

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Penelitian ini didasari oleh sejumlah konsep dan teori yang relevan untuk mendukung perancangan dan implementasi *voice repeater dan automatic packet reporting system* berbasis HT pada drone, khususnya dalam mendukung optimalisasi komunikasi pada militer. Berikut adalah landasan teori yang menjadi pijakan penelitian ini:

2.1.1 Telekomunikasi

Telekomunikasi berasal dari dua kata, yaitu "tele" yang berarti jauh dan "komunikasi" yang berarti pertukaran informasi. Secara sederhana, telekomunikasi mengacu pada proses pertukaran informasi jarak jauh. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi, telekomunikasi mencakup segala bentuk pemancaran, pengiriman, atau penerimaan informasi berupa tanda, isyarat, tulisan, gambar, suara, dan bunyi yang dilakukan melalui berbagai sistem seperti kabel, optik, radio, atau sistem elektromagnetik lainnya. Arah transmisi data dan informasi pada sebuah jaringan komunikasi data terdapat tiga jenis yaitu *simplex*, *halfduplex*, dan *full-duplex* (Mudzakir *et al.*, 2018).

Komunikasi *Simplex* adalah arah transmisi data dengan satu arah pengiriman (Mudzakir *et al.*, 2018). Data dikirimkan dari pengirim ke penerima tanpa adanya saluran komunikasi balik. Penerima tidak dapat mengirimkan data kembali, sehingga jika terjadi kesalahan dalam pengiriman data, penerima tidak dapat memberikan umpan balik. Komunikasi ini jarang digunakan dalam situasi yang membutuhkan interaksi dua arah. Contoh paling umum dari komunikasi simplex adalah siaran televisi dan radio, di mana informasi disampaikan tanpa adanya respons dari audiens.

Komunikasi *half-duplex* adalah arah transmisi data dengan dua arah pengiriman secara bergantian (Mudzakir *et al.*, 2018). memungkinkan dua

perangkat untuk saling berkomunikasi, namun hanya satu perangkat yang dapat mengirimkan data pada satu waktu, sementara perangkat lainnya berfungsi sebagai penerima. Komunikasi ini bersifat bergantian, artinya kedua perangkat tidak dapat mengirim dan menerima data secara bersamaan. Saluran komunikasi *half-duplex* umumnya lebih murah dibandingkan dengan *full-duplex*. Salah satu contoh penggunaan sistem komunikasi *half-duplex* adalah pada radio HT, serta beberapa sistem komunikasi lainnya yang menggunakan transmisi radio frekuensi.

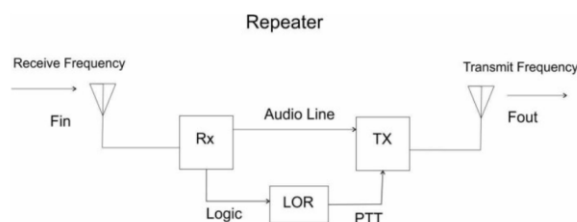
Pada *full-duplex* adalah arah transmisi data dengan dua arah pengiriman dengan waktu bersamaan (Mudzakir et al., 2018). karena menggunakan dua jalur yang berbeda untuk masing-masing fungsi tersebut. Tidak seperti sistem *half-duplex* yang hanya memungkinkan pengiriman atau penerimaan data bergantian, sistem *full-duplex* memungkinkan komunikasi simultan tanpa perlu mengubah mode dari pengirim ke penerima.

2.1.2 Voice Repeater

Voice repeater, atau yang dikenal sebagai Radio Pancar Ulang (RPU), merupakan alat vital dalam sistem komunikasi radio yang berfungsi untuk memperluas area jangkauan komunikasi antar perangkat *mobile*, seperti radio HT. *Repeater* bekerja dengan menerima sinyal dari perangkat penerima (*receiver*) dan memancarkannya kembali melalui perangkat pemancar (*transmitter*), sehingga mampu memperpanjang jangkauan komunikasi, terutama di wilayah dengan hambatan fisik seperti bukit atau pegunungan. Dengan menggunakan *repeater*, komunikasi dapat menjangkau radius 5-10 km, tergantung pada konfigurasi perangkat, jenis antena, dan ketinggian lokasi (Mahardika et al., 2015). Teknologi ini sangat berguna dalam aplikasi komunikasi darurat, operasional, bisnis, maupun radio amatir, karena mampu menyediakan transmisi yang cepat dan andal secara *real-time* atau *near-real-time* (Suharjanto & Rahayu, 2020).

Dalam sistem repeater, salah satu komponen penting yang digunakan adalah *Carrier Operated Relay* (COR) yang berfungsi sebagai kontrol otomatis antara perangkat penerima dan pemancar. COR mendeteksi keberadaan sinyal masuk melalui sinyal pembawa (*carrier*) dari *Intermediate Frequency* perangkat penerima, dan secara otomatis mengaktifkan pemancar untuk meneruskan sinyal tersebut. Mekanisme ini tidak hanya memastikan efisiensi transmisi sinyal tetapi juga membantu mengoptimalkan penggunaan daya pemancar, yang hanya aktif saat sinyal diterima (Mahardika et al., 2015). Dengan kehadiran COR, *voice repeater* dapat memberikan kinerja yang lebih baik, mendukung komunikasi yang lebih efisien, serta menjaga kualitas sinyal yang diteruskan.

Dalam aplikasi di lapangan, *repeater* juga membantu mengurangi potensi kehilangan sinyal (*signal loss*) yang sering terjadi pada komunikasi jarak jauh. Hal ini menjadi sangat penting dalam situasi darurat di mana kontinuitas komunikasi sangat krusial. Selain meningkatkan jangkauan, *repeater* menawarkan kecepatan transmisi mendekati *real-time*, memungkinkan komunikasi yang lebih efisien dan responsif di antara pengguna HT (Anggito et al., 2023).



Gambar 2.1 Diagram Blok Voice Repeater

Sumber: diolah oleh peneliti

Cross Band Repeater merupakan sistem repeater yang memanfaatkan dua band frekuensi berbeda untuk saluran input dan output. Biasanya, sistem ini menggunakan kombinasi band VHF dan UHF, di mana frekuensi input dari VHF dipancarkan ulang melalui UHF, atau sebaliknya.

Keunggulan utama *Cross Band Repeater* adalah kemampuannya untuk menghubungkan kelompok komunikasi di band VHF dan UHF, sehingga memperluas fleksibilitas penggunaannya. Namun, sistem ini memiliki kelemahan, yaitu hanya salah satu sisi yang dapat menerima atau memancarkan sinyal pada satu waktu. Meskipun demikian, *Cross Band Repeater* tetap memiliki kelebihan dibandingkan *repeater* biasa, seperti menghasilkan sinyal yang lebih bersih dari interferensi diri sendiri, serta mengelola frekuensi masuk dan keluar pada band yang berbeda. Misalnya, jika sistem menerima sinyal pada band VHF, maka sinyal tersebut akan dipancarkan ulang pada band UHF, dan sebaliknya, sinyal yang diterima di UHF akan dipancarkan ulang di VHF (Saleh *et al.*, 2019).

Same Band Repeater merupakan sistem perangkat yang memanfaatkan frekuensi dalam band yang sama untuk fungsi *input* dan *output*. Umumnya, sistem ini menggunakan band VHF atau band UHF untuk kedua keperluan tersebut. Keunggulan dari *repeater* jenis ini adalah kemampuannya untuk menggunakan antena yang sama baik untuk menerima maupun memancarkan sinyal. Dengan tambahan perangkat *duplexer*, *repeater* ini dapat beroperasi hanya dengan satu antena.

Biasanya, *repeater* jenis ini bersifat tetap dan tidak dirancang untuk dipindahkan, sehingga penggunaannya terbatas pada lokasi tertentu seperti *base station*. Namun, terdapat versi yang lebih fleksibel, yaitu *mobile repeater* (*mobile XBR*), yang dapat dipasang pada kendaraan. *Mobile repeater* ini dilengkapi dengan sumber daya mandiri dan antena yang terintegrasi di kendaraan, sehingga memungkinkan untuk bergerak cepat ke lokasi tertentu. Keunggulannya adalah kemampuan untuk mendukung komunikasi di lapangan dengan daya transmisi yang lebih besar dibandingkan HT (Saleh *et al.*, 2019).

2.1.3 Automatic Packet Reporting System

APRS merupakan singkatan dari *Automatic Position Reporting System* yang dikembangkan oleh Bob Bruninga. APRS digunakan untuk

melacak sensor cuaca dan memantau lokasi jatuhnya balon yang membawa sensor tersebut. Secara umum, APRS adalah sebuah protokol komunikasi paket yang digunakan untuk menyebarkan data secara langsung kepada semua orang dalam jaringan secara real-time. Selain untuk pelacakan dan pemantauan posisi, APRS juga digunakan untuk mengirimkan status, pesan, dan data telemetri tanpa memerlukan koneksi paket data (Rumadi *et al.*, 2019).

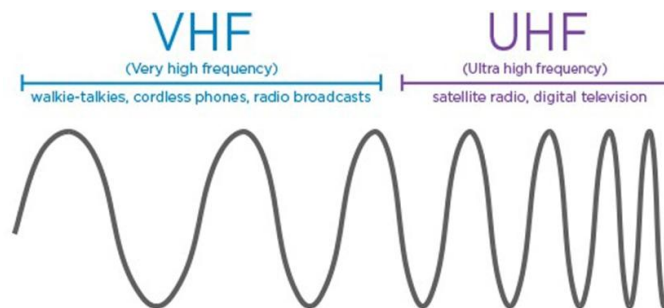
2.1.4 Spektrum Frekuensi Radio

Spektrum frekuensi radio adalah sekumpulan pita frekuensi radio yang merupakan sumber daya alam yang terbatas. Pita frekuensi radio adalah bagian dari spektrum tersebut yang memiliki lebar tertentu (Marcel Christian & Hartanto., 2023). Gelombang radio yang dipancarkan dari suatu objek pemancar yang bekerja pada *Very High Frequency* (VHF) hingga *Ultra High Frequency* (UHF) band (Marpaung *et al.*, 2020)

Frekuensi UHF adalah jenis gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi antara 300 MHz hingga 3.000 MHz. Panjang gelombang UHF berkisar dari 1 hingga 10 dm atau sekitar 10 cm hingga 1 meter, sehingga frekuensi ini sering disebut sebagai gelombang desimeter (Supriyanto *et al.*, 2018). Sementara itu, standar *Dual Tone Multiple Frequency* (DTMF) diterapkan pada perangkat telepon tetap maupun seluler. Sistem DTMF menggunakan teknik untuk mengirimkan angka-angka nomor telepon yang dikodekan dalam bentuk dua nada berbeda yang diambil dari delapan frekuensi tertentu (Susanto, 2019).

VHF (*Very High Frequency*), atau sering disebut frekuensi VHF, umumnya digunakan untuk komunikasi radio amatir, oleh penggemar radio antar penduduk, serta dalam siaran televisi dan pengendalian jarak jauh (*Radio Remote Control*). Gelombang radio pada frekuensi ini bergerak secara garis lurus (*horizontal*), sehingga transmisi dapat terganggu jika ada hambatan seperti gedung tinggi, gunung, atau pohon besar di depannya.

Band VHF sendiri mencakup rentang frekuensi antara 30 MHz hingga 300 MHz. (Noertjahjono *et al*, 2017).



Gambar 2.2 Spektrum Gelombang VHF & UHF

Sumber: blog.narmadi.com

2.1.4 Antena

Antena adalah perangkat yang dibangun untuk mengirimkan atau menerima gelombang elektromagnetik. Sebagai antena pemancar, antena berfungsi sebagai transduser elektromagnetik yang mengubah gelombang yang mengalir dalam saluran transmisi kabel diubah menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas. Sementara itu, sebagai antena penerima, antena bertugas mengubah gelombang yang bergerak di ruang bebas menjadi gelombang lain yang terkendali dalam saluran transmisi (Khairunisa *et al.*, 2021). Terdapat dua jenis antena berdasarkan jenis pola radiasinya yaitu, antena *directional* dan antena *omnidirectional* (Pradana *et al.*, 2023)

Antena *directional* adalah antena yang memiliki pola radiasi terfokus, sehingga pancaran sinyal radio hanya efektif dalam satu arah tertentu. (Pradana *et al.*, 2023). Sehingga, memungkinkan cakupan sinyal yang lebih kuat dan jangkauan yang lebih jauh. Antena ini ideal untuk situasi di mana komunikasi diarahkan ke titik spesifik atau di sepanjang jalur yang jelas, seperti dalam aplikasi *point-to-point* atau ketika jangkauan yang lebih luas diinginkan. Bentuk antena *directional* sering kali seperti "Yagi" atau "parabola," yang dapat memperbesar daya transmisi ke arah tertentu

sehingga meningkatkan kekuatan sinyal dan sensitivitas penerimaan di arah tersebut. Namun, kekurangan dari antenna *directional* adalah harus diarahkan dengan tepat ke target, sehingga tidak fleksibel untuk penggunaan di lingkungan yang membutuhkan pergerakan.

Antena *omnidirectional* dapat memancarkan gelombang ke segala arah dalam bidang horizontal (Pradana *et al.*, 2023). Antena ini ideal untuk penggunaan di mana komunikasi dilakukan dengan beberapa perangkat di berbagai posisi tanpa perlu mengarahkan antena. Misalnya, antena *omnidirectional* sangat umum digunakan di perangkat komunikasi mobile, seperti HT, dimana pengguna perlu terhubung dengan lawan bicara di segala arah. Bentuk antena ini sering berbentuk vertikal atau silinder, memberikan jangkauan 360 derajat di bidang horizontal, tetapi dengan daya jangkau yang lebih pendek dibandingkan antena *directional* karena energi sinyal dibagi ke semua arah.

2.1.5 *Handy Talkie* (HT)



Gambar 2.3 Komponen *Handy Talkie*

Sumber: retevis.com

Handy Talkie (HT) adalah perangkat komunikasi genggam yang memungkinkan komunikasi dua arah menggunakan frekuensi radio analog tanpa biaya pulsa. Untuk memastikan komunikasi yang lancar, setiap HT

dalam satu grup perlu disetel pada saluran frekuensi yang sama dan pemakaian saluran ini memerlukan izin pemerintah karena keterbatasan frekuensi yang tersedia. HT beroperasi dengan sistem *half-duplex*, artinya komunikasi terjadi secara bergantian dimana hanya satu pengguna yang dapat mengirimkan suara pada satu waktu sementara pengguna lain mendengarkan. HT ini umumnya efektif dalam radius 1-3 km, tergantung kondisi medan dan kekuatan sinyal, sehingga menjadikannya pilihan praktis dalam lingkungan yang membutuhkan komunikasi jarak pendek tanpa ketergantungan pada jaringan telepon.

Di dunia militer, HT memiliki nilai tambah karena frekuensi khusus yang digunakan bersifat terbatas dan hanya bisa diakses oleh instansi militer. Meski demikian, HT memiliki kekurangan pada aspek enkripsi sinyal, sehingga transmisi datanya tidak terenkripsi, yang dapat menjadi celah keamanan di luar konteks militer. Namun, perangkat ini tetap andal dalam situasi kritis seperti operasi penyelamatan atau medan tempur, dimana komunikasi yang cepat dan langsung sangat diperlukan. HT memungkinkan koordinasi yang efektif dan intensif antar anggota tim di lapangan, sehingga sering kali lebih unggul dibandingkan alat komunikasi lain dalam skenario darurat atau operasional (Hifni & Purnomo, 2022).

2.1.7 Drone



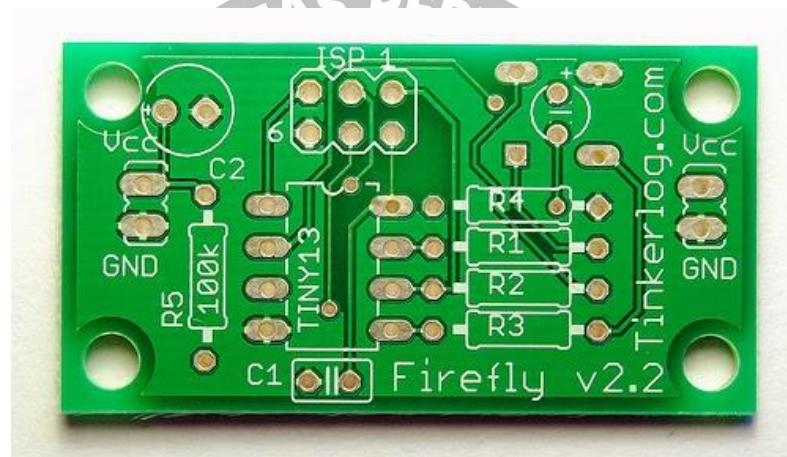
Gambar 2.4 Drone DJI Matrice 600

Sumber: dronestore.co.id

Drone, atau pesawat udara tanpa awak, adalah jenis pesawat yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Pengoperasiannya memerlukan seorang

operator yang menggunakan remote control untuk mengirimkan sinyal ke pesawat. Agar lebih mudah dikendalikan, drone dirancang dengan sistem otomatis. Selain itu, drone juga bisa bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan oleh sistem untuk melakukan berbagai manuver (Fauzan & Yulianti, 2022).

2.1.8 Print Circuit Board



Gambar 2.5 Print Circuit Board

Sumber: asun86.com

PCB adalah komponen inti pada bagian komponen elektronik. PCB yaitu *Printed Circuit Board* berfungsi sebagai papan untuk pembuatan jalur listril pada rangkaian elektronik yang menghubungkan komponen elektronika yang digunakan (Sukadana & Yudha, 2021). Pada penelitian ini PCB sebagai penghubung dari komponen *Carrier Operation Relay* dimana COR sangat penting dalam sistem *voice repeater*, karena tidak hanya meningkatkan efisiensi komunikasi, tetapi juga membantu mengoptimalkan penggunaan daya pemancar dengan cara hanya aktif saat diperlukan (Mahardika *et al.*, 2015).

2.1.9 Matlab

MATLAB, atau Matrix Laboratory, adalah perangkat lunak yang dirancang untuk pemrograman, analisis, dan komputasi teknis serta matematis yang berbasis matriks. MATLAB pertama kali diperkenalkan pada tahun 1970 oleh Cleve Moler. Pada awalnya, MATLAB digunakan untuk menyelesaikan masalah yang terkait dengan persamaan aljabar linear. Seiring berjalannya waktu, sistem dalam MATLAB terus berkembang, baik dalam hal fungsi maupun performa komputasinya (Febrianti & Harahap., 2021)

2.1.10 Link Budget

Perhitungan *Link Budget* adalah proses penghitungan yang melibatkan penguatan (*gain*) dan redaman (*loss*) dari sinyal yang ditransmisikan oleh pemancar (*transmitter*) hingga diterima oleh penerima (*receiver*). Perhitungan ini mempertimbangkan berbagai parameter untuk memastikan tercapainya SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) yang memadai. SNR sendiri merupakan rasio antara kekuatan sinyal (*signal strength*) terhadap tingkat derau (*noise level*) yang ada. Nilai SNR digunakan untuk mengukur kualitas jalur komunikasi. Semakin besar nilai SNR, semakin baik kualitas jalur tersebut. Hal ini menunjukkan jalur tersebut memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk mendukung lalu lintas data dan sinyal dengan kecepatan tinggi yang optimal pada sisi penerima (Nurdiah *et al.*, 2021).

2.1.10.1 *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan tingkat kekuatan sinyal yang dipancarkan oleh sebuah sistem komunikasi (Nurdiah *et al.*, 2021). Nilai EIRP dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$EIRP: P_{tx} + G_{tx} - L_{tx} \quad (2.1)$$

Dimana: P_{tx} : Daya pancar dari pemancar (dBm).
 G_{tx} : Penguatan antena pemancar (dBi).
 L_{tx} : Rugi-rugi kabel atau konektor pada pemancar (dB).

2.1.10.2 **Free Space Path Loss (FSPL)**

Free Space Path Loss (FSPL) adalah kehilangan sinyal yang terjadi saat gelombang radio merambat melalui media udara antara pemancar dan penerima. Ketika gelombang radio bergerak di ruang bebas, penyebaran energi di sepanjang lintasannya mengalami hambatan, yang menyebabkan penurunan atau kehilangan energi (Nurdiah *et al.*, 2021). Proses ini dikenal sebagai *Free Space Loss* dan dapat dihitung menggunakan persamaan yang sesuai untuk menentukan tingkat redaman yang terjadi selama propagasi sinyal sebagai berikut:

$$FSL: 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 32,44 \quad (2.2)$$

Dimana: FSL: *Free Space Path Loss*
 d : jarak antara tx dan rx (km)
 f : frekuensi operasi (MHz)

2.1.10.3 **Receive Signal Level (RSL)**

Receive Signal Level (RSL) adalah tingkat kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat penerima. Nilai RSL harus lebih besar dari nilai sensitivitas penerima, di mana sensitivitas perangkat penerima menggambarkan kemampuan perangkat untuk mendeteksi sinyal minimum sebagai ambang batas (*threshold*). RSL menjadi indikator penting dalam evaluasi kualitas penerimaan sinyal, memastikan bahwa perangkat dapat bekerja secara optimal. Perhitungan RSL dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai parameter, seperti daya pancar, redaman selama propagasi, dan gain antena penerima, untuk memastikan sinyal yang diterima cukup kuat untuk mendukung komunikasi yang andal (Nurdiah *et al.*, 2021). Nilai RSL dapat dihitung dengan demikian:

$$RSL: EIRP - FSL + Grx - Lrx \quad (2.3)$$

Dimana: RSL: *Receive Signal Level*
 FSL: *Free Space Path Loss*
 Grx: penguatan antena penerima (dB)
 Lrx: rugi-rugi saluran penerima (dB)

2.1.10.4 **Fading Margin**

Fading margin adalah cadangan daya minimum yang diperlukan pada sisi penerima untuk menjaga kualitas transmisi tetap stabil dan mencegah penurunan tajam yang dapat mengganggu komunikasi pada suatu link. Nilai fading margin ini dirancang sebagai toleransi terhadap perubahan kondisi propagasi, seperti efek fading multipath, interferensi, atau perubahan lingkungan. Semakin besar nilai fading margin yang disediakan, semakin tinggi tingkat keandalan (*reliability*) atau ketersediaan (*availability*) dari sistem komunikasi. Hal ini berarti bahwa fading margin yang optimal dapat memberikan perlindungan terhadap fluktuasi sinyal, sehingga memastikan komunikasi tetap berlangsung dengan kualitas yang baik meskipun menghadapi gangguan eksternal. Selain itu, desain fading margin yang memadai juga berperan penting dalam mendukung performa jaringan dalam kondisi cuaca buruk atau lingkungan dengan tingkat redaman tinggi, seperti area urban padat atau daerah pegunungan (Natali & Cahyani., 2018). Nilai *fading margin* dapat dihitung dengan demikian:

$$Fade Margin: Rx \text{ signal level} - Rx \text{ sensitivity} \quad (2.4)$$

Dimana: Fade Margin: cadangan kekuatan sinyal (dB)
 Rx Signal Level: kekuatan sinyal penerima (dBm)
 Rx Sensitivity: spesifikasi sensitivitas *handy talkie* (dBm)

2.1.11 Peak Signal to Noise Ratio

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) adalah perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut, dalam satuan desibel (dB). Semakin besar parameter PSNR semakin mirip dengan citra asli (Doo et al., 2019).

$$PSNR: 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (2.5)$$

Dimana: PSNR: *Peak Signal to Noise Ratio*
 255: Nilai Puncak Sinyal
 MSE: *Mean Square Error*

2.1.12 Mean Square Error

MSE merupakan tolak ukur analisis kuantitatif yang digunakan untuk menilai kualitas sebuah citra keluaran dan keunggulan sebuah metode yang digunakan. Dengan kata lain Mean Square Error (MSE) adalah kesalahan kuadrat rata-rata sinyal-sinyal piksel citra hasil pemrosesan sinyal terhadap sinyal asli (Doo et al., 2019).

$$MSE: \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} ((B_1(i, j) - B_2(i, j))^2 \quad (2.6)$$

Dimana: MSE: *Mean Square Error*
 m = jumlah baris piksel pada sinyal
 n = jumlah kolom piksel pada sinyal
 B_1 = Piksel sinyal asli
 B_2 = Piksel sinyal hasil pemrosesan

2.2 Hasil Penelitian Tedahulu

Penelitian yang relevan sesuai judul penelitian “Rancang Bangun *Voice Repeater* dan *Automatic Packet Reporting System* Berbasis *Handy Talkie* Pada Drone Guna Mendukung Optimalisasi Komunikasi Militer” adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Judul	Objek Penelitian	Parameter Pengukuran	Hasil dan Analisa
1	Komunikasi Jarak Jauh Radio VHF/UHF Menggunakan <i>Cross Band Repeater</i> (XBR) di KUBE PSP Desa Kemiri Kecamatan Jabung Malang (Saleh <i>et al.</i> , 2019).	Objek penelitian ini berfokus pada pengembangan dan implementasi Cross Band Repeater (XBR) untuk meningkatkan komunikasi jarak jauh pada band VHF/UHF.	a. Jangkauan sinyal b. Efisiensi daya c. Kualitas suara	Pengujian jarak 8 km dari titik radio Link, penerimaan sinyal masih berada di atas 1 μ Volt, dan kualitas audio tetap baik dengan noise di bawah 5% dari amplitudo maksimum. Sehingga, Pemasangan XBR efektif mengatasi gangguan komunikasi dan menghasilkan audio lebih bersih dibandingkan sistem tanpa repeater. Kekurangan: a. Pengujian hanya dilakukan hingga jarak 8 km, sementara potensi

				jangkauan sebenarnya dapat mencapai hingga 100 km. b. Pemasangan sistem membutuhkan isolasi yang sangat baik antara transmitter (Tx) dan receiver (Rx), serta pemisahan antena minimal 4 kali panjang gelombang, yang dapat menyulitkan dalam kondisi lapangan tertentu
2	<i>Cross-Band Repeater</i> HAM Radio berbasis SDR dan Raspberry Pi untuk Tanggap Darurat Bencana Alam (Isdwihardjo <i>et al.</i>, 2023)	Objek penelitian ini berfokus Cross-Band Repeater berbasis SDR (Software Defined Radio) dan Raspberry Pi	a. Jangkauan sinyal b. Kualitas sinyal c. Daya pancar	Sistem repeater mampu menjangkau hingga 8,8 km dengan daya pancar maksimal sebesar 10 watt dan Pada ketinggian 15 meter, kualitas suara tetap baik pada jarak maksimum, tetapi menurun jika daya terima sinyal berkurang. Kekurangan: a. Keterbatasan frekuensi sehingga tidak semua frekuensi dapat dihasilkan oleh

				Raspberry Pi dengan membatasi fleksibilitas dalam penggunaan sistem di berbagai kondisi. b. Penggunaan penguat dan perangkat lainnya membutuhkan sumber daya listrik yang stabil, yang mungkin tidak tersedia di semua lokasi, terutama saat lokasi penugasan
3	Perancangan dan Analisis Kualitas Jaringan Radio Pancar Ulang Berbasis RoIP Di Kampus ITN Malang (Dzaki <i>et al.</i>, 2023)	Objek penelitian ini berfokus Cross-Band Repeater berbasis SDR (Software Defined Radio) dan Raspberry Pi	a. <i>Quality of Service</i> b. <i>Bandwidth</i>	Pengujian menunjukkan bahwa sistem RoIP dapat bekerja secara otomatis dengan LED hijau sebagai indikator pengiriman data audio ke komputer dan LED merah untuk penerimaan data audio dari komputer. Kekurangan: a. istem RoIP bergantung pada jaringan LAN/WAN yang stabil. Jika terjadi gangguan pada jaringan, komunikasi dapat terganggu.

				b. Pengujian hanya dilakukan di dua lokasi kampus, yang mungkin tidak merepresentasikan performa sistem dalam berbagai kondisi lingkungan yang berbeda.
4	Pengaruh Filter untuk Meredam Gangguan Sinyal pada Repeater Radio Komunikasi Jalur VHF (Suharjanto & Rahayu., 2020).	Objek penelitian ini berfokus pada filter pasif pada repeater radio komunikasi jalur VHF (<i>Very High Frequency</i>) guna meredam gangguan sinyal dan meningkatkan kualitas komunikasi. Filter ini dirancang untuk menghilangkan frekuensi yang tidak diinginkan	a. Efisiensi daya b. Efisiensi sinyal	Penggunaan High Pass Filter menunjukkan hasil yang mendekati perhitungan dengan tingkat SWR (Standing Wave Ratio) yang rendah dan dB (decibel) yang tinggi pada frekuensi tertentu. Sehingga, Low Pass Filter juga memberikan hasil yang optimal dengan nilai SWR mendekati nol pada 151 MHz dengan loss 9,7 dB. Maka akan ditarik kesimpulan bahwa filter ini mampu meloloskan frekuensi kerja yang diinginkan, sementara frekuensi tidak diinginkan berhasil diredam dengan baik. Kekurangan:

		(gangguan) pada penerima dan pemancar		a. Penelitian ini hanya menguji filter pada frekuensi tertentu (VHF). Tidak ada pembahasan mengenai kinerja filter pada frekuensi lain atau dalam kondisi yang lebih bervariasi. b. Metode yang digunakan untuk pengujian filter mungkin terlalu sederhana dan tidak mencakup berbagai variabel yang dapat mempengaruhi hasil, seperti kondisi lingkungan atau interferensi dari sumber lain
5	Pembangunan <i>Repeater</i> Radio di Daerah Terpencil untuk Koordinasi Sistem Tenaga Listrik (Sudewanto & Kalatiku., 2023).	Objek penelitian ini berfokus pada sistem repeater radio di daerah terpencil guna mendukung koordinasi sistem tenaga listrik	a. Efisiensi sinyal b. Efisiensi daya	Pada lokasi optimal pada Gunung Mattirowalie, dengan rata-rata fade margin 25 dB, yang memastikan sinyal tetap kuat dan stabil.pada penelitian ini repeater menggunakan tower setinggi 40 meter yang dilengkapi dengan antena omnidirectional,

		yang lebih efisien di pembangkit listrik		duplexer, arrester, dan sistem catu daya mandiri berbasis panel surya (20 panel, masing-masing berkapasitas 40 Wp) sehingga mampu membuat komunikasi radio yang stabil dan hemat biaya. Kekurangan: Metode pemilihan lokasi yang mengandalkan simulasi perangkat lunak dapat menghasilkan data yang kurang akurat jika tidak mempertimbangkan variabel lingkungan yang kompleks.
6	Pemanfaatan APRS (<i>Automatic Position Reporting System</i>) Berbasis IoT (<i>Internet Of Things</i>) Sebagai Media Pengamatan Cuaca (Ismawan & Irsan., 2020).	Objek penelitian ini adalah penggunaan teknologi <i>Automatic Packet Reporting System</i> (APRS) yang berbasis <i>Internet of</i>	- Tekanan Atmosfer - Data APRS - Kelembaban Udara	Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi APRS berbasis IoT efektif untuk pengamatan cuaca, dengan kemampuan melaporkan kelembaban udara dan tekanan atmosfer secara real-time di wilayah Jabodetabek. Sistem ini menunjukkan

		Things (IoT) untuk pengamatan cuaca		reliabilitas tinggi dalam menyediakan informasi cuaca yang akurat, yang bermanfaat untuk prediksi dini. Penelitian ini juga menyoroti potensi APRS dalam meningkatkan komunikasi di situasi darurat, menjadikannya solusi inovatif untuk pengamatan cuaca. Kekurangan: Meskipun data diambil secara real-time, jumlah titik pengukuran dan frekuensi pengambilan data mungkin masih terbatas, yang dapat mempengaruhi akurasi analisis.
7	Analisis <i>Link Budget</i> Untuk Sistem Komunikasi Radio <i>Wireless Local Area Network</i> (Wlan) Menggunakan <i>Radio Mobile Simulator</i> (Nurdiah et	Objek penelitian ini berfokus untuk menganalisis dan merancang sistem komunikasi radio	- Efisiensi sinyal - Power radiasi	Penelitian ini menyimpulkan bahwa pembangunan jaringan WLAN di daerah tersebut layak dilakukan. Jaringan ini dapat memberikan kualitas komunikasi yang memadai dan memenuhi ketentuan link

	al., 2021)	Wireless Local Area Network (WLAN) menggunakan metode link budget berbasis Radio Mobile Simulator.		budget yang ditetapkan. Dengan demikian, sistem dapat berfungsi dengan baik di lingkungan yang diteliti. Kekurangan: - Penelitian hanya dilakukan di dua desa tertentu (Darul Aman dan Lhok Asan), sehingga hasilnya mungkin tidak dapat digeneralisasi untuk daerah lain dengan karakteristik geografis dan lingkungan yang berbeda. - Penelitian ini bergantung pada asumsi tertentu dalam perhitungan link budget, seperti parameter EIRP, rugi-rugi kabel, dan gain antena. Jika asumsi ini tidak akurat, hasil perhitungan bisa jadi tidak valid.
8	Pengaruh <i>Pathloss</i> dan Redaman <i>Power Link Budget</i>	Objek penelitian ini berfokus untuk	- Transmit Power - Efisiensi sinyal	Penelitian menunjukkan bahwa redaman sinyal pada jarak antara 300 hingga 200 km

	Terhadap Efek Doppler pada Antena DVOR (Mulia., 2022).	menganalisis pengaruh pathloss dan redaman pada power link budget terhadap efek Doppler pada antena Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR)	(<i>pathloss</i>)	adalah sekitar 120 dB, dengan perubahan redaman yang tidak signifikan dalam rentang tersebut. Namun, saat jarak mendekati antena DVOR, redaman menjadi lebih kecil. Kekurangan: a. Penelitian lebih banyak berfokus pada analisis teoritis dan simulasi tanpa melakukan uji coba lapangan yang memadai untuk memverifikasi hasil
9	Analisis propagasi jaringan Komunikasi Radio VHF di PT. Julian Adiputra Utama (Gustiyanda & Mukti., 2022).	Objek penelitian ini berfokus untuk menganalisis propagasi jaringan komunikasi radio VHF di PT. Julian Adiputra Utama, sebuah perusahaan telekomunikasi dan informasi	a. Efisiensi sinyal b. Efisiensi daya c. Koordinat lokasi	Hasil penelitian mengenai propagasi jaringan komunikasi radio VHF di PT. Julian Adiputra Utama menunjukkan bahwa kondisi lingkungan, seperti keberadaan pepohonan dan struktur perkotaan, secara signifikan mempengaruhi sinyal. Dengan penggunaan repeater, jangkauan sinyal dapat diperpanjang dari 2 km menjadi 30 km Kekurangan:

				a. Penelitian mengalami keterbatasan dalam hal waktu yang hanya dapat dilakukan selama 2 minggu, bukan 4 minggu seperti yang direncanakan. Ini dapat mempengaruhi jumlah data yang dikumpulkan dan analisis yang lebih mendalam
10	Desain Perencanaan Radio Link untuk Komunikasi Data Radar Satuan Radar 242 TWR dengan Kosek Hanudnas IV Biak (Firmansyah <i>et al.</i>, 2021).	Objek penelitian ini berfokus untuk merancang dan menganalisis radio link untuk komunikasi data radar antara Satuan Radar (Satrad) 242 dengan Kosek Hanudnas IV di Biak	a. Efisiensi sinyal b. Area Coverage	Hasil penelitian mengenai desain perencanaan radio link untuk komunikasi data radar di Satuan Radar 242 menunjukkan bahwa penggunaan frekuensi 2,4 GHz dengan dua repeater dapat menjangkau jarak 34 km dengan baik. Nilai Receive Signal Level (RSL) yang diperoleh lebih tinggi dari sensitivitas penerima, sehingga komunikasi dapat berlangsung dengan baik Kekurangan:

				1. ketergantungan pada kondisi Line of Sight (LOS) yang ideal, serta terbatasnya analisis terhadap faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi propagasi sinyal. Selain itu, penelitian tidak mempertimbangkan potensi interferensi dari sumber lain yang dapat mengganggu kualitas sinyal.
--	--	--	--	--

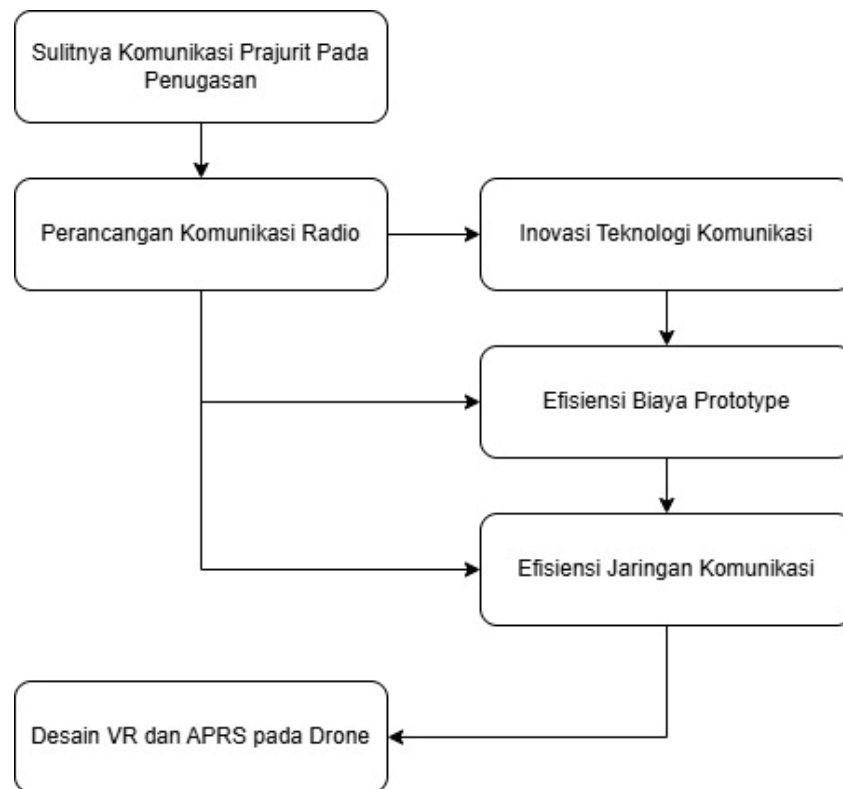


Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi berbagai aspek teknologi komunikasi berbasis repeater radio dan sistem pendukungnya, namun masih terdapat beberapa gap penelitian yang relevan untuk diterapkan pada komunikasi militer. Misalnya, penggunaan *Cross Band Repeater* (XBR) telah terbukti meningkatkan jangkauan komunikasi di wilayah dengan penghalang geografis (Saleh et al., 2019), tetapi penerapannya belum difokuskan pada kondisi ekstrem geografis seperti di hutan lebat atau pegunungan tinggi di daerah terpencil.

Selain itu, *Emergency Repeater Mini* VHF/UHF telah menunjukkan efisiensi pada situasi darurat di area pedalaman dan rawan bencana (Sudirman., 2023). Namun teknologi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal di wilayah tanpa akses listrik atau jaringan internet, seperti daerah 3T. Penelitian lain mengenai filter untuk meredam gangguan sinyal juga telah meningkatkan efisiensi daya dan sinyal (Suharjanto & Rahayu, 2020), tetapi belum mengintegrasikan solusi dengan platform inovatif seperti drone untuk memperluas cakupan komunikasi.

Integrasi teknologi drone sebagai platform *repeater* dan *digipeater* radio menawarkan solusi yang belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya. Drone memiliki kelebihan di antaranya dapat dioperasikan dengan cepat dan berulang, mampu terbang pada ketinggian yang dapat diatur sehingga untuk biaya operasional yang lebih rendah, serta dapat digunakan untuk berbagai aplikasi (Suciani & Rahmadi, 2019). Maka, akan memberikan solusi yang lebih tepat bagi komunikasi prajurit di daerah penugasan. Hal ini menutup gap pada penelitian sebelumnya yang lebih terfokus pada wilayah dengan infrastruktur dasar.

2.3 Kerangka Berpikir



Gambar 2.6 Kerangka Berpikir

Sumber: diolah oleh peneliti

Flowchart di atas menggambarkan kerangka berpikir dan proses perancangan solusi komunikasi pada prajurit pada saat melaksanakan tugas dengan pendekatan inovatif.

1. Sulitnya Komunikasi yang Ada di Daerah Penugasan

Tantangan komunikasi di daerah penugasan disebabkan oleh kondisi geografis yang sulit, minimnya infrastruktur telekomunikasi, dan ketergantungan pada solusi konvensional seperti jaringan seluler yang tidak tersedia.

2. Perancangan Komunikasi Radio

Langkah awal adalah merancang solusi berbasis komunikasi radio yang cocok untuk daerah dengan keterbatasan infrastruktur. *Handy*

Talkie (HT) dan teknologi *repeater* serta APRS menjadi fokus untuk mengatasi keterbatasan jangkauan sinyal.

3. Inovasi Teknologi Komunikasi

Perancangan komunikasi radio dikembangkan lebih lanjut dengan pendekatan inovasi, seperti integrasi teknologi *repeater* dengan platform baru, untuk meningkatkan kinerja dan kemampuan jaringan di daerah sulit.

4. Efisiensi Biaya *Prototype*

Dalam inovasi tersebut, efisiensi biaya menjadi salah satu tujuan utama. *Prototipe* dirancang agar ekonomis dan terjangkau, sehingga dapat diimplementasikan di daerah terpencil dengan anggaran terbatas.

5. Efisiensi Jaringan Komunikasi

Selain biaya, solusi ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi jaringan komunikasi, termasuk memperluas jangkauan sinyal, mengurangi gangguan, dan meningkatkan kualitas komunikasi secara keseluruhan.

6. Desain *Voice Repeater* dan *Automatic Position Reporting System* pada Drone

Inovasi tersebut diwujudkan melalui desain *voice repeater* dan *automatic position reporting system* berbasis HT yang ditempatkan pada drone. *Platform* ini dipilih karena mampu menjangkau area yang luas dengan biaya operasional yang rendah, serta dapat mengatasi hambatan geografis seperti hutan lebat atau pegunungan.