



## Optimasi Penjadwalan Kapal Angkut Militer Berdasarkan Kemampuan Operasional Mesin

Agus Makhrowi<sup>1</sup>, Bambang Irwanto<sup>2</sup>, Bambang Suharjo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Sekolah Staf dan Komando Angkatan Laut, Indonesia

<sup>3</sup>Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

E-mail: [makhrowi09@gmail.com](mailto:makhrowi09@gmail.com)

| Article Info                                                                                                                                                                                                                                | Abstract                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Article History</b><br>Received: 2025-09-10<br>Revised: 2025-10-15<br>Published: 2025-11-06<br><br><b>Keywords:</b><br><i>Scheduling;<br/>Engine Operating Hours;<br/>Optimization Model;<br/>Binary Integer<br/>Programming.</i>        | Military transport ship scheduling is the implementation of military sea transport operations to support military tasks, both in wartime and peacetime. Administrative and tactical sea transport includes the transportation of personnel, equipment, and supplies, as well as the provision of maritime transportation assistance throughout Indonesian waters. The limited number and capabilities of operationally ready ships, as well as the numerous tasks assigned, require consideration to optimize the assignment of military transport ships. The objective of this research is to obtain the best assignment planning alternatives to increase resource advantages and utilization of existing infrastructure. Scheduling in this research, developed an optimization model that applies the Binary Integer Programming method by determining the objective function, identifying decision variables and constraint variables. This modeling was applied to a 2018 task force consisting of 11 ships to carry out 60 tasks. The optimization results show that the maximum engine operating hours achieved (Zmax) are 11,350 hours out of the total engine operating hours available to carry out tasks for one year of 11,668 hours. By not violating the maximum time limit for ship engine usage, the ESIap value is 97.27% with a total of 50 operational tasks carried out. This optimization model can be used as a consideration in decision-making regarding the scheduling of military transport ships, so that it can be implemented in the future.                   |
| Artikel Info                                                                                                                                                                                                                                | Abstrak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Sejarah Artikel</b><br>Diterima: 2025-09-10<br>Direvisi: 2025-10-16<br>Dipublikasi: 2025-11-06<br><br><b>Kata kunci:</b><br><i>Penjadwalan;<br/>Jam Operasional Mesin;<br/>Model Optimasi;<br/>Pemrograman Bilangan<br/>Bulat Biner.</i> | Penjadwalan kapal angkut militer adalah pelaksanaan operasi transportasi laut militer untuk mendukung tugas militer, baik pada masa perang maupun masa damai. Transportasi laut administratif dan taktis mencakup pengangkutan personel, peralatan, dan pasokan, serta penyediaan bantuan transportasi maritim di seluruh perairan Indonesia. Jumlah kapal yang terbatas dan kemampuan yang siap operasi, serta banyaknya tugas yang diberikan, memerlukan pertimbangan untuk mengoptimalkan penugasan kapal angkut militer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh alternatif perencanaan penugasan terbaik untuk meningkatkan keuntungan sumber daya dan pemanfaatan infrastruktur yang ada. Penjadwalan dalam penelitian ini mengembangkan model optimasi yang menerapkan metode Binary Integer Programming dengan menentukan fungsi objektif, mengidentifikasi variabel keputusan, dan variabel kendala. Pemodelan ini diterapkan pada gugus tugas tahun 2018 yang terdiri dari 11 kapal untuk melaksanakan 60 tugas. Hasil optimasi menunjukkan bahwa jumlah maksimum jam operasional mesin yang tercapai (Zmax) adalah 11.350 jam dari total jam operasional mesin yang tersedia untuk melaksanakan tugas selama satu tahun sebanyak 11.668 jam. Dengan tidak melanggar batas waktu maksimum penggunaan mesin kapal, nilai ESIap adalah 97,27% dengan total 50 tugas operasional yang dilaksanakan. Model optimasi ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait penjadwalan kapal angkut militer, sehingga dapat diterapkan di masa depan. |

### I. PENDAHULUAN

Angkutan laut militer dilaksanakan untuk kepentingan pertahanan negara, baik yang bersifat administratif maupun taktis strategis yang mencakup angkut personel, peralatan dan perbekalan, serta melaksanakan bantuan angkutan laut di seluruh perairan Indonesia. Angkutan laut militer dapat dioperasikan baik

pada saat perang maupun masa damai, dalam rangka menunjang pembangunan nasional. Kegiatan lintas laut militer dilakukan oleh kapal-kapal angkut militer dilaksanakan secara individu maupun dalam formasi. Mobilitas pasukan maupun logistik melalui kapal angkut militer dapat dilakukan dari suatu pangkalan,

pelabuhan umum, pantai menuju pangkalan, pelabuhan umum, atau pantai lainnya.

Perencanaan penugasan kapal angkut militer disesuaikan antara kelas kapal yang akan melaksanakan operasi dengan jumlah personel dan material yang akan diangkut, serta daerah tujuan. Sehingga kapal yang ditugaskan sesuai dengan kebutuhan beban tugas, baik dari segi jumlah maupun jenis kapalnya. Hal tersebut dapat diwujudkan dengan tidak lepas dari pemeliharaan, pengiriman, pengembangan taktis dan pelaksanaan prosedur operasional kapal. Agar seluruh rencana kegiatan operasional tidak mengalami kendala kesiapan kapal, maka jadwal operasi dan jadwal pemeliharaan perlu disusun dan dibuat terlebih dahulu sebelum pelaksanaan operasi (Kemenhan, 2014).

Untuk memenuhi pasokan operasi yang direncanakan, perlu disusun jadwal penugasan dan penyiapan kapal (pemeliharaan kapal) yang dibutuhkan dalam satu tahun (52 minggu). Maka dapat tersusun Jadwal Olah Gerak dan Jadwal Olah Pemeliharaan (JOG/JOP) dalam satu tahun, sehingga jadwal penugasan berjalan efektif dengan terlaksananya seluruh tugas yang dibebankan ke tiap kapal angkut militer.

Selain mendukung operasi yang terencana, dalam laporan pelaksanaan operasi akhir tahun dapat dilihat bahwa kapal angkut militer juga mendukung operasi tidak terencana di tahun berjalan. Jumlah tugas terencana dan tidak terencana dalam 10 tahun terakhir menunjukkan bahwa total tugas yang dilaksanakan setiap tahunnya berbeda dari jumlah tugas operasi terencana yang dibuat di awal tahun (dengan rata-rata terdapat penambahan tugas). Sehingga penambahan tugas operasi tidak terencana tersebut dapat merubah atau mengganggu jadwal yang sudah dibuat sebelumnya. Adapun bentuk operasi yang tidak terencana seperti: tugas bantuan pangan dan kemanusiaan, tugas penanganan bencana alam, tugas evakuasi korban kecelakaan di laut, dan tugas mendukung latihan ataupun penanganan gangguan keamanan yang bersifat darurat di seluruh wilayah Indonesia.

Pembuatan rencana penugasan kapal angkut militer bukanlah suatu yang mudah karena perlu perhitungan secara teliti dengan mempertimbangkan pemeliharaan kapal, faktor-faktor keterbatasan sarana prasarana terhadap masing-masing tugas, serta aturan-aturan operasional kapal (Herdiawan, 2019). Sehingga dengan adanya perubahan atau penambahan tugas operasi memunculkan crash program yang berakibat adanya pelanggaran batasan dan

aturan operasional kapal. Diantaranya berakibat terjadinya keterlambatan jadwal pemeliharaan kapal serta adanya pelanggaran batasan waktu maksimum pelaksanaan operasional kapal (Ahmadi, 2017). Dimana terdapat kapal yang beroperasi walaupun penambahan tugas tersebut berakibat kapal melebihi aturan maksimum operasional mesin kapal.

Penelitian ini mempunyai berbagai referensi, antara lain: Penelitian jadwal penugasan KRI di Kolindamil menggunakan pendekatan metode *Binary Integer Programming* dengan tujuan untuk meminimalkan *penalty* apabila melanggar *soft constrain* (lama kapal operasi secara berturut-turut) yang diselesaikan komputasi menggunakan LINGO 11.0 (Solekan, 2016). Penelitian menggunakan metode *Mixed Integer Programming*, dengan menyajikan model matematika untuk permutasi penjadwalan *flow shop* dan masalah penjadwalan *job shop* yang diusulkan (Šeda, 2007). Penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan *alternative* yang terbaik dalam rangka mengoptimalkan jadwal rencana penugasan kapal dalam rangka menghasilkan JOG/JOP dengan mengembangkan model optimasi dan mengaplikasikan metode *Integer Linear-Zero One Programming* (Hidayat, 2018).

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa, tidak tercapainya tujuan jadwal penugasan kapal angkut militer yang dibuat selama ini maupun peneliti sebelumnya, dikarenakan pembuatan jadwal hanya berdasarkan rencana penugasan awal, tanpa mempertimbangkan penambahan tugas di tahun berjalan. Selain itu kendala kerusakan maupun ketidaksiapan kapal untuk melaksanakan suatu tugas karena masalah teknis, masih belum dipertimbangkan dalam pembuatan jadwal penugasan kapal.

Untuk itu dalam penelitian ini perlu adanya identifikasi kembali faktor yang ada dan mungkin berpengaruh, serta faktor yang belum dipertimbangkan dalam perencanaan penugasan. Selanjutnya mengoptimasi penugasan kapal-kapal angkut militer yang siap beroperasi, baik tugas terencana maupun tugas tidak terencana. Dengan tetap memperhatikan masalah keterbatasan sarana prasarana terhadap masing-masing tugas, serta aturan operasional kapal. Sehingga diharapkan mendapatkan optimasi penugasan yang efektif dengan terlaksananya tugas operasi yang dibebankan dan efisien dengan meningkatkan kemanfaatan sumber daya dan tidak melanggar batasan-batasan yang ada.

Penyelesaian rencana penugasan kapal angkut militer adalah termasuk problem optimasi

diskrit. Dalam perencanaan penugasan kapal angkut militer juga melibatkan sejumlah sumber daya dan tugas yang dinamis. Dimana jumlah tugas lebih banyak dari pada jumlah kapal, problem kesiapan kapal dan batasan-batasan yang ada (Solekan, 2016). Operasi militer juga tidak berorientasi pada biaya, karena operasional yang diperlukan adalah keunggulan yang dapat diperoleh dari sumber daya yang dimiliki. Proses pembuatan jadwal menggunakan metode *Binary Integer Programming* dengan tujuan untuk memaksimalkan jumlah kemampuan operasional kapal (jam operasi mesin per tahun) dengan pemanfaatan sumber daya dan batasan-batasan yang ada (Salmeron dan Dufek, 2014).

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kriteria-kriteria terkait dengan pelaksanaan dari rencana tugas operasi angkutan laut militer, kriteria-kriteria tersebut adalah: jumlah masing-masing jenis kapal, jumlah tugas, jadwal tugas, lama waktu pelaksanaan tugas, proyeksi kapal pelaksanaan tugas dan kemampuan operasional kapal (jam operasi mesin per tahun). Dimana semua variabel keputusan, fungsi tujuan, konstrain tersebut diselesaikan secara simultan dalam suatu *syntax* dengan menggunakan program komputer optimasi *Microsoft Excel Solver*, sehingga menghasilkan suatu model optimasi pengambilan keputusan dalam perencanaan penugasan angkutan laut militer.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan studi kasus jadwal penugasan kapal angkut militer. Pendekatan penelitian menggunakan kuantitatif dengan mengembangkan model matematis dan teori yang berkaitan dengan pengamatan empiris. Pendekatan penelitian ini dengan membuat model *Binary Integer Programming* (BIP) untuk mencari alternatif terbaik agar didapatkan penjadwalan yang lebih optimal.

Pada tahap ini adalah melaksanakan identifikasi terhadap variabel-variabel yang berpengaruh dengan melakukan observasi pada permasalahan yang berhubungan dengan model. Variabel model penugasan kapal sebagai berikut:

1. Indikator.
  - i = Tugas operasi (1...n).
  - j = Kapal (1...m).
  - k = Waktu minggu (1...52).
2. Variabel Keputusan.
  - $X_{ij}$  = (0 atau 1)
  - = 1 jika tugas ke-i dilaksanakan kapal ke-j dan
  - 0 jika tugas ke-i tidak dilaksanakan kapal ke-j

### 3. Parameter.

- N = Jumlah tugas
- M = Jumlah kapal
- $K_{ij}$  = Proyeksi tugas ke-i dilaksanakan oleh kapal ke-j
- $M_{ik}$  = Tugas ke-i dilaksanakan pada minggu ke-k
- $WG_i$  = Nilai kebutuhan waktu guna (jam) untuk melaksanakan tugas ke-i (1...n).
- $WG_j$  = Waktu yang digunakan kapal ke-j untuk melaksanakan tugas operasi
- $PWG_j$  = Proyeksi waktu guna kapal ke-j.

BIP merupakan pendekatan yang digunakan dalam pemecahan masalah program linier tetapi memerlukan tambahan batasan yaitu beberapa atau semua keputusan merupakan bilangan bulat. Model BIP dari permasalahan penjadwalan penugasan kapal ini terdiri dari fungsi obyektif dan batasan sistem (*constrain*). Fungsi obyektif adalah suatu fungsi yang digunakan untuk merumuskan tujuan yang hendak dicapai, baik tujuan memaksimalkan maupun meminimumkan. Sedangkan fungsi batasan adalah suatu fungsi pembatas yang diperlukan berkenaan dengan keterbatasan sumber daya yang tersedia.

Langkah pertama dalam metode penelitian ini adalah mengoptimalkan capaian waktu guna pada masing-masing kapal yang siap beroperasi dengan model optimasi BIP sehingga mendapat capaian jumlah kemampuan operasional kapal (jam putar/tahun) dengan batasan yang ada, dapat diformulasikan sebagai berikut:

#### 1. Variabel Keputusan

Penugasan sebuah kapal sesuai jenisnya ke masing-masing tugas operasi. Bentuk variabel keputusan adalah *Binary* 0-1 (*zero-one*). Hasil 0 artinya tugas ke-i tidak dilaksanakan oleh kapal ke-j dan hasil 1 artinya tugas ke-i dilaksanakan oleh kapal ke-j.

#### 2. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari model penjadwalan ini adalah untuk memaksimalkan capaian waktu guna operasional kapal dalam melaksanakan tugas operasi sebagai hasil yang optimal. Dengan memaksimalkan fungsi linear dari variabel keputusan berupa pemilihan tugas ke-i (1...n) yang dilaksanakan kapal ke-j (1...m) yang dikalikan dengan kebutuhan waktu guna (jam) masing-masing tugas ke-i (1...n).

### 3. Fungsi Batasan Sistem (*Constrain*)

Dalam penentuan rencana penugasan ada beberapa batasan yang harus dihadapi. Batasan-batasan tersebut antara lain:

#### a) Proyeksi kapal pelaksana tugas

Batasan kapal yang diproyeksikan untuk melaksanakan tugas operasi berarti bahwa kapal yang melaksanakan setiap tugas operasi mempunyai kelas atau karakteristik tertentu. Sehingga ada pilihan beberapa kapal untuk melaksanakan setiap tugas yang dibebankan atau penunjukan kapal yang melaksanakan tugas operasi.

#### b) Batasan waktu guna penugasan

Setiap tugas memiliki bobot waktu guna penugasan (jam operasional kapal/mesin). Sehingga untuk setiap variabel keputusan kapal yang ditugaskan diberi bobot waktu guna penugasan.

#### c) Batasan jenis tugas

Setiap  $n$  tugas memiliki tingkat kepentingan yang berbeda-beda. Dimana tugas operasi angkutan laut militer serta operasi bhakti yang bersifat pokok dan tambahan. Dalam hal ini tambahan tugas yang bersifat urgent harus dilaksanakan dan lebih diutamakan dari pada tugas tambahan non urgent. Tugas pokok harus dilaksanakan oleh salah satu/lebih kapal yang dimiliki.

#### d) Batasan jadwal waktu pelaksanaan tiap tugas

Masing-masing tugas sudah ditentukan kapan (minggu ke berapa) dimulainya dan lama waktu (minggu) pelaksanaan tugas dalam satu tahun (52 minggu).

#### e) Batasan proyeksi waktu guna

Batasan maksimal jam putar masing-masing kapal dalam bentuk proyeksi waktu guna (nilai proyeksi jam putar) kapal. Proyeksi waktu guna ditetapkan terhadap masing-masing kapal setiap tahun berubah-ubah sesuai dengan perhitungan perencanaan kemampuan operasional kapal saat itu. Perencanaan maupun pelaksanaan tugas pada setiap kapal untuk beroperasi tidak boleh melebihi maksimum kemampuan operasional kapal dalam rangka mempertahankan *reliability* kapal (Kriswanto dan Soeparno, 2007). Dimana nilai efisiensi (ESiap) adalah kurang dari atau sama dengan 100%, atau secara efektif WG lebih kecil daripada PWG

Langkah kedua dalam metode penelitian ini adalah data dari hasil formulasi model matematis BIP yang didapatkan dari langkah pertama,

selanjutnya dilaksanakan perhitungan komputasi dengan menggunakan program komputer optimasi *Solver*. Program komputer *Solver* tersebut bertujuan untuk memperoleh hasil yang optimal dengan cepat dari data hasil langkah pertama yang sudah didapatkan. Dan selanjutnya mengimplementasikan program komputer *Solver* pada contoh kasus dalam pembuatan jadwal penugasan kapal angkut militer.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

Untuk melihat memperbaiki ketidakseimbang perbandingan jumlah kapal, pelaksanaan dan rencana tugas operasi dengan penilaian efisiensi operasi dari analisis diatas. Maka peneliti menerapkan metode BIP dari model yang sudah dibuat. Penyusunan model matematis dan proses optimasi dilaksanakan dengan menggunakan teori BIP dan matrik *zero-one*, dengan tahapan:

1. Penentuan Variabel Keputusan (*decision variable*)
2. Penentuan Fungsi Tujuan (*objective function*)
3. Penentuan Batasan Sistem (*constrain*)
4. Proses Optimasi

Model yang dilaksanakan dalam penelitian ini dapat dikembangkan kembali berdasarkan dengan parameter-parameter yang ada meliputi dari: jumlah kapal, jenis kapal, jumlah tugas, jenis tugas, waktu pelaksanaan tugas, lama pelaksanaan tugas, dan kemampuan operasional kapal. Sehingga bila terdapat update data, model yang dibuat dapat dikembangkan lagi. Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan program komputer *Solver* dari *Microsoft Office Excel*.

### B. Pembahasan

Dalam langkah ini akan mengimplementasikan formulasi model matematis BIP dengan menggunakan penyelesaian *Solver*. Implementasi penugasan kapal angkut militer tahun 2018 dengan menugaskan 11 kapal untuk melaksanakan 60 jumlah tugas operasi selama setahun, dengan mempertimbangkan jumlah kapal, jenis kapal, jumlah tugas, jenis tugas, jadwal tugas, lama pelaksanaan tugas, dan kemampuan operasional kapal. Pemecahan masalah dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

## 1. Batasan Sistem (*Constrain*)

Dalam penentuan rencana penugasan ada beberapa batasan yang harus dihadapi. Batasan-batasan tersebut antara lain:

### a) Proyeksi kapal pelaksana tugas

Variabel proyeksi untuk kapal yang ditugaskan sesuai dengan kemampuan masing-masing dijelaskan dalam persamaan (1), untuk  $n = 60$  dan  $m = 11$ .

$$K_{ji} \in \{0, 1\}, \forall i (1 \dots n), \forall j (1 \dots m) \quad (1)$$

$K_{ji} = 1$  jika kapal ke- $j$  diproyeksikan untuk melaksanakan tugas ke- $i$ , dan 0 jika tidak.

dimana:

$K_{ji}$  = proyeksi kapal ke- $j$  (1... $m$ ) melaksanakan tugas ke- $i$  (1... $n$ )

### b) Batasan waktu guna penugasan

Setiap tugas memiliki bobot waktu guna penugasan (jam operasional kapal/mesin).

$$WG_i \geq 0, \forall i (1 \dots n)$$

Dengan demikian, setiap variabel keputusan dari kapal yang ditugaskan diberikan bobot waktu pemanfaatan yang dijelaskan dalam persamaan (2), untuk  $n = 60$  dan  $m = 11$ .

$$X_{ij} = WG_i * X_{ij}, \forall i (1 \dots n), \forall j (1 \dots m) \quad (2)$$

### c) Batasan jenis tugas

Pada tahun 2018, 11 kapal ditugaskan untuk melaksanakan 20 tugas utama dan 40 tugas tambahan sepanjang tahun. Tugas utama harus dilaksanakan oleh salah satu kapal angkut militer. Oleh karena itu, fungsi tugas utama dijelaskan oleh persamaan (3):

$$\sum_{j=1}^{11} X_{ij} = 1, \forall i (1 \dots n), \forall j (1 \dots m) \quad (3)$$

dimana,

$X_{ij}$  = variabel keputusan tugas pokok ke- $i$  (1...20) yang harus dilaksanakan kapal ke- $j$  (1...11).

Sedangkan, fungsi tugas tambahan dijelaskan oleh persamaan (4):

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i (u+1 \dots n), \forall j (1 \dots m) \quad (4)$$

dimana,

$X_{ij}$  = variabel keputusan tugas tambahan ke- $i$  (21...60) yang dilaksanakan ataupun tidak dilaksanakan kapal ke- $j$  (1...11).

### d) Batasan jadwal waktu pelaksanaan tiap tugas

Variabel yang menunjukkan minggu keberapa setiap tugas dilaksanakan dinyatakan dalam persamaan (5):

$$M_{ik} \in \{0, 1\}, \forall i (1 \dots n), \forall k (1 \dots 52) \quad (5)$$

dimana:

$M_{ik}$  = tugas ke- $i$  (1...60) dilaksanakan pada minggu ke- $k$  (1...52)

Sehingga untuk setiap variabel keputusan kapal yang ditugaskan pada suatu tugas operasi, tidak boleh melaksanakan tugas operasi lain dalam satu waktu (minggu) tersebut dinyatakan dalam persamaan (6):

$$\sum_{i=1}^{60} \sum_{j=1}^{11} \sum_{k=1}^{52} X_{ij} * M_{ik} \leq 1, \quad \forall i (1 \dots n), \forall j (1 \dots m), \forall k (1 \dots 52) \quad (6)$$

dimana

$M_{ik}$  = tugas ke- $i$  (1...60) dilaksanakan pada minggu ke- $k$  (1...52)

$X_{ij}$  = variabel keputusan pemilihan tugas ke- $i$  (1...60) yang dilaksanakan kapal ke- $j$  (1...11)

### e) Batasan proyeksi waktu guna

Sehingga fungsi batasan proyeksi waktu guna dinyatakan dalam persamaan (7):

$$\sum_{i=1}^{60} WG_i * X_{ij} \leq PWG_j, \quad \forall i (1 \dots n), \forall j (1 \dots m) \quad (7)$$

dimana:

$PWG_j$  = Proyeksi waktu guna (jam) kapal ke- $j$  (1...11) untuk melaksanakan tugas operasi

$WG_i$  = nilai kebutuhan waktu guna (jam) untuk melaksanakan tugas ke- $i$  (1...60)

$X_{ij}$  = variabel keputusan pemilihan tugas ke- $i$  (1...60) yang dilaksanakan kapal ke- $j$  (1...11).

## 2. Fungsi Tujuan/Fungsi Obyektif

Memaksimumkan  $Z$  untuk mendapatkan capaian maksimum waktu guna operasional kapal dalam melaksanakan tugas operasi yang dinyatakan dalam persamaan (8).

$$Max Z = \sum_{i=1}^{60} \sum_{j=1}^{11} WG_i * X_{ij}, \quad \forall i (1 \dots n), \forall j (1 \dots m) \quad (8)$$

Keterangan:

Max Z = memaksimum capaian waktu guna operasional kapal.

WG<sub>i</sub> = nilai waktu guna (jam) tugas ke-i (1...60).

X<sub>ij</sub> = variabel keputusan pemilihan tugas ke-i (1...60) yang dilaksanakan kapal ke-j (1...11).

Sehingga hasil dari running program *Solver* dalam persoalan ini adalah didapatkan nilai Fungsi Tujuan (memaksimumkan waktu guna kapal) seperti dalam tabel berikut:

**Tabel 1.** Matrik Fungsi Tujuan Maksimum Waktu Guna Masing-Masing Kapal Terhadap Tugas yang Dilaksanakan dan Maksimum Waktu Guna Keseluruhan Kapal (Sumber: Analisis dan pengolahan data *Solver*)

|                            | KR 1  | KR 2  | KR 3  | KR 4  | KR 5 | KR 6 | KR 7  | KR 8  | KR 9  | KR 10 | KR 11 |                   |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
|                            | ABN   | TBO   | TBN   | TMO   | THG  | TGI  | TLP   | BAM   | BAC   | MTW   | KBI   |                   |
| Jumlah Tugas               | 5     | 7     | 4     | 4     | 3    | 5    | 4     | 5     | 10    | 1     | 2     | Total Tugas       |
|                            | 5     | 7     | 4     | 4     | 3    | 5    | 4     | 5     | 10    | 1     | 2     | 50                |
| Waktu Guna Capaian (jam)   | 1.242 | 997   | 988   | 1.329 | 813  | 840  | 1.175 | 1.596 | 1.501 | 29    | 840   | Total WG          |
|                            | 1.242 | 997   | 988   | 1.329 | 813  | 840  | 1.175 | 1.596 | 1.501 | 29    | 840   | 11.350            |
| Syarat                     | ≤     | ≤     | ≤     | ≤     | ≤    | ≤    | ≤     | ≤     | ≤     | ≤     | ≤     |                   |
| Proyeksi WG Tugas KR (jam) | 1.280 | 1.000 | 1.000 | 1.344 | 840  | 840  | 1.176 | 1.596 | 1.512 | 252   | 840   | Total Proyeksi WG |
|                            | 1.280 | 1.000 | 1.000 | 1.344 | 840  | 840  | 1.176 | 1.596 | 1.512 | 252   | 840   | 11.688            |

Dari Tabel 1 diatas, total capaian maksimum jam putar setahun yang bisa dilaksanakan oleh kapal-kapal angkut militer adalah sebesar 11.350 jam. Dimana dari 60 tugas (terbagi dalam 20 tugas pokok dan 40 tugas tambahan) yang direncanakan, dapat dilaksanakan 20 tugas pokok dan 30 tugas tambahan. Tiap kapal melaksanakan maksimum jam putarnya dari hasil optimasi dalam rangka melaksanakan tugas yang dibebankan dengan komposisi penugasan masing-masing kapal.

Keterangan tabel:

Jam putar kapal 1 (ABN) sebesar 1.242 jam dengan melaksanakan 5 tugas.

Jam putar kapal 2 (TBO) sebesar 997 jam dengan melaksanakan 7 tugas.

Jam putar kapal 3 (TBN) sebesar 988 jam dengan melaksanakan 4 tugas.

Jam putar kapal 4 (TMO) sebesar 1.329 jam dengan melaksanakan 4 tugas.

Jam putar kapal 5 (THG) sebesar 813 jam dengan melaksanakan 3 tugas.

Jam putar kapal 6 (TGI) sebesar 840 jam dengan melaksanakan 5 tugas.

Jam putar kapal 7 (TLP) sebesar 1.175 jam dengan melaksanakan 4 tugas.

Jam putar kapal 8 (BJM) sebesar 1.596 jam dengan melaksanakan 5 tugas.

Jam putar kapal 9 (BAC) sebesar 1.501 jam dengan melaksanakan 10 tugas.

Jam putar kapal 10 (MTW) sebesar 29 jam dengan melaksanakan 1 tugas.

Jam putar kapal 11 (KBI) sebesar 840 jam dengan melaksanakan 2 tugas.

### 3. Variabel Keputusan

Variabel keputusan tugas yang dipilih dijabarkan dalam persamaan (9):

$$X_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i (1 \dots n), \forall j (1 \dots m) \quad (9)$$

dimana:

X<sub>ij</sub> = pelaksanaan tugas ke-i (1...60) oleh kapal ke-j (1...11)

Hasil dari running program *Solver* dalam persoalan ini adalah didapatkan dan matrik Variabel Keputusan, seperti pada gambar sebagai berikut:

**Tabel 2.** Matrik Variabel Keputusan Tugas ke-i yang Dilaksanakan dan Tidak Dilaksanakan Kapal ke-j (Sumber: Analisis dan pengolahan data *Solver*)

| KRI  | j-1 | j-2 | j-3 | j-4 | j-5 | j-6 | j-7 | j-8 | j-9 | j-10 | j-11 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| i-1  | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-2  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-3  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-4  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1    |
| i-5  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-6  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-7  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-8  | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-9  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-10 | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-11 | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-12 | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-13 | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-14 | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-15 | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-16 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0    |
| i-17 | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-18 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-19 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-20 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |

**Tabel 3.** Matrik Variabel Keputusan Tugas ke-i yang Dilaksanakan dan Tidak Dilaksanakan Kapal ke-j (Lanjutan)

| KRI  | j-1 | j-2 | j-3 | j-4 | j-5 | j-6 | j-7 | j-8 | j-9 | j-10 | j-11 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| i-21 | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-22 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0    |
| i-23 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1    |
| i-24 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-25 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0    |
| i-26 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-27 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-28 | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-29 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-30 | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-31 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-32 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-33 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0    |
| i-34 | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-35 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-36 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-37 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-38 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-39 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-40 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-41 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-42 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-43 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0    |
| i-44 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-45 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-46 | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-47 | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-48 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-49 | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-50 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-51 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-52 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-53 | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-54 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-55 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-56 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-57 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0    |
| i-58 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-59 | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    |
| i-60 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0    |

Sehingga dari Tabel 2 dan Tabel 3, didapatkan total tugas yang dilaksanakan sebanyak 50 tugas oleh 11 kapal yang ada, dengan rincian 20 tugas pokok (semua tugas pokok terlaksana) dan 30 tugas tambahan.

Dengan keterangan:

Tugas ke-18, 51, 54, 55 dan 58 dilaksanakan oleh kapal ke-1 (ABN).

Tugas ke-1, 8, 12, 28, 30, 34 dan 49 dilaksanakan oleh kapal ke-2 (TBO).

Tugas ke-11, 15, 46 dan 47 dilaksanakan oleh kapal ke-3 (TBN).

Tugas ke-10, 14, 17, dan 21 dilaksanakan oleh kapal ke-4 (TMO).

Tugas ke-13, 53 dan 59 dilaksanakan oleh kapal ke-5 (THG).

Tugas ke-2, 3, 5, 7, dan 9 dilaksanakan oleh kapal ke-6 (TGI).

Tugas ke-19, 26, 35, dan 37 dilaksanakan oleh kapal ke-7 (TLP).

Tugas ke-16, 22, 25, 33, dan 43 dilaksanakan oleh kapal ke-8 (BJM).

Tugas ke-6, 20, 27, 32, 36, 44, 45, 58, 52 dan 57 dilaksanakan oleh kapal ke-9 (BAC). Tugas ke-60 dilaksanakan oleh kapal ke-10 (MTW).

Tugas ke-4 dan 23 dilaksanakan oleh kapal ke-11 (KBI).

Tugas tambahan ke-24, 29, 31, 38, 39, 40, 41, 42, 50 dan 56 tidak dilaksanakan.

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan optimasi Tabel 14 dengan kenyataan real penugasan di lapangan. Pada tahun 2018, Penugasan kapal dilaksanakan sesuai dengan tabel berikut:

**Tabel 4.** Jumlah Penugasan Masing-Masing Kapal Real Tahun 2018 (Sumber: Staf Operasi, 2018)

|                            | KRI 1 | KRI 2 | KRI 3 | KRI 4 | KRI 5 | KRI 6 | KRI 7 | KRI 8 | KRI 9 | KRI 10 | KRI 11 |                   |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------------------|
| Jumlah Tugas yg Dilaks     | 3     | 1     | 11    | 4     | 2     | 3     | 9     | 12    | 12    | 1      | 2      | Total Tugas       |
| Waktu Guna Capaian (jam)   | 801   | 231   | 2.193 | 1.231 | 515   | 1.086 | 2.194 | 2.475 | 1.819 | 19     | 335    | Total WG          |
|                            | <     | <     | >     | <     | <     | >     | >     | >     | >     | <      | <      | >                 |
| Proyeksi WG Temp KRI (jam) | 1.266 | 1.000 | 1.008 | 1.344 | 840   | 840   | 1.176 | 1.366 | 1.512 | 252    | 840    | Total Proyeksi WG |

Pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa tugas operasi yang dilaksanakan tahun 2018 adalah 60 tugas (terbagi dalam 20 tugas pokok dan 40 tugas tambahan) dengan total waktu guna kapal di tahun 2018 adalah sebesar 11.668 jam. Dengan hasil perbandingan antara waktu guna dengan proyeksi waktu guna (ESiap) sebesar 110,30%. Hal ini berarti bahwa dalam penugasan real melanggar maksimum waktu guna kapal, dimana ketentuan nilai ESiap maksimum adalah 100%.

Dalam penugasan real tahun 2018 juga terjadi penumpukan tugas pada beberapa kapal seperti kapal ke-3, 6, 7, 8, dan 9, dimana capaian waktu guna melebihi batas maksimum proyeksi waktu guna operasional kapal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi ketidakefektifan dalam operasional mesin kapal, karena komposisi penugasan kapal tidak tersebar secara merata dan melebihi batas maksimum proyeksi waktu guna operasional masing-masing kapal.

Sedangkan hasil dari running program *Solver* dalam persoalan ini adalah

didapatnya nilai Fungsi Tujuan (memaksimalkan waktu guna kapal) seperti ditunjukkan dalam tabel Tabel 14 diatas, dimana dari 60 tugas yang dibebankan di tahun 2018, kapal angkut militer hanya dapat dilaksanakan 50 tugas (20 tugas pokok dan 30 tugas tambahan). Dengan total capaian maksimum waktu guna satu tahun yang bisa dilaksanakan oleh kapal-kapal angkut militer adalah sebesar 11.350 jam, sehingga nilai ESIap sebesar 97,27% (tidak melebihi 100%). Hal ini berarti bahwa hasil optimasi tidak melanggar maksimum waktu guna kapal.

Hasil perhitungan optimasi juga diperoleh bahwa setiap kapal melaksanakan distribusi tugas operasi secara merata (tidak terjadi penumpukan tugas di salah satu kapal) dengan memaksimalkan proyeksi waktu guna operasional kapal dan tidak adanya penyimpangan waktu guna masing-masing kapal terhadap proyeksi operasional kapal.

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN

##### A. Simpulan

Serangkaian pengolahan data dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pelaksanaan penugasan kapal angkut militer dapat beroperasi sesuai dengan beban tugas meliputi: jumlah kapal, jenis tugas, kemampuan jenis kapal terhadap tugas, lama waktu pelaksanaan tugas, jadwal pelaksanaan tugas dan kemampuan operasional masing-masing kapal. Sehingga model optimasi dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang berpengaruh dalam penelitian ini dapat menjadi alternatif penyusunan JOP dan JOG yang sesuai dengan kemampuan dan beban tugas.

Perencanaan penugasan kapal dalam usaha meningkatkan ketepatan pelaksanaan penugasan kapal angkut militer dapat dimodelkan dengan model optimasi BIP dengan tujuan yang hendak dicapai adalah memaksimalkan waktu guna kapal dalam melaksanakan tugas operasi yang dibebankan dan variabel keputusan berupa matrik *zero-one* penugasan kapal di tugas operasi.

Hasil optimasi pemodelan ini diaplikasikan pada penugasan kapal angkut militer tahun 2018 berupa komposisi penugasan 11 kapal ke tugas operasi angkutan laut militer yang dibebankan. Sesuai optimasi penugasan kapal

tercapai waktu guna maksimum sebesar 11.350 jam, dari waktu guna seluruh tugas yang dibebankan (12.870 jam) dalam bentuk penugasan kapal angkut militer selama setahun. Dengan adanya optimasi yang dilakukan maka tidak terjadi pelanggaran maksimum waktu guna kapal dengan nilai ESIap sebesar 97,27%, dengan jumlah tugas operasi yang dilaksanakan sebanyak 50 tugas (20 tugas pokok dan 30 tugas tambahan) dari total 60 tugas operasi yang dibebankan selama setahun 2018. Serta tidak adanya penyimpangan waktu guna kapal terhadap proyeksi waktu guna masing-masing kapal dalam rangka mempertahankan kesiapan operasional kapal.

##### B. Saran

Penulis hanya membut jadwal penugasan kapal dan belum memasukkan faktor biaya operasional, baik biaya logistik untuk kapal maupun biaya logistik untuk personel yang mengawaki dan personel yang diangkut, sehingga hal ini bisa dilanjutkan untuk studi penelitian berikutnya untuk memasukkan biaya-biaya tersebut karena dengan mengetahui biaya yang dipergunakan maka bisa dicari biaya yang paling efisien dalam suatu operasi.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Ahmadi, (2017). Applied of Impressed Current Cathodic Protection Design for Fuel Pipeline Network at Naval Base. Iranian Journal of Materials Science & Engineering, Vol 14, pp. 41-52.
- Baker, K.R. (1974), Scheduling A Full Time Workforce to Meet Cyclic Staffing Requirements, Management science 20, 1561-1568.
- Herdiawan, D. (2019). Decision Support System Determines the Purchase of House Right Using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Borda Methods. International Journal of ASRO, Vol 10 Number 1.
- Hidayat, A. (2018). Model Optimasi Penjadwalan Penugasan KRI Guna Mengamankan Wilayah Laut Koarmada II & Koarmada III. Surabaya: Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.
- Kasal. (1987). Skep Kasal Nomor Skep/4651/XII/1987 tentang PUM TNI AL (Buku Petunjuk Pelaksanaan Penilaian

- Efisiensi dan Kerugian Operasional Kapal dan Pesawat Udara), Jakarta.
- Kasal. (2011). Pokok-pokok Kebijakan Kasal. Jakarta: TNI AL.
- Kasal. (2018). Kep Kasal Nomor Kep/1111/V/2018 tentang Doktrin TNI Angkatan Laut Jalesveva Jayamahe. Jakarta.
- Kemenhan, (2014). Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia no.12 Tentang Pokok-Pokok Pembinaan Material Pertahanan Negara. Jakarta: Kementerian Pertahanan Republik Indonesia.
- Kriswanto, D., Soeparno. (2007). Analisa Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Engine Pesawat NC-212 Cassa. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi V Program Studi MMT-ITS (pp. A91-A99). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Salmeron, J., Dufek, M. (2014). Optimization Of Continuous Maintenance Availability Scheduling. Naval Postgraduate School, Operations Research, Monterey, California.
- Šeda, M. (2007). Mathematical Models of Flow Shop and Job. International Journal of Applied Mathematics and Computer Sciences, 4, 241-246.
- Solekan, M. (2016). Penjadwalan Penugasan KRI di Kolinlamil Dengan Pendekatan Binary Integer Programming. Surabaya: Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.
- Taha, A.H. (1997). Riset operasi, Edisi kelima Jilid 2. Jakarta: Binarupa Aksara.
- T'kindt, V. & Billaut, JC. (2002). Multicriteria Scheduling: Theory. Models, and Algorithms. Springer. New York.