

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1 Operasi Militer

Operasi militer adalah segala kegiatan meliputi penggunaan dan penyusunan strategi, taktik, pelayanan training, maupun misi administrasi militer dimana prosesnya dapat melibatkan pertempuran, atau kombat, dimana termasuk didalamnya pergerakan, supply dan logistik, penyerangan, pertahanan, dan penggunaan manuver untuk mencapai tujuan pertempuran atau kampanye militer apapun (Erdeniz, 2017).

Operasi militer meliputi 3 level utama yaitu , Strategi, operational dan taktikal. Strategi adalah bagaimana kita dapat secara efektif mengerahkan setiap sumber daya nasional yang kita miliki, sedangkan operational adalah bagaimana memberdayakan man power atau tentara nasional dalam menjalankan misi untuk memperoleh informasi atau keuntungan terhadap lawan serta optimalisasi strategi, taktik adalah bagaimana integrasi setiap informasi yang ada untuk mensukseskan kampanye militer yang sangat erat kaitannya dengan interferensi lingkungan dan kondisi medan (Chmielewski et al., 2020).

Operasi militer menurut UU No. 34 tahun 2004 adalah bagaimana TNI dalam menjalankan tugasnya untuk mempertahankan dan melaksanakan pertahanan negara untuk menjaga kedaulatan NKRI, mempertahankan keutuhan wilayah, dan melindungi keselamatan bangsa. Operasi militer ini dibagi menjadi dua yaitu Operasi militer perang dan operasi militer selain perang.

Operasi militer perang , berhubungan erat dengan perang dan pertahanan konvensional dalam battlefield. Sedangkan operasi militer selain perang menurut UU No 34 tahun 2004 dijabarkan dalam 15

point yaitu :mengatasi gerakan separatisme bersenjata; pemberontakan bersenjata; mengatasi aksi terorisme; pengamanan wilayah perbatasan; objek vital nasional yang bersifat strategis; melaksanakan tugas perdamaian dunia sesuai kebijakan politik luar negeri; pengamanan Presiden dan wakil presiden beserta keluarganya; pemberdayaan wilayah pertahanan dan kekuatan pendukung secara dini sesuai dengan sistem pertahanan semesta; membantu tugas pemerintahan di daerah; membantu kepolisian Negara Republik Indonesia dalam rangka tugas keamanan dan ketertiban masyarakat yang diatur dalam undang-undang; membantu mengamankan tamu negara setingkat kepala dan perwakilan pemerintah asing yang sedang berada di Indonesia; membantu menanggulangi akibat bencana alam, pengungsian, dan pemberian bantuan kemanusiaan; membantu pencarian dan pertolongan dalam kecelakaan (search and rescue); serta membantu pemerintah dalam pengamanan pelayaran dan penerbangan terhadap pembajakan, perompakan, dan penyelundupan.

Operasi Militer Perang Menurut buku saku Doktrine TNI :

- 1) Kampanye Militer.
- 2) Operasi Gabungan TNI yang terdiri atas: (Operasi Darat Gabungan. Operasi Laut Gabungan. Operasi Amfibi. Operasi Pendaratan Administrasi. Operasi Lintas Udara. Operasi Pertahanan Pantai. Operasi Pertahanan Udara.
- 3) Operasi Darat.
- 4) Operasi Laut.
- 5) Operasi Udara.
- 6) Operasi Bantuan.

2.1.2 UAV

Pengembangan dan penelitian UAV banyak mencuri perhatian baik untuk aplikasi militer maupun sipil. UAVs (Unmanned Aerial

Vehicles) yang juga dikenal sebagai UAS (Unmanned Aerial System) atau Drone telah dikembangkan dan memiliki berbagai aplikasi baik untuk berbagai bentuk operasi militer, pengawasan tanaman, inspeksi rel kereta api dll (Hosseini et al., 2019). UAV pertama kali dikembangkan untuk tujuan militer, selama perang dingin berbagai negara memulai untuk melakukan penelitian dan pengembangan UAS ini (Bendea et al., n.d.).

UAV dapat diterbangkan dengan menggunakan sistem elektronik yang terintegrasi pada sistem Vehicles maupun melalui sistem *Ground Control System*, atau secara langsung dipermukaan dari darat, pada umumnya UAV dikendalikan secara Remote Pilot Vehicles (RPV) yang dikendalikan melalui alat elektronik radio kontrol (Bendea et al., n.d.).

Dengan perkembangan yang sangat luas selama beberapa tahun terakhir ini, baik secara komputasi, perolehan sensor, sistem komunikasi, dan kontrolnya, aplikasi UAV dalam bidang militer mengalami peningkatan yang sangat signifikan, baik untuk menyerang, pertahanan udara dan sistem early warning system, surveillance pada daerah perbatasan, memantau lalu lintas, cepat tanggap bencana dan juga sistem komunikasi (Zhao et al., 2018a).

Pengembangan UAV untuk keperluan militer, memberikan hasil yang sangat memuaskan, seiring dengan perkembangan yang kontinu dari berbagai negara dan instansi yang terlibat, UAV dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan permintaan user. Berikut adalah jenis – jenis UAV dan spesifikasinya menurut (Bendea et al., n.d.).

Tabel 2. 1 UAV Klasifikasi (Bendea et al., n.d.)

UAV Categories	Acronym	Range (km)	Climb rate (m)	Endurance (hours)	Mass (kg)
Tactic					
Micro	μ (Micro)	< 10	250	1	<5
Mini	Mini	< 10	150 to 300	< 2	150
Close Range	CR	10 a 30	3000	2 to 4	150
Short Range	SR	30 a 70	3000	3 to 6	200
Medium Range	MR	70 a 200	5000	6 to 10	1250
Medium Range Endurance	MRE	> 500	8000	10 to 18	1250
Low Altitude Deep Penetration	LADP	> 250	50 to 9000	0.5 to 1	350
Low Altitude Long Endurance	LALE	> 500	3000	>24	< 30
Medium Altitude Long Endurance	MALE	> 500	14000	24 to 48	1500

UAV adalah sebuah akronim dari Unmanned Aerial Vehicle atau dalam bahasa Indonesiannya adalah sistem Pesawat Udara Nir-Awak (PUNA). UAV sendiri dapat dikendalikan secara remotely atau jarak jauh ataupun kendali dengan sistem autonomous (UDEANU et al., 2016). Sistem remote pilot atau autonomous ini memungkinkan kita dalam meminimalisir korban perang dan kebocoran informasi jika pesawat jatuh ketangan musuh dan ilot disandera. UAV mulai banyak dikembangkan karena kemampuannya yang dapat mengimbangi pesawat berawak konvensional dengan kemampuan menjalankan misi – misi berbahaya dan tidak mungkin dilakukan oleh pesawat berawak yang dapat membahayakan pilot

UAV juga sering dikenal sebagai UAS (Unmanned Aerial System) dan lebih umum lagi dikenal sebagai drone. Dewasa ini fungsi UAV mengalami berbagai kemajuan tidak hanya dalam bidang pertahanan dan keamanan tetapi juga komersial, surveillance, pembuatan film, agronomi, pemetaan wilayah, communication relaying dan mitigasi bencana juga telah banyak dikembangkan (Khawaja et al., 2019).

Standar operasi UAV dalam bidang militer adalah sebagai sistem ISR (Intelligent, Surveillance, Reconnaissance). Dewasa ini

seiring berkembangnya teknologi penggunaan UAV semakin berkembang untuk kepentingan militer. Berikut adalah beberapa klasifikasi UAV yang banyak dikembangkan dalam bidang militer menurut (Kakar et al., 2015):

**Tabel 2. 2 Klasifikasi UAV Berdasarkan Beratnya
(Kakar et al., 2015)**

Jenis	Berat (Kg)	Kategori range	Penjelasan
Micro	< 1	Jarak dekat	Regulasi penggunaan tidak begitu ketat
Mini	≤ 1		
Small	13.5		
Light/Ultra Light	242	Jarak Pendek	Sertifikasi kelaikan udara dapat didasarkan pada tipe UAV
Normal	4,332	Medium / Jauh	
Large	4,332	Jauh	Regulasi mengikuti regulasi pesawat terbang

Klasifikasi UAV berdasarkan Sistem Autonomous

Sistem autonomous UAV dibagi menjadi 3 yaitu Remotely Operation (semi autonomous), Autonomous sepenuhnya dan Remotely Pilot atau dikendalikan secara jarak jauh melalui based station tanpa sistem atau program autonomous.

Klasifikasi UAV Berdasarkan Misi operasi Militernya

Berdasarkan sistem ACL (Autonomous Control Level) dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut :

Tabel 2. 3 UAV Berdasarkan ACL (Kakar et al., 2015)

ACL	Description
0	Remotely piloted vehicle
1	Execute preplanned mission
2	Changeable mission
3	Robust response to real-time faults/events
4	Fault/event adaptive vehicle
5	Real-time multi-vehicle coordination
6	Real-time multi-vehicle cooperation
7	Battlespace knowledge
8	Battlespace cognizance
9	Battlespace aware cognizance
10	Fully autonomous

Klasifikasi UAV untuk bidang militer menurut NATO adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Klasifikasi UAV untuk bidang militer menurut NATO

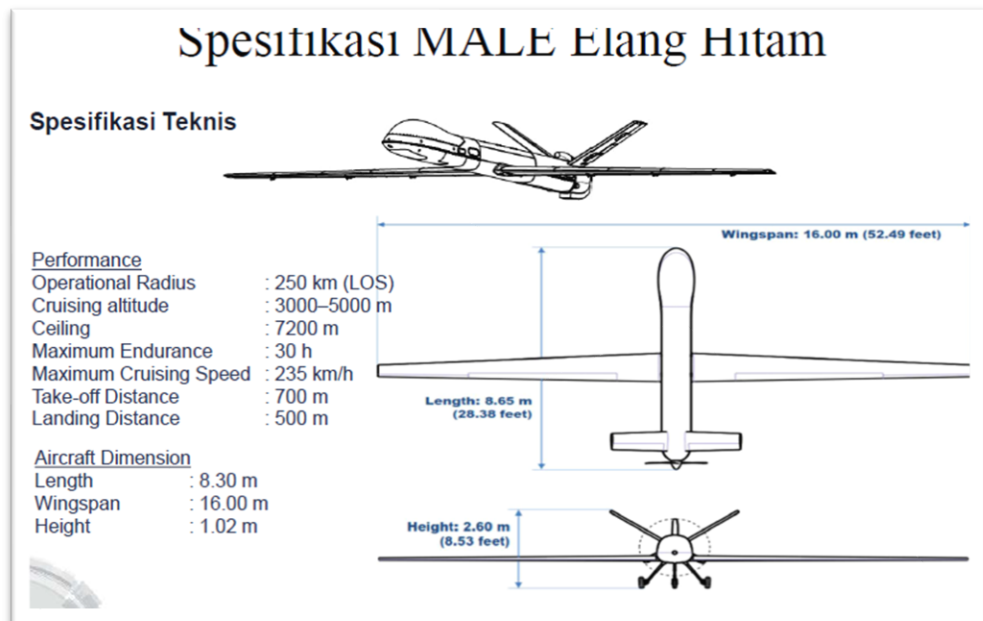
Sumber : (Kakar et al., 2015)

Class	Name	MTOW [kg]	Regular Operating Altitude	Regular Mission Radius	UAV Examples
Class I	Micro	< 2	Up to 60 m AGL	5 km (LoS)	Black Widow
	Mini	2 – 20	Up to 915 m AGL	25 km (LoS)	Scan Eagle, Raven
	Small	> 20	Up to 1,525 m AGL	50 km (LoS)	Luna, Hermes 90
Class II	Tactical	150 – 600	Up to 3,050 m AGL	200 km (LoS)	Sperwer, Range
Class III	MALE	> 600	Up to 13,720 m AGL	Unlimited (BLoS)	Predator A, Predator B
	HALE		Up to 19,810 m AGL		Global Hawk
	Strike Combat				

Dalam mewujudkan kemandirian pertahanan dalam era RMA, Indonesia telah melakukan pengembangan sistem persenjataan yang berkategori RMA seperti : Peluru kendali, UAV Heron, Kapal berteknologi Stealth, dan pesawat tempur KF-X/IF-X. Road map industri pertahanan yang didukung dengan agenda riset nasional terkait pertahanan menunjukkan teknologi RMA telah menjadi bagian dari teknologi yang akan dikuasai oleh Indonesia.

Indonesia sendiri saat ini tengah mengembangkan UAV MALE sebagai Program Konsorsium, salah satu program pengembangan teknologi Prioritas dalam bidang pertahanan. Perubahan lingkungan pada medan perang, memberikan tantangan akan kebutuhan teknologi atau platform pertempuran yang kuat, adaptik dan terintegrasi dalam sebuah platform yang reliabel. 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 sehingga area serang yang dimiliki 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 pertahanan(Yue et al., 2020).

Indonesia saat ini tengah mengembangkan sebuah UAV atau Pesawat Udara Nir-Awak (PUNA) dengan spesifikasi Medium Altitude Long Endurance (MALE) yang dirancang dengan sistem ISTAR (Identification, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance) dan akan dikembangkan sebagai PUNA Kombatan. Misi operasi dari UAV ini sendiri adalah 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 weaponise sistem (*Inovesia 1*, 2020).



Gambar 2.1 Spesifikasi PUNA MALE

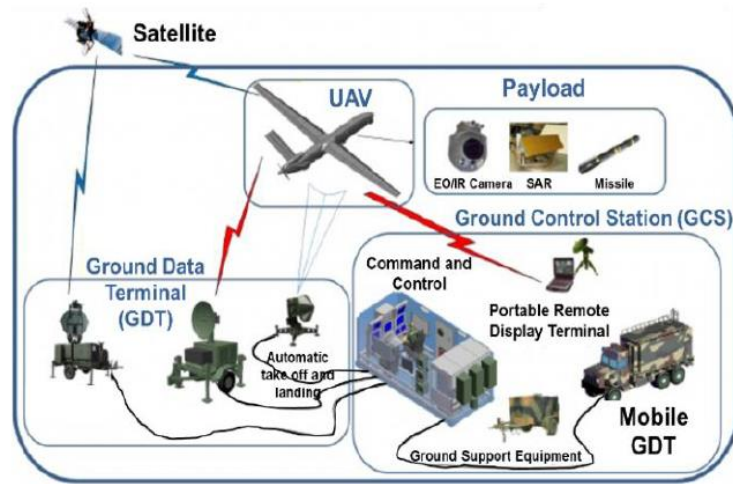
Sumber : Diolah Penulis, 2022

Teknologi Komunikasi dan Informasi saat ini begitu pesat berkembang dan telah menyentuh hampir di setiap aspek kehidupan. Tidak hanya dalam bidang industri ataupun ekonomi, dibidang pertahanan telah banyak memanfaatkan teknologi informasi untuk proses penetapan kebijakan dan pengambilan keputusan. Dimana rencana strategis sendiri merupakan bentuk atau metode dasar dalam

sebuah pengambilan keputusan. Perkembangan teknologi memungkinkan kita mendapatkan berbagai akses, informasi yang sangat menentukan dalam perumusan sebuah strategi (Skulimowski & Pukocz, 2012).

Sejak berakhirnya perang dunia dan perang dingin, angkatan bersenjata selanjutnya mengalokasikan investasinya fokus pada bidang RnD pertahanan. Negara negara seperti china, india dan rusia mendedikasikan sebagian anggarannya untuk menunjukkan pengembangan yang telah dilakukan dalam bidang RnD pertahanan secara besar - besaran, dari fakta dan pergeseran paradigma yang ada menunjukkan bahwa, Industri pertahanan dan angkatan bersenjata dipengaruhi oleh perkembangan teknologi sejak perang dunia II (Bellais, 2013).

Perkembangan pertempuran atau medan perang yang menjadi NCW (Network Centric Warfare) , berarti sistem komunikasi dan distribusi data serta Comand Control berbasis satelit menuju pasukan militer dan berbagai platform yang ada baik kapal berpilot, Aircraft, Groun Vechicle, Unmaned Missile, Sensor maupun UAV akan berkomunikasi erbasis Secure Wireless Comunication 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.

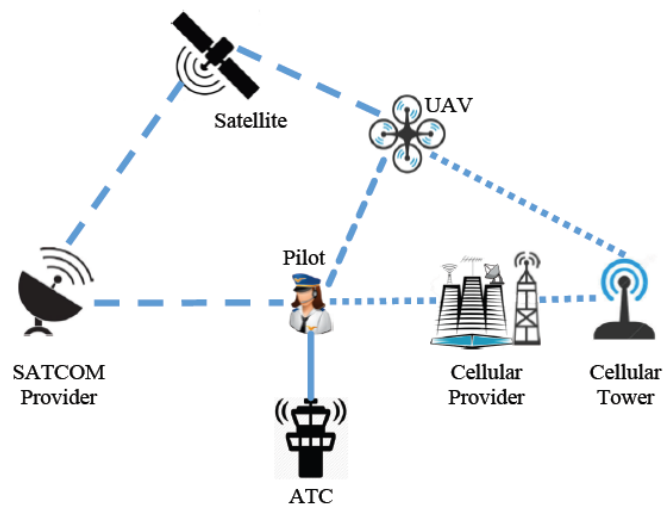


Gambar 2. 2 Elemen – elemen pendukung dalam sistem UAV

Sumber : (Çuhadar & Dursun, 2016)

2.1.3 Komunikasi Data Link

Komunikasi data Link adalah komunikasi atau distribusi informasi dua arah baik berupa Audio Visual, audio, gambar maupun bentuk data yang lain melalui sistem radio frekuensi (Zolanvari et al., 2019). Desain komunikasi data link bergantung terhadap operasi yang dilakukan. Berikut adalah contoh desai sistem komunikasi data Link pada UAV.



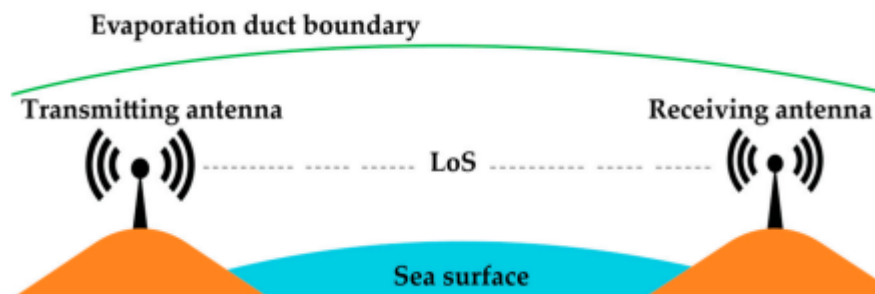
Gambar 2.3 UAS Arsitektur

Sumber : (Zolanvari et al., 2019).

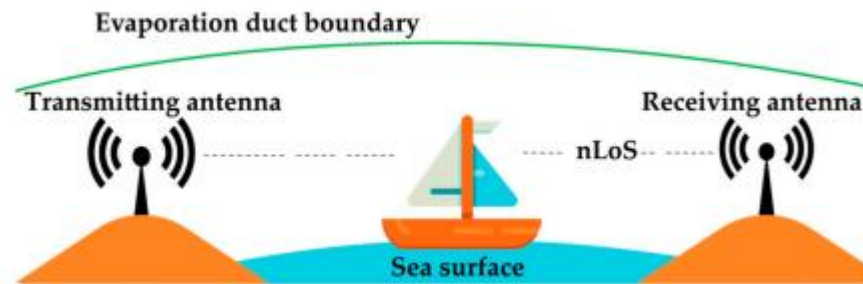
Komunikasi Data Link: merupakan pertukaran data antara dua perangkat yang terhubung secara langsung maupun tidak langsung. Yang berkaitan dengan Parameter - parameter seperti transmisi, penginterfacean, link control, dan multiplexing (Zolanvari et al., 2019).

2.1.4 Propagasi Gelombang Elektro Magnetik

Dalam komunikasi data link, mekanisme penjaran atau propagasi gelombang elektromagnetik dibagi menjadi dua, yaitu secara LOS maupun Non-LOS (BLOS). Pada sistem propagasi GEM (Gelombang Elektro Magnetik) LOS, penjalaran gelombang dari transmitter menuju receiver tanpa adanya bantuan bangunan atau erantara lain (Gambar a). Sedangkan pada mekanisme BLOS menggunakan bantuan bangunan atau perantara penghubung sebelum menuju receiver (Gambar b) (Habib & Moh, 2019).



Gambar (a).



Gambar (b)

Gambar 2.4 Mekanisme Propagasi Gelombang Elektro magnetik

Sumber : (Maxama & Markus, 2018)

Dalam proses propagasinya GEM akan mengalami fading dan Losses pada dayanya akibat sifat alamiah GEM Seperti Refraksi, refleksi, difraksi dan scattering atau penghamburan, yang mana hal tersebut dikarenakan GEM melewati sebuah bangunan, permukaan air, obstacles, gunung dll. Faktor tersebut dapat membuat daya pada GEM mengalami pelemahan, attenuasi, fading, Interferensi dan path loss yang akan memberikan Noise dan menurunkan kualitas dari sinyal yang diterima oleh receiver (Adaramola & Balogun, 2015; Maxama & Markus, 2018).

Menurut (Maxama & Markus, 2018) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa semakin besar frekuensi gelombang elektro magnetik yang digunakan maka akan semakin rentang terjadi attenuasi akibat obstacles, dan interferensi lingkungan seperti hujan, kelembapan, atmosferic faktor dll, yang dapat menimbulkan fading dan loss.

Oleh sebab itu perlu dilakukan sebuah analisis dan perhitungan untuk memperoleh nilai daya yang sesuai dan parameter-parameter pendukung yang dapat meningkatkan kualitas sinyal yang akan di transmisikan dan diterima oleh receiver agar nilai loss dan fading tidak mempengaruhi kinerja sistem komunikasi link yang sedang dilakukan. Berikut adalah persamaan sederhana yang dapat digunakan untuk

menghitung daya yang tereduksi selama propagasi gelombang berlangsung (Adaramola & Balogun, 2015):

$$PL = P_T + G_{Amp} + G_{AntT} + G_{AntR} - L_f - P_R$$

Sumber : (Adaramola & Balogun, 2015)

Dimana :

PL : daya yang tereduksi

PT : daya yang di transmisikan oleh generator

G_{Amp} : Gain Amplifier

G_{AntT} : Gain dari antena Transmitter

G_{AntR} : Gain dari antena Receiver

L_f : Attenuasi atau Loss dari Filter

P_R : daya yang diterima receiver

2.1.5 Link Budget

Link Budget, adalah bagaimana kita menemukan level sinyal yang diterima dari sinyal yang ditransmisikan. Perhitungan link budget sangat penting untuk desain sistem komunikasi. Link budget merupakan dasar dari sinyal antena dan propagasi gelombang. Dalam proses analisisnya sangat penting untuk menentukan formula/ rumusan seperti apa yang cocok dan bisa digunakan.

Dalam perhitungan link budget rasio carier (sinyal pembawa) relatif terhadap noise (gangguan, lose, interferensi) akan menunjukkan / menentukan kualitas penerimaan sinyal dan akurasi komunikasi,serta reliabiliti secara umum.

Rasio Carrier terhadap Noise (C/N) biasa digunakan pada sistem kounikasi satelit. Rasio Sinyal terhadap Noise (S/N) lebih umum digunakan pada sistem operasi / keperluan operasi (situasional praktis). Kedua parameter tersebut akan menentukan kualitas service sistem komunikasi data link (Ya'acob et al., 2018)

Tabel 2. 5 Parameter Link Budget

Parameters	Expression	Unit
Carrier frequency	f	GHz
Bandwidth	B_N	MHz
Distance	d	km
Tx power	P_T	dBm
Tx antenna gain	G_T	dBi
Tx EIRP = $G_T + P_T$	EIRP	dBm
Tx feeder and cable	$L_{t,f}$	dB
Antenna off-axis	L_{oa}	dB
Radome loss	L_{rd}	dB
Polarization mismatch	L_{pm}	dB
Pointing loss	L_{pt}	dB
Rx feeder and cable	$L_{r,f}$	dB
Implementation loss	L_{im}	dB
Total losses	L_T	dB
Free space loss	L_F	dB
Rain attenuation	L_R	dB
Atmospheric gases	L_A	dB
Other losses	L_O	dB
Rx antenna gain	G_R	dBi
Rx power	P_R	dBm
Antenna noise	T_A	K
Rx noise	T_R	K
Thermal noise $T_N = T_A + T_R$	T_N	K
Noise figure	F_N	dB
Rx noise power	P_N	dBm
$C/N = P_R - P_N$	C/N	dB
Receiver sensitivity	P_S	dBm
Excess margin $P_m = P_R - P_S$	P_m	dB

Sumber : (Yan et al., 2019)

Perhitungan Link Budget merupakan analisa minimum *Requirement* sinyal yang diperlukan atau kualitas dan tingkat keberhasilan dari sebuah komunikasi yang dilakukan. Nilai yang didapatkan merupakan hasil perhitungan dari beberapa komponen yang dimiliki oleh satelit ataupun lingkungan sekitar yang dipengaruhi oleh hujan, ruang bebas, redaman atmosfer serta pointing loss. (Roesdy Saad, Kun Fayakun, 2011)

2.1.5.1 FSL (Free Space Loss)

Saat gelombang EM merambat di ruang bebas, kerapatan daya per satuan luas berkurang sebanding dengan frekuensi dan kuadrat jarak yang ditempuh. Yang di rumuskan sebagai redaman ruang bebas dengan rumus sebagai berikut :

$$L_{FS}(dB) = 92.5 + 20 \log d_{Km} + 20 \log f_{GHz}$$

$$L_{FS}(dB) = 32.45 + 20 \log d_{Km} + 20 \log f_{MHz}$$

$$L_{FS}(dB) = -27.55 + 20 \log d_m + 20 \log f_{MHz}$$

Dalam persamaan tersebut terdapat tiga ekspresi yaitu untuk unit Mhz dan Ghz, pada penelitian ini menggunakan pita pada frekuensi C – Band, dimana memiliki dimensi frekuensi pada GHz .

2.1.5.2 Antenna Gain

Gain antenna adalah suatu parameter yang melambangkan suatu nilai penguatan antenna terhadap sinyal elektromagnetis baik yang dipancarkan maupun diterimanya. Gain antenna merupakan salah satu parameter penting dalam system komunikasi satelit, sebab hal ini akan berpengaruh secara langsung dalam perhitungan EIRP yang telah ditentukan. Persamaan matematis untuk mencari nilai gain antenna ditunjukkan dalam persamaan berikut (Basuki et al., 2016)

:

$$G = \eta \left(\frac{\pi \cdot D}{\lambda} \right)^2$$

Dimana :

G = gain antenna parabola (watt)

D = diameter antenna (m)

λ = panjang gelombang (m)

η = nilai efisiensi antenna (55% - 75%)

c = cepat rambat cahaya (3×10^8 m/s)

f = frekuensi kerja (Ghz)

2.1.5.3 Rain Attenuation

Propagasi gelombang elektromagnetik di atmosfer dan melewati awan, GEM akan mengalami attenuasi yang disebabkan uap

air yang terkondensasi didalam awan, besar attenuasi yang terjadi pada GEM dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut :

- Ketinggian dan densitas awan
- Prosentase curah hujan
- Polarisasi dan frekuensi GEM
- Dan lokasi atau tempat terhadap bumi.

Berikut adalah persamaan umum yang dapat digunakan unrtuk menghitung besar attenuasi hujan (Kymeta Corporation, 2019):

$$Loss = kR^a \times D$$

Dimana :

Loss : fade atau Loss yang terjadi

K : 0,0188

a : 1.217

R : 0.7

D : (*Height of Rain*)/*sin(elevation)*)

R : *curah hujan pada daerah yang akan dihitung.*

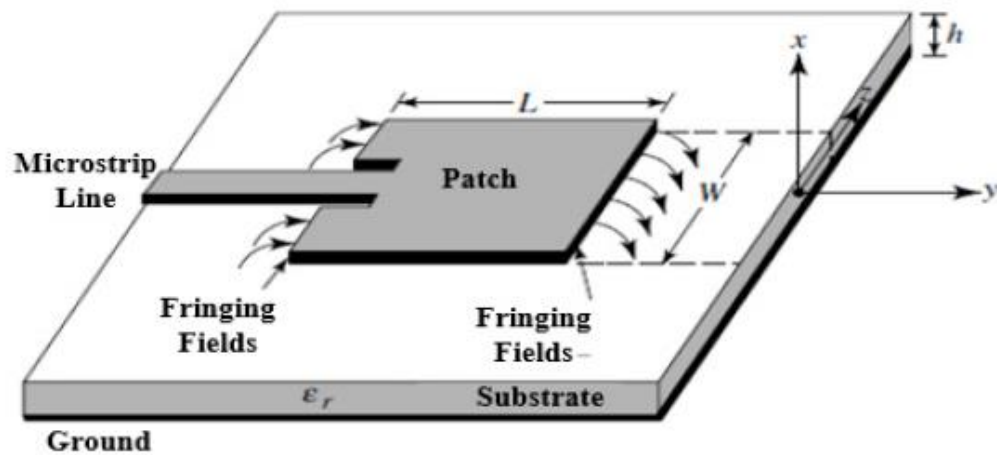
Attenuasi akiba hujan ini juga dipengaruhi oleh kecepatan , ukuran droplets, dan juga amplitudo hamburan maupun distribusi dropelet hujan (Council, 2016).

Rain attenuation merupakan fenomena degradasi gelombang elektro magnetik akibat interferensi atmosferik (droplet hujan, salju, es, dll). Attenuasi akan sangat berpengaruh terutama pada gelombang dengan frekuensi diatas 10 GHz akibat hujan maupun precipitasi. Rain attenuation sangat berhubungan dengan besar frekuensi yang digunakan dan curah hujan pada suatu daerah, hal ini akan mempengaruhi kualitas sinyal pada komunikasi Link dan dapat meningkatkan Path Loss pada sistem komunikasi Link (Akhtaruzzaman et al., 2020).

2.1.5.4 Antena Mikrostrip

Pengembangan antena untuk aplikasi militer adalah proses kolaboratif yang melibatkan laboratorium pemerintah, universitas dan industri. Antena harus dirancang dengan mempertimbangkan platform dan lingkungan dalam operasi yang akan dijalankan oleh Kementerian Pertahanan. Persyaratan antena untuk aplikasi militer termasuk efisiensi tinggi, lebar pita frekuensi, sangat terintegrasi dan kesesuaian dengan platform host. low profil dan konformitas untuk berbaur dengan antena ke lingkungan sekitarnya untuk menghindari deteksi dan identifikasi yang mudah terlihat atau diketahui musuh. Secara umum, semakin kompleks antena, semakin lebih dapat dipengaruhi oleh platform dan lingkungan operasional. Parameter penting lainnya di desain antena adalah pilihan bahan yang memenuhi struktural, elektronik, dan elektromagnetik. material yang digunakan adalah yang terpenting dalam integrasi, pengemasan, interferensi, dan parameter kinerja seperti efisiensi serta lebar pita. Pemilihan bahan juga berperan peran penting dalam penampilan antena dan identifikasi atau kamuflase antena pada saat beroperasi. (Zaghloul et al., 2010).

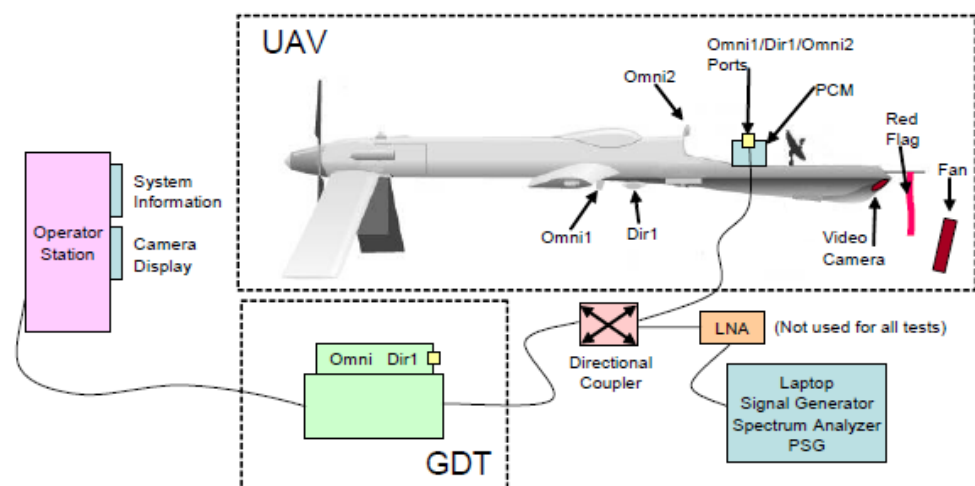
Antena untuk keperluan UAV, biasanya bergantung pada struktur dimensi yang terikat dengan karakteristik sistem aerodinamik, bobot, dan kekokohan atau robusnes merupakan karakteristik dasar antena yang diperlukan untuk UAV. Antena yang biasa digunakan untuk platform UAV adalah ; Planar Antena, Whip, *Lose Wire*. Dalam penelitian ini digunakan antena Planar, dimana antena tersebut memiliki fleksibilitas yang tinggi dan dapat digunakan sebagai antena omnidirectional maupun directional. Struktur antena planar juga tidak mudah terinterferensi oleh sistem aerodinamis. Sehingga sangat cocok digunakan untuk platform UAV (Carneiro et al., 2018).



Gambar 2. 5 Planar Antena (Mikrostrip Antena)

Sumber : (Carneiro et al., 2018)

Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah conducting patch, substrat dielektrik, dan groundplane. Pada Penelitian ini UAV dilengkapi dengan antenna yang bekerja pada pita frekuensi C-Band. Berikut adalah beberapa contoh skema peletakkan antenna berdasarkan literatur studi



Gambar 2. 6 Payload dan skema Antena Positioning MQ 9 Predator

Sumber ; (Bonter et al., 2004)

2.2. Penelitian Terdahulu Yang Relevan

Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No.	Judul dan Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	<p>Peneliti: Yuni Lestiyanti (2019)</p> <p>Judul: Analisis Dan Desain Sistem Antena Untuk Komunikasi Data Link Pada Prototipe Puna Male</p> <p>Metode: Pemodelan dan Simulasi</p>	Desain rancangan antena mikrostrip untuk komunikasi data link pada PUNA MALE	Merupakan salah satu parameter dalam link budget yang akan dihitung	Terbatas pada desain rancang antena
2	<p>Peneliti: Wilson Medina-Pazmiño 1, Aníbal Jara-Olmedo 2, David Valencia-Redrován (2016)</p> <p>Judul: Analysis and Determination of Minimum Requirements for a Data Link Communication System for</p>	Diperoleh hasil data komunikasi dan video memiliki kualitas yang sesuai yang diharapkan, parameter yang dibutuhkan untuk melakukan komunikasi data link dapat terdefiniskan secara jelas dan baik	Melakukan perhitungan link budget untuk memperoleh optimasi dan komunikasi data link kualitas yang bagus	Perhitungan link budget dan parameter kebutuhan terbang UAV dilakukan secara eksperimental langsung dilapangan

	<p>Unmanned Aerial Vehicles- UAV's</p> <p>Metode: Eksperimen dan pengambilan data secara langsung dilapangan dalam penentuan link budget</p>			
3.	<p>Peneliti: Gang Yao (2016)</p> <p>Judul: To Improve the Real-Time Performance of Airborne Data Link Communication System</p> <p>Metode: Simulasi dan perhitungan dengan beberapa sistem simulasi</p>	<p>Diperoleh adanya peningkatan terhadap sistem komunikasi data link</p>	<p>Optimasi data link/perhitungan link budget dengan metode simulasi</p>	<p>Metode simulasi rumit</p>
4.	<p>Peneliti: (Zhao et al., 2018)</p> <p>Judul: Integrating Communication and Control for UAV</p>	<p>Diperoleh beberapa skenario sistem C2 pada UAV dan desain sistem komunikasi kontrol dengan cost yang rendah</p>	<p>Melakukan penelitian dan pemodelan pada komunikasi link untuk single UAV</p>	<p>Simulasi dengan sistem integrasi Command, dengan beberapa skenario penerbangan. Pemodelan dan perhitungan secara</p>

	<p>System : Opportunities and Challenges</p> <p>Metode: Simulasi dan Pemodelan 3D</p>			menyuluruh dan dengan 3D sistem
5.	<p>Peneliti: (Yan et al., 2019)</p> <p>Judul: <i>A Comprehensive Survey on UAV Communication Channel Modeling</i></p> <p>Metode: Metode penelitian kuantitatif dengan melakukan perhitungan matematik in lab karakterisasi dan perhitungan dengan sistem simulasi.</p>	Diperoleh perhitungan Link budget untuk komunikasi A2A dan A2G	Perhitungan Link Budget Untuk UAV	Perhitungan yang dilakukan mencakup seluruh parameter Link Budget, dan dengan skenario komunikasi A2A dan A2G
6..	<p>Peneliti: (Munn et al., 2008)</p> <p>Judul: <i>Weaponization of lightweight UAS for Support of Military Operation</i></p>	Dapat memodelkan permasalahan terkait Assesment & Control, Execute, Planning of Action pad UACAV.	Pemodelan dan desain sistem UAV untuk Combatan	Simulasi dilakukan untuk memperoleh data fleksibilitas dan availability UAV pada fungsi combat melalui desain dan pemodelan dan perhitungan analitik

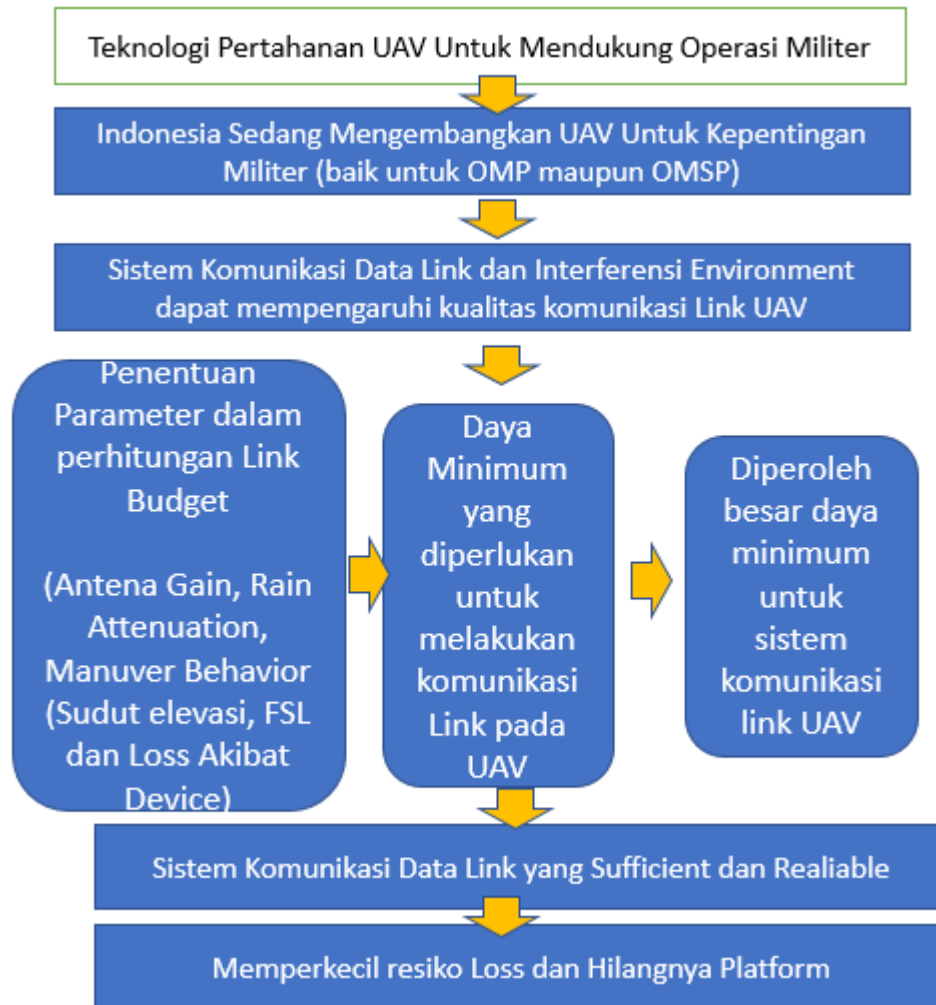
	<p>Metode: Menggunakan metode simulasi dan pemodelan dengan software VBS2, JCATS dan 3D Studio max</p>			
7.	<p>Peneliti: Farkas , 2018</p> <p>Judul: Weaponization of lightweight UAS for Support of Military Operation</p> <p>Metode: Menggunakan metode simulasi dan pemodelan dengan software VBS2, JCATS dan 3D Studio max</p>			
8.	<p>Peneliti: (Ma'Sum et al., 2013)</p> <p>Judul: Simulation of intelligent Unmanned Aerial Vehicle for the Military Surveillance</p>	<p>Hasil pengolahan sensor UAV dalam mendeteksi benda dibawahnya, yang kemudian dihitung secara komputasi sebagai data sampel untuk mewakili kondisi</p>	<p>Simulasi laboratorium eksperimental dengan UAV untuk keperluan militer</p>	<p>Fokus penelitian pada sistem akuisisi data dan surveillan</p>

	<p>Metode: <i>Eksperimen dalam Laboratorium dengan mengunakan Drone atau Small UAV for object recognize</i></p>	lapangan sesungguhnya		
9.	<p>Peneliti: (Khuwaja et al., 2018)</p> <p>Judul: <i>A Suvey of channel modeling for UAV Communication</i></p> <p>Metode: <i>Pengukuran dan perhitungan dengan sistem komputasi dan laboratorium desain</i></p>	Komprehensif dan lengkap mengenai data untuk channel komunikasi UAV, untuk low – cost dan low – power karakteristik yang dapat digunakan oleh UAV	Penelitian merupakan perhitungan Chanel untuk frekuensi komunikasi Link UAV	Penelitian dilakukan dengan berbagai skenario dan parameter komunikasi yang ada baik komunikasi pad A2A , G2G, maupun A2G.
10	<p>Peneliti: (Ya'acob et al., 2018)</p> <p>Judul: <i>Link Budget Calculator System for satellite Communication</i></p> <p>Metode:</p>	Menyediakan program atau algoritma yang dapat digunakan untuk menghitung Link Budget.	Menghitung Link Budget	Digunakan Untuk Perhitungan pada Satelite komunikasi

<i>Analisis dan perhitungan dilakukan dengan Software Matlab</i>			
--	--	--	--

2.3. Kerangka Pemikiran

Kerangka berfikir dalam suatu penelitian perlu dikemukakan apabila dalam penelitian tersebut berkenaan dua variabel atau lebih. Pada penelitian ini digunakan sistem kerangka operasional, Kerangka operasional adalah sebuah kerangka yang didalamnya menjelaskan tentang variabel yang diperoleh dari konsep-konsep yang sudah dipilih dan juga menunjukkan adanya hubungan antara variabel data tersebut serta menjelaskan hal apa saja yang bisa dijadikan sebagai indikator yang digunakan untuk mengukur variabel yang berhubungan (Dr. Sandu Siyoto, SKM, M.Kes, M. Ali Sodik, 2015)



Gambar 2. 7 Kerangka Pemikiran

2.4.Hipotesis

Berdasarkan teori dan data dari penelitian sebelumnya, maka dapat di buat produga penelitian atau hipotesa terhadap penelitian ini yaitu :

Komunikasi Data Link pada PUNA MALE akan sangat di pengaruhi oleh parameter berikut

- Rain Attenuation,

Mengingat curah hujan yang dimiliki oleh Indonesia sebagai negara beriklim Sub Tropis yang memiliki curah hujan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan negara lain, serta frekuensi cuaca dengan

intensitas hujan lebat yang cukup tinggi akan mempengaruhi penentuan nilai minimum dari daya yang diperlukan untuk melakukan komunikasi.

- Gain Antena,

Parameter ini akan berkaitan erat dengan operasi yang akan dilakukan oleh PUNA MALE, Selain itu hal ini juga berkaitan dengan ketinggian yang diperlukan oleh MALE saat melakukan operasi, dan penting kaitannya dengan sudut azimut dari UAV MALE terhadap antena.

- Carrier to noise ratio & Signal to noise ratio.

Menurut Ya'acobe et al, 2018. Rasio Carrier terhadap Noise (C/N) biasa digunakan pada sistem komunikasi satelit dan Rasio Sinyal terhadap Noise (S/N) yang digunakan pada sistem operasi / keperluan operasi (situasional praktis). Kedua parameter tersebut akan menentukan kualitas service sistem komunikasi data link ketika bermanuver diudara.