunikasi. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan dukungan analisis *fishbone* diagram serta pengumpulan data primer melalui kuesioner kepada teknisi CNS dengan *rating* komunikasi. Selain itu, studi literatur dan analisis dokumen teknis juga dilakukan untuk memperkuat landasan teori. Data kuantitatif, seperti perbandingan jumlah insiden atau pengukuran parameter sinyal, tidak tersedia sehingga penelitian ini difokuskan pada analisis kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh positif antara kualitas pengelolaan peralatan dengan keandalan komunikasi VHF-ER. Faktor utama gangguan meliputi keterbatasan jumlah teknisi, kurangnya pelatihan, penggunaan antena sektoral dengan cakupan terbatas, serta penempatan antena yang tidak sesuai standar teknis. Penggantian antena sektoral dengan antena *omnidirectional* terbukti efektif dalam mengurangi *blank spot*. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian merekomendasikan peningkatan kompetensi teknisi melalui pelatihan berkala, peninjauan kembali penempatan antena sesuai regulasi, serta pelaksanaan evaluasi performa secara rutin untuk menjaga keandalan komunikasi penerbangan.

Kata kunci : Antena *omnidirectional*, *blank spot*, keselamatan operasional, komunikasi penerbangan, VHF-ER .

Abstract *- This study aims to analyze the causes of signal disruption in the Very High Frequency Extended Range (VHF-ER) communication system operating at 134.1 MHz in the Upper Pangkalan Bun (UPKN) sector under AirNav Indonesia, Surabaya Branch. The research seeks to identify the main contributing factors to blank spot occurrences and to formulate technical solutions to enhance communication reliability. A qualitative descriptive method was employed, supported by a fishbone diagram and primary data collection through questionnaires distributed to certified CNS technicians. Literature review and document analysis were also conducted to provide a theoretical foundation. Quantitative data, such as signal-to-noise ratio (SNR) or event frequency statistics, were not available; therefore, this research focuses exclusively on qualitative findings. The results indicate a positive correlation between equipment management quality and the reliability of VHF-ER communication. The main factors identified include the limited number of technicians, insufficient training, the use of sectoral antennas with restricted coverage, and improper antenna placement not aligned with technical standards. The replacement of sectoral antennas with omnidirectional antennas significantly reduced blank spots. Based on these findings, this study recommends strengthening technician training, ensuring compliance with antenna placement standards, and conducting regular performance evaluations to maintain reliable and safe air-ground communication.*

Keywords *: Aviation communication, blank spot, omnidirectional antenna, operational safety, VHF-ER.*

I. PENDAHULUAN

Bandar Udara Internasional Juanda memiliki peran strategis dalam sistem transportasi udara nasional maupun internasional[1]. Sebagai pintu utama mobilitas udara di wilayah Jawa Timur dan kawasan timur Indonesia, bandara ini tidak hanya mendukung lalu lintas penumpang dan kargo, tetapi juga berperan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi regional melalui sektor perdagangan, pariwisata, dan logistik. Tingginya volume pergerakan pesawat yang dilayani menuntut keandalan sistem navigasi dan komunikasi penerbangan guna menjamin keselamatan serta efisiensi operasional. Pelayanan navigasi udara di wilayah Bandar Udara Juanda dikelola oleh AirNav Indonesia Cabang Surabaya. Unit ini dilengkapi dengan sistem *Communication, Navigation, Surveillance, and Data Processing* (CNSD) untuk menunjang pengaturan lalu lintas udara secara *real-time*. Dalam sistem ini, komunikasi radio antara pilot dan petugas *Air Traffic Controller* (ATC) menjadi komponen vital karena menentukan ketepatan instruksi, informasi lalu lintas, serta arahan navigasi[2].

Gangguan komunikasi, sekecil apa pun, dapat menyebabkan miskomunikasi yang berdampak pada keselamatan dan keterlambatan layanan penerbangan[3], [4]. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah gangguan sinyal berupa *blank spot* pada sistem komunikasi *Very High Frequency Extended Range* (VHF-ER) di sektor *Upper* Pangkalan Bun (UPKN), yang beroperasi pada frekuensi 134,1 MHz. *Blank spot* mengakibatkan sinyal tidak dapat diterima dengan baik oleh pilot maupun ATC, terutama ketika pesawat berada pada jarak atau ketinggian tertentu dari pemancar. Gangguan ini menyebabkan hilangnya komunikasi dua arah secara temporer, yang berisiko menghambat koordinasi dan pengambilan keputusan dalam ruang udara terkendali. **Tabel I** merupakan catatan gangguan *blank spot* yang terjadi pada sektor UPKN. Gangguan ini tercatat terjadi secara berulang dalam kurun waktu tertentu, menunjukkan adanya pola dan konsistensi pada area terdampak. Setiap insiden menunjukkan variasi jarak dan radial, dengan sebagian besar gangguan terjadi pada kisaran 70 hingga 85 nautical miles dari titik referensi. Pola ini menunjukkan adanya area spesifik di sektor UPKN yang memiliki risiko lebih tinggi terhadap kehilangan sinyal VHF-ER. Informasi ini penting untuk mengidentifikasi tren gangguan serta menjadi dasar awal dalam proses analisis lebih lanjut. Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas terkait berbagai aspek komunikasi VHF, baik dari segi kualitas sinyal, interferensi, maupun cakupan antena. Asri dan Lidyawati (2018)[5] meneliti dengan menggunakan pendekatan analisis deskriptif untuk menilai perbedaan tingkat *readability* antar maskapai pada sistem VHF A/G di Bandara Husein Sastranegara. Johan Wahyudi (2017)[6] mencatat adanya delay komunikasi sebesar 500 ms setelah pemasangan VHF-ER di Berau melalui metode analisis kesenjangan. Studi oleh Hidayatulloh dan Praptiningsih (2024)[7] pada area Gunung Agung menekankan pentingnya frekuensi alternatif seperti TIBA untuk wilayah pegunungan. Farhan dan Nehemia (2025)[8] memfokuskan penelitian pada gangguan sinyal akibat radio FM yang menurunkan rasio sinyal terhadap *noise* (SNR) hingga 40%, dan menyarankan penggunaan filter *bandpass* sebagai solusi. Sementara itu, Moch. Qadarfi (2014)[9] mengkaji pengaruh sudut *tilt* antena sektoral terhadap kualitas layanan seluler dan menyimpulkan adanya peningkatan sinyal signifikan. Penelitian eksperimental oleh A.Z. Lubis (2014)[10] menegaskan bahwa posisi antena Yagi dapat meningkatkan sinyal 3G hingga 15 dB. Terakhir, F.E. Prastiya (2019)[11] menyoroti bagaimana keberadaan *obstacle* seperti bangunan dan pegunungan dapat memangkas jangkauan VHF A/G sebesar 15–20%.

Tabel I. Data catatan gangguan *blank spot* di sektor UPKN

Kejadian	*Callsign* Pesawat	Jarak	*Radial (Heading)* dari *Vector Point* SBR	*Estimate Time Arrival* to *Vector Point* SBR
1	JSA241	74.7 NM	026(206)	10:56
2	VJC897	71.1 NM	025(205)	06:28
3	LKN192	47.1 NM	348(168)	06:18
4	LMI680	80.8 NM	026(206)	11:24
5	LMI640	67.6 NM	029(209)	07:06
6	JSA241	85.5 NM	007(187)	08:14

Meskipun demikian, hingga saat ini masih belum banyak penelitian yang secara komprehensif mengintegrasikan faktor teknis, geografis, dan regulasi nasional dalam konteks gangguan sinyal VHF-ER, khususnya di wilayah urban seperti Surabaya. Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini dilakukan dengan pendekatan deskriptif kualitatif yang dipadukan dengan metode *fishbone* diagram untuk mengidentifikasi akar penyebab gangguan sinyal berdasarkan lima kategori utama: manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Sebagai bentuk inovasi, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi masalah, tetapi juga menguji efektivitas solusi teknis berupa penggantian antena sektoral dengan antena *omnidirectional* Amphenol 7530100 serta evaluasi implementasi SOP dan uji performa sistem secara berkala.

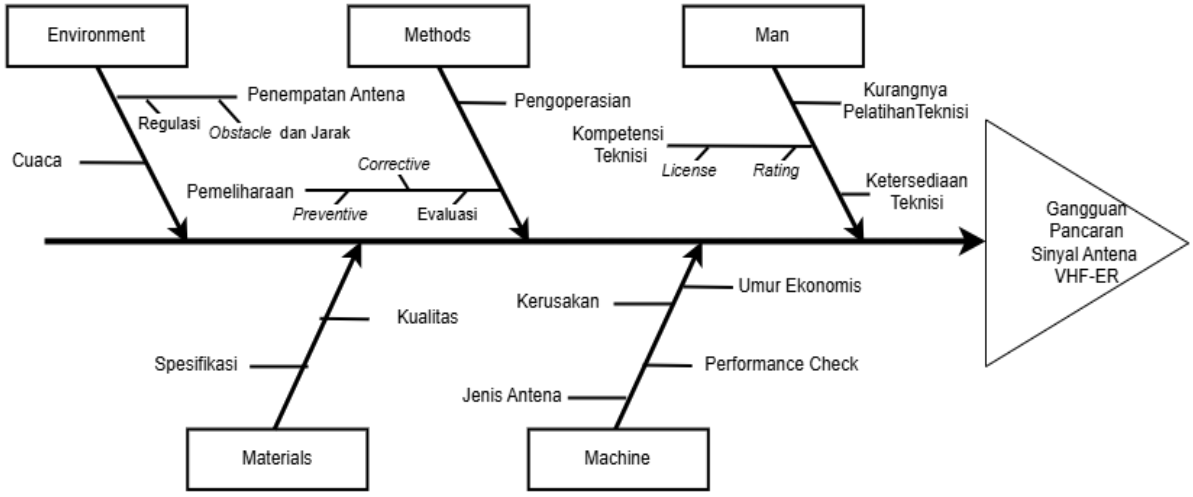
Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis secara komprehensif faktor-faktor penyebab terjadinya *blank spot* pada sistem VHF-ER di AirNav Cabang Surabaya, mengevaluasi solusi teknis yang telah diterapkan, serta memberikan rekomendasi berbasis data untuk peningkatan kualitas layanan komunikasi penerbangan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengelola navigasi udara dalam menyusun strategi mitigasi gangguan komunikasi di ruang udara Indonesia.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk memahami dan menjelaskan secara mendalam faktor-faktor penyebab gangguan sinyal pada sistem komunikasi *Very High Frequency Extended Range* (VHF-ER) di sektor *Upper* Pangkalan Bun dengan frekuensi 134,1 MHz di AirNav Indonesia Cabang Surabaya. Lokasi penelitian difokuskan pada *shelter* peralatan VHF-ER, yang mencakup antena, modul pemancar, serta kondisi lingkungan di sekitar instalasi.

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian terdiri dari tiga bagian, yaitu observasi lapangan, studi dokumen teknis, dan penyebaran kuesioner. Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati langsung di shelter peralatan VHF-ER, meliputi pemeriksaan kondisi fisik antena, penempatan peralatan, serta potensi hambatan dari lingkungan sekitar. Dokumen teknis, berupa laporan pemeliharaan, manual peralatan, dan Standar Operasi Prosedur (SOP) internal AirNav, yang menjadi acuan dalam mengevaluasi standar perawatan dan operasional. Dan yang terakhir kuesioner, yang disusum berdasarkan lima kategori dalam *fishbone* diagram, yaitu manusia, peralatan, metode, material, dan lingkungan. Kuesioner ini disebarkan kepada responden yang ditentukan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu[12]. Oleh karena itu, kuesioner ini hanya ditujukan kepada 10 teknisi CNS yang memiliki rating komunikasi resmi dari Direktorat Navigasi Penerbangan. Pemilihan ini dilakukan karena teknisi tersebut berkontribusi langsung terhadap operasional peralatan, sehingga jawaban yang diberikan memiliki relevansi tinggi dengan objek penelitian. Tingkat partisipasi mencapai 100 persen karena seluruh responden mengembalikan kuesioner dengan lengkap.

Proses penelitian dilaksanakan dalam tiga tahapan. Pertama, studi literatur, yang digunakan untuk membangun landasan teori mengenai sistem komunikasi VHF, karakteristik propagasi sinyal, dan potensi gangguan. Tahap ini menjadi dasar penyusunan kategori penyebab pada *fishbone* diagram. Kedua, analisis *fishbone* diagram, yang dilakukan untuk memetakan penyebab gangguan secara sistematis ke dalam lima kategori utama. Penyusunan *fishbone* diagram dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan masalah utama, kemudian mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin menjadi penyebab. Setiap faktor dijabarkan lebih rinci untuk menemukan akar permasalahan yang paling berpengaruh. Hasil dari analisis ini digunakan sebagai dasar untuk menyusun rekomendasi teknis yang bertujuan meningkatkan kualitas dan jangkauan sinyal antena VHF-ER, sehingga komunikasi antara pilot dan petugas pengatur lalu lintas udara (ATC) dapat berlangsung dengan lebih andal dan aman. Adapun gambar diagram *fishbone* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 *Fishbone* diagram

Selain itu, untuk memperkuat hasil analisis dan memperoleh gambaran kondisi nyata di lapangan, penelitian ini juga melakukan langkah ketiga, yaitu wawancara dengan media kuesioner. Kuesioner ini disusun berdasarkan lima kategori utama pada fishbone diagram, yaitu aspek manusia, peralatan, metode kerja, material, dan lingkungan. Pertanyaan dalam kuesioner dirancang untuk menggali persepsi, pengalaman, serta penilaian teknisi terhadap faktor-faktor penyebab gangguan sinyal VHF-ER yang pernah terjadi. Daftar pertanyaan yang dapat dilihat pada **Tabel II** disusun dengan mengacu pada penelitian terdahulu.

Tabel II. Daftar Pertanyaan Kuesioner

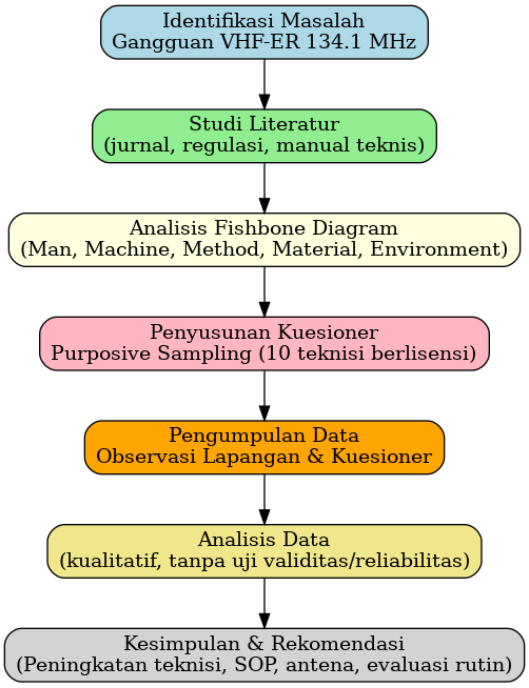
Man		
No	Pertanyaan	Skala Likert
1.	Saya telah mengikuti pelatihan khusus terkait pemeliharaan VHF-ER dalam 2 tahun terakhir.	1 = Sangat Tidak Setuju 2 = Tidak Setuju 3 = Netral 4 = Setuju 5 = Sangat Setuju
2.	Saya sering terlibat dalam troubleshooting gangguan sinyal VHF-ER	
3.	Jumlah teknisi saat ini sudah memadai untuk menangani gangguan komunikasi.	
Method		
4.	Pengoperasian VHF-ER di lokasi saya sudah mengikuti SOP yang berlaku.	1 = Sangat Tidak Setuju 2 = Tidak Setuju 3 = Netral 4 = Setuju 5 = Sangat Setuju
5.	SOP pemeliharaan VHF-ER diperbarui secara rutin.	
6.	Saya memiliki akses yang mudah terhadap dokumen teknis dan SOP pemeliharaan.	
7.	Selalu mengevaluasi prosedur kerja pada setiap gangguan peralatan yang terjadi.	
Machine		
8.	Perangkat VHF-ER di tempat saya sering mengalami gangguan teknis.	1 = Sangat Tidak Setuju 2 = Tidak Setuju 3 = Netral 4 = Setuju 5 = Sangat Setuju
9.	Pemeriksaan performa (*performance check*) dilakukan secara berkala.	
10.	Perangkat VHF-ER yang digunakan saat ini masih berada dalam masa layak pakai.	
11.	Umur ekonomis peralatan diperhitungkan dalam penjadwalan penggantian.	
Materials		
12.	Penggantian komponen dilakukan sesuai dengan kondisi atau kelayakan komponen.	1 = Sangat Tidak Setuju 2 = Tidak Setuju 3 = Netral 4 = Setuju 5 = Sangat Setuju
13.	Kualitas komponen yang digunakan sudah memenuhi standar teknis.	
14.	Kualitas material (antena, kabel, konektor) yang digunakan saat ini sangat baik.	
Environment		
15.	Posisi antena VHF-ER di lokasi saya bebas dari halangan fisik.	1 = Sangat Tidak Setuju 2 = Tidak Setuju 3 = Netral 4 = Setuju 5 = Sangat Setuju
16.	Cuaca ekstrem atau suhu di lokasi kerja sering memengaruhi kualitas sinyal antena VHF-ER.	
17.	Regulasi terkait penempatan antena sudah diterapkan dengan baik di tempat saya bekerja.	

Perlu dicatat bahwa uji validitas dan reliabilitas tidak dilakukan pada kuesioner karena

keterbatasan waktu penelitian. Namun, untuk menjaga kredibilitas instrumen, penyusunan pertanyaan dilakukan dengan mengadaptasi hasil penelitian sebelumnya yang relevan. Selain itu, data kuantitatif seperti RSSI, SNR, atau jumlah insiden *blank spot* per bulan tidak tersedia karena minimnya data yang terdokumentasi secara sistematis oleh unit terkait. Oleh sebab itu, analisis lebih menekankan pada pendekatan kualitatif, yaitu melalui observasi langsung di lapangan, telaah dokumen teknis, dan tanggapan dari teknisi yang berpengalaman.

Penyebaran kuesioner dilakukan secara daring menggunakan *platform Google Form*, dan seluruh responden mengisi kuesioner secara lengkap. Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk mengukur konsistensi antara temuan teknis di lapangan dengan pendapat praktisi yang langsung terlibat dalam pengoperasian dan pemeliharaan peralatan. Hasil dari kuesioner ini berperan penting dalam memvalidasi identifikasi masalah dan memperkuat dasar penyusunan rekomendasi teknis.

Dengan ketiga instrumen tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai faktor-faktor yang memengaruhi gangguan sinyal VHF-ER di AirNav Cabang Surabaya. Untuk memperjelas alur penelitian, setiap tahap kegiatan dituangkan ke dalam **Gambar 2** berupa *flowchart* metodologi yang menggambarkan urutan mulai dari pengumpulan data hingga analisis akhir.



Gambar 2 *flowchart* metodologi

Dengan demikian, alur metodologi penelitian ini memberikan gambaran yang jelas mengenai tahapan yang ditempuh, mulai dari pengumpulan data melalui observasi lapangan, penyusunan fishbone diagram untuk analisis penyebab, hingga penguatan hasil melalui kuesioner kepada teknisi yang berkompeten. Setiap tahapan dirancang agar saling melengkapi sehingga mampu menghasilkan analisis yang komprehensif terhadap gangguan sinyal VHF-ER.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memahami permasalahan gangguan sinyal VHF-ER pada frekuensi 134,1 MHz di AirNav Cabang Surabaya secara menyeluruh, peneliti melakukan interpretasi data hasil analisis melalui tiga pendekatan utama: studi literatur, analisis *fishbone* diagram, dan pengumpulan data primer melalui wawancara dengan media kuesioner. Ketiga pendekatan ini saling melengkapi, di mana studi literatur memberikan landasan teoritis, *fishbone* diagram membantu mengidentifikasi penyebab secara sistematis, dan kuesioner memberikan gambaran kondisi aktual berdasarkan pengalaman teknisi di lapangan. Pendekatan ini bertujuan agar hasil analisis menjadi komprehensif, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Melalui triangulasi ketiga metode tersebut, peneliti mampu mengkaji permasalahan dari berbagai sudut pandang yang saling mendukung. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga merepresentasikan kondisi operasional yang nyata di lapangan.

Bab ini akan membahas hasil temuan dari masing-masing pendekatan tersebut secara berurutan, dimulai dari studi literatur, dilanjutkan dengan analisis *fishbone* diagram, dan diakhiri dengan pemaparan hasil kuesioner. Namun, perlu dicatat bahwa data kuantitatif pembanding sebelum penggantian antena tidak tersedia secara lengkap karena minimnya dokumentasi historis yang sistematis. Oleh karena itu, ketiga pendekatan tersebut dirancang untuk saling menguatkan dan memberikan gambaran menyeluruh mengenai penyebab gangguan sinyal serta langkah mitigasi yang dapat diterapkan. Sebagai langkah awal, pembahasan dimulai dari hasil studi literatur yang menjadi dasar pemahaman teoretis mengenai permasalahan VHF-ER, sebelum kemudian dilanjutkan dengan analisis *fishbone* diagram dan hasil kuesioner untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif.

A. Identifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pancaran Sinyal VHF-ER Berdasarkan Studi Literatur Penelitian Terdahulu.

Dalam rangka memahami permasalahan gangguan sinyal *Very High Frequency Extended Range* (VHF-ER), penelitian ini melakukan studi literatur terhadap sejumlah sumber relevan yang membahas kinerja, gangguan, serta aspek teknis dari sistem komunikasi udara VHF. Studi ini mencakup sembilan jurnal ilmiah yang dipilih secara selektif berdasarkan kesesuaian topik dan kontribusinya terhadap analisis gangguan komunikasi udara. Literatur-literatur tersebut berasal dari penelitian terdahulu yang membahas isu teknis seperti performa perangkat, kesesuaian komponen, hingga prosedur operasional pemeliharaan dan pengaruh lingkungan eksternal. Dengan merujuk pada pendekatan *fishbone* diagram, setiap temuan literatur dipetakan ke dalam lima kategori utama penyebab permasalahan, yaitu: *Man* (Manusia), *Machine* (Peralatan), *Method* (Metode), *Material* (Bahan/Komponen), dan *Environment* (Lingkungan). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi yang lebih sistematis terhadap akar penyebab gangguan sinyal dan bagaimana faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dalam konteks operasional VHF-ER. Studi literatur ini juga menjadi dasar penting dalam merancang alat analisis seperti fishbone diagram dan instrumen kuesioner yang digunakan dalam pengumpulan data primer. Dengan memahami konteks dan temuan dari penelitian sebelumnya, peneliti dapat menyusun kerangka analisis yang lebih tajam dan berbasis bukti. Selain itu, studi literatur memberikan validasi awal terhadap faktor-faktor yang ditemukan di lapangan melalui observasi dan wawancara. Oleh karena itu, pemetaan jurnal dalam lima aspek utama ini menjadi langkah awal yang krusial dalam membangun landasan teoretis penelitian. **Tabel III** menyajikan rangkuman hasil studi literatur yang telah dilakukan dan dikategorikan berdasarkan lima aspek utama penyebab gangguan VHF-ER.

Tabel III. Ringkasan studi literatur pada sembilan jurnal terdahulu

Peneliti / Tahun	Fokus Penelitian	Relevansi	Kategori *Fishbone*
Asri et al., 2018[5]	Perbedaan kinerja VHF ADC dan APP	Lokasi dan konfigurasi memengaruhi transmisi dan jangkauan sinyal.	*Machine, Method, Material*
Wibowo, 2019[13]	Kinerja perangkat dan usia VHF-ER	Usia alat dan kurangnya *performance check* menurunkan kualitas sinyal.	*Machine, Material*
Wahyudi, 2017[6]	Implementasi VHF-ER, jarak, dan konfigurasi antena	Penyesuaian antena dan sistem *relay* diperlukan untuk menjangkau area lebih luas.	*Method, Machine, Material*
Gunawan et al., 2025[14]	Pemeliharaan dan efektivitas perbaikan	Kecepatan dan ketepatan teknisi penting untuk pemulihan sinyal.	*Method, Man, Material*
Eka, 2019[11]	Rintangan fisik terhadap jangkauan VHF	*Obstacle* fisik (bangunan, topografi) memicu gangguan dan pembiasan sinyal.	*Environment, Material*
Hidayatulloh et al., 2024[7]	Interferensi frekuensi dan efeknya pada pelayanan ATC	Frekuensi radio berdekatan menyebabkan interferensi dan menurunkan kualitas layanan.	*Environment, Machine, Material*
Muhaemi et al., 2025[8]	Gangguan VHF-ER dan evaluasi teknis	Analisis sistem menyeluruh dibutuhkan untuk penanganan efektif gangguan sinyal.	*Machine, Method, Material*
Okta et al., 2024[15]	Output suara dan kesalahan instalasi sistem komunikasi	*Human error* saat instalasi sistem mengakibatkan gangguan komunikasi antara ATC dan pesawat.	*Machine, Man, Method, Material*
Qadarfi, 2014[9]	Kemiringan antena sektoral dan kualitas sinyal	Sudut kemiringan antena sangat menentukan arah dan jangkauan sinyal yang dihasilkan.	*Machine, Method, Material*

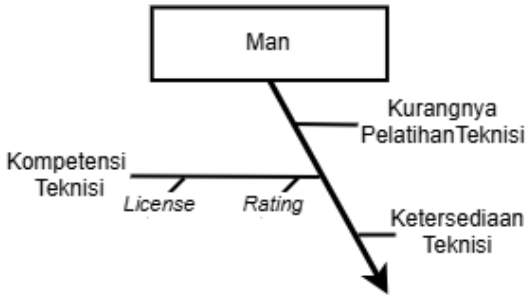
Dari hasil studi literatur terhadap sembilan referensi yang dirangkum dalam tabel sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa gangguan transmisi sinyal VHF-ER merupakan permasalahan kompleks yang melibatkan beragam aspek teknis dan operasional. Faktor-faktor seperti usia peralatan, kesalahan instalasi, metode pemeliharaan yang belum optimal, hingga kondisi lingkungan sekitar antena menjadi elemen penting yang memengaruhi kualitas transmisi sinyal. Temuan ini menunjukkan bahwa diperlukan pendekatan analisis yang lebih sistematis dan menyeluruh untuk mengidentifikasi akar permasalahan secara lebih detail. Oleh karena itu, penelitian ini melanjutkan pembahasan dengan menggunakan *fishbone* diagram sebagai alat bantu untuk memetakan penyebab gangguan sinyal berdasarkan lima kategori utama, yaitu manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi yang lebih terstruktur terhadap setiap faktor penyebab, sekaligus membuka peluang perumusan solusi yang lebih tepat sasaran.

B. Identifikasi Faktor Penyebab Gangguan Sinyal Menggunakan *Fishbone* Diagram

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dianalisis, terlihat bahwa gangguan sinyal pada sistem komunikasi VHF-ER dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan. Untuk memperoleh pemahaman yang lebih sistematis terhadap akar permasalahan tersebut, digunakan pendekatan diagram sebab-akibat (*fishbone* diagram). Metode ini dipilih karena mampu mengklasifikasikan penyebab gangguan ke dalam lima kategori utama, yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode kerja (*method*), material (*material*), dan lingkungan (*environment*). Setiap kategori dianalisis secara mendalam guna mengidentifikasi variabel-variabel kritis yang paling berkontribusi terhadap terjadinya *blank spot* pada frekuensi 134,1 MHz di sektor *Upper* Pangkalan Bun. Fishbone diagram ini tidak hanya membantu mengurai kompleksitas permasalahan, tetapi juga menjadi acuan awal dalam menyusun solusi teknis secara lebih terarah. Dengan visualisasi yang jelas, penyebab gangguan dapat dipetakan hingga ke akar masalah, sehingga proses mitigasi bisa dilakukan secara preventif dan bukan hanya reaktif.

Pada aspek manusia (*man*) yang tersaji pada **Gambar 3**, faktor manusia merupakan salah satu aspek krusial yang memengaruhi gangguan sinyal pada sistem VHF-ER di AirNav Cabang Surabaya. Berdasarkan hasil observasi, diketahui bahwa belum tersedia jadwal pelatihan teknis yang dilakukan secara berkala. Pelatihan umumnya hanya dilakukan saat perpanjangan lisensi atau ketika teknisi menghadapi gangguan di lapangan. Padahal, seiring perkembangan teknologi dan prosedur kerja, kompetensi teknisi perlu diperbarui secara rutin agar tetap relevan dengan kebutuhan operasional. Ketidakteraturan dalam pelatihan ini berisiko menurunkan kesiapan teknisi dalam merespons gangguan secara cepat dan tepat, serta dapat menyebabkan penerapan metode kerja yang tidak lagi sesuai standar terkini.

Selain kompetensi, jumlah teknisi yang tersedia juga masih di bawah kebutuhan ideal. Berdasarkan perhitungan beban kerja dan sistem dinas bergilir 24 jam, dibutuhkan sebanyak 44 orang teknisi untuk menjaga keberlangsungan layanan komunikasi secara optimal. Namun, saat ini hanya terdapat 30 teknisi yang terbagi dalam lima kelompok shift. Keterbatasan ini dapat menyebabkan distribusi tugas yang tidak merata, beban kerja berlebih, dan keterlambatan dalam penanganan gangguan. Meskipun seluruh teknisi telah memiliki lisensi resmi, dan sebagian di antaranya memiliki rating komunikasi, tantangan dalam pengelolaan sumber daya manusia tetap menjadi salah satu penyebab tidak optimalnya performa sistem komunikasi VHF-ER.

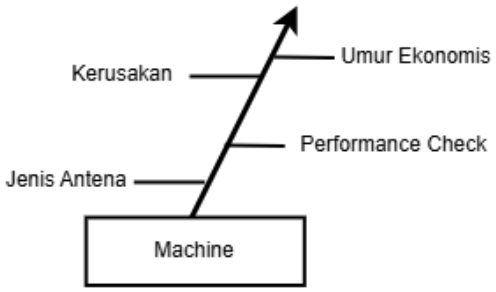


Gambar 3 Aspek *man* pada *fishbone* diagram

Aspek mesin (*machine*) yang tersaji pada **Gambar 4**, ditemukan bahwa beberapa kendala teknis yang berkaitan langsung dengan kondisi dan spesifikasi peralatan turut menjadi penyebab utama gangguan sinyal pada sistem VHF-ER frekuensi 134,1 MHz di sektor UPKN. Salah satu faktor utama adalah umur ekonomis peralatan. Berdasarkan hasil observasi, diketahui bahwa sebagian peralatan lama diganti pada tahun 2022 karena telah mencapai batas usia teknis dan efisiensi. Langkah ini dilakukan untuk menghindari peningkatan biaya pemeliharaan yang tidak sebanding dengan manfaat operasional, sejalan dengan prinsip manajemen aset dan

regulasi nasional. Selain itu, gangguan komunikasi juga diakibatkan oleh kerusakan peralatan, khususnya antena sektoral yang digunakan sebelumnya. Antena tersebut tidak mampu mencakup area pancaran secara penuh, sehingga menimbulkan blank spot pada wilayah tertentu. Pada tahun 2024, dilakukan penggantian antena menjadi tipe omnidirectional Amphenol 7530100 yang mampu memancarkan sinyal ke segala arah (360°), sehingga meningkatkan jangkauan dan keandalan transmisi sinyal, terutama pada kondisi topografi yang kompleks. Penggantian ini tidak hanya bersifat reaktif terhadap gangguan, tetapi juga mencerminkan upaya perbaikan struktural terhadap kelemahan desain sebelumnya.

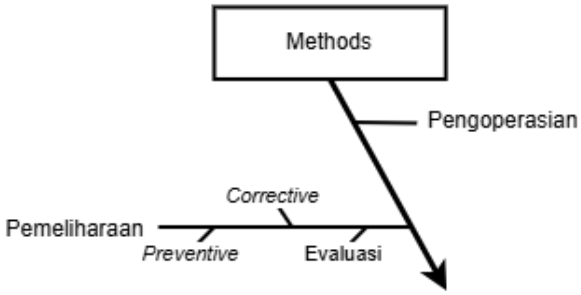
Pemilihan jenis antena menjadi subfaktor penting lainnya dalam aspek *machine*. Antena sektoral yang sebelumnya digunakan (Skymasts S.IH-127-4) memiliki pola radiasi terbatas pada sudut tertentu, sedangkan kebutuhan operasional di sektor UPKN menuntut distribusi sinyal yang merata. Dengan mengganti ke antena omnidirectional, maka permasalahan area yang tidak tercakup sinyal dapat diminimalisir secara signifikan. Perubahan ini mengikuti ketentuan dalam PM 9 Tahun 2022 yang menekankan pentingnya peningkatan fasilitas navigasi untuk mendukung keselamatan penerbangan. Sistem performance check juga memainkan peran penting dalam menjaga keandalan peralatan. Pemeriksaan dilakukan minimal sebulan sekali, dan hasilnya terdokumentasi secara berkala dalam laporan teknis AirNav Surabaya. Rangkaian pengecekan ini berfungsi untuk mendeteksi dini penurunan performa, baik dari sisi kekuatan pancaran maupun integritas sinyal. Dengan pelaksanaan yang rutin dan sesuai standar peraturan yang berlaku, AirNav memastikan bahwa kondisi teknis perangkat tetap dalam batas aman dan optimal untuk mendukung layanan komunikasi udara.



Gambar 4 Aspek *machine* pada *fishbone* diagram

Pada kategori metode kerja (*method*) yang tersaji pada **Gambar 5**, ditemukan bahwa meskipun prosedur operasi standar (SOP) telah disusun dan diterapkan, namun belum sepenuhnya dijalankan secara disiplin di lapangan. Keterlambatan dalam pelaporan gangguan dan belum optimalnya mekanisme *troubleshooting* menyebabkan penanganan gangguan menjadi kurang efisien. Selain itu, evaluasi terhadap efektivitas SOP belum dilakukan secara menyeluruh, sehingga kesalahan operasional yang seharusnya dapat dicegah justru berulang. Hal ini menunjukkan lemahnya sistem kontrol dan supervisi internal. SOP yang digunakan pun belum sepenuhnya menyesuaikan dengan perkembangan teknologi maupun struktur organisasi terkini, sehingga memerlukan pembaruan dan penyesuaian secara berkala.

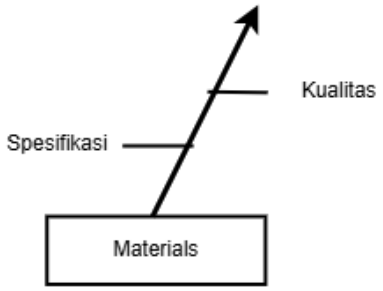
Dalam pelaksanaannya, pengoperasian dan pemeliharaan peralatan VHF-ER telah diatur melalui SOP yang merujuk pada peraturan seperti KP 35 Tahun 2019[16]. Pemeliharaan terbagi atas *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* yang masing-masing memiliki prosedur teknis spesifik. *Preventive maintenance* dilakukan sesuai jadwal, meliputi pemeriksaan rutin dan penggantian suku cadang, sedangkan *corrective maintenance* dilakukan berdasarkan laporan kerusakan, seperti penggantian antena sektoral menjadi *omnidirectional* pada tahun 2024. Evaluasi kinerja dilakukan melalui audit teknis tahunan dan pelaporan berkala untuk memastikan keandalan sistem tetap terjaga. Dengan demikian, perlu adanya pembaruan SOP secara menyeluruh serta peningkatan disiplin implementasinya di lapangan.



Gambar 5 Aspek *methods* pada *fishbone* diagram

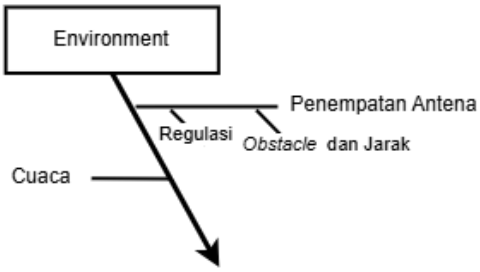
Dari sisi material seperti yang tersaji pada **Gambar 6**, menunjukkan bahwa kualitas dan spesifikasi komponen sangat berperan dalam menentukan performa sistem komunikasi VHF-ER. Berdasarkan hasil observasi di AirNav Cabang Surabaya, diketahui bahwa meskipun sebagian besar peralatan telah memenuhi standar mutu dari pabrikan dan Direktorat Navigasi Penerbangan, tetap ditemukan gangguan sinyal yang disebabkan oleh penggunaan material dengan spesifikasi yang tidak sesuai. Salah satu contohnya adalah

penggunaan antena sektoral Skymasts S.IH-127-4, yang memiliki cakupan pancaran terbatas dan mengakibatkan terjadinya blank spot pada sektor tertentu. Setelah dilakukan penggantian ke antena *omnidirectional* Amphenol 7530100, cakupan sinyal meningkat secara signifikan. Selain itu, pemilihan kabel dan konektor tanpa memperhatikan impedansi, ketahanan terhadap interferensi eksternal, dan sertifikasi mutu yang memadai juga menjadi potensi penyebab penurunan kualitas sinyal. Beberapa kasus bahkan menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara kebutuhan teknis dengan stok material cadangan yang tersedia. Oleh karena itu, manajemen pengadaan dan logistik material perlu disesuaikan dengan spesifikasi teknis yang tepat dan merujuk pada standar internasional seperti ICAO Doc 8071 untuk menjamin keandalan sistem komunikasi penerbangan.

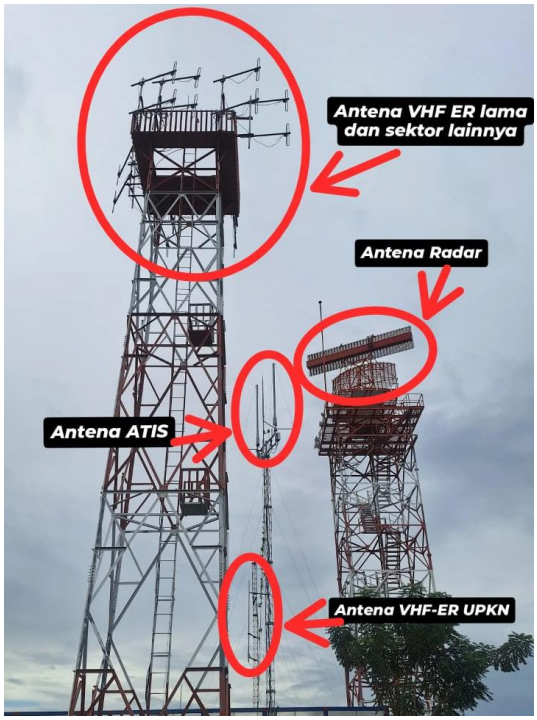


Gambar 6 Aspek *materials* pada *fishbone* diagram

Faktor lingkungan (*environment*) juga memberikan kontribusi signifikan terhadap gangguan sinyal yang dapat dilihat pada **Gambar 7** dan khususnya terkait dengan lokasi penempatan antena yang kurang ideal seperti yang tersaji pada **Gambar 8**. Di AirNav Cabang Surabaya, gangguan sinyal yang terjadi antara tahun 2021 hingga 2024 terbukti sebagian besar disebabkan oleh penempatan antena sektoral yang kurang tepat. Antena tersebut tidak hanya mengarah ke area yang tertutupi *obstacle* berupa menara radar, tetapi juga dipasang berdekatan dengan antena VHF-ER lainnya dalam satu tiang yang sama, sehingga menimbulkan risiko interferensi internal. Selain itu, kondisi cuaca ekstrem seperti hujan lebat, kelembaban tinggi, dan suhu lingkungan yang fluktuatif turut menyebabkan penurunan stabilitas propagasi sinyal. Meskipun sebagian besar aturan teknis mengenai penempatan antena telah dipenuhi, evaluasi berdasarkan SKEP 113/VI/2002[17] menunjukkan adanya pelanggaran terhadap ketentuan jarak aman terhadap obstacle dan struktur sejenis seperti yang tersaji pada **Tabel IV**. Ketidaksesuaian ini dapat menimbulkan redaman, pantulan multipath, dan gangguan elektromagnetik yang memengaruhi efektivitas pancaran sinyal. Sebagai bentuk penanganan, antena sektoral akhirnya diganti dengan antena omnidirectional Amphenol Type 7530100 yang memiliki cakupan 360 derajat dan dipasang pada lokasi yang lebih terbuka. Namun, karena letaknya tetap berdekatan dengan infrastruktur radar, diperlukan pengawasan berkelanjutan serta perlindungan perangkat terhadap kondisi lingkungan untuk menjaga kestabilan kinerja antena VHF-ER.



Gambar 7 Aspek *environment* pada *fishbone* diagram



Gambar 8 Posisi antena VHF-ER

Berdasarkan hasil analisis menggunakan fishbone diagram, dapat disimpulkan bahwa gangguan sinyal VHF-ER 134.1 MHz di AirNav Cabang Surabaya tidak hanya dipicu oleh aspek teknis semata, tetapi merupakan hasil dari kombinasi berbagai faktor yang saling berkaitan. Diketahui bahwa unsur manusia (*man*), peralatan (*machine*), metode kerja (*method*), material (bahan), dan lingkungan (*environment*) memiliki

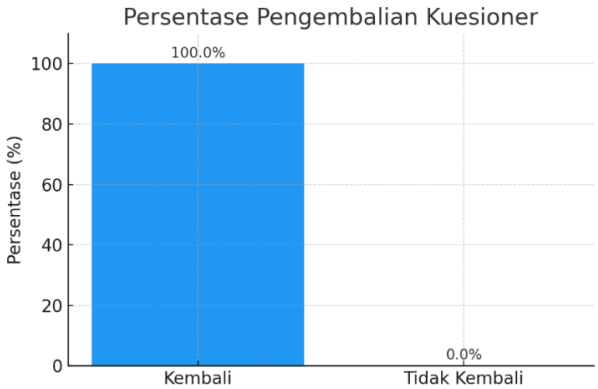
kontribusi terhadap permasalahan yang terjadi. Untuk memperkuat analisis dan memperoleh verifikasi lapangan, penelitian ini selanjutnya akan mengkaji tanggapan teknisi melalui penyebaran kuesioner sebagai data primer tambahan.

Tabel IV. Kesesuaian penempatan antena dengan regulasi

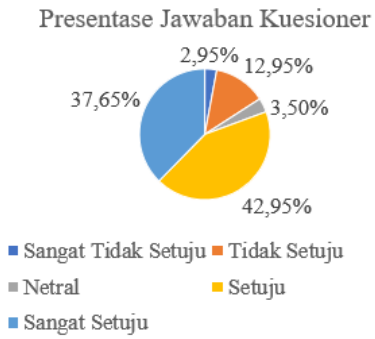
Aturan	Kondisi
Luas lahan yang dibutuhkan untuk dapat menampung *shelter,* peralatan VHF-ER, antena VHF-ER, dan fasilitas penunjang lainnya yang terkait, minimal 25m x 25m.	Sesuai
Untuk penempatan peralatan VHF-ER perataan tidak ditentukan secara khusus.	Sesuai
Tidak diperkenankan terdapat saluran udara tegangan tinggi sampai dengan jarak 1000m dari titik pusat antena VHF-ER.	Sesuai
Ketinggian bangunan di sekitar antena VHF-ER tidak boleh menjadi *obstacle* bagi pancaran gelombang VHF-ER.	Terdapat bangunan tower radar yang berada disekitar antenna dengan jarak kurang dari 500m dari menara antenna
Penempatan antena VHF-ER tidak berdekatan/menjadi satu dengan antena VHF-AG lain.	Terdapat antena VHF-ER lain dalam satu tiang antenna, yaitu VHF-ER USBY dan UBLI.

C. Identifikasi Kesesuaian Analisis Melalui Wawancara Dengan Media Kuesioner

Sebagai pelengkap dari hasil studi literatur dan analisis *fishbone* diagram, pengumpulan data primer melalui kuesioner dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata kondisi di lapangan. Kuesioner disebarkan kepada sepuluh orang teknisi CNSD di AirNav Indonesia Cabang Surabaya yang memiliki *rating communication*. Seluruh responden mengembalikan kuesioner dengan lengkap, sehingga tingkat partisipasi mencapai 100% seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 9**. Pertanyaan dalam kuesioner disusun berdasarkan lima kategori utama pada fishbone diagram untuk mengukur persepsi dan pengalaman teknisi terhadap potensi penyebab gangguan sinyal. Dari pertanyaan tersebut didapatkan persentase jawaban yang tersaji pada **Gambar 10.**



Gambar 9 Presentase pengembalian kuesioner



Gambar 10 Persentase jawaban kuesioner

Pada aspek manusia (*man*), sebagian besar responden menyatakan bahwa mereka telah mengikuti pelatihan teknis. Namun, pelatihan tersebut sebagian besar berupa sertifikasi ulang (*re-rating*), bukan pelatihan teknis mendalam yang dilakukan secara periodik. Hal ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa penguatan kapasitas sumber daya manusia masih perlu ditingkatkan. Responden juga menilai bahwa jumlah teknisi saat ini belum mencukupi untuk mendukung pengelolaan peralatan secara optimal, terutama dalam sistem kerja bergilir (*shift*).

Dari aspek peralatan (*machine*) dan material, para teknisi menilai kondisi perangkat VHF-ER secara umum masih dalam kategori baik, dan pemeriksaan berkala rutin dilakukan setiap bulan. Namun, mereka juga menyampaikan bahwa beberapa komponen seperti antena dan konektor perlu dievaluasi ulang mengingat spesifikasi teknisnya tidak selalu sesuai dengan kebutuhan medan dan cakupan layanan. Sebagian responden

juga mengonfirmasi bahwa antena sektoral yang digunakan sebelumnya memiliki keterbatasan dalam menjangkau area secara menyeluruh, yang mengarah pada kemunculan *blank spot*.

Sementara itu, pada aspek metode kerja (*method*), para responden sepakat bahwa SOP pemeliharaan dan pelaporan gangguan telah tersedia dan mudah diakses. Meskipun demikian, efektivitas implementasi SOP tersebut masih perlu ditingkatkan, khususnya dalam hal pelaporan yang cepat dan respon *troubleshooting* yang efisien. Penempatan antena yang terlalu dekat dengan *obstacle* atau antena lain juga disorot sebagai faktor dari aspek lingkungan (*environment*) yang memperparah gangguan sinyal. Secara keseluruhan, hasil kuesioner memperkuat dan memvalidasi temuan dari studi literatur dan *fishbone* diagram, sehingga memberikan dasar yang kuat dalam merumuskan rekomendasi teknis yang komprehensif dan berbasis bukti lapangan.

D. Identifikasi Kesesuaian Hasil Analisis Melalui Studi Literatur, *Fishbone* Diagaram, dan Kuesioner

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan melalui analisis *fishbone* diagram, studi literatur, observasi teknis, serta data kuesioner kepada teknisi CNS di AirNav Cabang Surabaya, dapat disimpulkan bahwa gangguan sinyal pada sistem VHF-ER frekuensi 134.1 MHz di sektor UPKN disebabkan oleh kombinasi berbagai faktor baik secara teknis maupun nonteknis. Dari sisi teknis, penggunaan antena sektoral terbukti menjadi penyebab utama munculnya *blank spot*, karena pola radiasi antena yang terbatas hanya mencakup arah tertentu. Temuan ini selaras dengan hasil studi literatur yang menekankan pentingnya pemilihan antena sesuai kebutuhan cakupan wilayah pelayanan. Penggantian antena sektoral dengan antena *omnidirectional* terbukti mampu mengatasi masalah tersebut, sehingga kualitas komunikasi antara pilot dan ATC dapat kembali terjaga.

Selain itu, aspek manusia juga menjadi faktor penting. Dari hasil kuesioner, teknisi mengonfirmasi bahwa meskipun mereka aktif terlibat dalam *troubleshooting*, frekuensi pelatihan yang rendah serta keterbatasan jumlah personel masih menjadi kendala serius. Hal ini sejalan dengan identifikasi pada *fishbone* diagram yang menunjukkan bahwa keterbatasan SDM dapat memperlambat respon terhadap gangguan, terutama pada kondisi operasional 24 jam. Dengan demikian, peningkatan kapasitas teknisi melalui pelatihan berkala dan pemenuhan kebutuhan tenaga kerja sesuai standar menjadi rekomendasi yang mendesak.

Dari perspektif metode dan material, meskipun SOP telah tersedia dan komponen yang digunakan memenuhi standar teknis, implementasi di lapangan belum sepenuhnya disiplin. Observasi menunjukkan masih adanya keterlambatan dalam pelaporan gangguan serta ketidaksesuaian spesifikasi antena dengan kebutuhan lapangan. Sementara itu, aspek lingkungan juga turut memengaruhi performa komunikasi, terutama penempatan antena yang berdekatan dengan obstacle seperti tower radar. Faktor ini memperburuk kondisi *blank spot* hingga akhirnya memicu penggantian antena.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini memperkuat pemahaman bahwa gangguan sinyal VHF-ER tidak dapat disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan hasil interaksi dari berbagai aspek. Upaya mitigasi yang dilakukan, yaitu penggantian antena sektoral ke *omnidirectional*, telah terbukti efektif sebagai solusi teknis. Namun, peningkatan kualitas SDM, disiplin implementasi SOP, serta evaluasi berkala terhadap kondisi lingkungan tetap dibutuhkan agar sistem komunikasi dapat beroperasi secara andal dan berkesinambungan.

Dari hasil diatas maka penelitian ini memberikan saran perbaikan, yaitu penguatan kompetensi dan jumlah SDM dengan menetapkan program pelatihan teknisi yang bersifat periodik, minimal setiap dua tahun, agar kompetensi personel tetap selaras dengan perkembangan teknologi dan regulasi. Selain itu, perlu dilakukan penambahan jumlah teknisi agar sesuai dengan kebutuhan berdasarkan beban kerja dan sistem shift, yaitu sebanyak 44 orang, agar layanan pemeliharaan dan operasional dapat berjalan optimal tanpa beban kerja berlebih. Melakukan evaluasi dan penataan ulang penempatan antena agar sepenuhnya memenuhi ketentuan teknis dalam SKEP 113/VI/2002 dengan mempertimbangkan jarak terhadap *obstacle* dan antena lain agar pancaran sinyal tidak terganggu serta tidak menimbulkan interferensi. Meningkatkan pengawasan implementasi SOP dengan memperkuat mekanisme pelaporan gangguan agar deteksi masalah dapat dilakukan lebih cepat dan efisien. Direkomendasikan penerapan standar evaluasi berkala agar penggunaan komponen yang sesuai dengan kondisi geografis dan kebutuhan operasional akan meningkatkan kualitas sinyal dan menghindari gangguan di masa mendatang.

E. Keterbatasan dan Rencana Lanjutan

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada ketersediaan data kuantitatif yang terdokumentasi secara sistematis. Data pembanding sebelum dan sesudah penggantian antena tidak sepenuhnya tersedia, sehingga analisis lebih difokuskan pada pendekatan kualitatif melalui studi literatur, fishbone diagram, dan kuesioner. Keterbatasan ini membuat hasil penelitian lebih bersifat deskriptif daripada komparatif. Selain itu, validitas dan reliabilitas kuesioner belum diuji secara statistik, karena keterbatasan waktu dan sumber daya. Oleh karena itu, hasil kuesioner hanya digunakan sebagai pelengkap analisis yang bersifat eksploratif.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan studi lapangan dengan pendekatan kuantitatif selama periode tertentu, misalnya enam bulan, untuk memperoleh data numerik yang lebih komprehensif. Penelitian lanjutan juga dapat menggunakan simulasi antena berbasis perangkat lunak untuk mengevaluasi pola radiasi dan optimasi penempatan antena sesuai kondisi geografis sekitar. Selain itu, integrasi sistem *monitoring real-time* berbasis sensor dapat dipertimbangkan sebagai langkah inovatif dalam memantau performa VHF-ER secara berkelanjutan. Dengan adanya *roadmap* penelitian yang lebih terstruktur, diharapkan temuan yang diperoleh tidak hanya memberikan solusi teknis sesaat, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan berkelanjutan dalam sistem komunikasi penerbangan di Indonesia.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis melalui studi literatur, *fishbone* diagram, observasi teknis, dan wawancara dengan media kuesioner terhadap teknisi CNS di AirNav Cabang Surabaya, ditemukan bahwa gangguan sinyal pada sistem VHF-ER frekuensi 134,1 MHz disebabkan oleh lima faktor utama, yaitu manusia, peralatan, metode, material, dan lingkungan. Keterbatasan teknisi, pelatihan yang tidak rutin, pemilihan antena yang tidak sesuai, implementasi SOP yang belum optimal, serta penempatan antena yang tidak memenuhi standar teknis menjadi penyebab utama gangguan komunikasi berupa *blank spot*. Kombinasi faktor-faktor tersebut terbukti menurunkan keandalan sistem komunikasi, khususnya pada sektor *Upper* Pangkalan Bun. Penggantian antena sektoral dengan antena *omnidirectional*, penyesuaian posisi antena, dan evaluasi sistem kerja terbukti efektif dalam memitigasi gangguan yang terjadi.

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut melalui pendekatan kuantitatif agar diperoleh hasil yang lebih terukur dan komprehensif. Penambahan data teknik lapangan seperti pengukuran RF signal dan uji validitas serta reliabilitas kuesioner akan memperkuat temuan. Selain itu, studi lanjutan disarankan untuk mengkaji dampak gangguan terhadap aspek operasional lalu lintas udara agar solusi teknis yang diusulkan memiliki dasar penerapan yang lebih luas dan aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. A. N. Azizah, “Analisis Pengaruh Fasilitas Pada Terminal 1 Terhadap Kepuasan Penumpang Di Bandar Udara Juanda Surabaya,” *Jurnal Ground Handling Dirgantara*, vol. 4, no. 2, pp. 289–295, Dec. 2022, doi: https://doi.org/10.56521/jgh.v4i02.427.

[2]. M. Diah Puspitasari and E. Ratna Kustanti, “Hubungan Antara Persepsi Beban Kerja Dengan Stress Kerja Pada Air Traffic Controller Di Perum LPPNPI Airnav Indonesia Cabang Madya Surabaya,” *Jurnal EMPATI*, vol. 7, no. 1, pp. 113–118, Jun. 2018, doi: https://doi.org/10.14710/empati.2018.20167.

[3]. E. D. Astriana, Masrul, and A. Jaya, “Analisis Komunikasi Pengatur Lalu Lintas Udara Dalam Menjaga Keselamatan dan Keamanan Penerbangan di Bandara Haluoleo,” *Jurnal Ilmu Komunikasi UHO : Jurnal Penelitian Kajian Ilmu Komunikasi dan Informasi.* , vol. 5, no. 4, pp. 296–306, 2020.

[4]. Hendiyanto and Isnawijayani, “Analisis Komunikasi Beban Kerja Air Traffic Controller (ATC) dalam Menjaga Keselamatan Lalu Lintas Penerbangan di Airnav Indonesia Cabang Palembang,” *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi*, vol. 5, no. 1, pp. 244–254, Jan. 2024, doi: 10.35870/jimik.v5i1.458.

[5]. A. H. Asri and L. Lidyawati, “Analisis Kinerja VHF-A/G Tower/ADC dengan VHF-A/G APP di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung,” *TELKA*, vol. 4, no. 1, pp. 76–85, 2018, doi: https://doi.org/10.15575/telka.v4n1.75-84.

[6]. J. Wahyudi, “Kajian Teknis Hasil Pemasangan VHF-ER Ground To Air (Studi Kasus : VHF A/G-Er Berau Sebagai Perpanjangan VHF A/G Tarakan),” *Jurnal Teknologi Penerbangan*, vol. 1, no. 1, pp. 20–25, 2017, doi: https://doi.org/10.46491/approach.v1i1.16.

[7]. M. I. T. Hidayatulloh. S and N. Praptiningsih, “Pengaruh Pancaran Radio Komunikasi Bali Radar Terhadap Pelayanan Lalu Lintas Penerbangan,” *Aviation Business and Operations Journal*, vol. 1, no. 02, pp. 42–46, Jan. 2024, doi: 10.54147/jobp.v1i02.800.

[8]. M. Farhan Muhaemi, N. Willfried Imannuel Nadapdap, and M. Wildan, “Terjadinya Gangguan Pada VHF-ER U-PKU (Upper Pekanbaru) Frekuensi 132,3 MHZ Merek Park Air T6T Di Perum LPPNPI Cabang Pembantu Padang,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5920.

[9]. M. Qadarfi, “Analisis Pengaruh Perubahan Kemiringan Sudut Pancar Antena Sektoral Terhadap Kualitas Layanan Jaringan Sistem Komunikasi Bergerak Seluler,” *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2014, Accessed: Sep. 10, 2025. [Online]. Available: https://www.neliti.com/publications/192204/analisis-pengaruh-perubahan-kemiringan-sudut-pancar-antena-sektoral-terhadap-kua#cite

[10]. A. Z. Lubis, “Pengaruh Posisi Antena Terhadap Sinyal Gelombang Antena Yagi Alumunium,” *Jurnal Dinamis*, vol. II, no. 1, 2014, doi: https://doi.org/10.32734/dinamis.v2i1.7122.

[11]. F. Eka Prastiya, “Pengaruh Obstacle Terhadap Jangkauan Pancaran VHF A/G Communication Di Bandar Udara Internasional Zainuddin Abdul Madjid Lombok,” *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan(SNITP)*, 2019, doi: https://doi.org/10.46491/snitp.v3i1.319.

[12]. D. Neuman, "Qualitative research in educational communications and technology: A brief introduction to principles and procedures," *J Comput High Educ*, vol. 26, no. 1, pp. 69–86, 2014, doi: 10.1007/s12528-014-9078-x.

[13]. S. Wibowo Putra, "Analisis Performance Peralatan Transmitter Very High Frequency Extended Range (VHF-ER) Merk PAE Series 2750 Di Bandar Udara Sepinggan Balikpapan," *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, 2019, doi: https://doi.org/10.46491/snitp.v3i1.339.

[14]. N. Shafira Gunawan and R. Citra Disa, "Analisis Tindakan Corrective Maintenance Pada Peralatan VHF A/G Merek PAE Di Airnav Repair Center Yogyakarta," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5660.

[15]. I. M. O. D. Okta Family, J. Wahyudi, and M. Azka, "Analisis Perbaikan Tidak Terpancarnya Suara Air Traffic Controller (ATC) Ke Pesawat Pada Peralatan Sistem Komunikasi Penerbangan VHF Merek PAE T6T," *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 161–167, Nov. 2024, doi: 10.33369/jamplifier.v14i2.34655.

[16]. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, "KP 35 Tahun 2019 Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 171-12 (Advisory Circular Part 171-12) Prosedur Pemeliharaan dan Pelaporan Fasilitas Telekomunikasi Penerbangan," 2019.

[17]. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, "SKEP/113/VI/2002 Kriteria Penempatan Fasilitas Elektronika dan Listrik Penerbangan," 2002.