

Perancangan Sistem Redundansi Dan Failover Radio Vhf Air To Ground Berbasis Esp32 Dengan Notifikasi Telegram

Design of a Redundancy and Failover System for VHF Air-to-Ground Radio Based on ESP32 with Telegram Notifications

Agus Aditya Permana, Nicolaus Allu , Hestikah Eirene Patoding* , Charnia Iradat Rapa, Sudianto Lande
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar

*Email : hestikah@ukipaulus.ac.id

<https://doi.org/10.63365/98mwq164>

Published : 2026-02-26

Abstrak

Komunikasi radio Very High Frequency (VHF) Air to Ground merupakan layanan kritis dalam operasional penerbangan yang menuntut tingkat keandalan dan ketersediaan sistem yang tinggi. Kegagalan pada radio utama dapat menyebabkan terputusnya komunikasi antara petugas darat dan pilot sehingga berpotensi mengganggu keselamatan penerbangan. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sistem redundansi dan failover radio VHF berbasis mikrokontroler ESP32 dengan notifikasi real-time melalui Telegram. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang meliputi perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, integrasi, dan pengujian fungsional. Deteksi gangguan dilakukan dengan memantau sinyal Push To Talk (PTT) dan squelch sebagai indikator status radio. Ketika kegagalan terdeteksi, ESP32 mengendalikan relay untuk mengalihkan jalur komunikasi ke radio cadangan serta mengirimkan notifikasi melalui jaringan WiFi. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi gangguan pada radio utama, melakukan perpindahan jalur komunikasi secara otomatis, serta mengirimkan notifikasi kondisi sistem secara real-time melalui Telegram. Sistem otomatis ini terbukti lebih cepat, konsisten, dan efisien dibandingkan metode manual konvensional.

Kata kunci : VHF Air to Ground, redundansi, failover, ESP32, Telegram.

Abstract

Very High Frequency (VHF) Air to Ground radio communication is a critical service in aviation operations, requiring high levels of system reliability and availability. Failure of the primary radio can result in communication disruption between ground personnel and pilots, potentially compromising flight safety. This study aims to design and implement an ESP32 microcontroller-based VHF radio redundancy system with real-time notification via Telegram. The methodology employed is Research and Development (R&D), encompassing hardware design, software development, integration, and functional testing. Fault detection is performed by monitoring Push To Talk (PTT) and squelch signals as indicators of radio status. When a failure is detected, the ESP32 controls relays to switch the communication path to the backup radio and sends notifications through WiFi network. Testing results demonstrate that the system successfully detects faults in the primary radio, automatically switches the communication path to the backup radio, and delivers real-time system status notifications via Telegram. The proposed automated system demonstrates a faster, more consistent, and more efficient failover process compared to conventional manual methods.

Keywords: VHF Air to Ground, redundancy, failover, ESP32, Telegram.

Pendahuluan

Komunikasi radio Very High Frequency (VHF) Air to Ground masih menjadi tulang punggung dalam berbagai operasi kritis di sektor penerbangan karena jangkauannya yang luas dan reliabilitasnya yang baik. Berdasarkan Annex 10 ICAO, frekuensi VHF A/G dialokasikan pada rentang 118 MHz hingga

136,975 MHz dengan channel spacing 25 kHz. Perangkat radio VHF rentan mengalami kegagalan akibat berbagai faktor seperti kerusakan hardware, gangguan daya, ataupun kegagalan media. Kegagalan pada unit radio dapat mengakibatkan terputusnya jalur komunikasi yang vital, berpotensi

menimbulkan dampak operasional dan keselamatan yang serius [1].

Sistem komunikasi kritis harus memiliki tingkat ketersediaan (availability) yang sangat tinggi dengan downtime mendekati nol. Strategi redundansi dan failover diterapkan untuk mencapai hal ini, di mana perangkat cadangan siap mengambil alih fungsi ketika perangkat utama gagal beroperasi [2]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem changeover pada radio VHF. Muhammm (2021) merancang sistem switching berbasis Arduino Uno yang masih menggunakan simulasi HT. Herdy dan Dian (2025) mengembangkan changeover berdasarkan penekanan PTT, sedangkan Rut, M. Arif, dan Adri (2025) merancang changeover otomatis berbasis waktu menggunakan ESP32 [3][4][5]. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum mempertimbangkan kondisi nyata perangkat radio secara adaptif.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem redundansi dan failover radio VHF Air to Ground berbasis ESP32 yang mampu mendeteksi kegagalan secara real-time melalui monitoring sinyal PTT dan squelch, melakukan perpindahan jalur komunikasi secara otomatis, serta mengirimkan notifikasi kondisi sistem kepada teknisi melalui bot Telegram. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan komunikasi pada lingkungan operasional kritis seperti penerbangan.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimental. Lokasi penelitian dilaksanakan di AirNav Indonesia Cabang Denpasar, Bandara Internasional Ngurah Rai, Bali. Tahapan penelitian meliputi:

1. Desain dan Pengembangan : Merancang sistem *hardware* dan *software* dari konsep hingga prototipe yang dapat diuji.
2. Iteratif: Proses pengembangan dilakukan secara bertahap dengan evaluasi dan perbaikan berkelanjutan berdasarkan hasil pengujian.
3. Eksperimental: Melakukan pengujian sistem dalam berbagai kondisi dan skenario untuk mengukur performa dan reliabilitas.

Perancangan Hardware

Dalam proses perancangan, alat dan bahan yang digunakan terdiri dari komponen sesuai tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

| Komponen | Jumlah |
|--------------------------|--------|
| ESP32 Devkit | 1 |
| Radio VHF A/G | 1 |
| Power supply 12V 5A | 1 |
| DC-DC buck converter | 1 |
| Relay modul 8 channel | 1 |

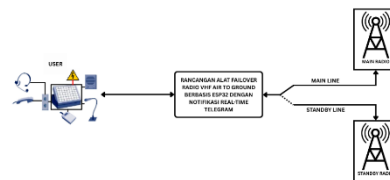
Perancangan Software

Pemrograman ESP32 menggunakan Arduino IDE dengan library Wifi dan Universal Telegram Bot. Logika deteksi kegagalan diimplementasikan pada GPIO 36 (monitoring PTT) dan GPIO 12 (monitoring squelch), sedangkan GPIO 16 digunakan sebagai kontrol relay 8 channel. Threshold ADC ditetapkan pada nilai 800 untuk mendeteksi aktivasi PTT. Jika counter error mencapai nilai 3, maka relay berpindah ke posisi normally open (NO) untuk menghubungkan jalur ke radio cadangan, dan sistem mengirimkan notifikasi peringatan melalui bot Telegram secara otomatis.

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Perancangan

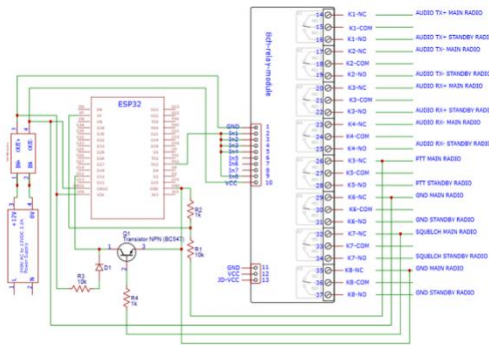
Sistem redundansi dan failover yang dirancang terdiri dari komponen utama: unit kendali ESP32 dan modul relay 8 channel sebagai aktuatur switching.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan

ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang memproses data sensor (monitoring PTT dan squelch), menjalankan algoritma failover,

mengendalikan relay, dan mengirimkan notifikasi Telegram melalui koneksi WiFi.



Gambar 2. Gambar Skematik Rancangan Formulasi papan partikel dengan memvariasikan rasio serbuk kayu sengon terhadap perekat berbasis tapioka, sementara jumlah asam sitrat konstan sebesar 20 g sebagai agen penghubung silang (*crosslinking agent*). Sampel kontrol, T80, rasio serbuk-pati yang sama dengan T8 tetapi tanpa penambahan asam sitrat.

Cara Kerja Rangkaian

Setelah booting (± 5 detik), ESP32 terhubung ke jaringan WiFi dan mengirimkan laporan awal melalui Telegram dengan format berisikan informasi IP, status perangkat dan status kondisi input sensor yang dimonitor yang menandakan bahwa alat telah siap digunakan dan dalam kondisi *running*.

Sistem menyediakan antarmuka pemantauan dan kendali jarak jauh melalui perintah Telegram, di mana perintah "/start" untuk menampilkan menu; "/state" untuk mengecek status radio VHF; "/relay_on" untuk memindahkan jalur ke radio utama; "/relay_off" untuk memindahkan ke radio cadangan.

Untuk pendeteksian kegagalan pada radio utama yang menjadi inputan pada ESP32 pada GPIO 12 dan GPIO 36, GPIO 12 sebagai monitor *squelch* pada *receiver* radio VHF Air to Ground dan GPIO 36 untuk memonitor PTT pada *transmitter* radio VHF. Dan yang menjadi kontrol relay 8 channel yakni GPIO 16. Pada kondisi normal yaitu disaat kondisi 2 inputan dimonitor normal, pada kondisi ini

maka inputan yang terbaca pada GPIO 16 sebagai kontrol relay pada rangkaian sistem yaitu logika 0 atau "low" yakni tetap pada kondisi normally close atau terkoneksi dengan radio utama. Artinya saat terjadi kegagalan pada radio utama, maka inputan yang terbaca pada kondisi ini yaitu logika 1 atau "high". Hal ini akan dieksekusi sebagai input ESP32 untuk mengaktifkan 8 channel relay ke posisi *normally open* atau terkoneksi dengan radio cadangan serta mengirimkan pesan *spam* peringatan kepada teknisi melalui bot Telegram yang telah didaftarkan sebelumnya pada sketch arduino IDE.



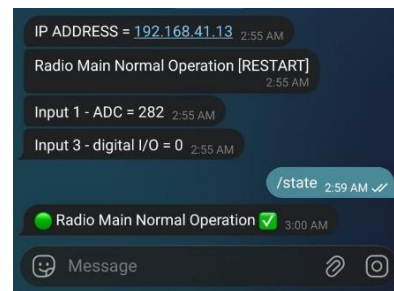
Gambar 3.Mockup Rancangan

Uji Coba Rancangan

Uji coba dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang telah dirancang sehingga dapat dilihat hasil performance dari rancangan alat tersebut. Adapun pelaksanaannya meliputi:

1. Uji Coba Pengecekan Status Radio VHF Air to Ground

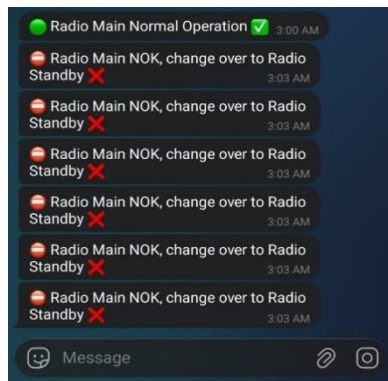
Pada uji coba ini alat rancangan dalam kondisi standby, dikirimkan pesan Telegram dengan format "/state".



Gambar 4. Laporan Status Radio VHF

2. Uji Coba Kondisi Saat Terjadi Kegagalan

Alat rancangan dalam kondisi standby, dan akan disimulasikan terjadi kegagalan pada radio utama VHF Air to Ground dengan cara mematikan baik radio receiver ataupun radio transmitter baik secara bergantian maupun bersamaan. Dilakukan juga simulasi kegagalan pada jalur radio utama VHF Air to Ground dengan cara melepas koneksi fisik RJ45 yang terhubung ke radio receiver ataupun radio transmitter baik secara bergantian maupun bersamaan.



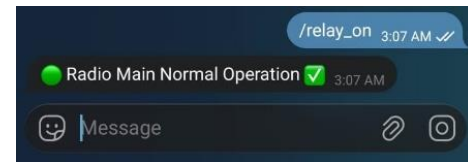
Gambar 5. Laporan Kegagalan Radio Main

Tampilan di atas merupakan pelaporan pesan Telegram berisikan informasi bahwa radio utama VHF Air to Ground sedang mengalami kegagalan dan telah dilakukan *failover* ke radio cadangan VHF Air to Ground.

3. Uji Coba Kondisi Setelah Radio Utama Telah Normal Kembali Setelah Mengalami Kegagalan

Pada uji coba ini akan disimulasikan kondisi saat radio utama yang mengalami kegagalan pada kondisi sebelumnya menjadi normal kembali setelah dilakukannya perbaikan, dengan cara menghidupkan kembali radio receiver ataupun radio transmitter baik secara bergantian maupun bersamaan ataupun menyambungkan kembali koneksi fisik RJ45 yang terhubung ke radio receiver ataupun radio transmitter baik secara bergantian maupun bersamaan pada skenario simulasi kegagalan jalur radio utama sebelumnya. Tahap akhir teknisi akan mengirimkan perintah

melalui pesan Telegram dengan format `"/relay_on"`.



Gambar 5. Laporan Radio Main Normal

Tampilan di atas merupakan pelaporan pesan Telegram berisikan informasi bahwa relay modul telah change state kembali pada kondisi normally close atau terkoneksi radio utama yang sebelumnya mengalami kegagalan dan sudah beroperasi normal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi redundansi dan *failover* sesuai dengan perancangan. Perpindahan jalur komunikasi dapat dilakukan secara otomatis ketika terjadi gangguan pada radio utama tanpa intervensi dari pengguna. Selain itu, sistem notifikasi berbasis Telegram berhasil memberikan informasi status alat secara *real-time*. Secara keseluruhan hasil Evaluasi ini dirangkum dalam tabel di bawah.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Sistem

| No. | Evaluasi Sistem | Keterangan |
|-----|--------------------------------|--|
| 1. | Deteksi kegagalan sistem utama | Sistem mampu mendeteksi gangguan pada radio VHF utama secara otomatis berdasarkan parameter yang ditentukan. |
| 2. | Mekanisme failover otomatis | Ketika radio utama mengalami gangguan, sistem secara otomatis mengalihkan komunikasi ke radio cadangan tanpa intervensi manual. |
| 3. | Notifikasi gangguan real-time | Sistem mengirimkan notifikasi otomatis ke Telegram saat terjadi kegagalan, perpindahan (<i>failover</i>), maupun saat sistem kembali normal. |
| 4. | Kontrol jarak jauh | Sistem mampu mengeksekusi perintah change state relay sesuai instruksi yang diterima melalui pesan Telegram dengan format yang telah ditentukan. |
| 5. | Monitoring jarak jauh | Pengguna dapat memonitor kondisi radio VHF dengan mengirim pesan sesuai format yang ditentukan melalui Telegram. |

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem redundansi dan *failover* pada radio komunikasi VHF Air to Ground berbasis ESP32 dengan notifikasi *real-time* melalui Telegram, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem *hardware* redundansi dan *failover* berbasis ESP32 berhasil dirancang dan direalisasikan, serta mampu memonitor kondisi radio VHF dan melakukan pengalihan jalur komunikasi antara radio utama dan cadangan secara otomatis.
2. *Firmware* ESP32 yang dikembangkan berhasil mengimplementasikan logika kontrol, deteksi kesalahan, dan algoritma *failover* sehingga proses perpindahan sistem berlangsung cepat, otomatis, dan tanpa intervensi pengguna, sehingga kontinuitas komunikasi tetap terjaga.
3. Integrasi sistem dengan bot Telegram berhasil memberikan notifikasi status, peringatan gangguan, dan perubahan kondisi sistem secara *real-time* kepada teknisi, sehingga meningkatkan efektivitas pemantauan dan mempercepat respons terhadap gangguan komunikasi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian karya ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pimpinan program studi, dosen-dosen, staff pegawai Program Studi Teknik Elektro UKI Paulus Makassar dan juga keluarga yang telah memberi dukungan.

Daftar Pustaka

- Ginting, R.B., Sulaiman, M.A. and Kristanto, A. (2025) 'Rancangan Changeover Otomatis Berbasis Waktu pada Transmitter VHF Air to Ground R&S SU4200', *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 8(2), pp. 5563-5577.
- Hikmatullail, M.I., Furqon, M., Niagara, R.G., Kurniawan, Kemal, R. and Tsania, T.D. (2025) 'Rancangan Automatic Switching User

Interface untuk Radio APP Primary Main dan Backup Frekuensi 120.4 MHz di Perum LPPNPI Cabang Balikpapan', *Jurnal TNI Angkatan Udara*, 4(3). ISSN: 2809-5464.

- Maulana, K.Y. (no date) *Apa Itu ESP32, Salah Satu Modul Wi-Fi Poppuler*. <https://www.anakteknik.co.id/krysnayudhamaulana/articles/apa-itu-esp32-salah-satu-modul-wi-fi-poppuler>
- Raihan Fadilah, "Apa itu aplikasi Telegram?," *ANTARA News*, 23-Jul-2024. <https://www.antaraneews.com/berita/4211433/apa-itu-i-aplikasi-teleigram>
- Sagustian, H. and Rusdiyanto, D. (2025) 'Perancangan Changeover Sistem Transmisi Air to Ground Petunjuk Radio Communication Berbasis Penekanan Perangkat Push to Talk', *Jurnal Teknologi Elektro*, 16(2), pp. 99-103. doi: 10.22441/jte.2025.v16i2.005.
- Regent Electronics (2025) *The basics of optocoupler relay*. <https://regentelectronics.com/relays-and-switches/the-basics-of-optocoupler-rei>
- Regent Electronics (2025) *The basics of optocoupler relay*.
- Schneider, J., & Smalley, I. (2025). Apa itu mikrokontroler? IBM Think. <https://www.ibm.com/id-id/think/topics/microcontroller>
- Tanurafifah, E. (2021) Mengenal Perangkat Lunak Arduino IDE. <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>
- Unknown. (2013, Mei 8). Pengertian VHF-A/G dalam dunia penerbangan. TNUMKS. <https://tnumks.blogspot.com/2013/05/teori-vhf-ag-dlam.html>
- Park Air Electronics. (1999). T6T Transmitter User Guide. Handbook Part Number: 31-36000TX, Issue 1. Peterborough: Park Air Electronics.
- Park Air Electronics. (1999). T6R Receiver User Guide. Handbook Part Number: 31-16000RX, Issue 1. Peterborough: Park Air Electronics.
- Joy-IT. (2018). NodeMCU ESP32 Manual. Published: 26.09.2018
- HandsOn Technology. (n.d.). 8 Channel 5V Optical Isolated Relay Module User Guide. SKU:

MDU1064. HandsOn Technology.
[https://www.handsontec.com/dataspecs/
module/8Ch-relay.pdf](https://www.handsontec.com/dataspecs/module/8Ch-relay.pdf)

Lou gh, B. (n.d.). UniversalTelegramBot - Arduino
Library. Arduino Libraries.
[https://docs.arduino.cc/libraries/universaltegr
ambot](https://docs.arduino.cc/libraries/universaltegr
ambot)

Pan, Dawei, Na Zhang, Senchi Li, Meihan Dong,
Zhiming Yu, and Bo Zhang. 2023. "Dual-
Crosslinking Network and Pre-Anchorage
Effect Enable High-Performance , Low-Cost ,
and Eco-Friendly Geopolymer Adhesive for the
Wood Industry." *Journal of Cleaner
Production* 414: 1–12.