



## **Desain Model Jaringan IP *Combat Management System* pada Kapal Perang Republik Indonesia Menggunakan GNS3**

**Randika Prathama Adibrata<sup>\*1</sup>, Erpan Sahiri<sup>2</sup>**

Email: <sup>1</sup>adibratarandika208@gmail.com, <sup>2</sup>e.sahiri@gmail.com

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut

Diterima: 03 Juni 2026 | Direvisi: - | Disetujui: 13 Agustus 2026  
©2020 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,  
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

### **Abstrak**

Modernisasi Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) pada Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) menuntut *Combat Management System* (CMS) yang terintegrasi. Masalah utama yang dihadapi adalah bergesernya sistem komunikasi militer ke sistem berbasis *Internet Protocol* (IP) dan ketergantungan Indonesia pada teknologi CMS buatan luar negeri. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang desain arsitektur jaringan IP baru yang dikhususkan bagi operasional CMS KRI serta menguji fungsionalitas. Solusi yang diusulkan adalah perancangan desain topologi fisik hibrida, yang menggabungkan keunggulan topologi bintang pada tingkat internal *Central Server Cabinet* (CSC) dan topologi *mesh parsial* antar-kabinet. Selain itu, manajemen komunikasi data dioptimalkan secara logis menggunakan *Virtual Local Area Network* (VLAN). Metode penyelesaian masalah dilakukan melalui pemodelan simulator *Graphical Network Simulator 3* (GNS3) dan dilanjutkan dengan pengujian validasi fungsional. Simulasi jaringan membuktikan kelancaran pertukaran data secara komprehensif, yang ditandai dengan keberhasilan konektivitas antar-perangkat pada seluruh skenario pengujian. Implementasi segmentasi VLAN terbukti sukses memisahkan jalur data, sehingga aliran perintah taktis yang bersifat *real-time* dapat terdistribusi tanpa terganggu oleh beban video berkapasitas besar. Secara keseluruhan, perancangan arsitektur jaringan ini terbukti tangguh dan efisien dalam mencapai standar operasi yang membutuhkan reduksi, mengeliminasi risiko *single point of failure* dan dapat ditingkatkan di masa yang akan datang. Desain arsitektur ini diharapkan dapat menjadi cetak biru (*blueprint*) yang kokoh bagi industri dalam negeri untuk mendukung kemandirian teknologi pertahanan nasional.

**Kata kunci:** *Desain Model, Jaringan IP, Combat Management System, Graphical Network Simulator 3, Kapal Perang Republik Indonesia.*

## **Design of IP *Combat Management System* Network Model on Republic of Indonesia Warships Using GNS3**

### **Abstract**

The modernization of the Primary Weapon Systems (Alutsista) on the Republic of Indonesia Warships (KRI) demands an integrated *Combat Management System* (CMS). The main problem faced is the shift of military communication systems toward *Internet Protocol* (IP)-based systems and Indonesia's dependence on foreign-made CMS technology. To overcome these problems, this research aims to design a new IP network architecture specifically tailored for KRI CMS operations and to test its functionality. The proposed solution is the design of a hybrid physical topology, combining the advantages of a star topology at the internal level of the *Central Server Cabinet* (CSC) and a partial mesh topology between cabinets. Additionally, data communication management is logically optimized using *Virtual Local Area Networks* (VLAN). The problem-solving method is conducted through modeling in the *Graphical Network Simulator 3* (GNS3), followed by functional validation testing. The network simulation proves the seamlessness of comprehensive data exchange, indicated by successful inter-device connectivity across all test scenarios. The implementation of VLAN segmentation is proven successful in isolating data paths, ensuring that

*real-time tactical command flows can be distributed without being disrupted by high-capacity video loads. Overall, this network architecture design is proven to be robust and efficient in meeting operational standards that require redundancy, eliminating the risk of a single point of failure, and providing scalability for future upgrades. This architectural design is expected to serve as a solid blueprint for the domestic industry to support self-reliance in national defense technology.*

**Keywords:** Model Design, IP Network, Combat Management System, Graphical Network Simulator 3, Republic of Indonesia Warships

## 1. PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki kepentingan nasional strategis yang sangat bergantung pada keamanan dan kedaulatan wilayah lautnya. Dalam menghadapi dinamika ancaman maritim, TNI Angkatan Laut (TNI AL) bertindak sebagai garda terdepan untuk mengamankan perairan nasional [1]. Menjawab tantangan tersebut, kebutuhan mendesak untuk memodernisasi Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) tidak dapat ditunda lagi [2]. Hal ini dibuktikan dengan bergabungnya beberapa kapal perang canggih kelas fregat dan korvet ke dalam jajaran Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) pada rentang periode 2016-2026 [3].

Kunci utama dari modernisasi alutsista ini berpusat pada kehadiran *Combat Management System* (CMS) yang terintegrasi. CMS bertindak layaknya "otak" dari kapal perang yang berfungsi untuk mengumpulkan seluruh data dari berbagai sensor, memberikan gambaran taktis, dan mengarahkan senjata menuju sasaran [4]. Dalam operasi tempur, CMS dituntut untuk mampu memproses dan melumpuhkan ancaman dengan sangat cepat, presisi, dan tanpa toleransi kegagalan (*zero failure*). Keterlambatan pemrosesan data oleh CMS akan langsung mempertaruhkan nyawa dan keselamatan seluruh personel di atas kapal perang.

Tuntutan kecepatan dan keandalan pemrosesan data CMS ini dilatarbelakangi oleh bergesernya tren teknologi pertahanan global. Saat ini, sistem komunikasi militer telah beralih dari arsitektur analog yang tertutup (*proprietary*) menuju sistem jaringan berbasis *Internet Protocol* (IP) [5]. Adopsi jaringan IP ini menawarkan keunggulan berupa skalabilitas, modularitas, dan kemudahan integrasi antar-subsistem. Meskipun demikian, jaringan IP pada kapal perang harus tetap memiliki kecepatan pemrosesan tinggi untuk mendukung operasi *real-time* dan memenuhi standar spesifikasi militer yang sangat ketat.

Transisi menuju jaringan IP ini membawa tantangan baru yang membuat manajemen jaringan berspesifikasi militer menjadi sangat kompleks. Ketergantungan Indonesia pada teknologi CMS buatan luar negeri melalui skema *Transfer of Technology* (ToT) saat ini masih menjadi kendala utama. Akibat ketergantungan tersebut, industri dalam negeri masih dihadapkan pada tantangan untuk dapat merancang CMS secara mandiri.

Penelitian sebelumnya telah banyak mengkaji berbagai aspek terkait kesiapan kapal perang dan sistem kendali senjata. Penelitian oleh Prayitno dkk. (2021) menegaskan bahwa tingkat kesiapan KRI sangat bergantung pada kondisi pemeliharaan *Platform* dan *Sensor Weapon and Command Control* (Sewaco) [6]. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dan modernisasi material Sewaco, di mana CMS menjadi komponen utamanya, merupakan sebuah prioritas mutlak yang harus selalu dipenuhi guna mendukung operasi angkutan dan tempur laut.

Pada sistem kendali senjata, penelitian Krisnawati dkk. (2018) telah mengkaji sistem kendali jarak jauh senjata pada pasukan menggunakan metode telemetri dan kendali PID [7]. Hal tersebut memperlihatkan bahwa tren sistem persenjataan nasional terus bergerak maju ke arah automasi dan integrasi jaringan komunikasi data. Sementara itu, terkait pemodelan jaringan, penelitian Dewa dkk. (2024) dan Ramli dkk. (2021) membuktikan bahwa *Graphical Network Simulator 3* (GNS3) adalah alat simulasi yang sangat efektif dan realistis untuk menganalisis lalu lintas data serta interaksi beberapa komponen jaringan yang kompleks [8], [9].

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan pentingnya modernisasi platform KRI, sistem kendali senjata, dan pemanfaatan alat simulasi jaringan. Namun, terdapat kekurangan di mana kajian-kajian tersebut masih dilakukan secara terpisah pada domainnya masing-masing. Sampai saat ini, belum ada penelitian yang secara spesifik mengaplikasikan metode perancangan desain arsitektur jaringan IP baru yang dikhususkan untuk CMS KRI, serta memvalidasi keandalannya menggunakan simulator GNS3.

Kondisi ini memerlukan sebuah pendekatan yang lebih terfokus untuk mengatasi kesenjangan teknologi desain jaringan tersebut. Sebagai solusi, penelitian ini mengusulkan perancangan desain baru arsitektur jaringan IP untuk CMS yang memanfaatkan pendekatan topologi hibrida dan segmentasi logis menggunakan *Virtual Local Area Network* (VLAN). Pendekatan terstruktur ini dipilih secara khusus guna mencegah terjadinya risiko *single point of failure*.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penciptaan desain arsitektur jaringan baru yang dirancang dan disesuaikan secara khusus dengan kebutuhan kapal perang Indonesia. Pemanfaatan landasan teori manajemen jaringan melalui kombinasi topologi fisik hibrida dan segmentasi logis akan disimulasikan dan diuji fungsionalitasnya di dalam lingkungan virtual GNS3. Hal ini diharapkan dapat menghasilkan arsitektur sistem yang andal dan efisien.

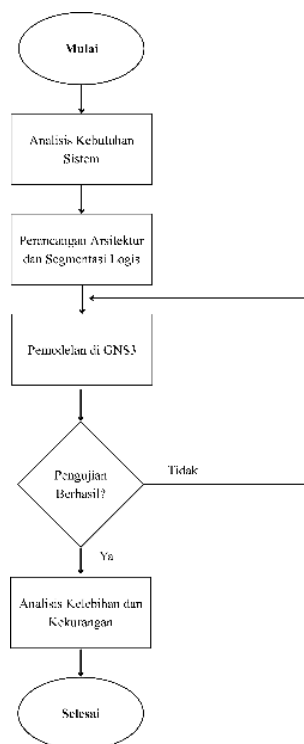
Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain topologi, manajemen pengalaman jaringan IP dan konfigurasi perangkat untuk CMS pada KRI modern. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji keandalan desain tersebut melalui simulator GNS3.

Harapan dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi nyata berupa cetak biru (*blueprint*) desain arsitektur jaringan virtual yang telah tervalidasi fungsionalitasnya. Sehingga dapat digunakan sebagai panduan teknis oleh industri pertahanan dalam negeri untuk mengembangkan CMS buatan Indonesia secara mandiri di masa depan. Menjadikan, ketergantungan Indonesia pada produk pertahanan asing dapat dikurangi, yang pada akhirnya akan meningkatkan kemandirian teknologi militer nasional.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan terapan yang difokuskan pada perancangan desain arsitektur jaringan IP untuk CMS pada KRI. Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari lima tahapan utama yang dilakukan secara sistematis. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan sistem, di mana spesifikasi operasional jaringan CMS dievaluasi untuk memastikan desain yang akan dibuat dapat memenuhi kebutuhan operasional CMS KRI. Tahap kedua adalah perancangan arsitektur dan segmentasi logis, yang mencakup perumusan skema topologi serta pemetaan *Virtual Local Area Network* (VLAN) untuk memisahkan komunikasi data secara terstruktur. Tahap ketiga dilanjutkan dengan pemodelan rancangan ke GNS3, di mana desain topologi dan konfigurasi yang telah dirumuskan sebelumnya dimodelkan ke dalam lingkungan digital menggunakan perangkat lunak GNS3. Tahap keempat yaitu pengujian, dilakukan di dalam simulator GNS3 untuk memvalidasi fungsionalitas jaringan, memastikan setiap node dan antarmuka dapat saling berkomunikasi sesuai dengan segmentasi yang telah dibuat. Tahap terakhir adalah analisis kelebihan dan kekurangan, yang bertujuan untuk mengevaluasi hasil pengujian dalam hal sejauh mana arsitektur baru ini sukses mengeliminasi risiko *single point of failure* dan menilai apa saja kelemahan dari implementasi desain tersebut. Seluruh urutan tahapan penyelesaian masalah dalam penelitian ini divisualisasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### 2.2. Teknik Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data dalam penelitian ini dilaksanakan secara komprehensif melalui dua pendekatan utama, yaitu observasi langsung dan tinjauan literatur [10]. Pendekatan pertama, yakni observasi, dilakukan secara langsung pada beberapa KRI modern yang telah dilengkapi dengan teknologi CMS. Observasi lapangan ini bertujuan untuk meninjau secara faktual infrastruktur fisik dari sistem jaringan IP, memastikan jenis perangkat keras (seperti *network switch* dan *node server*) yang digunakan, serta mengamati bagaimana implementasi topologi jaringan beroperasi secara nyata dalam menghubungkan berbagai subsistem di kapal perang.

Pendekatan kedua dilakukan melalui metode tinjauan literatur yang difokuskan pada pengkajian dokumen-dokumen teknis, secara spesifik menggunakan buku manual dan panduan teknis yang didapatkan dari sistem CMS pada KRI tersebut [11]. Melalui buku manual ini, dilakukan penelaahan mendalam mengenai diagram pengkabelan (*wiring diagram*), spesifikasi perangkat, hingga parameter operasional jaringan yang direkomendasikan oleh pihak pabrikan. Kombinasi dari kedua teknik pengumpulan data ini pengamatan visual di lapangan terhadap KRI dan analisis detail dari dokumen *manual book* CMS bertujuan untuk menghasilkan landasan data yang valid dan akurat. Seluruh data spesifikasi dan konfigurasi yang diperoleh dari tahapan ini selanjutnya akan diolah dan dijadikan sebagai parameter utama dalam merancang serta memodelkan arsitektur jaringan pada simulator GNS3.

### 2.3. Teknik Analisis dan Pemodelan

Setelah seluruh data teknis dan spesifikasi operasional terkumpul dari tahapan observasi serta tinjauan literatur, langkah selanjutnya adalah melakukan teknik analisis untuk merumuskan rancangan arsitektur jaringan IP yang baru. Proses analisis ini diawali dengan mengidentifikasi dan menentukan kebutuhan infrastruktur fisik, yang mencakup penentuan jenis perangkat keras jaringan, *node server*, antarmuka sensor, hingga spesifikasi kabel yang diperlukan untuk mendukung komunikasi data berkecepatan tinggi. Setelah infrastruktur fisik dipetakan, tahap analisis dilanjutkan dengan merumuskan arsitektur topologi jaringan fisik dan menyusun manajemen pengalaman IP. Pada tahap ini, ditentukan skema perutean (*routing*) dan segmentasi jaringan secara logis menggunakan VLAN untuk memisahkan jalur komunikasi berdasarkan jenis lalu lintas data (seperti data taktis *real-time*, video, dan subsistem sensor) [12]. Data arsitektur fisik dan logis yang telah dirumuskan melalui proses analisis kemudian ditransformasikan ke dalam lingkungan digital menggunakan teknik pemodelan pada simulator perangkat lunak GNS3.

Setelah arsitektur virtual selesai direplikasi secara utuh di dalam GNS3, tahapan terakhir dari proses ini adalah merumuskan teknik pengujian sistem. Pengujian ini dirancang menggunakan dua skenario utama: pertama, pengujian isolasi segmentasi menggunakan pengiriman paket *Internet Control Message Protocol* (ICMP) melalui perintah *ping* guna memastikan kelancaran komunikasi data di setiap kompartemen VLAN [13]; dan kedua, pengujian keandalan topologi yang dilakukan dengan mensimulasikan pemutusan rute (*link failure*) untuk memvalidasi keberhasilan desain dalam mereplekasi redundansi dan mencegah terjadinya *single point of failure*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Infrastruktur Perangkat Jaringan

Langkah pertama dalam perancangan desain arsitektur jaringan IP untuk CMS pada kapal perang adalah menetapkan fondasi infrastruktur perangkat keras fisik yang akan digunakan. Seluruh perangkat jaringan ini harus memenuhi standar spesifikasi militer guna menjamin keandalan operasional, ketahanan terhadap kondisi lingkungan laut yang ekstrem, dan kemampuan pemrosesan data taktis secara *real-time*. Berikut adalah identifikasi dan spesifikasi perangkat keras utama yang menyusun rancangan infrastruktur jaringan IP CMS ini:

#### a. Central Server Cabinet (CSC)

Sebagai pusat pemrosesan dan kendali utama, rancangan ini menggunakan 2 unit CSC yang dirancang khusus untuk melindungi perangkat dari gangguan lingkungan ekstrem di laut. CSC dilengkapi dengan perangkat *shock absorber* untuk meredam guncangan fisik dan sistem *anti-condensation* untuk mencegah kerusakan akibat kelembapan. Kabinet ini berfungsi sebagai wadah bagi server-server taktis yang menyatukan arus informasi dari sensor eksternal dengan CMS. Selain itu, 1 kabinet CSC juga menampung 2 *network switch* utama jaringan dan dilengkapi dengan *Uninterruptible Power Supply* (UPS) terintegrasi untuk memastikan pasokan daya ke *Tactical Operator Console* (TOC) tetap stabil meskipun terjadi pemadaman listrik secara tiba-tiba.

#### b. Tactical Operator Console (TOC)

TOC dirancang sebagai stasiun kerja (*workstation*) grafis serbaguna yang ditempatkan di Pusat Informasi Tempur (PIT). Perangkat ini bertindak sebagai *Human Machine Interface* (HMI) utama bagi operator untuk melakukan komando, kontrol, serta berinteraksi dengan presentasi grafis sistem senjata dan sensor. TOC dilengkapi dengan layar datar berwarna resolusi tinggi untuk memfasilitasi pengambilan keputusan taktis yang cepat dan akurat.

#### c. Support and Maintenance Console (SMC)

Untuk mendukung keberlanjutan operasional, infrastruktur ini dilengkapi dengan SMC. Perangkat ini didedikasikan khusus untuk kebutuhan pemeliharaan sistem, pemantauan jaringan, serta pelaksanaan sesi pelatihan bagi operator PIT. Selain itu, SMC berfungsi sebagai pusat pencatatan (*logging*) data taktis, data teknis, dan data diagnostik guna mempermudah proses *troubleshooting*.

#### d. Data Terminal Unit (DTU)

Dalam sistem kapal perang, terdapat banyak subsistem atau sensor yang masih menggunakan koneksi diskrit maupun serial. Oleh karena itu, dirancang penggunaan DTU yang memiliki berbagai antarmuka khusus. DTU ini berfungsi krusial sebagai IP

*bridge* atau gerbang jaringan (*gateway*) yang mengonversi dan menjembatani data dari berbagai subsistem eksternal agar dapat terintegrasi ke dalam jaringan IP aplikasi CMS.

e. *Video Terminal Unit* (VTU)

Distribusi data video dari sensor, seperti radar, membutuhkan penanganan khusus agar tidak membebani jaringan utama. Rancangan ini memanfaatkan VTU sebagai antarmuka video antara sistem radar dan konsol TOC. VTU bertugas melakukan digitalisasi, yaitu mengonversi sinyal video radar analog komposit menjadi aliran data digital yang efisien untuk ditransmisikan melalui kabel *Ethernet*.

f. *Dual Homing Switch* (DHS)

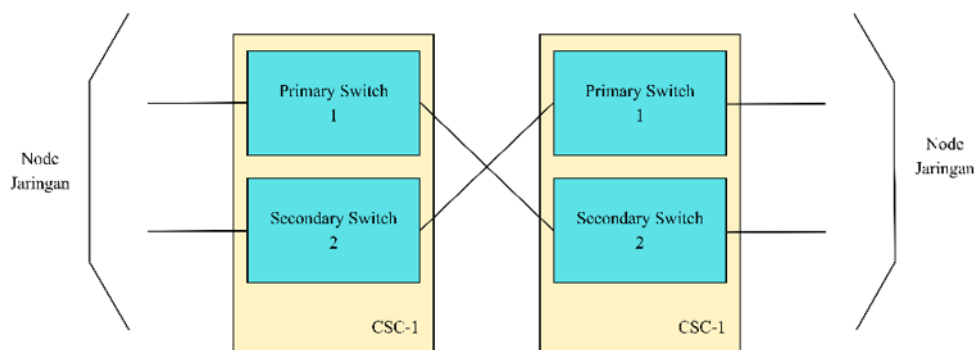
Untuk mengintegrasikan subsistem yang memiliki server sendiri seperti Sonar, dirancang penggunaan DHS. Perangkat antarmuka ini dilengkapi dengan konektivitas *Dual Ethernet* yang terhubung langsung ke jaringan data utama CMS. Dengan fitur *dual homing*, perangkat ini mampu mengakses dan mendistribusikan data ke dua server sekaligus (server Sonar dan server CMS).

### 3.2. Desain Topologi

Berdasarkan kebutuhan operasional yang mensyaratkan ketersediaan data *real-time* dan ketahanan tinggi terhadap kegagalan perangkat, rancangan arsitektur jaringan IP untuk CMS ini mengimplementasikan pendekatan topologi hibrida. Arsitektur hibrida ini dibangun dengan memadukan dua karakteristik topologi dasar, yaitu rancangan topologi bintang (*star*) pada tingkat internal kabinet server dan rancangan topologi mesh parsial (*partial mesh*) pada tingkat interkoneksi antar-kabinet.

Pada tingkat internal di dalam masing-masing CSC, jaringan didesain mengadopsi struktur topologi bintang [14]. Dalam konfigurasi operasional ini, perangkat *network switch* difungsikan sebagai *central node* yang mendistribusikan lalu lintas data ke seluruh perangkat. Seluruh perangkat keras *end-host* yang telah didefinisikan sebelumnya, seperti TOC, SMC, DTU, VTU dihubungkan secara langsung dan terpusat menuju switch di dalam CSC masing-masing. Penerapan topologi bintang pada tingkat internal ini memberikan beberapa keunggulan teknis yang sangat vital, di antaranya adalah isolasi masalah, serta kemudahan proses identifikasi masalah (*troubleshooting*) bagi kru pemeliharaan. Sebagai contoh, apabila terjadi kerusakan fisik pada kabel koneksi yang mengarah ke satu unit TOC, gangguan tersebut akan terisolasi dan tidak akan mengganggu operasional unit TOC lainnya maupun jaringan CMS secara keseluruhan.

Sementara itu, untuk menjamin stabilitas pertukaran data secara global, arsitektur pada tingkat antar-kabinet CSC-1 dan CSC-2 dirancang menggunakan pendekatan topologi mesh parsial [15]. Rancangan ini direalisasikan dengan membangun jalur interkoneksi silang ganda yang menghubungkan *switch* utama dan *switch* sekunder di antara kedua CSC yang berbeda. Mekanisme perutean silang ini secara efektif menciptakan redundansi jalur komunikasi cadangan. Secara utuh, visualisasi dari rancangan desain topologi hibrida ini dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Topologi

### 3.3. Manajemen Pengalamatan

Dalam merancang arsitektur jaringan IP untuk CMS, manajemen pengalamatan merupakan aspek teknis yang sangat penting untuk memastikan setiap perangkat dapat saling berkomunikasi secara tepat dan efisien tanpa terjadi tabrakan identitas (*IP conflict*). Pada desain arsitektur jaringan CMS ini, manajemen pengalamatannya menggunakan protokol IPv4 dengan mengalokasikan ruang alamat IP Kelas C dengan *subnet mask* /24 [16].

Pemilihan kelas pengalamatan ini didasarkan pada jumlah penggunaan *end host* pada CMS. IP Kelas C mampu mengakomodasi hingga 254 alamat *host* yang dapat digunakan secara efektif di dalam satu subnet. Mengingat total keseluruhan perangkat keras *end-host* yang beroperasi di dalam satu sistem CMS KRI berjumlah jauh di bawah batasan 254 perangkat, maka pengalokasian IP Kelas C dinilai sebagai solusi yang paling optimal. Penggunaan kelas ini akan mencegah terjadinya pemborosan alokasi IP (*IP address wastage*) dan mempercepat proses resolusi alamat yang sangat dibutuhkan untuk mencapai latensi rendah.

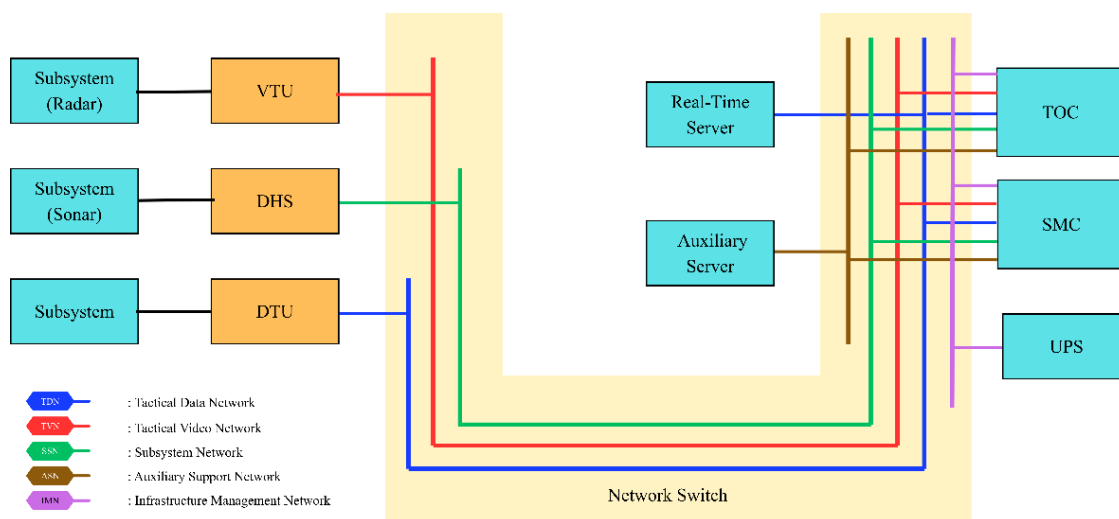


### 3.4 Segmentasi Jaringan

Manajemen jaringan IP pada desain CMS ini tidak hanya bergantung pada pengalamatan dasar, melainkan juga dikonfigurasi melalui pendekatan segmentasi logis. Segmentasi ini direalisasikan dengan mengimplementasikan VLAN [17]. Pendekatan ini merupakan sebuah langkah untuk menjamin keandalan komunikasi dan efisiensi distribusi aliran data. Dengan memecah satu jaringan besar menjadi beberapa kompartemen virtual, konflik lalu lintas data dapat dihindari, sehingga tingkat keamanan dan keandalan sistem dapat meningkat secara signifikan.

Sesuai dengan rancangan pembagian beban kerja pada operasional CMS, segmentasi jaringan diklasifikasikan menjadi beberapa kompartemen VLAN secara terstruktur, meliputi:

- Tactical Data Network (TDN):** Didedikasikan khusus sebagai jalur komunikasi protokol untuk pertukaran data operasional, pengarahan dan penembakan senjata KRI secara *real-time*. Seluruh perintah tempur dari konsol operator (TOC) akan mengalir melalui segmentasi ini dengan prioritas akses tertinggi.
- Tactical Video Network (TVN):** Dirancang khusus untuk mendistribusikan aliran data video, seperti tangkapan radar dari VTU. Karena data video mengonsumsi kapasitas bandwidth yang sangat besar, pemisahan VLAN TVN ini diperlukan agar lalu lintas video tidak mengganggu kecepatan perintah penembakan di TDN.
- Auxiliary Support Network (ASN):** Segmen jaringan sekunder yang difungsikan untuk menghubungkan dan mengakomodasi peralatan-peralatan pendukung yang tidak membutuhkan pemrosesan data *real-time*.
- Subsystem Network (SSN):** Jaringan terpisah yang dirancang untuk mengisolasi lalu lintas data dari peralatan atau sensor eksternal (seperti Sonar dengan perangkat DHS) yang terhubung langsung secara spesifik menuju network switch di dalam CSC.
- Infrastructure Management Network (IMN):** Didedikasikan sebagai koneksi pemeliharaan, yang secara spesifik digunakan untuk memantau perangkat *Uninterruptible Power Supply* (UPS) serta penggunaan fungsi kendali administratif server oleh teknisi.



Gambar 3. Segmentasi Jaringan (VLAN)

### 3.5 Implementasi Pemodelan pada GNS3

Desain infrastruktur fisik dan segmentasi logis VLAN yang telah dirumuskan selanjutnya ditransformasikan ke dalam bentuk model jaringan virtual menggunakan perangkat lunak *Graphical Network Simulator 3* (GNS3) [18]. Tahapan ini diperlukan untuk memvisualisasikan rancangan sekaligus mengevaluasi fungsionalitas arsitektur yang dirancang sebelumnya. Di GNS3, setiap komponen perangkat yang telah disebutkan di poin 3.1 direpresentasikan menggunakan node virtual dengan spesifikasi dan fungsi yang telah disesuaikan.

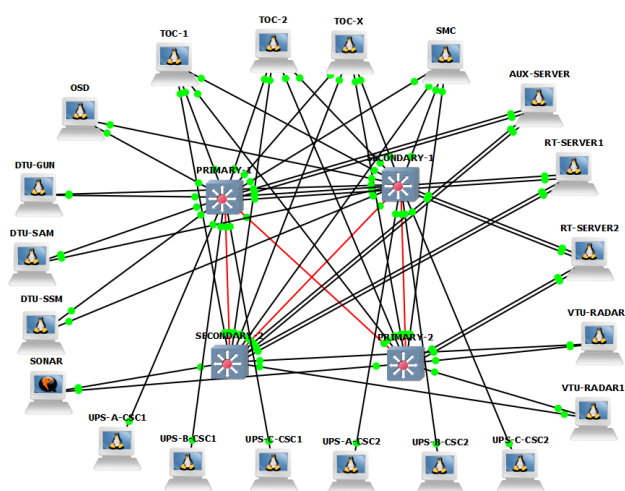
Sebagai pusat distribusi data atau network switch di dalam setiap CSC, rancangan ini dimodelkan menggunakan fitur perangkat lunak *Open vSwitch* (OVS). OVS dipilih karena kemampuannya dalam menangani simulasi jaringan skala besar, mendukung protokol routing, serta mampu memproses segmentasi VLAN. Untuk mengakomodasi seluruh perangkat *end-host* beserta jalur redundansinya, setiap OVS dikonfigurasi melalui konsol agar memiliki 50 buah antarmuka (48 *port* difungsikan dalam mode *access* untuk perangkat keras, dan 2 *port* difungsikan dalam mode *trunk* untuk jalur interkoneksi silang antar-CSC).

Untuk merepresentasikan perangkat stasiun kerja seperti TOC dan SMC, serta perangkat antarmuka jaringan seperti DTU dan VTU, pemodelan menggunakan node *Ubuntu Docker Guest*. *Ubuntu Docker Guest* dipilih karena menyediakan utilitas peralatan jaringan yang sangat lengkap layaknya sistem operasi komputer yang sesungguhnya. Mengingat perangkat-perangkat ini harus

mengakses dan menjembatani berbagai aliran data secara bersamaan (seperti TOC yang membaca data taktis di TDN maupun VTU yang mengirimkan data ke TVN), maka diterapkan konfigurasi *sub-interface* pada node tersebut [19]. Penerapan sub-interface ini memungkinkan satu buah *Network Interface Card* (NIC) fisik mampu mendistribusikan dan memecah lalu lintas paket IP ke berbagai ID VLAN yang berbeda tanpa menimbulkan konflik data.

Sementara itu, untuk merepresentasikan perangkat subsistem seperti Sonar yang memiliki server tersendiri (VLAN SSN), perangkat ini dimodelkan menggunakan node *Alpine Cloud Guest*. Node ini dipilih karena memiliki karakteristik beban memori yang sangat ringan namun mendukung kapabilitas simulasi jaringan tingkat tinggi, khususnya fitur *bonding*. Konfigurasi *bonding* ini diterapkan secara khusus untuk mereplikasi cara kerja DHS pada Sonar, yaitu dengan menggabungkan dua antarmuka fisik virtual (misalnya eth0 dan eth1) menjadi satu saluran logis tunggal (*bond0*) [20]. Teknik ini memastikan kedua server (server sonar dan server CMS) dapat digunakan secara bergantian tanpa adanya kendala operasional.

Setelah seluruh OVS dan node *end-host* dikonfigurasi, langkah terakhir dalam pemodelan ini adalah merangkai topologi fisik. Proses interkoneksi dilakukan dengan memanfaatkan fitur *Add Link* pada GNS3, menarik jalur dari *port access* OVS menuju masing-masing antarmuka TOC, SMC, DTU, VTU, dan subsistem Sonar untuk membentuk topologi bintang di level internal. Selanjutnya, ditarik jalur penghubung antar-port trunk pada OVS di CSC-1 dan CSC-2 untuk menciptakan jalur cross-link yang membentuk arsitektur mesh parsial. Visualisasi utuh dari hasil akhir pemodelan arsitektur desain baru ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Akhir Pemodelan GNS3

### 3.6 Pengujian Pemodelan

Setelah arsitektur sistem jaringan IP CMS KRI berhasil dimodelkan dan dikonfigurasi secara utuh di dalam GNS3, tahapan selanjutnya adalah pengujian pemodelan jaringan. Pengujian ini digunakan untuk memvalidasi bahwa konfigurasi pengalamatan, *sub-interface*, VLAN dan *bonding* berjalan sesuai dengan desain operasional yang diharapkan. Proses verifikasi konektivitas ini dilakukan dengan menggunakan pengiriman paket ICMP melalui eksekusi perintah ping melalui *Command Line Interface* (CLI) di masing-masing node.

Skenario pengujian dipusatkan pada TOC 1 sebagai node penguji utama untuk memverifikasi kelancaran jalur distribusi data menuju berbagai node tujuan berdasarkan segmentasi VLAN. Berikut adalah penjabaran rincian skenario pengujiannya:

#### a. Antar-Workstation

Pengujian pertama dilakukan dengan menjalankan perintah ping antar *workstation*. Hasil pengujian yang menunjukkan status konektivitas antar *workstation* dapat dilihat pada Gambar 5.

```

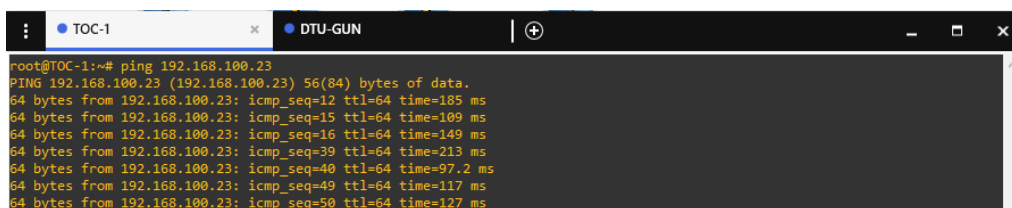
root@TOC-1:~# ping 192.168.101.12
PING 192.168.101.12 (192.168.101.12) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=7 ttl=64 time=3121 ms
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=16 ttl=64 time=12.5 ms
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=26 ttl=64 time=1590 ms
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=34 ttl=64 time=747 ms
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=35 ttl=64 time=4.77 ms
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=81 ttl=64 time=875 ms
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=105 ttl=64 time=13.5 ms
64 bytes from 192.168.101.12: icmp_seq=210 ttl=64 time=1818 ms

```

Gambar 5. Hasil Pengujian Antar-Workstation di GNS3

#### b. TDN

Pengujian komunikasi data pada VLAN TDN dilakukan dengan menjalankan perintah ping dari TOC ke DTU-Gun. Hasil pengujian yang menunjukkan status konektivitas antarperangkat dapat dilihat pada Gambar 6.

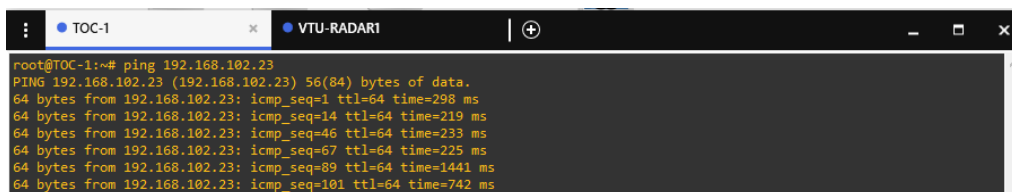


```
root@TOC-1:~# ping 192.168.100.23
PING 192.168.100.23 (192.168.100.23) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.100.23: icmp_seq=12 ttl=64 time=185 ms
64 bytes from 192.168.100.23: icmp_seq=15 ttl=64 time=109 ms
64 bytes from 192.168.100.23: icmp_seq=16 ttl=64 time=149 ms
64 bytes from 192.168.100.23: icmp_seq=39 ttl=64 time=213 ms
64 bytes from 192.168.100.23: icmp_seq=40 ttl=64 time=97.2 ms
64 bytes from 192.168.100.23: icmp_seq=49 ttl=64 time=117 ms
64 bytes from 192.168.100.23: icmp_seq=50 ttl=64 time=127 ms
```

Gambar 6. Hasil Pengujian VLAN TDN di GNS3

#### c. TVN

Pengujian komunikasi data pada VLAN TVN dilakukan dengan menjalankan perintah ping dari TOC ke VTU-RADAR1. Hasil pengujian yang menunjukkan status konektivitas antarperangkat dapat dilihat pada Gambar 7.

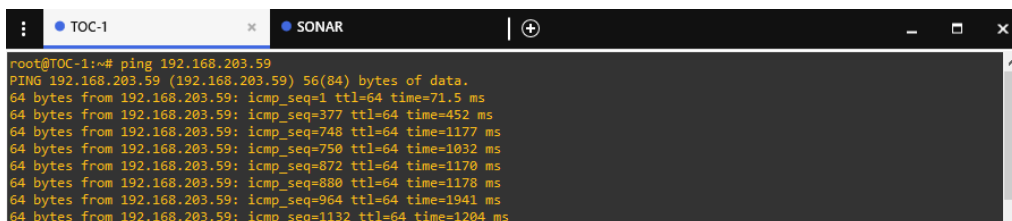


```
root@TOC-1:~# ping 192.168.102.23
PING 192.168.102.23 (192.168.102.23) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.102.23: icmp_seq=1 ttl=64 time=298 ms
64 bytes from 192.168.102.23: icmp_seq=14 ttl=64 time=219 ms
64 bytes from 192.168.102.23: icmp_seq=46 ttl=64 time=233 ms
64 bytes from 192.168.102.23: icmp_seq=67 ttl=64 time=225 ms
64 bytes from 192.168.102.23: icmp_seq=89 ttl=64 time=1441 ms
64 bytes from 192.168.102.23: icmp_seq=101 ttl=64 time=742 ms
```

Gambar 7. Hasil Pengujian VLAN TVN di GNS3

#### d. SSN

Pengujian komunikasi data pada VLAN SSN dilakukan dengan menjalankan perintah ping dari TOC ke Sonar. Hasil pengujian yang menunjukkan status konektivitas antarperangkat dapat dilihat pada Gambar 8.

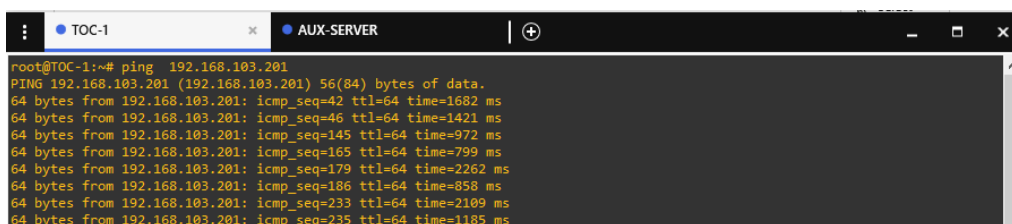


```
root@TOC-1:~# ping 192.168.203.59
PING 192.168.203.59 (192.168.203.59) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=1 ttl=64 time=71.5 ms
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=377 ttl=64 time=452 ms
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=748 ttl=64 time=1177 ms
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=750 ttl=64 time=1032 ms
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=872 ttl=64 time=1170 ms
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=880 ttl=64 time=1178 ms
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=964 ttl=64 time=1941 ms
64 bytes from 192.168.203.59: icmp_seq=1132 ttl=64 time=1204 ms
```

Gambar 8. Hasil Pengujian VLAN SSN di GNS3

#### e. ASN

Pengujian komunikasi data pada VLAN ASN dilakukan dengan menjalankan perintah ping dari TOC ke AUX-SERVER. Hasil pengujian yang menunjukkan status konektivitas antarperangkat dapat dilihat pada Gambar 9.



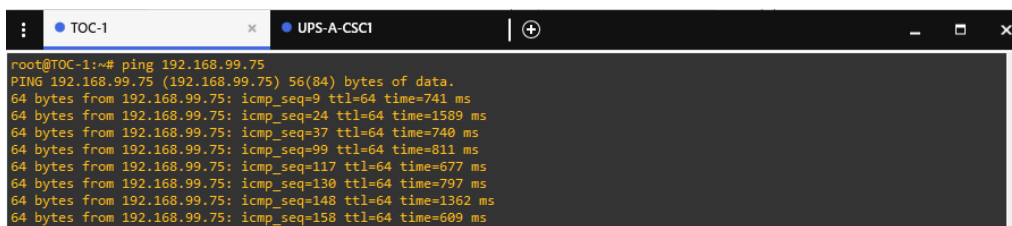
```
root@TOC-1:~# ping 192.168.103.201
PING 192.168.103.201 (192.168.103.201) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=42 ttl=64 time=1682 ms
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=46 ttl=64 time=1421 ms
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=145 ttl=64 time=972 ms
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=165 ttl=64 time=799 ms
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=179 ttl=64 time=2262 ms
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=186 ttl=64 time=858 ms
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=233 ttl=64 time=2109 ms
64 bytes from 192.168.103.201: icmp_seq=235 ttl=64 time=1185 ms
```

Gambar 9. Hasil Pengujian VLAN ASN di GNS3

#### f. IMN

Pengujian komunikasi data pada VLAN IMN dilakukan dengan menjalankan perintah ping dari TOC ke UPS-A-CSC1. Hasil pengujian yang menunjukkan status konektivitas antarperangkat dapat dilihat pada Gambar 10.





Gambar 10. Hasil Pengujian VLAN IMN di GNS3

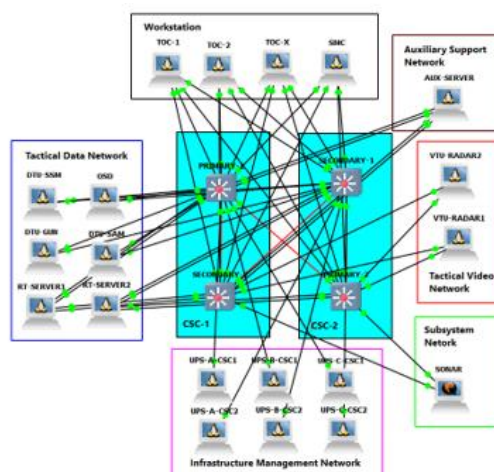
### 3.7 Analisis Kelebihan dan Kekurangan

Berdasarkan hasil perancangan arsitektur, konfigurasi logis, dan pengujian pemodelan simulasi yang telah dilakukan menggunakan GNS3, desain baru sistem jaringan IP untuk CMS KRI ini menawarkan berbagai keunggulan teknis yang signifikan, namun juga memiliki beberapa batasan yang perlu dievaluasi. Rincian analisis kelebihan dan kekurangan dari implementasi rancangan ini dijabarkan sebagai berikut:

#### 3.7.1 Analisis Kelebihan

##### a. Segmentasi Jaringan yang Efisien

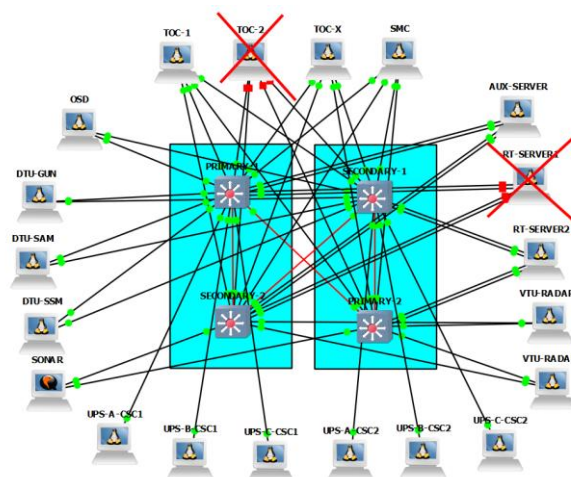
Penerapan pemisahan logis melalui berbagai kompartemen VLAN pada satu infrastruktur fisik yang sama merupakan langkah strategis untuk menjamin efisiensi distribusi data tempur. Dengan memisahkan jalur perintah penembakan senjata yang penting di TDN dari jalur distribusi video berkapasitas besar di TVN, sistem ini secara efektif menghindari potensi konflik lalu lintas data atau *bottleneck*. Hal ini menjamin bahwa perintah penembakan akan selalu diproses secara *real-time*.



Gambar 11. Segmentasi Jaringan yang Efisien

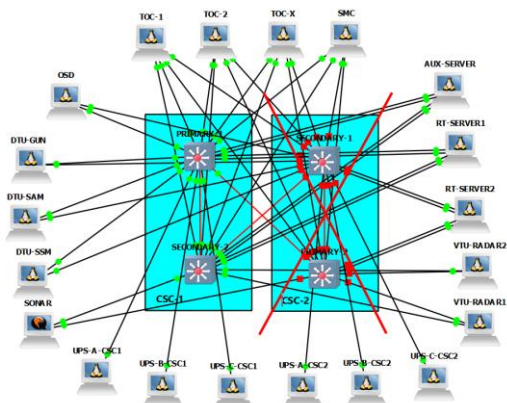
##### b. Redudansi dan Keandalan yang Tinggi

Keunggulan utama dari rancangan arsitektur hibrida ini adalah kemampuannya yang terbukti dalam mengeliminasi risiko *single point of failure*. Pada tingkat internal kabinet, penerapan topologi bintang memberikan isolasi gangguan, di mana kerusakan pada satu jalur kabel atau kegagalan pada satu perangkat (*end-host*) tidak akan memengaruhi kelancaran komunikasi perangkat lainnya di dalam jaringan.



Gambar 12. Menghilangkan Risiko Single Point of Failure

Sementara itu, pada tingkat antar-kabinet, keandalan sistem diperkuat melalui penerapan topologi mesh parsial menggunakan interkoneksi silang (*cross-link*) antar-network switch. Mekanisme perutean redundan ini menjamin operasional CMS akan tetap berjalan dengan normal melalui rute alternatif, bahkan apabila salah satu CSC mengalami kerusakan.



Gambar 13. CSC-2 Rusak Sistem CMS Masih Operasional

### c. Skalabilitas dan Modularitas Sistem

Pengadopsian protokol berbasis standar IP pada keseluruhan rancangan CMS memberikan fondasi yang sangat kuat bagi skalabilitas dan modularitas perangkat di masa depan. Sifatnya yang modular sangat menguntungkan khususnya dari sisi pemeliharaan. ABK kapal dapat dengan mudah melakukan pemeliharaan pada node tertentu tanpa harus mematikan operasional CMS secara keseluruhan. Selain itu konsep ini juga memungkinkan untuk menambahkan node baru atau peningkatan peralatan di masa depan.

### 3.7.2 Analisis Kekurangan

#### a. Kompleksitas Konfigurasi dan Manajemen Tingkat Lanjut

Konsekuensi logis dari penerapan arsitektur hibrida dan pemisahan VLAN yang sangat detail adalah tingginya tingkat kompleksitas teknis dalam manajemen jaringan. Penggunaan teknik konfigurasi jaringan tingkat lanjut, seperti pemecahan jalur menggunakan *sub-interface* pada TOC dan fitur *bonding* pada sensor, menuntut standar keahlian yang tingkat lanjut. Tingkat kompleksitas ini mengharuskan TNI AL untuk menyediakan personel atau teknisi jaringan dengan kualifikasi rekayasa sistem yang jauh lebih tinggi dalam menangani pemeliharaan dan perbaikan.

#### b. Kerentanan pada Tingkat Internal Kabinet

Meskipun arsitektur koneksi antar-CSC telah dibekali dengan redundansi tingkat tinggi melalui topologi *mesh parsial*, rancangan ini masih menyisakan titik kerentanan kritis pada hierarki internal di dalam masing-masing kabinet. Pendekatan topologi bintang yang menjadikan *network switch* sebagai pusat bagi node *end-host* menciptakan ketergantungan terpusat. Akibatnya, apabila terjadi kegagalan fisik atau kerusakan fatal secara spesifik pada switch utama di dalam suatu CSC, maka seluruh konsol TOC maupun perangkat DTU/VTU yang terhubung langsung pada *network switch* tersebut akan mengalami kelumpuhan komunikasi secara total, meskipun jaringan global kapal masih beroperasi.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pemodelan, dan pengujian yang telah dieksekusi secara komprehensif menggunakan simulator GNS3, dapat disimpulkan bahwa desain arsitektur jaringan IP baru untuk CMS pada KRI telah berhasil dirumuskan dan divalidasi fungsionalitasnya. Penelitian ini memecahkan tantangan terkait manajemen jaringan operasional tempur dengan mengimplementasikan pendekatan arsitektur topologi hibrida. Rancangan ini memadukan efisiensi topologi bintang pada tingkat internal CSC untuk sentralisasi dan isolasi gangguan, dengan ketahanan topologi *mesh parsial* melalui mekanisme *cross-link* antar-kabinet. Selain itu, manajemen lalu lintas data dioptimalkan melalui segmentasi logis VLAN yang terstruktur menjadi beberapa kompartemen seperti TDN, TVN, ASN, SSN, dan IMN. Pemisahan jalur ini terbukti efektif mencegah *bottleneck* dan menjamin perintah-perintah penting dari TOC dapat didistribusikan secara *real-time*. Secara keseluruhan, hasil pengujian pemodelan berhasil melakukan validasi fungsional terhadap seluruh segmentasi jaringan, sehingga memastikan arsitektur ini mampu beroperasi dengan andal tanpa toleransi kegagalan.

Meskipun desain ini menawarkan redundansi dan keandalan tingkat tinggi, terdapat beberapa batasan teknis yang perlu diperhatikan dalam implementasinya. Tingginya kompleksitas dari arsitektur hibrida dan konfigurasi *sub-interface* maupun fitur *bonding* menuntut ketersediaan personel dengan kualifikasi rekayasa sistem jaringan yang tingkat lanjut. Di samping itu, pendekatan topologi bintang pada level internal masih menyisakan titik kerentanan kritis. Apabila terjadi kegagalan fisik yang spesifik pada *network switch* di sebuah kabinet, hal tersebut dapat mengakibatkan kelumpuhan komunikasi secara total pada perangkat *end-host* seperti konsol TOC maupun DTU/VTU yang terhubung langsung di kabinet tersebut. Oleh karena itu, diperlukan kajian lanjutan di masa mendatang untuk menciptakan mekanisme *failover* yang lebih baik pada tingkat hierarki internal kabinet.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Hermawan dan R. Sutanto, "Strategi Pertahanan Laut Indonesia dalam Analisa Ancaman dan Kekuatan Laut," *Jurnal Education and Development*, vol. 10, no. 2, hlm. 363–371, 2022.
- [2] N. P. Nugroho, "Modernisasi Alutsista, Panglima TNI: Senjata yang Canggih Itu Mahal." Diakses: 2 Juni 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.tempo.co/politik/modernisasi-alutsista-panglima-tni-senjata-yang-canggih-itu-mahal-2071897>
- [3] M. Saifulloh, "Daftar Kapal Perang Indonesia, Lengkap dari Korvet hingga Kapal Selam," SINDOnews Tekno. Diakses: 2 Juni 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://tekno.sindonews.com/read/1316275/768/daftar-kapal-perang-indonesia-lengkap-dari-korvet-hingga-kapal-selam-1707278559>
- [4] indonesiadefence.com, "Kapal Perang Kelas Fatahillah dan Malahayati akan Diperkuat CMS Buatan PT PAL." Diakses: 2 Juni 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://indonesiadefence.com/kapal-perang-kelas-fatahillah-dan-malahayati-akan-diperkuat-cms-buatan-pt-pal/>
- [5] A. Basuki, I. K. Hadi, M. Raindra, dan others, "Pengaruh Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi Terhadap Pelaksanaan Tugas TNI," *Jurnal Mahatvavirya*, vol. 11, no. 2, hlm. 123–129, 2024.
- [6] M. E. Prayitno, A. Sudiarso, dan D. Sianturi, "Peningkatan Kesiapan Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) Satuan Lintas Laut Militer Jakarta untuk Mendukung Angkutan Laut Militer," *Jurnal Pertahanan dan Bela Negara*, vol. 12, no. 1, hlm. 1–15, 2022.
- [7] A. P. Sari, N. R. S. Muda, dan others, "Sistem Kendali Jarak Jauh Senjata Ss2 Pada Pasukan Dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 5, no. 2, hlm. 71–77, 2018.
- [8] R. M. Dewa, R. Reshyandanu, dan E. M. S. Sakti, "Pembelajaran Analisis Teknologi Jaringan Menggunakan Router Dan Switch di Aplikasi Graphical Network Simulator," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika (TEKINFO)*, vol. 25, no. 2, hlm. 93–99, 2024.
- [9] A. Ramli, S. Sriyono, dan H. Ramza, "Analisa Kecepatan Lalu Lintas Data Jaringan Local Area Network Menggunakan Graphical Network Simulator 3 (GNS-3)," *Jurnal Akta Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, hlm. 13–19, Mei 2021, doi: <https://doi.org/10.22236/ate.v1i1.6946>.
- [10] K. Nikmah, "Penerapan Metode Pembelajaran Observasi Lapangan pada Mata Kuliah Studi Arsip untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa," *ASANKA: Journal of Social Science and Education*, vol. 4, no. 1, hlm. 26–33, 2023.
- [11] J. H. Yam, "Kajian Penelitian: Tinjauan Literatur Sebagai Metode Penelitian," *Jurnal Empire*, vol. 4, no. 1, hlm. 61–70, 2024.
- [12] A. Witanti dan others, "Optimasi Segmentasi Jaringan melalui Implementasi VLAN Dinamis pada Infrastruktur Kabel dan Nirkabel dengan MikroTik," *JEKIN-Jurnal Teknik Informatika*, vol. 4, no. 3, hlm. 675–687, 2024.
- [13] A. Hafiz dan D. Susianto, "Analysis of Internet Service Quality Using Internet Control Message Protocol," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2019, hlm. 012055.
- [14] A. Maulia, A. F. Ramadhan, A. Purwanto, A. Apipah, dan D. Aribowo, "Simulasi Virtual Private Network Dengan Topologi Star," *Jurnal Penelitian Teknologi Informasi Dan Sains*, vol. 2, no. 2, hlm. 54–66, 2024.
- [15] D. F. Al Kautsar, M. Fikri, A. F. Salim, N. D. Nugraha, dan A. Ramadhan, "Optimasi Kinerja Jaringan Topologi Ring Berbasis Topologi Mesh pada Lingkungan Lab Komputer," *An-Nuriyah: Journal of Islamic Technology and Informatics Education*, vol. 2, no. 01, hlm. 157–169, 2026.

- [16] I. Asrowardi, "Skema Pengalamatan IP Address Pada Desain Jaringan Komputer Local Area Network (LAN) Menggunakan Metode Subnetting," *Jurnal Ilmiah ESAI*, vol. 2, no. 2, hlm. 54–66, 2008.
- [17] F. A. Yudanto, E. Rilvani, dan others, "Evaluasi Segmentasi VLAN dalam Optimalisasi Kinerja dan Keamanan pada Jaringan LAN di Universitas Pelita Bangsa," *Jurnal Ilmiah ILKOMINFO-Ilmu Komputer & Informatika*, vol. 8, no. 1, hlm. 38–47, 2025.
- [18] J. C. Neumann, *The Book of GNS3: Build Virtual Network Labs Using Cisco, Juniper, and More*. No Starch Press, 2015.
- [19] H. Abdurrahman, "Segmentasi Jaringan dengan VLAN dan Router Sub Interface," *INFOTEKJAR (Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan)*, vol. 7, no. 1, hlm. 5–7, 2024.
- [20] cyberdaeng, "Konfigurasi Network Bonding di Linux CentOS 7." Diakses: 2 Juni 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://herza.id/blog/konfigurasi-network-bonding-di-linux/>