

# MODEL OPTIMASI PENJADWALAN PENUGASAN KRI KOARMADA I DIKORELASIKAN DENGAN LUAS WILAYAH DAN ANGGARAN

**M. Agus Arif Hidayat, M. AliNugroho, Basuki Tri Usodo**

Sekolah Staf dan Komando Angkatan Laut

## Abstrak

Model Penjadwalan adalah suatu model yang berkaitan dengan kegiatan penugasan yang dikaitkan dengan sejumlah batasan, suatu model yang merupakan suatu peristiwa yang dapat terjadi dalam jangka waktu dan tempat atau lokasi sehingga fungsi tujuan dapat terpenuhi semaksimal mungkin. Dalam hierarki pengambilan keputusan, penjadwalan adalah langkah terakhir sebelum dimulainya suatu operasi. Penjadwalan penugasan KRI di Koarmada I merupakan topik yang menarik untuk dibahas dan diselesaikan dengan menggunakan metode matematika. Proses penjadwalan penugasan KRI di Koarmada I dilakukan untuk menghasilkan JOP/JOG tahunan. Proses ini tidak hanya memerlukan tindak lanjut yang cepat, namun juga memerlukan langkah-langkah yang sistematis. Penjadwalan penugasan yang dilaksanakan Koarmada I saat ini dilakukan secara personel tanpa menggunakan perhitungan matematis. Proses penjadwalan penugasan kapal pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan metode Binary Integer Programming (BIP) dengan tujuan untuk meminimalkan biaya dan memaksimalkan tujuan penugasan kapal. Penjadwalan yang diamati adalah 59 kapal perang melaksanakan operasi selama 52 minggu (1 tahun). Rumusan matematis model BIP terdiri dari satu fungsi tujuan dan tiga fungsi kendala. Kemudian pengembangan model BIP dengan menggunakan Excel Solver lanjutan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model BIP yang diterapkan dalam penjadwalan penugasan Kapal Perang Republik Indonesia adalah cakupan wilayah maksimum yang dicapai adalah 85.839.881 NM<sup>2</sup>, dari seluruh wilayah operasional sektor I sampai VIII (653.702 NM<sup>2</sup>). BIP merupakan metode yang tepat digunakan sebagai metode penjadwalan penugasan KRI di Koarmada I.

**Kata Kunci:** *Penjadwalan, Penugasan Kapal, Binary Integer Programming*

## Abstract

*The Scheduling Model is a model related to assignment activities which is associated with a number of constraints, a model which is an event that can occur within a period of time and place or location so that the objective function can be fulfilled as closely as possible. In the decisionmaking hierarchy, scheduling is the final step before the start of an operation. Scheduling KRI assignments at Koarmada I is an interesting topic to discuss and solve using mathematical methods. The process of scheduling KRI assignments at Koarmada I is carried out to produce the annual JOP/JOG. This process not only requires fast follow-up, but also requires systematic steps. The scheduling of assignments carried out by Koarmada I is currently carried out by personnel without using mathematical calculations. The process of scheduling ship assignments in this research was carried out using the Binary Integer Programming (BIP) method approach with the aim of minimizing costs and maximizing ship assignment objectives. The scheduling observed was 59 warships carrying out operations for 52 weeks (1 year). The mathematical formulation of the BIP model consists of one objective function and three constraint functions. Then the development of the BIP model is complete, the computer uses Excel Solver. The results obtained show that the BIP model applied in scheduling assignments for Republic of Indonesia Warships is that the maximum area coverage achieved is 85,839,881 NM<sup>2</sup>, from all*

*operational areas from sectors I to VIII (653,702 NM2). BIP is the appropriate method to use as a method for scheduling KRI assignments at Koarmada I.*

**Keywords:** *Scheduling, Ship Assignment, Binary Integer Programming.*

## A. PENDAHULUAN

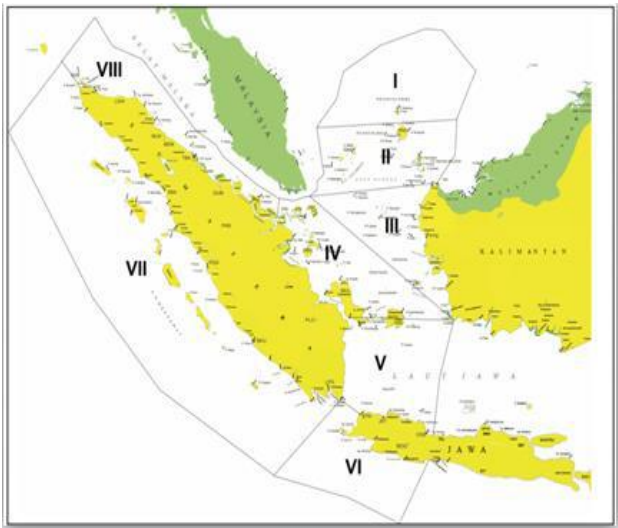
Koarmada I adalah unsur pelaksana Koarmada RI yang berkedudukan langsung di bawah dan bertanggung jawab kepada Pangkoarmada RI. Koarmada I mempunyai tugas dalam pelaksanaan Operasi Militer Perang (OMP) dan Operasi Militer Selain Perang (OMSP), melaksanakan operasi laut sehari-hari dan operasi tempur laut dalam rangka pengendalian laut, proyeksi kekuatan ke darat lewat laut dalam rangka penegakan kedaulatan dan hukum di laut, membina kekuatan, kemampuan dan kesiapan operasional Kapal Perang Republik Indonesia (KRI), pasukan khusus aspek laut dan pangkalan yang menjadi tanggung jawabnya, membina kemampuan peperangan laut, membina kesiapsiagaan operasional serta membina potensi maritim di wilayah kerjanya menjadi kekuatan pertahanan keamanan negara di laut<sup>1</sup>. Dalam rangka pelaksanaan tugasnya, dan dihadapkan dengan kondisi geografis yang sangat luas, Koarmada I membutuhkan alutsista KRI. Pemenuhan kebutuhan alutsista KRI Koarmada I dilaksanakan melalui perencanaan strategis yang disusun dalam pembangunan Kekuatan Pokok TNI<sup>2</sup>. Namun dalam pemenuhan kekuatan pokok TNI tersebut, negara Indonesia menghadapi kendala anggaran. Hal ini pada akhirnya akan berdampak terhadap kebutuhan alutsista KRI Koarmada I. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka Koarmada I membutuhkan suatu perencanaan penugasan KRI yang saat ini dimiliki. Dalam perencanaan penugasan KRI memerlukan pertimbangan matang terhadap berbagai kebutuhan strategis, kondisi dan

kesiapan operasional KRI dan personelnnya, serta situasi keamanan yang dinamis. Pentingnya penjadwalan penugasan KRI yang melibatkan staf-staf yang terlatih dalam rangka mempersiapkan penugasan KRI dalam mewujudkan tercapainya tujuan operasi. Perencanaan operasional KRI tersebut harus disesuaikan antara jumlah personel, material, dan daerah tujuan serta kelas kapal yang akan yang akan direncanakan untuk melaksanakan operasi tersebut. Sehingga KRI yang akan digerakkan sesuai dengan kebutuhan yang akan diembannya, baik untuk jumlah maupun kelas kapalnya.

Pada tahun 2024, TNI Angkatan Laut merencanakan, menyiapkan dan melaksanakan operasi dalam negeri TNI<sup>3</sup>, antara lain: a. Operasi Pengamanan Laut Natuna Utara; b. Operasi Pengamanan ALKI I; c. Operasi Pengamanan Perbatasan Wilayah Laut Indonesia-Singapura; d. Operasi Patroli Terkoordinasi Malaysia-Indonesia; e. Operasi Patroli Terkoordinasi India-Indonesia; f. Operasi Mallacca Straits Sea Patrols (MSSP); g. Operasi Patroli Terkoordinasi Indonesia-Singapura; h. Operasi Keamanan Laut. Berdasarkan rencana operasi yang telah direncanakan oleh Mabes TNI maupun Mabes TNI Angkatan Laut, maka Koarmada I dalam hal ini Staf Operasi (Sops) membuat suatu perencanaan operasi atau yang lebih dikenal dengan Jadwal Olah Guna (JOG) untuk mendukung rencana operasi yang telah dibuat Mabes TNI dan Mabes TNI Angkatan Laut tersebut. Perencanaan operasional KRI tersebut harus disesuaikan antara jumlah personel,

material, dan daerah tujuan serta kelas kapal yang akan direncanakan untuk melaksanakan operasi tersebut. Sehingga KRI yang akan digerakkan sesuai dengan kebutuhan yang akan diembannya, baik untuk jumlah maupun kelas kapalnya. Koarmada I dalam bidang pembinaan bertugas menyusun dan merencanakan program-program pembinaan kekuatan KRI, sarana dan prasarana pendukung pendukung dalam jajaran Koarmada I melalui pemeliharaan, pengiriman, pengembangan taktis dan prosedur sesuai tingkat dan lingkungan kewenangannya agar KRI selalu siap kapan saja dibutuhkan baik dalam kondisi perang maupun dalam situasi damai. Sesuai dengan tugas pokok TNI baik dalam OMP dan OMSP<sup>4</sup>.

Adapun gambar 1.1 tentang peta wilayah kerja Koarmada I menunjukkan jumlah sektor penugasan KRI Koarmada I yang merupakan tugas dan kewenangannya terbagi dari sektor I hingga sektor VIII. Sedangkan luas wilayah patroli Koarmada I merupakan luas laut dalam mil laut persegi untuk setiap patroli penugasan KRI yang dirinci pada tabel 1.1 tentang data sektor-sektor dan luas wilayah patroli Koarmada I.



**Gambar 1.1 Peta Wilayah Kerja Koarmada I**  
(Sumber : Koarmada I 2024)

**Tabel 1.1 Data Sektor-Sektor dan Luas Wilayah Patroli Koarmada I**

NO	SEKTOR	LUAS AREA (MIL <sup>2</sup> )	DAERAH PATROLI
1.	SEKTOR I	55.685	Perairan Laut Natuna
2.	SEKTOR II	45.092	Perairan Utara Kepulauan Batam dan Bintan
3.	SEKTOR III	39.357	Perairan Utara Kepulauan Batam, Bintan dan Pontianak
4.	SEKTOR IV	37.939	Perairan Utara Kepulauan Batam, Bintan dan Bangka Belitung
5.	SEKTOR V	41.611	Perairan Kepulauan Bangka Belitung dan laut Jawa
6.	SEKTOR VI	59.523	Perairan Selatan Laut Jawa
7.	SEKTOR VII	259.524	Perairan Laut Aceh, Nias dan Perairan Selatan Jawa
8.	SEKTOR VIII	40.165	Perairan Laut Aceh dan Selat Malaka
Total Luas :		578.895	MIL <sup>2</sup>

(Sumber : Koarmada I 2024)

Penjadwalan penugasan KRI merupakan salah satu kunci dalam pengelolaan armada laut yang efisien dan efektif bagi TNI Angkatan Laut. Dalam hal ini optimasi penjadwalan menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa setiap KRI dapat dimanfaatkan secara maksimal sesuai tujuan strategis dan kebutuhan operasional TNI Angkatan Laut. Terbatasnya jumlah KRI yang tidak mampu mencakup seluruh wilayah laut, distribusi sektor area operasi yang tidak merata, dan terjadinya penumpukan KRI pada sektor tertentu menjadi faktor permasalahan dalam penugasan KRI<sup>5</sup>. Luas wilayah yang ada di Koarmada I dan alokasi anggaran yang ada menjadi faktor dalam terpenuhinya penugasan KRI. Dengan demikian optimasi penjadwalan harus memperhitungkan berbagai variabel yang kompleks untuk dapat memastikan bahwa setiap penugasan dapat dilaksanakan dengan efisien dan efektif.

Berdasarkan program kerja TNI Angkatan Laut, Koarmada I telah memprioritaskan pada kegiatan alutsista itu sendiri, utamanya operasional KRI yang tersusun didalam anggaran TNI Angkatan Laut.

Anggaran TNI Angkatan Laut adalah anggaran yang diterima dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN). Anggaran TNI Angkatan Laut tahun 2023 adalah awal dalam pelaksanaan pembangunan strategis bidang pertahanan negara TNI Angkatan Laut tahun 2023 sampai dengan 2024. Kondisi kemampuan keuangan negara dalam hal ini alokasi anggaran pertahanan bagi TNI Angkatan Laut merupakan faktor kunci dalam implementasi perencanaan<sup>6</sup>. Anggaran TNI Angkatan Laut merupakan bagian integral dari anggaran pertahanan Indonesia yang dimanfaatkan untuk mendukung kesiapan operasional dan pengembangan dari salah satu kekuatan negara. Dalam penentuan berbagai jenis penugasan KRI dibutuhkan anggaran yang sangat besar serta dihadapkan dengan luas wilayah yang sangat luas. Dalam hal ini keterbatasan anggaran yang dimiliki sangat berpengaruh dalam melaksanakan tugas dari KRI sendiri. Koarmada I memiliki luas wilayah perairan yang luas diharapkan mampu melaksanakan operasi demi menjaga keamanan dan kedaulatan bangsa, sehingga peneliti perlu mengangkat permasalahan pengaruh luasnya wilayah dan anggaran terhadap optimasi penjadwalan penugasan KRI di koarmada I.

Dari kondisi lapangan diketahui bahwa unsur KRI memiliki beberapa perbedaan variasi jarak jangkau kapal yang terdiri dari kemampuan kecepatan, jarak jangkau radar, endurance (lama ketahanan untuk sekali berlayar), yang berkaitan dengan kebutuhan logistik dari KRI, jarak dan luas jangkauan coverage area serta biaya operasi yang berbeda

pula. Jangkauan coverage area kapal adalah luasan wilayah laut (nautical mil persegi), yang dapat dicapai oleh KRI dalam pengamanan di sektor-sektor luas wilayah sepanjang tahun. Semakin besar jangkauan coverage area yang didapat dari komposisi penugasan kapal maka artinya kapal akan semakin sering menjelajah berpatroli di luas wilayah untuk pengamanan, sehingga semakin mampu mendeteksi dan menangkap kejahatan dan pelanggaran laut wilayah yurisdiksi nasional Indonesia. Tentunya sangat dibutuhkan kondisi kapal yang selalu siap dalam kondisinya. Untuk itu kehadiran dari unsur-unsur KRI sangat dibutuhkan agar penjadwalan dapat terencana secara baik dan optimal.

Beberapa penelitian tentang penjadwalan telah banyak dilakukan baik dengan menggunakan perhitungan matematis eksak maupun metaheuristik algoritma genetika. Peneliti yang melakukan penelitian menggunakan metaheuristik antara lain Deris pada tahun 1999 telah mengembangkan model algoritma genetika yang digunakan untuk menjadwalkan pemeliharaan Kapal Angkatan Laut Malaysia, dengan mempertimbangkan pemeliharaan untuk memenuhi persyaratan ketersediaan kapal yang siap untuk kegiatan operasi, dan tanpa mempertimbangkan kapal apa saja yang akan melaksanakan operasi pada saat ini dan yang akan datang<sup>7</sup>. Pada tahun 2012 peneliti dari China, Chen mengembangkan model algoritma genetika untuk penjadwalan preventive maintenance pada interval yang tetap dengan tidak mempertimbangkan corective maintenance<sup>8</sup>.

Beberapa peneliti juga menggunakan penelitian model integer programming dengan mengembangkan model optimasi mixed integer programming yaitu pada penjadwalan pemeliharaan kapal selam, penelitian ini

menjadwalkan operasi dalam rangka patroli dan melaksanakan pemeliharaan yang dilakukan oleh tim pemeliharaan di kapal selam tender, sehingga kapal selam tidak harus kembali ke pangkalan untuk melaksanakan pemeliharaan<sup>9</sup>. Integer programming selain digunakan untuk penjadwalan diatas, dapat juga digunakan untuk penelitian penelitian yang lain, seperti: penjadwalan pemeliharaan yang digunakan oleh kapal kontainer<sup>10</sup>, penjadwalan yang dilakukan di pabrik generator<sup>11</sup>, penjadwalan pada proyek pengembangan di sistem informasi<sup>12</sup>, pemeliharaan sistem generator<sup>13</sup>, penjadwalan operasi sebuah rumah<sup>14</sup>, dan penjadwalan produksi pengecoran<sup>15</sup>.

Dari review diatas dapat disimpulkan bahwa penelitian yang dilakukan adalah kebanyakan penelitian hanya berorientasi pada biaya paling minimal. Kecuali penelitian yang dilakukan pada Angkatan Laut Malaysia, dimana fokus pada ketersediaan kapal setiap saat. Namun pada penelitian tersebut menggunakan metode metaheuristik dimana dengan menggunakan metode metaheuristik tidak menjamin bahwa nilai global optimum bisa didapatkan. Sehingga pada penelitian yang dilakukan saat ini peneliti menggunakan metode matematis exact dengan metode binary integer programming (BIP) agar bisa didapatkan nilai yang optimum, dimana salah satu tugas dari Sops dan Slog Armada adalah membuat jadwal olah guna dan jadwal olah pemeliharaan KRI yang akan melaksanakan operasi dan perbaikan dalam setahun, Semua KRI yang berada di Koarmada I jumlahnya banyak dan terjadwal secara rutin berdasarkan JOG dan JOP. Akan tetapi masih ada kendala yang dihadapi dalam proses penyusunan penjadwalan KRI dalam keberangkatan operasi dan pemeliharaan KRI yang berada di pangkalan, dikarenakan pembuatan penjadwalan masih secara manual,

dengan jumlah kapal yang banyak dan fasilitas pemeliharaan kapal yang terbatas di daerah operasi. Dengan adanya kendala tersebut, memungkinkan ada nama KRI akan melaksanakan operasi secara terus menerus karena menunggu pengganti kapal yang belum siap operasi, dikarenakan masih sedang melaksanakan pemeliharaan, serta tidak adanya keadilan pada pembagian porsi masing masing kapal. Oleh karena itu, untuk mendapatkan penjadwalan penugasan KRI secara adil dan rutin untuk memenuhi penjadwalan yang baik. Apabila dihitung secara manual JOP dan JOG tersebut sangat rumit dan tentunya membutuhkan waktu yang lama.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode BIP dan selain itu peneliti juga akan menghasilkan solusi penerapan prioritas pengembangan fasilitas pemeliharaan dan perbaikan di daerah sektor operasi. Dengan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk melaksanakan penelitian model optimasi penjadwalan penugasan KRI Koarmada I dikorelasikan dengan luas wilayah dan anggaran.

## **B. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model optimasi untuk mengatasi permasalahan penjadwalan penugasan Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) di Koarmada I. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memformulasikan model penjadwalan yang efisien dan optimal menggunakan metode Binary Integer Programming (BIP). Pendekatan ini dipilih karena BIP dapat mengatasi permasalahan penjadwalan yang melibatkan berbagai kendala dan tujuan yang saling bertentangan, seperti keterbatasan anggaran, ketersediaan kapal, dan luas wilayah yang harus dijaga.

## Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh KRI yang berada di bawah Koarmada I yang terlibat dalam operasi selama setahun. Sampel penelitian terdiri dari 59 KRI yang beroperasi di wilayah laut yang terbagi menjadi 8 sektor. Penjadwalan penugasan dilakukan untuk seluruh kapal tersebut dengan mempertimbangkan luas wilayah per sektor, kapasitas kapal, dan anggaran yang tersedia. Populasi ini mencakup kapal-kapal yang memiliki berbagai kemampuan dan karakteristik, seperti kecepatan, jarak jangkauan, dan kelas kapal, yang mempengaruhi cara mereka dialokasikan ke sektor tertentu.

## Sumber dan Jenis Data

Sumber data dalam penelitian ini meliputi dua jenis data utama: data primer dan data sekunder.

**Data Primer:** Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara dengan staf operasional di Koarmada I. Data ini mencakup informasi tentang jenis kapal, jangkauan operasional, pemeliharaan kapal, dan kebutuhan anggaran tahunan untuk penugasan KRI.

**Data Sekunder:** Data sekunder diperoleh dari dokumen resmi Koarmada I yang mencakup laporan tahunan, rencana operasi (JOP/JOG), serta data historis penugasan KRI dari tahun-tahun sebelumnya. Data ini digunakan untuk memahami pola penugasan dan alokasi sumber daya dalam operasional KRI.

## Instrumen Penelitian

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah model matematis berbasis Binary Integer Programming (BIP). Model ini dirancang untuk memformulasikan permasalahan penjadwalan penugasan KRI dengan berbagai kendala.

Variabel-variabel keputusan dalam model BIP meliputi:

- **Variabel keputusan:** Menentukan apakah KRI akan ditugaskan ke sektor tertentu dalam periode tertentu.
- **Fungsi tujuan:** Memaksimalkan cakupan wilayah yang dijaga oleh KRI, dengan memperhatikan distribusi optimal kapal dan efisiensi biaya.
- **Kendala:** Meliputi batasan anggaran, jumlah kapal yang tersedia, kapasitas kapal, dan batasan waktu operasional yang diinginkan.

Selain itu, perangkat lunak Excel Solver digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi ini. Solver memfasilitasi pencarian solusi optimal dengan menyelesaikan model BIP berdasarkan data yang telah dikumpulkan.

## Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui dua tahapan: pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder.

1. **Pengumpulan Data Primer:** Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan wawancara dengan staf Koarmada I yang terlibat dalam perencanaan operasional kapal. Selain itu, observasi langsung terhadap proses penjadwalan yang dilakukan secara manual juga dilakukan untuk memahami tantangan yang ada. Data primer ini mencakup informasi tentang karakteristik kapal, jangkauan operasional, serta kebutuhan dan kendala anggaran yang harus dipertimbangkan dalam penugasan KRI.

2. **Pengumpulan Data Sekunder:** Data sekunder diperoleh melalui dokumen yang diterbitkan oleh Koarmada I, seperti laporan tahunan, catatan penugasan KRI sebelumnya, serta jadwal operasi (JOP/JOG). Data ini

digunakan untuk mengidentifikasi pola penugasan yang telah dilakukan sebelumnya dan digunakan sebagai pembandingan dalam evaluasi hasil penelitian.

Setelah data dikumpulkan, tahap selanjutnya adalah pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak Excel. Data yang telah diperoleh dimasukkan dalam model matematis untuk diolah dan dianalisis lebih lanjut.

### **Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dan analisis matematis.

1. **Analisis Deskriptif:** Digunakan untuk menggambarkan kondisi eksisting penjadwalan KRI di Koarmada I, mencakup pola penugasan yang dilakukan secara manual dan tantangan yang dihadapi oleh staf operasional dalam menyusun jadwal.

2. **Analisis Matematis:** Model BIP digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan dengan mempertimbangkan berbagai kendala, seperti anggaran, kapasitas kapal, dan kebutuhan akan cakupan wilayah. Fungsi tujuan dalam model ini adalah untuk memaksimalkan area yang dapat dijaga oleh KRI, sedangkan kendala mencakup pembatasan terkait anggaran, jumlah kapal, dan kapasitas operasional.

Setelah model BIP disusun, proses optimasi dilakukan dengan menggunakan Excel Solver. Solver akan mencari solusi optimal dengan mengalokasikan kapal ke sektor-sektor sesuai dengan kapasitas dan tujuan yang telah ditentukan. Hasil optimasi kemudian dibandingkan dengan penjadwalan manual yang dilakukan oleh staf Koarmada I.

### **Tahapan Kegiatan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan utama yang dimulai dengan perencanaan, pengumpulan data, hingga analisis dan penyusunan laporan. Tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. **Perencanaan Penelitian:** Menyusun rencana penelitian, termasuk pemilihan metode dan pengumpulan data yang relevan.

2. **Pengumpulan Data:** Mengumpulkan data primer dan sekunder yang diperlukan untuk membangun model BIP dan memahami konteks penugasan KRI.

3. **Pengolahan Data:** Memasukkan data ke dalam model matematis dan melakukan analisis menggunakan Excel Solver.

4. **Analisis dan Evaluasi:** Menganalisis hasil optimasi dan membandingkannya dengan penjadwalan manual yang ada untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas model yang diusulkan.

5. **Penyusunan Laporan:** Menyusun hasil penelitian dalam bentuk laporan, termasuk kesimpulan dan rekomendasi untuk implementasi model optimasi dalam penjadwalan penugasan KRI di Koarmada I.

## **C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Deskripsi Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penjadwalan penugasan Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) di Koarmada I menggunakan metode Binary Integer Programming (BIP). Proses penjadwalan ini mengacu pada data operasional tahunan KRI yang terbagi dalam delapan sektor wilayah. Penelitian ini melibatkan 59 KRI dengan berbagai karakteristik, termasuk kecepatan, daya jangkauan, dan kapasitas operasional.

Data yang dikumpulkan meliputi kebutuhan penugasan KRI, cakupan wilayah, alokasi anggaran, dan hasil pemeliharaan kapal. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Excel Solver untuk menghasilkan jadwal penugasan yang optimal. Penugasan ini mengutamakan efisiensi dengan memperhitungkan faktor biaya dan cakupan area yang harus dijaga.

### **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber utama: data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara dengan staf operasional Koarmada I, yang memberikan informasi terkait jadwal penugasan manual yang berlaku serta berbagai tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan armada. Data sekunder dikumpulkan dari laporan tahunan, dokumen perencanaan JOP/JOG, dan data operasional KRI sebelumnya.

Data yang dikumpulkan meliputi jumlah KRI yang terlibat, jumlah sektor yang dibagi, serta luas wilayah operasional yang harus dijaga setiap kapal. Seluruh data ini digunakan untuk menyusun model BIP yang akan mengoptimalkan penugasan KRI ke sektor-sektor yang ada.

### **Pengolahan Data**

Proses pengolahan data dimulai dengan memasukkan data yang dikumpulkan ke dalam model BIP. Model ini dibangun dengan tujuan untuk memaksimalkan cakupan wilayah yang dapat dijaga oleh KRI, sambil meminimalkan biaya operasional dan mematuhi kendala yang ada, seperti anggaran dan jumlah kapal yang tersedia. Excel Solver digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi ini, dengan menghasilkan solusi yang paling efisien berdasarkan fungsi tujuan yang telah ditentukan.

Model BIP melibatkan beberapa variabel keputusan, yaitu apakah KRI akan ditugaskan ke sektor tertentu dalam periode waktu tertentu. Fungsi tujuan dalam model ini adalah untuk memaksimalkan cakupan area dengan memperhatikan jumlah kapal yang diperlukan di setiap sektor dan batasan anggaran. Selain itu, model ini juga mempertimbangkan kendala-kendala seperti keterbatasan jumlah kapal yang tersedia dan kapasitas operasional masing-masing kapal.

### **Analisis Data Hasil Optimasi**

Hasil optimasi menunjukkan bahwa penerapan model BIP berhasil mengalokasikan kapal secara lebih efisien dibandingkan dengan penjadwalan manual yang dilakukan sebelumnya. Dalam penjadwalan manual, penugasan kapal seringkali tidak merata, dengan beberapa sektor mengalami penumpukan kapal sementara sektor lainnya kekurangan kapal.

Dari hasil optimasi, cakupan wilayah yang dapat dijaga oleh KRI meningkat secara signifikan. Model BIP berhasil mencapai cakupan wilayah maksimum sebesar 85.839.881 NM<sup>2</sup>, yang jauh lebih besar dibandingkan dengan cakupan wilayah saat ini, yaitu 653.702 NM<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa model ini mampu mengoptimalkan distribusi kapal sehingga dapat mencakup lebih banyak wilayah dalam waktu yang sama, sekaligus memastikan bahwa setiap kapal ditugaskan dengan efisien.

Selain itu, hasil optimasi juga menunjukkan pengurangan biaya operasional. Alokasi anggaran yang lebih tepat berdasarkan kebutuhan kapal dan wilayah memungkinkan penghematan biaya, yang selama ini terbuang pada penugasan yang tidak efisien. Misalnya, kapal yang berada di pangkalan standby dapat digunakan dengan lebih optimal, menghindari waktu henti yang tidak perlu.



## Verifikasi

Untuk memverifikasi hasil optimasi, dilakukan perbandingan antara penugasan yang dihasilkan oleh model BIP dengan penugasan manual yang diterapkan Koarmada I. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa penugasan model BIP lebih merata, dengan pembagian tugas yang lebih adil antar sektor. Selain itu, model BIP juga memperlihatkan adanya penghematan biaya operasional yang signifikan, terutama dalam hal pemeliharaan dan distribusi logistik.

Verifikasi dilakukan dengan mencocokkan hasil optimasi dengan data historis penugasan, serta mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang dapat mempengaruhi jadwal, seperti pemeliharaan kapal, cuaca, dan kondisi operasional tertentu. Meskipun model BIP tidak memperhitungkan faktor eksternal tersebut secara langsung, hasil verifikasi menunjukkan bahwa model ini tetap memberikan solusi yang lebih efisien dalam penugasan kapal.

## Pembahasan

Implementasi model BIP dalam penjadwalan penugasan KRI di Koarmada I memberikan hasil yang sangat signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional dan pengelolaan armada. Salah satu temuan utama adalah peningkatan cakupan wilayah yang dapat dijaga, yang memungkinkan TNI Angkatan Laut untuk meningkatkan kesiapsiagaan di seluruh wilayah laut Indonesia.

Model ini juga membantu mengurangi ketergantungan pada penjadwalan manual yang memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan manusia. Dengan menggunakan metode optimasi, Koarmada I dapat menghasilkan jadwal penugasan yang lebih tepat, efisien, dan

lebih mudah disesuaikan dengan perubahan situasi.

Namun, meskipun model BIP terbukti efektif, ada beberapa kendala yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah ketidakmampuan model ini untuk memprediksi dan mengatasi faktor eksternal yang dapat mempengaruhi penugasan, seperti cuaca buruk, kondisi teknis kapal, atau perubahan mendadak dalam rencana operasi. Oleh karena itu, disarankan agar model BIP ini dikombinasikan dengan metode lain, seperti pemodelan berbasis simulasi atau algoritma yang dapat memperhitungkan variabel eksternal secara lebih dinamis.

## D. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari serangkaian pengolahan data dan analisa yang dilakukan pada tesis ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

a. Penjadwalan penugasan KRI Koarmada I dapat dimodelkan dengan menggunakan model optimasi integer linear – zero one programming. Dengan objective function atau fungsi tujuan yang hendak dicapai adalah memaksimalkan coverage area di sektor operasi dengan constraints atau kendala-kendala yang dipengaruhi oleh keterbatasan kemampuan kapal seperti kecepatan, radar, endurance, jadwal pemeliharaan/ docking, dan biaya penugasan yang tidak melebihi alokasi anggaran. Decision Variable atau variabel keputusan yang digunakan berupa matriks zero-one penugasan kapal yang berada di sektor operasi, sedangkan tools untuk menyelesaikannya dengan menggunakan program Solver excel lanjutan.

b. Dalam menentukan hasil optimasi yang digunakan berupa komposisi penugasan 59 KRI

ke 8 sektor yang dipengaruhi oleh luas wilayah dan anggaran yang ada, model penjadwalan Koarmada I menghasilkan jadwal optimasi yang mencakup penugasan kapal, pemeliharaan/docking, dan perawatan kapal. Jadwal tersebut mempengaruhi efisiensi olah guna kapal dan pemeliharaan kapal, yang pada akhirnya memaksimalkan coverage area hingga 85.839.881 Nmil<sup>2</sup>. Dengan seluruh luas sektor perasi I sampai VIII adalah 653.702 Nmil<sup>2</sup>, sehingga pembuatan jadwal olah guna kapal dan jadwal pemeliharaan selama setahun tetap terstruktur untuk mencapai cakupan coverage area yang optimal.

c. Model optimasi dengan mengoptimalkan coverage area yang dilakukan pada penugasan KRI Koarmada I terlihat pada kenaikan

#### **Saran**

a. Faktor biaya operasi KRI dalam optimasi ini selain sebagai fungsi kendala/ constrain, juga dapat dikembangkan menjadi fungsi tujuan, sehingga ada dua fungsi tujuan yaitu meminimalisasi biaya dan memaksimumkan coverage area, untuk dapat masuk dalam area multi fungsi tujuan, hal ini bisa dilanjutkan untuk studi penelitian berikutnya.

b. Dalam studi ini hanya menentukan kapal mana beroperasi ke sektor mana, dan menentukan pemilihan Fasharkan TNI AL berdasarkan jarak yang diketahui dari hasil optimasi penugasan KRI dari sektor operasi ke Fasharkan TNI AL sebagai pangkalan pendukung bagi kapal yang ditugaskan di sektor-sektor tersebut. Namun demikian model ini belum memasukkan variabel kondisi dan kemampuan Fasharkan yang dimiliki TNI AL. Sehingga perlu adanya kajian/ penelitian lanjutan mengenai hal tersebut.

c. Dengan adanya model optimasi penjadwalan penugasan KRI Koarmada I dapat

menambah pengetahuan tentang model penjadwalan yang lebih sistematis, sehingga perlu adanya evaluasi, pengembangan dan pembaruan model optimasi penugasan KRI Koarmada I secara berkala agar dapat memastikan model tersebut tetap akurat dan relevan dengan kondisi yang ada saat ini.

#### **E. DAFTAR PUSTAKA**

1. Peraturan Kepala Staf Angkatan Laut Nomor 25 tanggal 24 Oktober 2022 tentang Organisasi Dan Tugas Komando Armada I, pasal 2, 2.
2. Permenhan RI nomor B/193/ I/2023 tanggal 31 Januari 2023 tentang Perubahan Istilah Minimum Essential Force (MEF) TNI, pasal 3.
3. Surat Perintah Panglima TNI Nomor Sprin/ 2572 / XII / 2023 tanggal 20 Desember 2023 tentang Direktif Operasi Dalam Negeri TNI TA 2024, 2023.
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 34 tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia, pasal 7.
5. Mohamad Solekhan Ahmadi, Udisubakti Ciptomulyono, "Penjadwalan Penugasan KRI di Kolinlamil Dengan Pendekatan Binary Integer Programming," The Journal of Analysis System and Research of Operations, nomor 6 (2016): II-1.
6. Keputusan Kepala Staf Angkatan Laut Nomor Kep / 3203 / IX / 2023 tanggal 25 September 2023 tentang Rencana Kerja TNI Angkatan Laut Tahun 2024, pasal 1.
7. Ohta Deris, Omatu, "Ship Maintenance Schedulling By Genetic Algorithm and Constrain-Based Reasoning," European Journal of Operational Research, (1999), 502.

8. Guobiao Cai Tao Chen, Jiawen Li, Ping Jin, "Reusable Rocket Engine Preventive Maintenance Scheduling Using Genetic Algorithm," *Reliability Engineering & System Safety*, (2013), 60.
9. Cyrus K Anderson, "Optimization of Continuous Maintenance Availability Scheduling" (2014), 15.
10. Dong-Ho Lee Hun Go, Ji-Su Kim, "Operation and Preventive Maintenance Scheduling for Containerships: Mathematical Model and Solution Algorithm," *European Journal of Operational Research* 229, no. 3 (2013): 636.
11. A.W. Labib M. Alardhi, "Preventive Maintenance Scheduling of Multi-Cogeneration Plants Using Integer Programming," *Journal of the Operational Research Society* 59(4) (2008): 509.
12. S. J. Sadjadi Mohsen Ziaee, "Mixed Binary Integer Programming Formulations For the Flow Shop Scheduling Problem. A Case Study: ISD Projects Scheduling," *Elsevier* 185, no. 1 (2007): 228.
13. Gholamreza Shafipour Abdolvahhab Fetanat, "Generation Maintenance Scheduling in Power System Using Ant Colony Optimization for Continuous Demands Based 0-1 Integer Programming," *Elsevier* 38 (2011): 9735.
14. David Duvivier Tao Wang, Nadine Meskens, "Scheduling Operating Theatres: Mixed Integer Programming vs Constraint Programming," *European Journal of Operational Research* 247, no. 2 (2015): 413.
15. Neocles Alves Pereira Rodolfo Florence Teixeira Jr, Flavio Cesar Faria Fernandes, "Binary Integer Formulations for Scheduling in Market-Driven Foundries," *Computer & Industrial Engineering* 59, no. 3 (2010): 435.