ANALISIS RISIKO KEGAGALAN PENGIRIMAN DATA RADIO LINK PADA PERALATAN VHF RECEIVER DI PERUM LPPNPI CABANG JATSC MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS

Muhammad Nazhiif Kamal[1], Annisa Briana Firmansyah[2], Gilang Erlangga Gunara[3]

[1,2,3]*Politeknik Penerbangan Indonesia Curug*
E-mail : nazhifkamal@gmail.com

ABSTRAK

Sistem komunikasi penerbangan memiliki peranan penting dalam mendukung keselamatan dan kontinuitas operasional penerbangan. Pada Perum LPPNPI Cabang Jakarta Air Traffic Service Center (JATSC), Radio Link digunakan sebagai jalur cadangan (backup link) pada sistem komunikasi VHF Receiver. Penelitian ini bertujuan mengetahui kondisi jalur cadangan Radio Link, menganalisis pengaruh obstacle pada jalur Line-of-Sight (LOS), menganalisis pengaruh cuaca terhadap kestabilan transmisi, serta mengidentifikasi faktor dominan penyebab gangguan pengiriman data. Penelitian menggunakan Root Cause Analysis (RCA) dengan pendekatan deskriptif kualitatif dan Fishbone Diagram untuk mengelompokkan kemungkinan penyebab ke dalam faktor Man, Machine, Method, Measurement, dan Environment. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara teknisi, dokumentasi, logbook gangguan, serta pengukuran parameter Radio Link seperti RSSI, Link Status, dan Ping Test. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor Environment merupakan faktor yang paling relevan. Kondisi cuaca buruk yang disertai aktivitas petir memiliki keterkaitan paling kuat dengan kejadian link down, sedangkan vegetasi pada jalur LOS berpotensi menurunkan kualitas dan kestabilan sinyal. Faktor Man, Machine, Method, dan Measurement tidak menunjukkan bukti yang cukup kuat sebagai penyebab utama. Hasil penelitian memberikan dasar evaluasi untuk memperkuat pemeliharaan, proteksi petir, grounding, dan pengelolaan LOS pada Radio Link sebagai jalur komunikasi cadangan di Cabang JATSC.

Kata Kunci : *Radio Link; VHF Receiver; Root Cause Analysis; Fishbone Diagram; Line-Of-Sight; Link Down; JATSC.*

ABSTRACT

Aeronautical communication systems play an important role in supporting flight safety and operational continuity. At the Jakarta Air Traffic Service Center (JATSC) Branch Office of Perum LPPNPI, Radio Link is used as a backup link in the VHF Receiver communication system. This study aims to determine the condition of the Radio Link backup path, analyze the effect of obstacles along the Line-of-Sight (LOS) path, analyze the effect of weather conditions on transmission stability, and identify the dominant factors causing data transmission failures. The study employed Root Cause Analysis (RCA) using a descriptive qualitative approach and a Fishbone Diagram to classify possible causes into Man, Machine, Method, Measurement, and Environment factors. Data were collected through field observations, technician interviews, documentation, disturbance logs, and Radio Link parameter measurements, including RSSI, Link Status, and Ping Test. The analysis indicates that Environment is the most relevant factor. Adverse weather accompanied by lightning activity has the strongest association with link down events, while vegetation along the LOS path has the potential to reduce signal quality and connection stability. The Man, Machine, Method, and Measurement factors did not provide sufficient evidence to be identified as the primary causes. These findings provide an evaluation basis for strengthening maintenance activities, lightning protection, grounding, and LOS management of the Radio Link as a backup communication path at the JATSC Branch Office.

Keywords : *Radio Link; VHF Receiver; Root Cause Analysis; Fishbone Diagram; Line-Of-Sight; Link Down; JATSC.*

PENDAHULUAN

Fasilitas telekomunikasi penerbangan merupakan bagian penting dalam mendukung keselamatan, keteraturan, dan kelancaran operasional penerbangan. Layanan navigasi penerbangan dituntut memiliki tingkat reliability, availability, dan continuity yang tinggi agar komunikasi antara pilot dan Air Traffic Controller (ATC) dapat berlangsung tanpa gangguan. Pada sistem VHF Receiver, rentang frekuensi komunikasi penerbangan yang digunakan adalah 118–137 MHz dan berfungsi menerima komunikasi suara pilot oleh ATC.

Di Kantor Cabang JATSC, transmisi utama menggunakan jaringan serat optik (fiber optic), sedangkan Radio Link point-to-point digunakan sebagai jalur cadangan (backup link) yang menghubungkan Main Equipment Room (MER) dengan Gedung 720. Keberadaan jalur cadangan penting untuk menjaga kontinuitas layanan ketika jalur utama mengalami gangguan. Radio Link membawa sinyal suara analog yang dikonversi menjadi data berbasis Internet Protocol (IP) menggunakan teknologi Time Division Multiplexing over Ethernet (TDMoE).

Meskipun berfungsi sebagai jalur cadangan, sistem Radio Link pada objek penelitian masih mengalami gangguan berupa link down dan kegagalan pengiriman data. Gangguan dapat berkaitan dengan perangkat, sistem kelistrikan, media transmisi, maupun kondisi lingkungan. Pada triwulan keempat tahun 2025, terjadi gangguan operasional berupa hilangnya koneksi secara total pada jalur cadangan. Berdasarkan observasi dan wawancara teknisi, kejadian tersebut berkaitan dengan cuaca buruk yang disertai aktivitas petir.

Selain cuaca, terdapat potensi obstacle berupa vegetasi pada jalur LOS Radio Link Gedung 720. Pada sistem point-to-point, jalur LOS yang relatif bebas hambatan diperlukan agar propagasi gelombang berlangsung optimal. Vegetasi dapat menimbulkan attenuation, scattering, shadowing, dan perubahan karakteristik kanal. Pertumbuhan vegetasi juga dapat menyebabkan clearance yang semula memadai menjadi kurang optimal.

Penelitian terdahulu yang dicantumkan dalam Tugas Akhir membahas komunikasi VHF, kualitas sinyal, rain attenuation, redundansi, serta analisis penyebab gangguan. Namun, fokus khusus pada akar penyebab kegagalan pengiriman data Radio Link sebagai backup link VHF Receiver di Cabang JATSC masih diperlukan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan RCA dengan Fishbone Diagram untuk menelusuri penyebab gangguan secara terstruktur.

Rumusan Masalah

- Bagaimana tingkat pemenuhan standar pelayanan komunikasi pada backup link Radio Link di Cabang JATSC terhadap kriteria teknis PR 8 Tahun 2025?
- Sejauh mana obstacle pada jalur LOS Radio Link Gedung 720 mengganggu kualitas sinyal transmisi?
- Sejauh mana faktor cuaca mengganggu performa dan kestabilan sinyal transmisi Radio Link?
- Apa faktor dominan penyebab gangguan berdasarkan RCA dan bagaimana langkah mitigasinya?

Tujuan Penelitian

- Mengetahui kondisi dan pemenuhan standar jalur Radio Link sebagai backup link.
- Menganalisis pengaruh obstacle pada jalur LOS.
- Menganalisis pengaruh cuaca terhadap performa dan kestabilan transmisi.
- Mengidentifikasi akar penyebab gangguan menggunakan RCA dan memberikan rekomendasi perbaikan.

Landasan Teori

Telekomunikasi Penerbangan dan VHF

Telekomunikasi penerbangan mendukung komunikasi antara pilot, ATC, dan fasilitas navigasi udara. Sistem VHF beroperasi pada rentang 30–300 MHz; pada komunikasi penerbangan Air-to-Ground (A/G), frekuensi 118–137 MHz digunakan sebagai sarana komunikasi utama karena mendukung kualitas audio yang baik, delay rendah, dan komunikasi real-time [1], [2], [6].

Radio Link dan Line-of-Sight

Radio Link merupakan sistem komunikasi nirkabel point-to-point yang mengirimkan data melalui gelombang radio dan dapat digunakan sebagai jalur cadangan. Sistem menggunakan antena directional pada sisi transmitter dan receiver. Keberhasilan transmisi dipengaruhi oleh kekuatan sinyal, lingkungan, interferensi frekuensi, dan kualitas LOS [8]–[11].

LOS adalah kondisi ketika jalur propagasi antara antena pengirim dan penerima relatif bebas dari hambatan fisik. Obstacle seperti pepohonan dapat menyebabkan attenuation, scattering, multipath fading, shadowing, dan packet loss. Karena karakteristik setiap lokasi berbeda, besarnya pelemahan tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan literatur tanpa pengukuran lapangan.

Parameter Teknis

RSSI (Received Signal Strength Indicator) digunakan untuk menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima dan dinyatakan dalam dBm. Nilai yang lebih dekat ke 0 dBm menunjukkan penerimaan sinyal yang lebih kuat, sedangkan nilai yang terlalu rendah dapat mengindikasikan lemahnya penerimaan [13]–[15].

Ping Test digunakan untuk mengevaluasi konektivitas IP dengan mengirimkan paket ICMP. Parameter yang diamati meliputi latency, response time, dan packet loss. Pada penelitian ini, Ping Test digunakan untuk mengevaluasi kestabilan koneksi setelah penggantian perangkat [16], [17].

TDMoE dan Redundansi

TDMoE memungkinkan sinyal berbasis TDM dibawa melalui jaringan Ethernet/IP sehingga sistem voice dan data dapat diintegrasikan. Kinerja TDMoE tetap dipengaruhi oleh kualitas jaringan IP karena delay dan packet loss dapat menurunkan kualitas komunikasi. Redundansi menyediakan jalur atau sumber daya cadangan agar layanan tetap berjalan ketika komponen utama gagal [18], [19], [26].

Root Cause Analysis dan Fishbone Diagram

RCA digunakan untuk menelusuri penyebab utama suatu gangguan, sedangkan Fishbone Diagram atau Cause-and-Effect Diagram digunakan untuk mengelompokkan kemungkinan penyebab. Dalam penelitian ini digunakan lima kategori: Man, Machine, Method, Measurement, dan Environment. Environment mencakup kondisi cuaca, petir, serta obstacle fisik pada jalur LOS.

METODE

Jenis dan Pendekatan

Penelitian menggunakan Root Cause Analysis (RCA) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan kondisi sistem berdasarkan observasi, wawancara, dokumentasi, dan data gangguan, kemudian menelusuri penyebab gangguan hingga diperoleh faktor yang paling berkaitan.

Lokasi, Waktu, dan Objek

Penelitian dilaksanakan di fasilitas Perum LPPNPI (AirNav Indonesia) Cabang Jakarta Air Traffic Service Center (JATSC), khususnya sistem komunikasi Radio Link yang menghubungkan Main Equipment Room (MER) dan Gedung 720. Pengambilan data dilakukan pada Mei–Juli 2026. Objek penelitian meliputi aspek keselamatan dan keandalan teknis backup link VHF Receiver, potensi gangguan akibat petir, kondisi interkoneksi MER–Gedung 720, serta parameter RSSI, Link Status, dan Ping Test.

Tabel 1. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Sumber/Teknik	Data yang Dikumpulkan	Kegunaan
Observasi	Kondisi perangkat, LOS, obstacle, konektivitas	Menggambarkan kondisi aktual
Wawancara	Informasi teknisi CNS tentang gangguan dan penanganan	Menentukan keterkaitan faktor penyebab
Dokumentasi	Foto, konfigurasi, SOP, hasil pengukuran	Memperkuat bukti penelitian
Logbook gangguan	Kronologi gangguan Radio Link	Membandingkan waktu kejadian dan kondisi lingkungan
Pengukuran	RSSI, Link Status, Ping Test	Mengevaluasi kualitas interkoneksi
Studi literatur	Jurnal, buku, regulasi, manual	Landasan teoritis dan pembanding

Tahapan Analisis

- Analisis deskriptif kualitatif untuk menggambarkan kondisi sistem dan kronologi gangguan.
- Analisis parameter teknis melalui Link Status, RSSI, dan Ping Test.
- Penyusunan Fishbone Diagram untuk mengelompokkan kemungkinan penyebab.
- Eliminasi faktor berdasarkan hasil observasi dan wawancara.
- Penentuan faktor paling relevan berdasarkan keterkaitan dengan kronologi gangguan dan bukti lapangan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fasilitas dan Kronologi Gangguan

Infrastruktur komunikasi di Cabang JATSC menerapkan redundansi: fiber optic sebagai jalur utama dan Radio Link sebagai backup link antara MER dan Gedung 720. Gangguan yang menjadi fokus penelitian berupa hilangnya koneksi secara total (link down) pada jalur cadangan pada triwulan keempat 2025. Berdasarkan observasi dan wawancara dengan teknisi CNS, kejadian tersebut berkaitan dengan cuaca buruk dan aktivitas petir dengan intensitas tinggi.

Dari sisi operasional, kegagalan pengiriman data pada Radio Link dapat mengganggu kontinuitas komunikasi antara VHF Receiver dan sistem penerima di MER. Karena jalur tersebut merupakan backup link, keandalannya tetap penting untuk mempertahankan layanan ketika jalur utama tidak dapat digunakan.

Analisis Obstacle pada Jalur LOS

Observasi menunjukkan adanya vegetasi atau pepohonan di sekitar lintasan LOS Radio Link Gedung 720. Secara teoritis, vegetasi pada lintasan propagasi dapat menimbulkan attenuation, scattering, shadowing, dan perubahan kanal. Pengaruhnya dipengaruhi oleh frekuensi, jenis dan kerapatan vegetasi, panjang lintasan yang tertutup, posisi obstacle, serta sudut propagasi.

Pertumbuhan vegetasi menjadi faktor yang perlu diperhatikan karena clearance jalur LOS dapat berubah dari waktu ke waktu. Kondisi yang pada saat pemasangan masih memenuhi clearance dapat menjadi kurang optimal ketika tinggi dan kerapatan pepohonan bertambah. Indikasi teknis yang dapat digunakan untuk memantau pengaruh obstacle adalah perubahan RSSI, Link Status, dan hasil Ping Test.

Namun, penelitian tidak menetapkan vegetasi sebagai penyebab langsung link down. Besarnya attenuation akibat vegetasi tidak dapat ditentukan hanya dari literatur karena frekuensi Radio Link, jarak, tinggi antena, jenis vegetasi, dan kondisi lingkungan spesifik lokasi harus dipertimbangkan. Oleh karena itu, obstacle dikategorikan sebagai faktor lingkungan yang berpotensi menurunkan kualitas dan kestabilan Radio Link.

Analisis Pengaruh Cuaca

Faktor cuaca yang dianalisis meliputi hujan lebat, petir, dan kondisi atmosfer lainnya. Literatur yang dirujuk dalam Tugas Akhir menunjukkan bahwa hujan dapat memengaruhi propagasi melalui absorption dan scattering, terutama pada terrestrial microwave link dengan frekuensi tinggi. Akan tetapi, hasil penelitian pada link 15–38 GHz tidak dapat digunakan secara langsung untuk menyatakan besarnya rain attenuation pada sistem yang terkait VHF Receiver 118–137 MHz. Tingkat pengaruh pada sistem JATSC perlu ditentukan berdasarkan frekuensi Radio Link yang sebenarnya, jarak link, kondisi atmosfer, link budget, dan pengukuran lapangan.

Berbeda dari hujan yang terutama dikaitkan dengan propagasi, petir memiliki risiko terhadap perangkat dan infrastrukturnya. Sambaran langsung atau induksi tegangan lebih dapat menimbulkan surge pada instalasi, sehingga berpotensi menyebabkan malfunction, restart, kerusakan komponen, atau kehilangan koneksi. Dalam penelitian ini, kejadian gangguan berlangsung pada kondisi cuaca buruk yang disertai aktivitas petir dengan intensitas tinggi.

Keterkaitan Petir dengan Link Down

Kesesuaian waktu antara kejadian cuaca buruk disertai petir dan terjadinya link down menjadi bukti penting dalam penentuan faktor dominan. Berdasarkan wawancara teknisi, gangguan pada triwulan keempat 2025 dikaitkan dengan hujan lebat, petir, dan obstacle vegetasi. Prosedur penanganan dilakukan dengan memeriksa alarm multiplexer, melakukan ping test pada multiplexer dan Radio Link, kemudian melakukan pengecekan langsung ke lapangan apabila tidak ditemukan anomali pada tahap sebelumnya.

Dengan demikian, petir pada kondisi cuaca buruk merupakan faktor yang paling kuat berkaitan dengan kejadian gangguan yang ditemukan. Kesimpulan ini merupakan hasil keterkaitan antara kronologi gangguan, observasi, dan wawancara; penelitian tidak memberikan besaran probabilitas atau tingkat risiko numerik karena data kuantitatif historis yang diperlukan untuk perhitungan tersebut tidak disajikan secara lengkap dalam sumber.

Analisis RCA dan Fishbone Diagram

Masalah utama (effect) dalam Fishbone Diagram adalah “Gangguan/Kegagalan Pengiriman Data Radio Link pada VHF Receiver”. Lima kategori dianalisis untuk mencari kemungkinan penyebab, kemudian dilakukan eliminasi berdasarkan bukti hasil observasi dan wawancara.

Tabel 2. Hasil Analisis RCA dan Fishbone Diagram

Faktor	Temuan	Analisis	Status
Man	Tidak ditemukan kesalahan pengoperasian, kelalaian, atau tindakan personel yang berkaitan dengan gangguan.	Teknisi menjalankan tugas dan penanganan sesuai prosedur.	Tereliminasi
Machine	Perangkat telah beroperasi >10 tahun, tetapi wawancara tidak menemukan masalah perangkat yang terkait langsung dengan gangguan.	Usia operasi saja tidak cukup menjadi bukti akar penyebab.	Tereliminasi
Method	Tidak ditemukan penyimpangan prosedur operasi yang berkaitan dengan gangguan.	Prosedur operasi dinilai bukan penyebab kejadian.	Tereliminasi
Measurement	Tidak ditemukan masalah pada proses pengukuran/pemantauan yang dapat menyebabkan gangguan.	Pengukuran bukan faktor penyebab berdasarkan wawancara.	Tereliminasi
Environment	Ditemukan cuaca buruk, aktivitas petir, dan obstacle vegetasi pada jalur LOS.	Memiliki keterkaitan dengan kronologi dan kondisi lapangan.	Dianalisis lanjut

Hasil eliminasi menunjukkan bahwa Man, Machine, Method, dan Measurement tidak memiliki bukti yang cukup kuat sebagai penyebab utama. Faktor Environment menjadi kandidat yang tersisa dan kemudian diuraikan menjadi dua aspek, yaitu cuaca buruk/aktivitas petir dan obstacle vegetasi. Dari keduanya, aktivitas petir pada kondisi cuaca buruk merupakan faktor yang paling kuat berkaitan dengan link down, sedangkan vegetasi lebih tepat diposisikan sebagai faktor yang berpotensi memengaruhi kualitas dan kestabilan propagasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis mengenai kegagalan pengiriman data Radio Link pada VHF Receiver di Perum LPPNPI Cabang JATSC, dapat disimpulkan bahwa jalur Radio Link sebagai backup link masih mengalami gangguan berupa link down dan kegagalan pengiriman data. Kondisi tersebut dapat memengaruhi kontinuitas komunikasi antara VHF Receiver dan sistem penerima di MER sehingga keandalan jalur cadangan perlu tetap dipelihara.

Observasi pada jalur LOS Gedung 720 menemukan obstacle berupa vegetasi. Vegetasi berpotensi memengaruhi propagasi, kualitas sinyal, dan kestabilan koneksi. Indikasinya dapat dipantau melalui RSSI, Link Status, dan Ping Test. Namun, penelitian belum dapat menetapkan obstacle sebagai satu-satunya penyebab utama karena diperlukan data pengukuran yang lebih lengkap.

Faktor cuaca, terutama hujan lebat yang disertai aktivitas petir, memiliki hubungan dengan kejadian gangguan. Berdasarkan observasi dan wawancara, aktivitas petir pada kondisi cuaca buruk merupakan faktor yang paling kuat berkaitan dengan link down. Mekanisme gangguan petir lebih relevan terhadap risiko surge, induksi tegangan, dan gangguan perangkat/infrastruktur dibandingkan pengaruh hujan terhadap propagasi.

Analisis RCA dengan Fishbone Diagram mengelompokkan penyebab ke dalam Man, Machine, Method, Measurement, dan Environment. Faktor Man, Machine, Method, dan Measurement tidak menunjukkan bukti yang cukup kuat sebagai penyebab utama sehingga dieliminasi. Faktor Environment menjadi faktor paling relevan, dengan dua aspek utama berupa cuaca buruk/aktivitas petir dan obstacle vegetasi.

RCA dapat digunakan untuk menelusuri gangguan Radio Link secara lebih terarah. Hasilnya dapat menjadi dasar perbaikan dan pemeliharaan, terutama melalui pemeriksaan sistem proteksi petir dan grounding, pengelolaan vegetasi pada jalur LOS, serta pemantauan parameter teknis secara berkala.

Rekomendasi

- Melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan berkala terhadap sistem proteksi petir, grounding, dan perangkat pendukung Radio Link.
- Melakukan pemeriksaan LOS dan pengelolaan vegetasi untuk mempertahankan clearance jalur propagasi.
- Melaksanakan monitoring RSSI, Link Status, dan Ping Test secara konsisten.
- Penelitian berikutnya disarankan menggunakan periode pengamatan lebih panjang dan data pengukuran lebih lengkap, serta membandingkan performa Radio Link pada cuaca normal dan cuaca buruk.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Okta, F. I., Wahyudi, J., & Azka, M. (2024). Analisis Perbaikan Tidak Terpancarnya Suara Air Traffic Controller (ATC) ke Pesawat pada Peralatan Sistem Komunikasi Penerbangan VHF Merek PAE T6T. Jurnal Amplifier, 14(2), 161–167. https://doi.org/10.33369/jamplifier.v14i2.34655

[2] Iqbal Maulana, M. (2022). Analisis Efektivitas Penggunaan Peralatan VHF-A/G yang Dilengkapi dengan Cavity Filter di Perum LPPNPI KCP Cilacap. Universitas Wijayakusuma. https://doi.org/10.53810/jt.v23i2.462

[3] Ambarsari, N. A., & Oktaviyan, F. R. (2021). Meningkatkan Layanan Navigasi Udara dengan Menggunakan Performance Based Navigation (PBN). Jurnal Manajemen Dirgantara, 14(1), 121–130. https://doi.org/10.56521/manajemen-dirgantara.v14i1.251

[4] Dwipayana, I. M. O., Wahyudi, J., & Azka, M. (2024). Analisis Perbaikan Tidak Terpancarnya Suara Air Traffic Controller (ATC) ke Pesawat pada Peralatan Sistem Komunikasi Penerbangan VHF Merek PAE T6T. Jurnal Amplifier, 14(2).

[5] Risamasu, Y. (2023). Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Data dan Voice Terintegrasi pada Pelayanan Navigasi Penerbangan. Jurnal Teknologi Dirgantara, 5(2), 112–125.
[6] Ginting, R. B., Sulaiman, M. A., & Kristanto, A. (2025). Rancangan Changeover Otomatis Berbasis Waktu pada Transmitter VHF Air to Ground R&S SU4200. Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran, 8(2), 5563–5577. https://doi.org/10.31004/jrpp.v8i2.46797
[7] Jamal, H., & Matolak, D. W. (2020). Advanced physical-layer technologies in VHF data link communications. arXiv preprint arXiv:2005.11456. https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.11456
[8] Rizal, A., & Wajiansyah, A. (2026). Analisis Integrasi Sistem PLTS Off-Grid untuk Jaringan Radio Link di Area Pertambangan PT. Artha Tunggal Mandiri. Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 14(1). https://doi.org/10.23960/jitet.v14i1.8780
[9] Permana, A. A., Allu, N., Patoding, H. E., Rapa, C. I., & Lande, S. (2026). Perancangan Sistem Redundansi dan Failover Radio VHF Air to Ground Berbasis ESP32 dengan Notifikasi Telegram. Paulus Chem Engineering Journal, 6(1), 1–6. https://doi.org/10.63365/98mwq164
[10] Fattahuljannah, S., Zakaria, M. N., & Saptono, R. (2019). Analisa Pengaruh Intensitas Curah Hujan terhadap Nilai Redaman pada Sistem Komunikasi Gelombang Mikro. Jurnal Jartel, 9(2), 198.
[11] Hasyim, A. (2016). Perencanaan dan Analisis Kehandalan Sistem Komunikasi Radio Microwave Tampak Pandang pada Pita Frekuensi 12750–13250 MHz. Buletin Pos dan Telekomunikasi, 14(2), 147–160.
[12] Rahman, A. N., Wildan, M., & Cahyono, F. B. (2026). Analisis Pengaruh Daya Pancar terhadap Jangkauan Sinyal Pancaran VHF A/G Approach Control di Perum LPPNPI Cabang Semarang. Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 14(2). https://doi.org/10.23960/jitet.v14i2.7813
[13] Larumbia, L., Hasan, S. H., & Turuy, S. (2021). Optimalisasi Jaringan Nirkabel dengan Metode RSSI di AIKOM Ternate. J-Icon, 9(1), 108–115. https://doi.org/10.35508/jicon.v9i1.3591
[14] Mintoro, B. R. (2025). Perencanaan Jaringan NB-IoT Standalone pada Frekuensi 900 MHz: Kasus Kecamatan Genuk, Semarang. Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 13(3). https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6571
[15] Putra, I. R. D. K. (2026). Rancang Bangun Antena Microstrip Band Frekuensi VHF untuk Perangkat Pemeriksa Kinerja Alat Navigasi Udara. https://doi.org/10.23960/jitet.v14i1.8347
[16] Tamsir, T. A., Saputra, E., & Farizky, M. T. (2023). Analisis Paket ICMP Website Universitas Binadarma Menggunakan Wireshark. STORAGE, 2(2), 55–60. https://doi.org/10.55123/storage.v2i2.1956
[17] Pratamaa, R., Sujaini, H., & Irwansyah, M. A. (2020). Rancang Bangun Jaringan Eduroam di Universitas Tanjungpura. JUSTIN, 8(2), 199. https://doi.org/10.26418/justin.v8i2.37324
[18] Junaedi, I., Pramono, I. S. H., & MS, S. N. S. (2014). Analisis Perubahan Jumlah Kanal dan Variasi Noise terhadap Performansi Sistem Time Division Multiplexing (TDM) dengan Media Transmisi Plastic Optical Fiber (POF). Jurnal Mahasiswa TEUB, 2(5).
[19] Harianto, B. B., Prabowo, A. S., Rifai, M., & Warsito, T. (2020). Pengukuran Airband Frekuensi Menggunakan Software Defined Radio. Approach: Jurnal Teknologi Penerbangan, 4(2), 118–126. https://doi.org/10.46491/approach.v3i2.533

[20] Zubaedy, D. (2025). Analisis Kualitas Jaringan Internet pada Dinas KOMINFOTIK Kabupaten Sumbawa menggunakan Metode Quality of Service. Digital Transformation Technology, 5(2), 121–130. https://doi.org/10.47709/digitech.v5i2.6833
[21] Lestari, N. M. O. S., & Yudianto, K. (2025). Analisis Strategi Komunikasi Air Traffic Control (ATC) dalam Menjaga Kelancaran Lalu Lintas Penerbangan di AirNav Indonesia Cabang Yogyakarta. Journal of Citizen Research and Development, 2(2), 952–957.
[22] Supardam, D., Fitrianti, R., & Nur Yulia, S. (2020). The Impact of Lack of Information regarding Runway Conditions after the Rain to Flight Safety. Airman, 3(1), 30–34. https://doi.org/10.46509/ajtk.v3i1.154
[23] Sudaryanto, E., & Maulana, M. I. (2022). Analisis Efektivitas Penggunaan Peralatan VHF-A/G yang Dilengkapi dengan Cavity Filter di Perum LPPNPI KCP Cilacap. Teodolita, 23(2), 96–113. https://doi.org/10.53810/jt.v23i2.462
[24] Risamasu, E. (2023). Penggunaan dan Manajemen Kanal High Frequency (HF) pada Sistem Komunikasi Penerbangan di Bandara Soekarno Hatta. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 9(14), 290–296. https://doi.org/10.5281/zenodo.8173478
[25] Analisis Terjadinya Lost Connection pada Jaringan Monitoring Very High Frequency di AirNav Cabang Palembang. (2024). Jurnal Amplifier, 14(1), 95–101. https://doi.org/10.33369/jamplifier.v14i1.34395
[26] Permana, A. A., Allu, N., Patoding, H. E., Rapa, C. I., & Lande, S. (2026). Perancangan Sistem Redundansi dan Failover Radio VHF Air to Ground Berbasis ESP32 dengan Notifikasi Telegram. Paulus Chem Engineering Journal, 6(1), 1–6. https://doi.org/10.63365/98mwq164
[27] Pasa, Y. A., & Harviyanti, E. (2022). Analisa Faktor yang Berpengaruh terhadap Terjadinya CCO pada Proyek Pembangunan Laboratorium Fisika SMA 1 Sekatak. Jurnal Sains Benuanta. https://doi.org/10.61323/jsb.v1i2.52
[28] Muhaemi, M. F., Nadapdap, N. W., & Wildan, M. (2025). Terjadinya Gangguan pada VHF-ER U-PKU Frekuensi 132,3 MHz Merek Park Air T6T di Perum LPPNPI Cabang Pembantu Padang. Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 13(1). https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5920
[29] Mauliana, Y., & Kusuma, A. P. (2025). Manajemen Pengendalian Risiko pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Bandar Lampung dengan Metode IBPRP. Jurnal Komposit, 9(2), 381–392. https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.19067
[30] Alamsyah, R., Ningrat, N. K., & Hilman, M. (2024). Identifikasi Resiko Kecelakaan Kerja pada Home Industri Pembuatan Keripik Pisang dengan Metode HIRA. INTRIGA, 1(2), 87–93. https://doi.org/10.25157/intriga.v1i2.3891
[31] Lestari, S. D. (2024). Manajemen Risiko Global: Strategi Menghadapi Ketidakpastian Ekonomi dan Geopolitik di Tahun 2024. Jurnal Inovasi Global, 2(9), 1173–1185. https://doi.org/10.58344/jig.v2i9.170
[32] Mauliana, Y., & Kusuma, A. P. (2025). Manajemen Pengendalian Risiko pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Bandar Lampung dengan Metode IBPRP. Jurnal Komposit, 9(2), 381–392. https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.19067
[33] Latip, A., Irawan, B. A., Syafira, D. D., & Puspita, G. W. (2025). Upaya Pengurangan Produk Cacat dengan Metode DMAIC di PT. AYW. Jurnal Lentera BITEP, 3(1), 1–7. https://doi.org/10.59422/global.v3i01.664

[34] Khairansyah, M. D., Amrullah, H. N., & Qurratuláini, N. F. (2024). Penilaian Risiko Kegagalan Overhead Crane dengan Metode FMEA dan Fishbone Diagram. Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan, 5(2), 93–101. https://doi.org/10.25077/jk3l.5.2.93-101.2024
[35] Listyanto, R. E., Inatani, A. E., & Putra, P. L. (2025). Aplikasi Metode PDCA pada Perbaikan Kualitas Proses Grinding di PT XYZ. Prosiding Seminar Nasional Waluyo Jatmiko, 399–410. https://doi.org/10.33005/wj.v18i1.182
[36] Kartini, K. (2019). Analisis Metode Pembelajaran Bahasa Arab terhadap Input yang Heterogen pada Institut Agama Islam Negeri Palopo. Al Ibrah, 2(1), 25–45. https://doi.org/10.24256/JALE.V2I1.1207
[37] Kurniawan, R., Destiawati, F., & Vandini, I. (2022). Perancangan Aplikasi Pengolahan Data Proyek Perusahaan Kontraktor Gunasland Bekasi Berbasis Java NetBeans. Semnas Ristek, 6(1). https://doi.org/10.30998/semnasristek.v6i1.5811