

**NASKAH ORISINAL**

# Potensi Pengembangan Pertahanan dan Keamanan Laut Natuna Utara untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi dan Keamanan Melalui Pembuatan *Causal Loop Diagram*

Erma Suryani<sup>1,\*</sup> | Arman Hakim Nasution<sup>1</sup> | Erwin Widodo<sup>1</sup> | Dody Hartanto<sup>1</sup> | Raulia Riski<sup>2</sup> | Anisa Dzulkarnain<sup>2</sup> | Berlian Rahmy Lidiawaty<sup>2</sup> | Adi Bandono<sup>3</sup> | Okol Sri Suharyo<sup>3</sup> | April Kukuh<sup>3</sup> | Rahmatika Jagad Pramundito<sup>1</sup> | Muhammad Syamil Fadlillah<sup>1</sup> | Moch. Farrel Arrizal Kusuma<sup>1</sup> | Ocha Putri Perdana Prihatina<sup>1</sup> | Tegar Ganang Satrio Priambodo<sup>1</sup> | Putri Dwi Isabella<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Sistem Informasi, Universitas Telkom, Surabaya, Indonesia

<sup>3</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, Surabaya, Indonesia

**Korespondensi**

\*Erma Suryani, Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: erma.suryani@gmail.com

**Alamat**

Laboratorium Sistem Enterprise, Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

**Abstrak**

Terjadinya konflik teritorial pada kawasan Laut Natuna Utara (LNU), melatarbelakangi program pengabdian masyarakat ini untuk memodelkan kekuatan dan ancaman yang dihadapi Indonesia di area LNU. Untuk itu, pada program ini melibatkan mitra dari Tentara Negara Indonesia Angkatan Laut (TNI-AL) untuk bersama-sama membuat model sistem dinamik yang tujuannya untuk memprediksi tiga variabel utama, yaitu pertahanan dan keamanan Laut Natuna Utara, infrastruktur pertahanan dan keamanan Indonesia, serta penggunaan sumber daya laut yang tujuannya untuk meningkatkan nilai ekonomi dan keamanan. Dalam pembuatan model ini dengan mengambil data 5 tahun ke belakang dan memproyeksikannya selama 6 tahun ke depan. Dari data-data tersebut, dicari variabel-variabel yang saling mempengaruhi dan pengaruh sebab-akibatnya oleh seluruh tim program pengabdian masyarakat ini yang juga telah melibatkan pengetahuan dari mitra. Program pengabdian kepada masyarakat ini menghasilkan *Causal Loop Diagram* (CLD) yang menggambarkan variabel-variabel yang saling mempengaruhi pertahanan dan keamanan Indonesia pada kawasan LNU yang sangat berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan untuk meningkatkan keamanan dan nilai ekonomi Indonesia.

**Kata Kunci:**

*Causal Loop Diagram*, Laut Internasional, Laut Natuna Utara, Pertahanan dan Keamanan Laut, Sosialisasi

## 1 | PENDAHULUAN

### 1.1 | Latar Belakang

Besarnya kekayaan yang dimiliki di kawasan Laut Natuna Utara (LNU) atau yang sering juga disebut dengan Laut Cina Selatan (LCS) membuat Natuna rentan dengan ancaman dari negara yang memperebutkan LCS<sup>[1]</sup>. Kawasan LCS sendiri merupakan wilayah yang sangat dipertentangkan dengan konflik perbatasan dan hak yang masih belum terselesaikan, dan kemungkinan besar bahwa ketegangan tersebut dapat memuncak menjadi konflik berskala perang sewaktu-waktu<sup>[2]</sup>. Sebagai gambaran, kondisi persaingan yang terjadi saat ini melibatkan adanya invensi oleh China melalui langkah *Belt and Road Initiative* (BRI) dan juga langkah dari aliansi 4 negara yaitu Amerika, Jepang, India dan Australia melalui langkah *Free and Open Indo-Pacific* (FOIP)<sup>[3]</sup>. Persaingan tersebut membuat LNU menjadi *flash point* di kawasan Asia-Pasifik yang berimbas menjadi kompetisi negara-negara sekitar dan berdampak menjadi sengketa teritorial atau *territorial disputes*<sup>[4] [5] [6]</sup>. Perebutan teritorial LNU ini tidak lepas dari persaingan untuk menguasai perairan, dasar laut dan sumber daya di sekitarnya<sup>[7]</sup>, sehingga ketegangan pun menjadi berlarut larut di daerah Natuna utara dan LCS<sup>[8]</sup>. Sebagai gambaran, pada Gambar (1) ditunjukkan daerah yang diklaim sebagai teritori China ditunjukkan dengan garis berwarna merah dan garis biru yang menunjukkan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) yang diakui UNCLOS (*United Nations Convention on The Law of the Sea*). Oleh karena itu, menurut ZEE, wilayah yang berada di garis biru seharusnya masih diakui sebagai wilayah Laut Natuna Utara (LNU), karena masih berada pada wilayah 200 mil dari garis dasar pantai wilayah Indonesia.



**Gambar 1** Peta konflik perbatasan Laut Natuna Utara: biru wilayah LNU, merah wilayah yang diklaim China. (Sumber: United Nation Convention on The Law of The Sea (UNCLOS))

Dengan adanya konflik teritorial, memiliki potensi besar teretusnya perang<sup>[9] [10]</sup>. Sehingga, Indonesia, khususnya Tentara Negara Indonesia Angkatan Laut (TNI-AL) membutuhkan tindakan preventif dari sisi pertahanan dan keamanan<sup>[11] [12]</sup>. Salah satu langkah awal dalam melakukan tindakan preventif ini adalah dengan memperhitungkan kekuatan yang ada beserta seluruh sumber daya yang dimiliki Indonesia di area LNU<sup>[13]</sup>. Tentunya, perlu juga memperkirakan kebijakan-kebijakan, baik yang ada di dalam negeri dan yang berlaku di internasional<sup>[14]</sup>. Selain itu, perlu juga memperhitungkan faktor-faktor ancaman yang mungkin dapat mempengaruhi pertahanan Indonesia<sup>[15]</sup>.

Dalam program pengabdian kepada masyarakat, dilakukan analisis terkait variabel-variabel yang mempengaruhi kekuatan geopolitik dan geoteknologi. Variabel utama yang ingin diketahui dari program ini adalah pertahanan dan ketahanan laut natuna utara, yang perlu dicari tahu apa saja yang mempengaruhi variabel ini dan apa saja variabel-variabel yang dipengaruhi. Selain itu, program pengabdian ini juga mencari tahu keterkaitan variabel utama dengan beberapa variabel lain seperti infrastruktur pertahanan dan keamanan, risiko ancaman kelautan, ancaman militer, kapabilitas angkatan laut, nilai ekonomi dan kekuatan terpadu angkatan laut. Luaran yang dihasilkan dalam program ini adalah keterkaitan variabel-variabel tersebut saat dimodelkan, agar mendapatkan analisis mendalam terkait pertahanan dan keamanan Indonesia di LNU. Tentunya, dalam perancangan modelnya perlu pembahasan mendalam dengan metode *Focused Group Discussion* (FGD) agar menghasilkan *Causal Loop Diagram* sebagai model dasar (*base model*). Setelah itu, CLD tersebut yang digunakan dalam memodelkan kekuatan Indonesia pada kawasan teritorialnya di LNU. Sehingga, dari program pengabdian masyarakat ini mampu mensimulasikan model kekuatan Indonesia di

kawasan LNU, dengan mengambil data selama 5 tahun ke belakang, untuk dapat memproyeksi potensi dan ancaman dalam 6 tahun ke depan.

Kegiatan program pengabdian kepada masyarakat ini mendukung pertahanan dan keamanan Indonesia, khususnya bagi TNI-AL di kawasan LNU. Program ini mendukung *Sustainable Development Goal* (SDG) poin 16 yang berfokus pada perdamaian, keadilan dan kelembagaan yang kuat.

## 1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Melihat urgensinya pertahanan Indonesia di LNU, maka program pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk membuat model awal variabel-variabel kekuatan dan ancaman LNU. Program pengabdian masyarakat ini berfokus pada identifikasi variabel-variabel potensi dan kekuatan Indonesia di LNU, yang difokuskan dari kacamata TNI AL. Variabel-variabel tersebut akan dicari hubungan sebab akibatnya, dan dimodelkan dalam *Causal Loop Diagram* (CLD) untuk nantinya digunakan sebagai dasar untuk mensimulasikan kekuatan dan ancaman geopolitik serta geoteknologi Indonesia di Laut Natuna Utara.

## 1.3 | Target Luaran

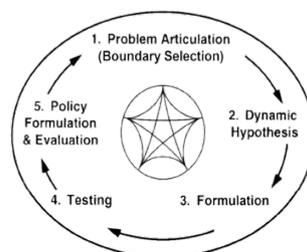
Target luaran dari program pengabdian masyarakat ini adalah untuk mengetahui variabel-variabel kekuatan dan ancaman TNI-AL Indonesia yang ada di kawasan teritorial Laut Natuna Utara, yang menghasilkan *Causal Loop Diagram* sebagai model dasar untuk memproteksi pertahanan dan keamanan Indonesia selama 6 tahun ke depan. Dari hasil CLD tersebut, dapat menjadi acuan awal mengenai faktor-faktor apa yang harus dikuatkan untuk menunjang pertahanan dan keamanan Indonesia di LNU.

## 2 | TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini dijelaskan mengenai kajian pemodelan sistem dinamik dan pentingnya sistem dinamik dalam pertahanan dan keamanan negara yang diterapkan dalam melaksanakan program pengabdian masyarakat ini.

### 2.1 | Pemodelan sistem dinamik

Dalam konteks sistem dinamik, pengembangan dimulai dengan *Problem Articulation (Boundary Selection)*, di mana perlu mendefinisikan masalah dengan menetapkan batasan sistem yang jelas serta perincian variabel dari tujuan sistem yang dituju. Tahap berikutnya, *Dynamic Hypothesis*, mengajak untuk membentuk asumsi mengenai hubungan sebab akibat yang terjadi dalam sistem tersebut. Pada tahapan ini diagram *Causal Loop Diagram* mulai dikembangkan. Melalui Formulation, asumsi tersebut menjadi model matematis atau simulasi. Pada tahapan ini diagram *Stock and Flow Diagram* (SFD) dikembangkan di disimulasikan. Testing adalah tahap untuk menguji keakuratan dan validasi model tersebut. Pada tahap terakhir, *Policy Formulation & Evaluation* dilakukan untuk merumuskan dan mengevaluasi kebijakan berdasarkan hasil dari model yang telah diuji. Setiap tahap ini saling terkait dan memberikan kontribusi penting dalam pengembangan solusi yang efektif untuk masalah yang dihadapi, dan siklus ini dapat diulang secara berkelanjutan untuk penyempurnaan lebih lanjut<sup>[16]</sup>. Tahapan lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar (2 ).



**Gambar 2** Tahapan Pengembangan Model Sistem Dinamik.

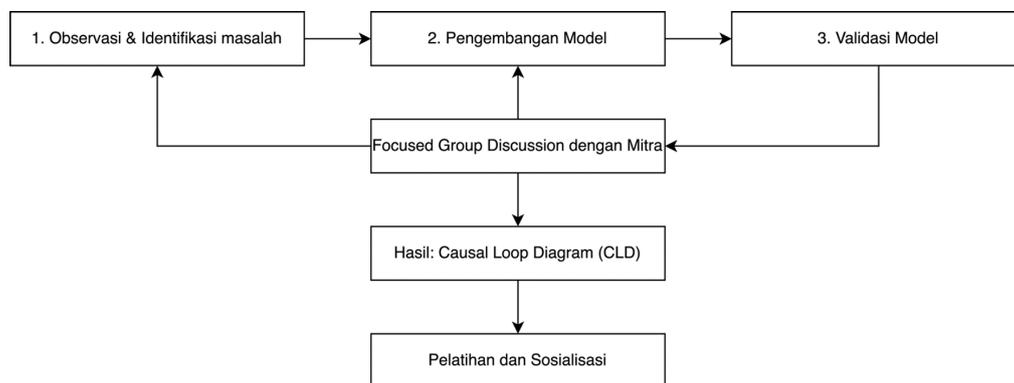
## 2.2 | Pentingnya sistem dinamik dalam pertahanan dan keamanan negara

Sistem dinamik menjadi suatu metode penting dalam hal pertahanan dan keamanan nasional<sup>[17]</sup>. Sistem dinamik mampu untuk memodelkan, mensimulasikan dan menganalisis interaksi kompleks dari masing-masing variabel pertahanan dan keamanan. Penggunaan sistem dinamik terbukti dapat memodelkan keamanan. Mulai dari keamanan pangan<sup>[18]</sup>, memodelkan rantai pasok alat utama sistem senjata (alutsista)<sup>[19]</sup>, sebagai revitalisasi kewaspadaan nasional melalui pertahanan dan keamanan<sup>[20]</sup>, hingga memodelkan ancaman dari sisi teknologi di era *big data*<sup>[21] [22] [23]</sup>.

Fokus program pengabdian masyarakat ini adalah untuk menggambarkan model sebab-akibat yang mempengaruhi pertahanan dan keamanan Indonesia di Laut Natuna Utara. Studi sebelumnya telah menyebutkan bahwa berbagai faktor menjadi ancaman siber maritim di Indonesia seperti faktor manusia, risiko spionase, penyusupan dan pencurian siber<sup>[23]</sup>. Selain dari siber, infrastruktur seperti kesiapan sistem kapal juga menjadi faktor penting dalam keamanan dan pertahanan Indonesia di Laut Natuna Utara<sup>[24]</sup>. Selain dari sisi teknologi dan infrastruktur, faktor penting lainnya yang penting adalah faktor perekonomian Indonesia yang mempengaruhi pertahanan dan keamanan di Laut Natuna utara<sup>[25]</sup>.

## 3 | METODE KEGIATAN

Metode kegiatan yang digunakan pada program pengabdian masyarakat ini menyesuaikan dari metode pengembangan model menggunakan sistem dinamik, dengan menyesuaikan keadaan di faktual yang terjadi selama program pengabdian berjalan. Secara garis besar, metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini terdiri dari beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar (3) berikut ini.



**Gambar 3** Metode Kegiatan.

Dari Gambar (3) dapat diketahui bahwa program pengabdian masyarakat ini dimulai dari observasi dan identifikasi masalah, pengembangan model dan validasi model. Ketiga proses ini dilakukan secara berurutan, dimana setelah masing-masing tahapan selesai, dilakukan proses diskusi dengan mitra, hingga dapat kembali ke tahapan-tahapan berikutnya, sampai didapatkan CLD yang komprehensif.

### 1. Observasi dan Identifikasi Masalah

Tim Kuliah Kerja Nyata (KKN) mengunjungi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut di Morokrembangan, Krembangan, Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 15 Mei 2024. Tujuan kunjungan ini adalah untuk memahami konsep dan sistem pertahanan dan keamanan laut secara holistik utamanya di perairan laut natuna utara. Melalui sesi *Focus Group Discussion* bersama Komandan STTAL, Laksamana Pertama TNI Dr. Mukhlis, S.T., M.M. beserta jajaran STTAL dilakukan konfirmasi dan penggalan informasi serta data yang relevan untuk digunakan dalam pengembangan model.

### 2. Pengembangan Model

Berdasarkan data yang terkumpul dari berbagai sumber, baik dari peneliti-penelitian terdahulu, buku, maupun ahli, diketahui terdapat 46 variabel yang saling berkaitan dalam pengembangan model sistem pertahanan dan kekuatan negara di Laut Natuna Utara. Variabel-variabel tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Data variabel ini kemudian digunakan oleh tim KKN dalam mengembangkan model sistem dinamik yang sesuai dengan tujuan KKN dimana untuk melihat potensi pengembangan pertahanan dan keamanan di Laut natuna utara, yang mencakup pertahanan laut dan peningkatan nilai ekonomi. Model ini dikembangkan menggunakan aplikasi *Ventana Simulation* PLE dengan metode sistem dinamik.

**Tabel 1** *Boundary Adequacy* Sistem Pertahanan dan Kekuatan Negara di Laut Natuna Utara

No	Variabel	Satuan	No	Variabel	Satuan
1	Naval defense posture	Percent	24	Defense and security regulation	Percent
2	Naval deployment	Percent	25	Priority program	Percent
3	Naval capabilities	Percent	26	Total economic value	Rupiah
4	Naval strength	Percent	27	Development program	Percent
5	Deploy unit	Percent	28	Defense budgeting	Percent
6	Naval group	Percent	29	Economic value of fisheries	Rupiah
7	Joint unit	Percent	30	Economic value of oil and gas	Rupiah
8	Support capabilities	Percent	31	Harbour	Percent
9	Regional empowerment capabilities	Percent	32	Refuelling	Percent
10	Intelligence ability	Percent	33	Replenishment	Percent
11	Diplomacy ability	Percent	34	Rest	Percent
12	Defense and security of the North Natuna Sea	Percent	35	Recreation	Percent
13	North Natuna Sea threat risk	Percent	36	Repair	Percent
14	National sea threat risk	Percent	37	Integrated force	Percent
15	Non-military threats	Percent	38	Aircraft	Percent
16	Hybrid threats	Percent	39	Marine forces	Percent
17	Military threats	Percent	40	Warship of the republic of Indonesia	Percent
18	Terrorism	Percent	41	Marine resource utilization	Percent
19	Military invasion	Percent	42	Physical	Percent
20	Cyber attack	Percent	43	Finance	Percent
21	Sabotage	Percent	44	Innovation	Percent
22	Embargo	Percent	45	Technological	Percent
23	National defense and security infrastructure	Percent	46	Human resource	Percent

### 3. Validasi model dengan mitra

Setelah melakukan sesi diskusi bersama mitra, selanjutnya tim pengabdian masyarakat melakukan pembuatan model dengan mengadopsi kondisi eksisting dan menyusun beberapa skenario yang diproyeksikan dapat menjadi faktor yang berpotensi mempengaruhi kondisi pertahanan dan keamanan di Laut Natuna Utara. Adapun yang dikembangkan dari kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah model simulasi keamanan dan pertahanan di laut natuna utara yang meliputi base model dan skenario model dengan pendekatan sistem dinamik yang dijalankan melalui aplikasi *Ventana Simulation* (Vensim). Model simulasi keamanan dan pertahanan di Laut Natuna Utara yang dikembangkan oleh tim juga perlu dilakukan validasi untuk menjamin variabel yang digunakan sudah sesuai dengan kondisi eksisting melalui sesi diskusi bersama dengan mitra STTAL.

#### 4. Pelatihan dan sosialisasi

*Base model* yang dihasilkan dari program pengabdian masyarakat ini menunjukkan hasil sebab-akibat dari pertahanan dan keamanan di LNU terhadap peningkatan ekonomi melalui CLD. Setelah CLD terbentuk dan divalidasi, tim melakukan pelatihan menggunakan aplikasi vensim kepada mitra yaitu STTAL. Pelatihan ini berisi beberapa agenda seperti pelatihan penggunaan vensim secara umum, panduan untuk menjalankan simulasi, dan panduan untuk melihat dan menganalisa hasil simulasi dari model yang sudah dipetakan.

## 4 | HASIL DAN DISKUSI

Berisi informasi mengenai hasil dari pelaksanaan program Abmas dan analisa capaian program terhadap luaran atau target yang diharapkan.

### 4.1 | Observasi dan Identifikasi Masalah

Dalam sub bab ini, hasil wawancara dengan berbagai narasumber kunci diuraikan untuk mendapatkan pemahaman mendalam terkait situasi di Laut Natuna Utara (LNU). Narasumber mencakup perwakilan dari TNI-AL, ahli geopolitik, dan nelayan lokal yang sering beroperasi di kawasan LNU. Pada tanggal 15 Mei 2024, Tim Kuliah Kerja Nyata (KKN) mengunjungi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) di Surabaya. Tujuan kunjungan ini adalah untuk memahami sistem pertahanan dan keamanan laut, terutama di Laut Natuna Utara. Dalam sesi *Focus Group Discussion*, mereka berdiskusi dengan Komandan STTAL, Laksamana Pertama TNI Dr. Mukhlis, S.T., M.M., dan jajaran STTAL untuk mengonfirmasi dan mengumpulkan data yang relevan bagi pengembangan model.

Berdasarkan wawancara, beberapa poin penting yang diperoleh adalah:

- **Kekayaan Sumber Daya Alam:** Narasumber dari TNI-AL menekankan bahwa kekayaan sumber daya di LNU, seperti minyak dan gas, menjadi salah satu alasan utama terjadinya ketegangan.
- **Ancaman Keamanan:** Ahli geopolitik menguraikan bahwa kehadiran militer asing dan manuver kapal-kapal perang di sekitar LNU menambah ketidakpastian dan meningkatkan potensi konflik.
- **Dampak Ekonomi:** Nelayan lokal menyatakan bahwa aktivitas militer di kawasan tersebut mengganggu aktivitas perikanan dan mengancam mata pencaharian mereka.

### 4.2 | Problem Artikulasi

Berdasarkan hasil wawancara, TNI-AL mengalami kendala dalam mencapai target pengamanan di Laut Natuna Utara (LNU). Masalah ini mempengaruhi kemampuan operasional mereka, terutama karena keterbatasan sumber daya manusia dan peralatan. Pada pertengahan tahun 2020, TNI-AL harus mengurangi jumlah personel yang bertugas di LNU akibat keterbatasan anggaran.

Berdasarkan data yang terkumpul dari berbagai sumber, termasuk penelitian terdahulu, buku, dan pendapat ahli, diketahui terdapat 25 variabel yang saling berkaitan dalam pengembangan model sistem pertahanan dan kekuatan negara di Laut Natuna Utara. Faktor-faktor ini mencakup berbagai aspek yang semuanya berperan dalam memperkuat sistem pertahanan dan keamanan di Laut Natuna Utara. Sehingga pada Tabel 2 membedakan antara variabel endogen dan eksogen dalam konteks model pertahanan laut di Laut Natuna Utara.

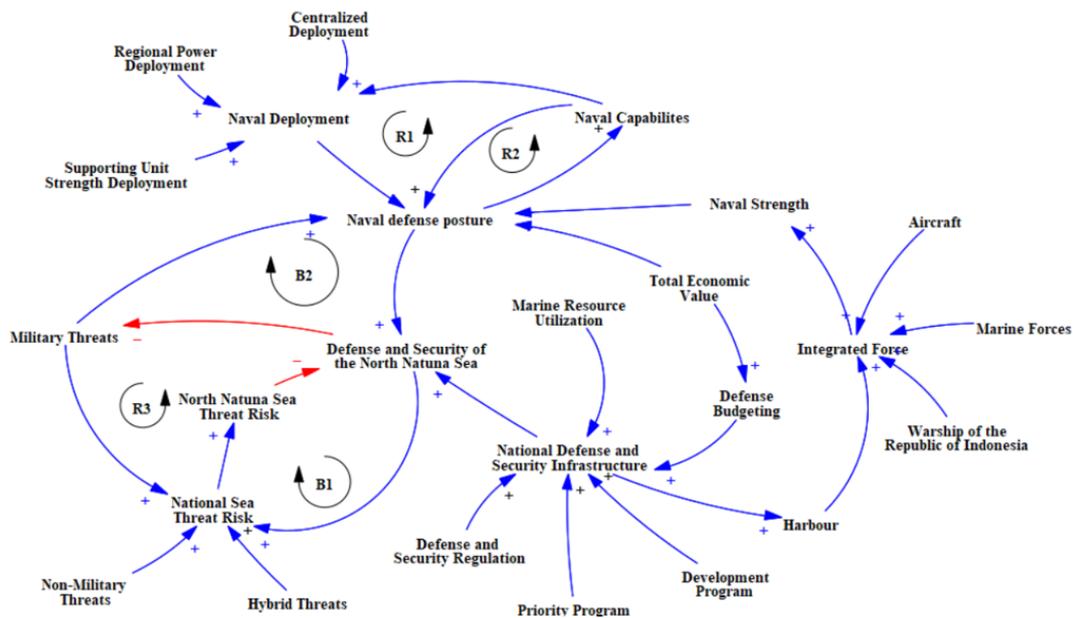
### 4.3 | *Dynamic Hypothesis*

Untuk memperjelas interaksi antara faktor-faktor yang mempengaruhi keamanan di LNU, diperlukan sebuah *dynamic hypothesis*. Pengabdian masyarakat ini akan memperjelas bagaimana faktor-faktor endogen dan eksogen saling mempengaruhi dan berdampak pada operasi dan keamanan di LNU.

Berdasarkan model dan hasil diskusi Hasil dari analisis CLD pada Gambar (4 ) mengungkapkan hubungan dinamis antara berbagai variabel yang mempengaruhi keamanan dan pertahanan di Laut Natuna Utara. Dalam causal loop diagram yang telah dibangun memiliki 3 *loop* penguat (*reinforcing*) dan 2 *loop* penyeimbang (*balancing*). R1 adalah hubungan antara variabel

**Tabel 2** Variabel Endogen dan Variabel Eksogen

Variabel Endogen	Variabel Eksogen
Naval Deployment	National Sea Threat Risk
Naval Capabilities	North Natuna Sea Threat Risk
Naval Defense Posture	Military Threats
Defense and Security of the North Natuna Sea	Non-Military Threats
Naval Strength	Hybrid Threats
Integrated Force	
Marine Resource Utilization	
Total Economic Value	
Defense Budgeting	
National Defense and Security Infrastructure	
Development Program	
Harbour	
Warship of the Republic of Indonesia	
Aircraft	
Marine Forces	
Priority Program	
Defense and Security Regulation	
Regional Power Deployment	
Supporting Unit Strength Deployment	
Centralized Deployment	



**Gambar 4** Causal Loop Diagram Pertahanan dan Keamanan Laut Natuna Utara.

naval deployment-naval capabilities-naval defense posture. Pada loop R2 adalah hubungan antara variabel naval capabilities-naval defense posture. Pada loop R3 adalah hubungan variabel antara Defense and Security of the North Natuna Sea - Military Threats - national sea threat risk - north natuna sea threat risk. pada loop B1 menjelaskan hubungan antara variabel Defense and

*Security of the North Natuna Sea - national sea threat risk - north natuna sea threat risk*. Pada loop B2 menjelaskan hubungan antara variabel *Defense and Security of the North Natuna Sea - Military Threats - naval defense posture*.

Gelar Angkatan Laut (*Naval Deployment*) dipengaruhi oleh gelar kekuatan regional dan gelar kekuatan unit pendukung. Peningkatan dalam gelar kekuatan regional dan unit pendukung meningkatkan gelar angkatan laut, yang kemudian memperkuat Postur Pertahanan Angkatan Laut (*Naval Defense Posture*). Postur pertahanan yang kuat, pada gilirannya, meningkatkan Kemampuan Angkatan Laut (*Naval Capabilities*), yang berkontribusi pada peningkatan Kekuatan Angkatan Laut (*Naval Strength*).

Postur Pertahanan Angkatan Laut yang kuat secara langsung meningkatkan Pertahanan dan Keamanan di Laut Natuna Utara (*Defense and Security of the North Natuna Sea*). Keamanan yang lebih baik di Laut Natuna Utara memungkinkan pemanfaatan sumber daya laut yang lebih optimal (*Marine Resource Utilization*), yang kemudian meningkatkan Nilai Ekonomi Total (*Total Economic Value*). Nilai ekonomi total yang tinggi memungkinkan peningkatan dalam Penganggaran Pertahanan (*Defense Budgeting*), yang pada gilirannya memperkuat Infrastruktur Pertahanan dan Keamanan Nasional (*National Defense and Security Infrastructure*).

Infrastruktur Pertahanan dan Keamanan Nasional yang kuat mendukung berbagai program seperti Program Pembangunan (*Development Program*), Pelabuhan (*Harbor*), Program Prioritas (*Priority Program*), dan Regulasi Pertahanan dan Keamanan (*Defense and Security Regulation*). Peningkatan infrastruktur juga memperkuat Pasukan Terintegrasi (*Integrated Force*), yang terdiri dari kekuatan angkatan laut, pesawat, pasukan marinir, dan kapal perang Republik Indonesia.

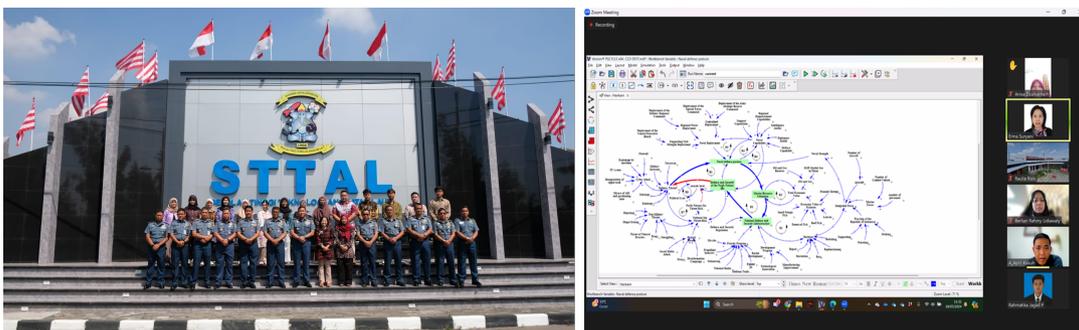
Peningkatan Pasukan Terintegrasi memperkuat kemampuan pertahanan secara keseluruhan. Pertahanan dan Keamanan di Laut Natuna Utara yang kuat menurunkan Risiko Ancaman di Laut Natuna Utara (*North Natuna Sea Threat Risk*), yang dipengaruhi oleh Risiko Ancaman Laut Nasional (*National Sea Threat Risk*). Risiko ancaman laut nasional dipengaruhi oleh ancaman non-militer, ancaman hibrida, dan keamanan di Laut Natuna Utara. Peningkatan ancaman non-militer dan hibrida meningkatkan risiko ancaman laut nasional, sementara keamanan yang lebih baik di Laut Natuna Utara menurunkan risiko ini.

Risiko Ancaman di Laut Natuna Utara yang tinggi meningkatkan Ancaman Militer (*Military Threats*), yang juga dipengaruhi oleh risiko ancaman laut nasional. Risiko ancaman laut nasional yang tinggi meningkatkan ancaman militer, ancaman non-militer, dan ancaman hibrida.

Secara keseluruhan, hubungan antara variabel-variabel ini menunjukkan bahwa peningkatan dalam satu aspek dapat mempengaruhi aspek lain secara signifikan. Memahami interaksi ini sangat penting untuk merancang strategi pertahanan yang efektif dan responsif terhadap ancaman di Laut Natuna Utara. Pengabdian masyarakat ini memberikan wawasan penting bagi pembuat kebijakan dalam mengelola dan mengoptimalkan sumber daya pertahanan untuk memastikan keamanan dan stabilitas di wilayah strategis ini.

#### 4.4 | Structure Validation

Dalam tahap ini, dilakukan validasi terhadap *Causal Loop Diagram* (CLD) yang telah dibangun berdasarkan artikulasi masalah dan hipotesis dinamis, dengan fokus pada aktivitas Tentara Nasional Indonesia-Angkatan Laut (TNI AL) di Laut Natuna Utara.



**Gambar 5** Validasi struktur dengan mitra STTAL.

Langkah-langkah yang diambil untuk memastikan keabsahan variabel-variabel dalam CLD meliputi pengujian terhadap setiap variabel yang ada, validasi terhadap informasi terbaru, penyesuaian dan revisi jika diperlukan, serta konsultasi dengan pihak terkait. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk memastikan bahwa CLD mencerminkan kondisi saat ini sebaik mungkin dan memberikan representasi yang akurat tentang faktor-faktor yang mempengaruhi dinamika aktivitas TNI AL di Laut Natuna Utara. Dengan demikian, langkah-langkah ini diharapkan dapat meningkatkan validitas dan relevansi dari CLD, dalam konteks penelitian artikel ini diperlihatkan pada Gambar (5).

#### 4.5 | Pelatihan dan Sosialisasi

Validasi akhir dari tahapan sebelumnya juga ditampilkan pada perwakilan TNI-AL yang berada di STTAL. Pada kesempatan ini, ditampilkan hasil CLD pada Gambar (4), di hadapan mahasiswa dan juga tim TNI-AL, seperti yang dapat dilihat pada Gambar (6). Tim pengabdian juga memberikan interpretasi hasil CLD, sekaligus menjelaskan bagaimana *tools* Vensim digunakan pada saat pengembangan CLD. Hal ini dibutuhkan karena ada perbedaan *tools* yang digunakan sebelumnya. Pihak STTAL sebelumnya mengembangkan menggunakan Stella, oleh karena itu seluruh tim pengabdian bersepakat menggunakan Vensim, hingga akhirnya didapatkan basis model CLD yang telah dikembangkan.



**Gambar 6** Sosialisasi hasil di STTAL.

Hasil CLD yang dikerjakan oleh tim pengabdian juga mendapatkan tanggapan baik dari pihak TNI-AL yang juga berafiliasi di STTAL. Laksamana Pertama TNI Dr. Muklis S.T., M.M. selaku komandan di STTAL mengharapkan hasil CLD ini nantinya menjadi awal dari manajemen simulasi kekuatan geopolitik dan geoteknologi pertahanan Indonesia di Laut Natuna Utara. Tidak hanya memberikan analisis untuk meningkatkan ekonomi saja, tetapi juga memberikan analisis sistem terhadap spektrum ancaman multi dimensi dan membangun peran kepemimpinan strategis terkait permasalahan di laut Natuna. Oleh karena itu, pengabdian masyarakat ini menjadi pondasi terkait strategis pertahanan Indonesia, khususnya TNI-AL terkait konflik teritorial di Laut Natuna Utara.



**Gambar 7** Tanggapan positif dari Laksamana Pertama TNI Dr. Muklis S.T., M.M terkait hasil CLD.

## 5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Pengabdian masyarakat ini telah menunjukkan pentingnya pertahanan Indonesia di Laut Natuna Utara (LNU) melalui program yang berfokus pada identifikasi variabel-variabel kekuatan dan ancaman. Dengan tujuan utama untuk membuat model awal variabel-variabel tersebut, penelitian ini telah mengarahkan perhatiannya dari perspektif TNI AL. Variabel-variabel potensial dan kekuatan Indonesia di LNU telah diidentifikasi dan dianalisis untuk memahami hubungan sebab akibat di antara mereka. Melalui pendekatan ini, penelitian berhasil memodelkan hubungan tersebut dalam bentuk *Causal Loop Diagram* (CLD). Model ini diharapkan menjadi dasar yang kuat untuk simulasi lebih lanjut mengenai kekuatan dan ancaman geopolitik serta geoteknologi Indonesia di wilayah strategis ini. Hasil wawancara menyoroti tantangan yang dihadapi oleh TNI-AL dalam mencapai target pengamanan di Laut Natuna Utara (LNU). Kendala ini mempengaruhi kemampuan operasional mereka, terutama karena keterbatasan sumber daya manusia dan peralatan. Pada pertengahan tahun 2020, TNI-AL terpaksa mengurangi jumlah personel yang bertugas di LNU karena keterbatasan anggaran. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya alokasi sumber daya yang memadai untuk memenuhi tantangan keamanan di wilayah strategis seperti LNU.

Analisis *Causal Loop Diagram* (CLD) dan hasil diskusi menyoroti hubungan dinamis antara berbagai variabel yang memengaruhi keamanan dan pertahanan di Laut Natuna Utara (LNU). Terdapat 25 variabel yang saling berkaitan dalam pengembangan model sistem pertahanan dan kekuatan negara di LNU yang terbagi menjadi 20 variabel endogen dan 5 variabel eksogen. Model ini mengungkapkan bahwa peningkatan gelar Angkatan Laut dipengaruhi oleh kekuatan regional dan unit pendukung, yang pada gilirannya memperkuat Postur Pertahanan Angkatan Laut. Postur pertahanan yang kuat meningkatkan Kemampuan Angkatan Laut dan Pertahanan dan Keamanan di LNU, yang mendukung pemanfaatan sumber daya laut yang lebih optimal. Penelitian ini menyoroti pentingnya memahami interaksi kompleks antara variabel-variabel ini dalam merancang strategi pertahanan yang efektif dan responsif di LNU, memberikan wawasan penting bagi pembuat kebijakan dalam mengelola sumber daya pertahanan untuk memastikan keamanan dan stabilitas di wilayah ini.

CLD menghasilkan luaran berupa model eksisting yang terbagi menjadi tiga sub model terdiri dari sub model pertahanan dan keamanan, infrastruktur pertahanan dan keamanan, serta sumber daya laut. Setelah sub model sudah selesai, dilanjutkan dengan tahap validasi CLD dilakukan untuk memastikan keabsahan variabel-variabel yang terkandung di dalamnya. Langkah-langkah tersebut meliputi pengujian, validasi, penyesuaian, dan konsultasi dengan pihak terkait guna mencerminkan kondisi saat ini dan memberikan representasi yang akurat tentang faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas TNI AL di Laut Natuna Utara. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan validitas dan relevansi CLD dalam konteks pengabdian masyarakat yang dilakukan.

## 6 | UCAPAN TERIMA KASIH

"Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset, dan Teknologi."

## Referensi

1. Winarto KRL. Respon Indonesia Menghadapi Ancaman China di Perairan Natuna. *Jurnal Demokrasi Dan Otonomi Daerah* 2018;16(2):109–144.
2. Lee H, et al. The Legality of Militarization of the South China Sea and Its Legal Implications. *KMI International Journal of Maritime Affairs and Fisheries* 2023;15(1):1–24.
3. Nguyen Anh C. The South China Sea for China, the United States, and what choice for Vietnam. *Cogent Social Sciences* 2023;9(1):2204570.
4. Han Z, Jiang K, Peng F, Li S. The Philippines' hedging strategy against China in the South China Sea dispute: Based on the human-ocean regional system. *Marine Policy* 2023;151:105578.
5. Scobell A. The South China Sea and US-China Rivalry. *Political Science Quarterly* 2018;133(2):199–224.
6. Tan A. Conflict in a Crowded Sea: Risks of Escalation in the South China Sea 2023;.

7. Kim NK. Territorial disputes and individual willingness to fight. *Journal of peace research* 2020;57(3):406–421.
8. Dikarev A, Lukin A. Russia's approach to South China Sea territorial dispute: it's only business, nothing personal. *The Pacific Review* 2022;35(4):617–646.
9. Sara GJV, Mangku DGS, Yuliantini NPR. Penerapan International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREG 1972) Terhadap Penabrakan Kapal Tni Al Oleh Kapal Pengawas Perikanan Vietnam Di Wilayah Zee Indonesia Laut Natuna Utara. *Jurnal Komunitas Yustisia* 2022;5(2):68–85.
10. Sunoto SP, Fahriani AA, Napang M. Dampak Sekuritisasi Konflik Laut Cina Selatan terhadap Keamanan Maritim Indonesia. *Jurnal Kajian Strategik Ketahanan Nasional* 2023;6(2):7.
11. Putra N. Analysis of National Maritime Security Strategy as an Effect of Regional Development using SWOT, Fuzzy Multi Criteria Decision Making (FMCDM) and Borda. Universitas Pertahanan;
12. HAERULLOH AA, MARTANI RF. Analisis Geopolitik Abad 21 di Indo-Pasifik Dan Persiapan Indonesia Dalam Menyikapi Konflik di Laut Cina Selatan. *Jurnal Lemhannas RI* 2023;11(3):187–201.
13. Susilo AK, Ciptomulyono U, Putra IN, Ahmadi A, Suharyo OS. Navy ability development strategy using SWOT analysis-interpretative structural modeling (ISM). *Strategic Management-International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management* 2019;24(1).
14. Abdullah FNH, Analisis Kebijakan Luar Negeri Indonesia Dalam Perubahan Nama Laut Tiongkok Selatan Menjadi Laut Natuna Utara Tahun 2017; 2019.
15. Dipua A, Hermawa R, Puspitawati D, Harahap N, Nurdiansyah DR, Prakoso LY. An analysis of the South China Sea conflict: Indonesia's perspectives, contexts and recommendations. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology* 2020;17(4):976–990.
16. Sterman J. Instructor's manual to accompany business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill; 2000.
17. McLucas AC, Elsawah S. System dynamics modeling to inform defense strategic decision-making. *System Dynamics: Theory and Applications* 2020;p. 341–373.
18. Alifya H, Sari DS, Yulianti D. Strategi Food Estate Sebagai Solusi Keamanan Pangan. *Ganaya: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora* 2024;7(2):116–124.
19. Agustina AH, Sahabuddin ZA, Assegraf Z. Keberlanjutan Rantai Pasok Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) Pt Pindad Dengan Pendekatan Sistem Dinamis. *Ekonomi Pertahanan* 2020;6(1):1–18.
20. Pratama R, Timur FGC, Sutanto R. Revitalisasi Kewaspadaan Nasional Melalui Sistem Pertahanan Dan Keamanan Terhadap Ancaman Perang Asimetris. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial* 2023;10(9):4548–4559.
21. Jayantho S, Runturambi AJS, Ras AR, Widiawan B. Pemodelan Sistem Dinamis Strategik Intelijen Dalam Meminimalisasi Ancaman Spionase dan Pencurian Privasi Big Data Di Era Industri 4.0. *Jurnal Kajian Strategik Ketahanan Nasional* 2020;3(2):6.
22. Ahmadi A, Bandono A, Safrudin N. Dampak Teknologi Informasi Terhadap Ketahanan Nasional Masyarakat di Kabupaten Bangkalan: Sebuah Pendekatan Model Sistem Dinamik. *JOURNAL ASRO* 2017;8:1–14.
23. Putra IN, Octavian A, Heikmakhtiar A, Tjahjadi H, Susilo AK. Cyber Threat Analysis of Maritime Cybersecurity Using AHP-Topsis. *Journal of Maritime Research* 2023;20(2):13–24.
24. Putra I, Octavian A, Susilo A, Prabowo A. A hybrid AHP-TOPSIS for risk analysis in maritime cybersecurity based on 3D models. *Decision Science Letters* 2023;12(4):759–772.

25. Afandi FG, Yoesgiantoro D, Prakoso LY. Analisis Kesiapan Indonesia Dalam Menghadapi Dinamika Lingkungan Strategis Di Kawasan Perairan Natuna Utara. *Jurnal Kewarganegaraan* 2022;6(1):1836–1841.

**Cara mengutip artikel ini:** Suryani, E., Nasution, A.H., Widodo, E., Hartanto, D., Riski, R., Dzulkarnain, A., Lidiawaty, B.R., Bandono, A., Suharyo, O.S., Kukuh, A., Pramundito, R.J., Fadlillah, M.S., Kusuma, M.F.A., Prihatina, O.P.P., Priambodo, T.G.S., Isabella, P.D., (2024), Potensi Pengembangan Pertahanan dan Keamanan Laut Natuna Utara untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi dan Keamanan Melalui Pembuatan *Causal Loop Diagram*, *Sewagati*, 8(4):1965–1976, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i4.1538>.