

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu tujuan nasional Indonesia adalah untuk melindungi segenap bangsa, dan seluruh tumpah darah Indonesia. Pertahanan negara, adalah segala usaha untuk menegakkan kedaulatan negara, mempertahankan wilayah NKRI dan menjamin keselamatan bangsa baik dari ancaman militer maupun non militer. Didalam Undang – Undang No. 34 tahun 2004, menyebutkan bahwa TNI sebagai alat pertahanan negara yang bertindak untuk menangkal dan merespon setiap bentuk ancaman militer guna memelihara dan meningkatkan keamanan negara (Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, 2015).

Operasi militer meliputi 3 level utama yaitu , strategi, operational dan taktikal. Ketiga level tersebut adalah bagaimana kita menyusun rencana secara efektif, dalam memanfaatkan sumber daya yang ada dan *man power* yang dimiliki, untuk memperoleh informasi hingga mensukseskan kampanye militer dengan interferensi medan maupun kondisi lingkungan yang kompleks (Chmielewski et al., 2020). Perubahan lingkungan pada medan perang memberikan tantangan akan kebutuhan teknologi sebagai support sistem tentara indonesia dalam menjalankan tugasnya baik untuk OMP maupun OMSP.

Seperti yang dilansir oleh BBC.com, mengenai penyerangan infrastruktur tambang minyak di arab yang dilakukan oleh kelompok pemberontak Houthi dengan menggunakan sebuah Drone yang dipersenjatai dengan misil yang untuk menghancurkan salah satu kilang minyak terbesar milik Saudi Arabia yang tentunya akan berdampak pada kestabilan ekonomi dan pertahanan negara, peristiwa penyerangan drone tersebut terjadi pada april 2019, dan tidak lama kemudian pada tahun ini 2021 serangan drone kedua kembali dilakukan dengan menargetkan bandara udara internasional Saudi Arabia Abha, meskipun mampu diatasi

oleh pihak militer Saudi Arabia akan tetapi kerugian dan korban jiwa pada serangan kedua ini tidak dapat dihindari.

Berdasarkan fakta terkait ancaman drone tersebut maka, hal ini menjadi sebuah tantangan tersendiri bagi pertahanan dan keamanan Indonesia, selain untuk dapat menguasai dan memiliki teknologi drone yang ada kita juga memiliki tantangan lain yaitu bagaimana menyediakan sebuah taktik preventif untuk menangani serangan dan ancaman yang ditimbulkan oleh teknologi tersebut. Dari fakta tersebut menunjukkan bahwa peranan infrastruktur teknologi militer memiliki andil yang sangat signifikan dalam sistem pertahanan negara. Selain itu juga kemampuan SDM dalam penguasaan teknologi berperan aktif untuk *invention*, dan pemecahan masalah serta sistem pengembangannya.

Dinamika lapangan dan kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan yang terdiri dari berbagai pulau – pulau kecil dan besar yang membentang dari Sabang sampai Merauke, merupakan suatu tantangan tersendiri bagi TNI dan pemerintah untuk menyediakan dan mengupayakan terpenuhinya keamanan dan pertahanan negara. *Background* pemilihan teknologi *unmanned* sistem sebagai prioritas teknologi adalah agar dapat lebih mudah mencapai interoperability, pengekstrakan data secara *real time*, perlu adanya sistem yang mampu melakukan pengawasan dan pengamatan untuk menjamin keamanan kedaulatan wilayah Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau dan menjangkau wilayah wilayah terjauh.

Untuk menjawab tantangan tersebut, saat ini Indonesia tengah mengembangkan PUNA MALE (Pesawat Udara Nir-Awak) atau yang lebih dikenal sebagai UAV MALE. Pengembangan UAV (*Unmanned aerial Vehicle*) telah banyak dikembangkan dan mulai diintegrasikan dalam berbagai bidang aplikasi, seperti fungsinya dalam ISR (*Intelligent, Surveillance & Reconnaissance*), *Battle damage*, dan komunikasi. UAV atau UAS (*Unmanned Aerial System*) sangat berperan penting pada program dan strategi pertahanan (Madany et al., 2013). Platform airborne dalam taktikal operasi seperti pertempuran dan mitigasi bencana ataupun transportasi

aircraft dalam bentuk RPV (*Remotely Pilot Vehicle*) maupun Autonomous UAV memberikan berbagai keuntungan dan meminimalisir terjadinya korban terutama pada daerah yang berbahaya (Padmanabha et al., 2018).

Tantangan akan kebutuhan teknologi atau platform pertempuran yang kuat, adaptik dan terintegrasi dalam sebuah platform yang reliabel, membuat berbagai negara berlomba – lomba dalam pengembangan Teknologi Perangnya. UAV dapat dikembangkan menjadi sistemUCAV (*Unmanned Combat Aerial Vehicle*) yang dapat meningkatkan kapabilitas taktik sebagai pesawat tempur dengan area serang, fleksibilitas, dan efektifitas yang tinggi. Sistem autonomous dan adaptibilitas terhadap lingkungan, membuat UAV memiliki area serang yang lebih optimal.UCAV dapat menurunkan korban perang , serta memegang kendali dan peran yang signifikan terutama pada strategi serangan kejutan untuk memberikan tekanan dan menghancurkan musuh diudara, dan penerobosan / penetrasi pertahanan musuh (Yue et al., 2020).

Peran UAV dalam operasi militer sangatlah luas dan bervariasi, terutama untuk operasi militer perang, dimana fungsinya ditentukan oleh tingkat ke sukaran dalam pelumpuhan target yang dipengaruhi oleh kemampuan sistem awareness, Intelijensi, dan pergerakan target baik itu pertempuran dalam medan pertempuran udara – udara maupun udara – darat/laut. Kemampuan target terutama platform yang dilengkapi dengan sistem anti UAV atau Aircraft akan lebih sulit ditangani dan diperlukan sistem UAS yang mutakhir dengan intelijensi program yang lebih tinggi (David, 2000). Sedangkan peran UAV dalam operasi militer selain perang adalah sebagai sistem imagenary ISR dalam menjaga dan mengamankan kedaulatan wilayah, battlefield-observation, communication jammer, radar jammer, patroli dan mitigasi bencana (Coskun Kurkcu, 2008).

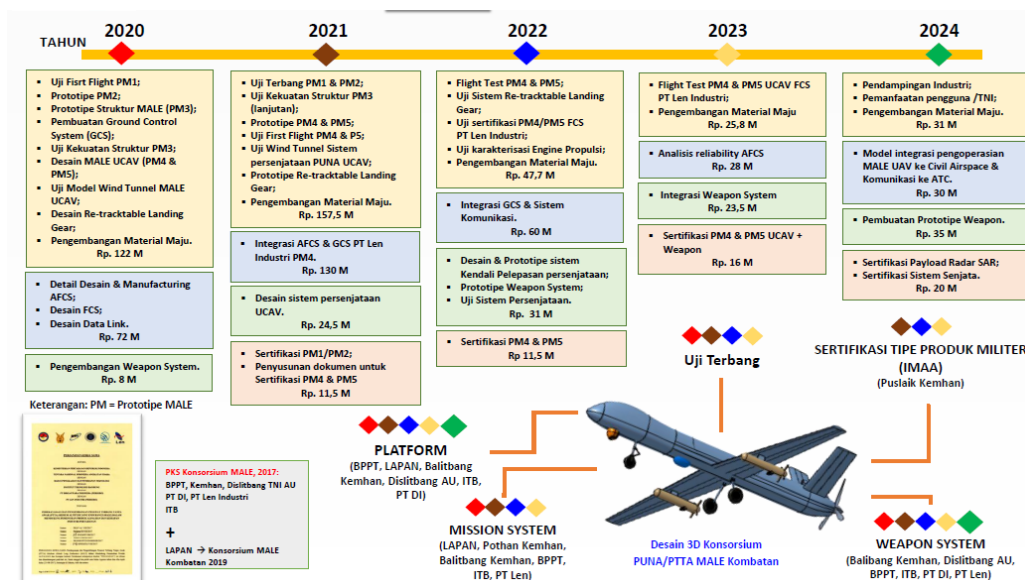
UAV yang tengah dikembangkan indonesia dengan spesifikasi Medium Altitude Long Endurance (MALE) yang dirancang dengan sistem ISTAR (Identification, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance) dan akan dikembangkan sebagai PUNA Kombatan atauUCAV. Misi

operasi dari UAV ini selain sebagai support system dalam menjaga keamanan dan kedaulatan negara UAV MALE akan dikembangkan untuk keperluan perang dan melumpuhkan target yang kemudian akan dilengkapi dengan manuver atau sistem persenjataan (Inovesia 1, 2020). Menurut (Inovesia 1, 2020), Indonesia akan memproduksi kurang lebih sebanyak 33 unit UAV yang disebar diseluruh pangkalan militer Indonesia



Gambar 1. 1 Brosur PUNA MALE Elang Hitam Indonesia

Sumber : (Inovesia 1, 2020)



Gambar 1. 2 Road Map Konsorsium UAV MALE

Sumber : (BPPT, 2020)

Pengembangan Teknologi UAV MALE yang tengah dilakukan Indonesia saat ini, merupakan suatu hal yang baru, dan akan dilakukan uji terbang pada akhir tahun 2021 ini. UAV / PUNA MALE ini dirancang dengan sistem RPV dimana komunikasi data antara Ground Segmen, Pilot dan UAV sangatlah penting, mengingat pengembangan UAV sendiri masih sangat baru dan belum mencakup seluruh sistem UAV termasuk Komunikasi dan Konfigurasi Linknya maka perlu adanya sebuah penelitian yang komprehensif sebagai mendukung dan referensi dalam pengembangan sistem komunikasi Link UAV.

Dalam pengembangan dan desain sistem komunikasi, Link budget adalah hal mendasar yang pertama dilakukan untuk memperoleh analisis *Gain* dan *Losses* dari komunikasi Link pada kondisi spesifik yang telah ditentukan (Kymeta Corporation, 2019). Analisis Link budget adalah hal pertama yang sangat penting untuk dilakukan sebagai bahan referensi dalam perhitungan *Gain* dan *Losses*, terutama dalam mengetahui dan menginvestigasi performa serta daya minimum yang harus diterima oleh Receiver agar komunikasi link berjalan lancar (Akhtaruzzaman et al., 2020). Mengingat UAV MALE sendiri masih dalam tahap pengembangan dan parameter – parameter komunikasi linknya juga belum tersedia secara reliabel, maka penelitian ini merupakan tantangan tersendiri untuk menyediakan berbagai perhitungan dan referensi terkait parameter yang berpengaruh dalam analisis dan perhitungan Link Budget pada sistem data link UAV MALE.

Perkembangan pertempuran atau medan perang yang menjadi NCW (*Network Centric Warfare*) , berarti sistem komunikasi dan distribusi data serta *Command Control* berbasis satelit menuju pasukan militer dan berbagai platform yang ada baik kapal berpilot, Aircraft, *Ground Vehicle*, *Unmanned Missile*, Sensor maupun UAV akan berkomunikasi berbasis *Secure Wireless Communication* sebagai pusat strategi dan taktik dalam menjalankan operasi militer. Sistem komunikasi yang memungkinkan pengiriman informasi baik berupa gambar, visual audio, suara, maupun

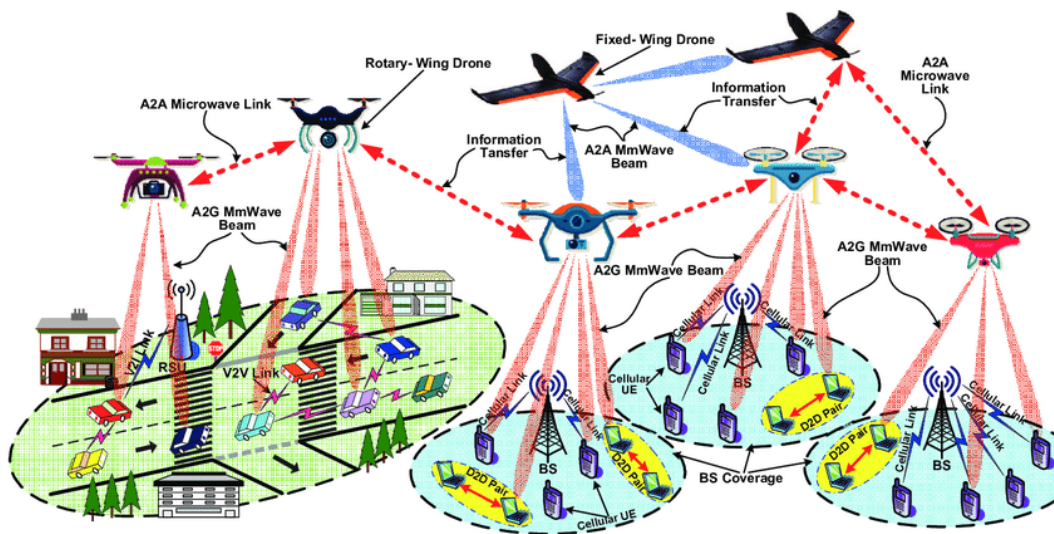
data lain dengan kapabilitas megabit mengharuskan sistem komunikasi memiliki securitas yang memadai dan baik (Padmanabha et al., 2018). Sehingga perlu dikembangkan sebuah sistem komunikasi data link yang mampu mendukung terbentuknya interoperability pada *wireless network* yang berbeda dengan komunikasi radio yang terspesifik dan aman sebagai desain taktik sistem komunikasi.

Dalam perang modern tactical data link memiliki peranan yang sangat strategis. Terutama dalam peningkatan *situational awareness*, *tactical network* serta koordinasi dalam operasi militer. kebutuhan informasi secara real time dalam medan perang merupakan hal yang penting. Selain memberikan *situational awareness* distribusi data dan informasi memberikan keuntungan dalam kemampuan eksekusi medan perang sebagai acuan dalam decision making, dan interoperabilitas yang dapat membuat kita terhubung baik di udara, laut maupun darat. hal ini memungkinkan fleksibilitas dan adaptibilitas yang tinggi terhadap lingkungan / medan perang yang penuh dengan ketidakpastian akibat perkembangan teknologi.

Berdasarkan Apa yang telah dipaparkan tersebut, UAV memiliki berbagai aplikasi dan fungsi krusial, kemampuan untuk beroperasi dalam situasi emerjensi, memerlukan efektifitas komunikasi wireless secara real-time yang reliable dan baik. UAV yang dikendalikan secara remote pilot sistem atau dikenal dengan RPV dan dioperasikan melalui perangkat elektronik radio kontrol, maka sistem Komunikasi data link, koneksi antara UAV dan pilot sangat penting, untuk menjamin keamanan dan keselamatan navigasi UAV, untuk menghindari tabrakan, tubulensi dll, meminimalisir terjadinya kerusakan dan hilangnya kontak antara pilot dengan UAV . oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan referensi besaran daya yang diperlukan untuk melakukan komunikasi data link antara UAV dengan ground Control (Pilot) (Zhao et al., 2018a).

Komunikasi data link pada sistem Command and Control UAV sangat penting, data link digunakan untuk berkomunikasi dengan pesawat serta

menavigasikan pesawat dari sistem *Ground Controlnya* . UAV yang dikembangkan memiliki berbagai misi dan aplikasi yang mengharuskan UAV memiliki kemampuan bermanuver yang tinggi, bebas bergerak secara cepat, fleksibilitas dan adaptibilitas yang tinggi dalam medan operasi. Aplikasi dan misi yang diemban oleh UAV tersebut akan mempengaruhi kualitas dan kebutuhan data link UAV tersebut (Zolanvari et al., 2019).



Gambar 1. 3 UAV dan Sistem Komunikasinya

Sumber : (Zhang et al., 2019)

Masalah yang kemudian muncul dalam sistem komunikasi data link adalah keamanan atau enkripsi data dan power signal data ketika dilakukan dalam keadaan tertentu yang memungkinkan terjadi loss ataupun noise selama menjalankan operasi militer. Noise atau loss dalam komunikasi dapat terjadi akibat kurangnya daya yang digunakan dalam transmisi, jarak atau ketinggian platform beroperasi, maupun kendala cuaca dan medan yang memungkinkan redaman selama misi. Oleh sebab itu perlu adanya sebuah penelitian untuk memodelkan besaran daya yang digunakan untuk melakukan komunikasi data link dalam berbagai situasi dan kondisi tertentu.

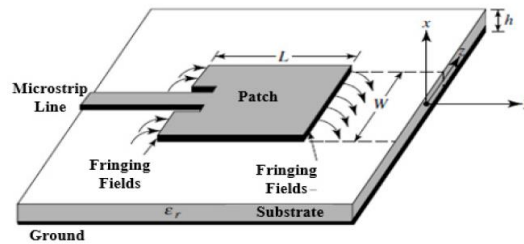
Mengingat bahwa berbagai parameter dalam perhitungan daya komunikasi (Link Budget) belum banyak atau belum tersedia dan reliable, dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi untuk

mendapatkan nilai minimum agar UAV selama menjalankan fungsinya dapat beroperasi secara efektif dan performa yang optimal sesuai dengan misi dan spesifikasinya tanpa kehilangan kontak antara *ground segmen* dan *Air segmennya* .

Komunikasi link yang berlangsung pada sistem UAV , dapat berupa air to ground maupun Air to Air, dimana dalam prosesnya tidak ada sebuah bangunan atau perangkat elektronik untuk menjamin propagasi gelombang elektromagnetik dapat ditransmisikan tanpa terjadi loss maupun fading yang berkaitan dengan Behavior sistem yang akan dilakukan oleh UAV (Altitude, Azimute, Payload dll, yang terinstal dan menjadi spesifikasi aplikasi UAV) .

Salah satu para meter dalam link budget adalah Gain Antenna, Antena tidak hanya akan dipasang pada Ground station tetapi juga pada sayap UAV , Antena selain berfungsi untuk menjaga dan menstabilkan koneksi data, tetapi juga untuk meningkatkan dan memperbaiki jarak komunikasi dan koneksi data antara UAV dengan Ground Staaation. Antena diharapkan dapat mendukung variasi azimut dari UAV dimana hal ini diharapkan dapat mendukung komunikasi sesuai dengan behaviour sistem UAV yang telah ditentukan (Carneiro et al., 2018).

Desain dan simulasi antena telah dilakukan pada penelitian terdahulu oleh Yuni Lestiani pada tahun 2020 dengan menggunakan jenis antenna omnidirectional mikrostrip, dimana antena ini memiliki keunggulan pada fleksibilitas, tidak adanya interferensi yang signifikan dari stuktur pesawat, memungkinkan perubahan propagasi gelombang, dan meningkatkan aerodynamic behavior pesawat. Selain itu antena mikrostrip juga sangat coco digunakan pada desain yang membutuhkan pengurangan ukuran, berat, low cost dan efisiensi tinggi (Carneiro et al., 2018).



Gambar 1. 4 Gambar Antena Mikrostrip

Sumber : (Carneiro et al., 2018)

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menindak lanjuti dari penelitian sebelumnya dengan melakukan optimasi kembali desain antena dan perhitungannya sebagai salah satu data parameter pada perhitungan link budget analisis. Perhitungan parameter link budget ini juga meliputi beberapa parameter lain salah satunya seperti *Rain Attenuation*, SNR (Signal to Noise ratio), dan CNR (Carrier to Noise Ratio) dimana parameter tersebut akan mempengaruhi dari pada kualitas komunikasi link.

Dalam analisis Link Budget, performa dari sistem komunikasi dapat dievaluasi dengan menganalisa kualitas dari sinyal yang diterima. Kuantitas yang sering digunakan dalam analisis kualitas hal tersebut adalah SNR (Signal to Noise Ratio) dan CNR (Carrier to Noise Ratio) (Setiyanto et al., 2017). Parameter tersebut merupakan representasi kualitas sinyal akibat propagasi gelombang dan sifat gelombang elektromagnetik yang dapat dengan mudah terinterferensi oleh berbagai hal, noise faktor atau rasio tersebut diharapkan dapat digunakan dalam perhitungan gain dan losses selama propagasi gelombang sehingga dapat diperoleh berapa daya minimum yang dibutuhkan agar kualitas sinyal tersebut sesuai dan komunikasi link dapat dijalankan dengan baik (Tajudin et al., 2019).

Sistem komunikasi ini pada propagasi gelombang RF, pertukaran informasi yang berkaitan dengan Bandwidth (Video, audio dan gambar), sangat membutuhkan perhitungan parameter SNR dan CNR tersebut agar memiliki fading dan losses yang sesuai dengan kualitas komunikasi yang lebih baik (Ron, 2003). Mengingat bahwa perkembangan UAV MALE

sendiri masih dalam tahap pengembangan dan parameter-parameter tersebut belum secara reliable tersedia, maka diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk menganalisa dan merencanakan perhitungan serta analisis link budget untuk keperluan UAV PUNA MALE.

Kondisi geografis Indonesia memiliki karakteristik yang berbeda dengan spesifikasi curah hujan yang beragam baik fluktuasi dan keragaman yang tinggi dimana hal ini merupakan iklim yang menjadi ciri khas di Indonesia (Sipayung, 2015). Hal ini tentu memiliki dampak yang signifikan terhadap sistem komunikasi data link antara Ground segmen dan UAV yang mengakibatkan sistem komunikasi linknya buruk dalam keadaan yang parah dapat membuat RPV sistem kehilangan UAV pada saat operasi ataupun misi berlangsung. Berikut adalah data *Attenuasi* hujan terhadap Intensitas curah hujan oleh penelitian (Kakar et al., 2015)

Tabel 1. 1 Attenuasi Hujan dalam dB pada Frekuensi 1.0 GHz dan 5.0 GHz (Kakar et al., 2015)

Specific Rain Attenuation [dB/km]	1.0 GHz	5.0 GHz
$R = 1.25 \text{ mm/h}$	$4.51 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-3}$
$R = 30 \text{ mm/h}$	$7.80 \cdot 10^{-4}$	0.063
$R = 60 \text{ mm/h}$	$1.14 \cdot 10^{-3}$	0.15
$R = 150 \text{ mm/h}$	$3.3 \cdot 10^{-3}$	0.45

Menurut (Aldrian, 2000), curah hujan Indonesia memiliki nilai rata – rata 150 mm/h hingga 300 mm/h, yang mana nilai ini sangat berbeda dari negara lain, bahkan tidak jarang mencapai 1500 mm/h pada bulan – bulan tertentu (Aldrian, 2000).

Rain Attenuation sangat berpengaruh pada Quality of Service dari sistem komunikasi Data Link, dimana propagasi gelombang elektromagnetik akan banyak sekali mengalami redaman ketika melewati

hujan, *Rain Attenuation* merupakan parameter penting dalam menentukan berapa minimum nilai atau daya yang diperlukan ketika UAV melakukan Patroli, Surveillance, maupun Combat dan penyerangan untuk menembus pertahanan musuh.

Pada sistem UAV sistem komunikasi data link sangat penting terutama pada UAV dengan Sistem RPV, pengendalian dan pengoperasian UAV akan sangat bergantung pada kualitas komunikasi data Linknya, selain untuk memahami situasi dan keadaan, komunikasi dan distribusi data komunikasi data link juga memungkinkan mencegah terjadinya kecelakaan UAV atau Navigasi sistem (Kriz & Gabrlik, 2015).

Data Link (CDL) adalah protokol utama untuk Intelijen, Pengawasan dan data militer Pengintaian (ISR). Ketika terminal CDL digunakan pada Unmanned Aerial Systems (UAS), data perintah dan kontrol sangat penting karena digunakan untuk menavigasi UAV, mengetahui lalulintas udara, menghindari tabrakan dan pengiriman data dan komunikasi dalam bidang ISR (Padmanabha et al., 2018). penentuan spektrum dan frekuensi sangat penting pada Komunikasi data link untuk menghindari jammer dan gangguan lingkungan atau noise yang dapat melemahkan atau menurunkan daya pada sistem komunikasi data link (Vidal et al., 2014).

Berdasarkan penjelasan tersebut, dalam penelitian ini research ideanya adalah melakukan analisa Link Budget untuk memperoleh besar daya minimum yang diperlukan untuk melakukan komunikasi link antara UAV dan Ground Station, penelitian ini bertujuan untuk memberikan referensi nilai parameter – parameter pada analisa link budget komunikasi Link pada UAV yang sedang dikembangkan di Indonesia, mengingat belum tersedianya data – data parameter link budget untuk komunikasi link UAV MALE, dimana analisis link budget sendiri merupakan parameter penting yang perlu diteliti dalam pengembangan sebuah pesawat baru

Parameter – parameter link budget yang akan dibahas pada penelitian ini sesuai dengan masalah yang telah dijelaskan meliputi :

- Gain antena

- Rain attenuation
- Free space Loss

1.2 Identifikasi Masalah

Adanya pengarus Interferensi lingkungan terhadap kualitas komunikasi data link UAV, memungkinkan adanya Loss selama UAV tersebut menjalankan misi dan operasi sebagai sistem support TNI. Selain itu sebagian besar parameter komunikasi data link UAV belum available dan tersedia secara reliable untuk UAV yang sedang dikembangkan. Berbagai parameter penting seperti Rain Attenuation, mengingat kondisi geografis Indonesia yang unik dengan iklim dan curah hujannya yang tinggi, jarak LOS UAV dan sudut azimut terhadap antena ketika melakukan operasi juga merupakan suatu hal yang krusial untuk mengetahui berapa nilai minimum daya yang diperlukan agar ketika berada pada sudut terendah dan maksimumnya komunikasi data link pada UAV masih dapat dipertahankan.

Dengan data curah hujan yang ada di Indonesia kita juga diharapkan dapat mengetahui, power atau daya minimum yang harus dikerjakan, terutama ketika memasuki musim – musim penghujan. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan fungsi dan aplikasi UAV ketika digunakan sebagai platform support dalam misi patroli maupun penyusupan dalam kondisi cuaca yang tidak mendukung.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah cara menentukan nilai parameter-parameter utama yang diperlukan bagi perhitungan link budget untuk sistem komunikasi data link dari PUNA MALE.?
2. Bagaimanakah hasil analisis dampak dari perubahan sudut azimut dan rain Attenuation terhadap nilai minimum daya efektif yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi data link antara UAV dengan Ground Segmen?

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah yang digunakan, mengingat adanya keterbatasan waktu, dana, tenaga dan sarana dalam pengerjaan penelitian dan agar diperoleh hasil yang mendalam maka dilakukan pembatasan masalah. Batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Parameter yang digunakan dalam perhitungan link budget hanya mencakup:
 - Rain Attenuation,
 - Gain Antena,
 - Free Space Loss
2. Perhitungan dilakukan dengan asumsi satu antena dan single UAV user

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Dapat secara efektif menganalisis dan mengidentifikasi nilai minimum dan maksimum daya yang diperlukan untuk melakukan komunikasi link antara UAV dan Groun Control system
2. Dapat menentukan nilai parameter-parameter penting dalam perhitungan Link Budget Untuk komunikasi data link.
3. Memberikan rekomendasi dan dapat menjadi referensi dalam membangun sistem komunikasi Link untuk Multi user atau multi UAV dan acuan dalam pengembangan sistem komunikasi link UAV dan Ground segmen.

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1. Manfaat Teoritis

Secara tidak langsung penelitian ini dapat memberikan dampak dan kontribusi terdapat perkembangan teknologi pertahanan dan salah satu bentuk kontribusi dalam meningkatkan perkembangan ilmu pertahanan yang secara analitis dan prosesnya merupakan bentuk implementasi

1.6.2. Manfaat Praktis

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk dapat memberikan referensi mengenai alternatif daya untuk komunikasi data link dan solusi dalam mengatasi pengaruh efek doppler terhadap komunikasi data link UAV dan based station