

# OPTIMASI PENEMPATAN PENUGASAN UNSUR KRI SATUAN KAPAL PATROLI ARMABAR DALAM OPERASI KEAMANAN LAUT DI WILAYAH PERAIRAN KEPULAUAN RIAU MENGGUNAKAN MODEL SET COVERING

Oleh:

Amarulla Octavian<sup>1</sup>, Budisantoso W<sup>1</sup>, Muksin<sup>2</sup>

Dosen Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut<sup>1</sup>  
Mahasiswa Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut<sup>2</sup>

## Abstrak

Wilayah perairan Kepulauan Riau merupakan salah satu lokasi dengan tingkat kerawanan tindak pelanggaran di laut yang cukup tinggi di Indonesia, karena wilayah ini berbatasan langsung dengan negara tetangga dan merupakan jalur perdagangan dan pelayaran internasional. Salah satu peran dari TNI AL adalah menjaga stabilitas keamanan wilayah yurisdiksi nasional, termasuk di wilayah perairan Kepulauan Riau yang kemudian diwujudkan dalam Operasi Keamanan Laut, dimana dalam pelaksanaannya masih memiliki beberapa kendala yaitu keterbatasan anggaran, kemampuan teknis, jumlah kapal, keterbatasan informasi, serta keterbatasan sarana pendukung, sehingga pelaksanaan Operasi Keamanan Laut menjadi tidak optimal. Penyebab utamanya adalah penempatan kapal patroli selama operasi tidak tertata dengan baik.

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka diadakan penelitian dengan menggunakan metode *set covering* untuk mendapatkan lokasi penempatan kapal patroli yang paling optimal dengan kapal yang sesedikit mungkin namun tetap dapat menjangkau seluruh wilayah perairan Kepulauan Riau dan meminimumkan biaya operasionalnya. Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan secara diskrit yaitu penentuan titik rawan yang berjumlah 37 titik rawan. Semua titik ini harus terjangkau oleh kapal yang bertugas.

Kata kunci: *Set Covering*, Pemilihan Lokasi, Operasi Keamanan Laut, Wilayah Perairan Kepulauan Riau

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang Masalah

TNI AL sebagai penegak kedaulatan negara di laut memiliki peranan yang sangat penting sehubungan dengan kegiatan pengamanan wilayah laut teritorial Negara Kesatuan Republik Indonesia. Kegiatan pengamanan wilayah ini diwujudkan melalui penyelenggaraan Operasi Keamanan Laut yang merupakan bagian dari Operasi Tempur Laut yang bertujuan mencegah dan menindak setiap bentuk gangguan keamanan di Laut sebagai bentuk penegakan hukum dan kedaulatan di Laut dalam rangka melindungi kepentingan nasional di Laut dan melalui Laut.

Kepulauan Riau yang merupakan salah satu kepulauan yang berada pada batas luar Negara Kesatuan Republik Indonesia, yang secara geografis terdiri dari gugusan banyak pulau – pulau serta berbatasan langsung dengan beberapa negara tetangga seperti Malaysia dan Singapura, hal ini memudahkan interaksi langsung dalam kegiatan ekonomi. Situasi lalu lintas air di wilayah ini juga sangat padat, hampir setiap waktu kita dapat melihat kapal yang melewati jalur ini, mulai dari kapal yang berukuran sangat besar sampai dengan perahu – perahu kecil, baik kapal dagang, kapal penumpang, maupun kapal nelayan juga dapat kita jumpai di sana. Hal inilah yang menyebabkan Kepulauan Riau menjadi sangat rawan dan memberikan kesempatan untuk

dimanfaatkan oleh oknum pelaku usaha maupun pelaku tindak pidana lain untuk melakukan tindak pelanggaran di wilayah perairan Kepulauan Riau.

Namun dalam melakukan Operasi Keamanan Laut tersebut masih terdapat beberapa kendala yaitu keterbatasan anggaran, kemampuan teknis, jumlah kapal, keterbatasan informasi, serta keterbatasan sarana pendukung yang berada di wilayah Kepulauan Riau, sehingga menjadi menghambat dalam mengoptimalkan pelaksanaan Operasi Keamanan Laut.

Selama ini dalam pelaksanaan operasi keamanan laut di wilayah Kepulauan Riau belum mengoptimalkan penempatan penugasan unsur KRI di sektor operasi secara efektif berdasarkan kemampuan teknis kapal, dimana ada beberapa jenis kapal yang berbeda tipe maupun kemampuannya, sehingga perlu memikirkan dan melakukan perhitungan yang matang dalam penugasan kapal TNI AL sehingga dapat mengamankan sektor-sektor operasi keamanan laut

Problem penempatan kapal pada titik rawan yang jumlahnya cukup banyak memerlukan sebuah formulasi model optimasi agar dengan jumlah kapal yang seminimal mungkin dapat mencakup semua titik rawan yang ada sehingga budget yang terpakai juga seminimal mungkin. Model optimasi yang paling sesuai untuk problem ini adalah *set covering*.

Dalam penelitian ini model *set covering* berarti meminimumkan titik operasi beserta kapal yang ditugaskan dengan biaya yang dibutuhkan namun dapat mencakup atau meliputi semua titik rawan yang ada.

## 2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang disampaikan di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian tugas akhir ini adalah *“Bagaimana mengoptimalkan penempatan penugasan unsur KRI Satuan Kapal Patroli Armabar dalam pelaksanaan Operasi Keamanan Laut di wilayah perairan Kepulauan Riau menggunakan model set covering?”*.

## 3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengoptimalkan penggunaan/pengoperasian jumlah Kapal Patroli untuk mengcover seluruh sektor operasi dan mengetahui estimasi biaya operasionalnya.
- b. Menentukan lokasi/sektor patroli untuk Kapal Patroli dalam Operasi Keamanan Laut yang optimal.

## 4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- a. Memberikan masukan bagi pengambil keputusan, pimpinan TNI - AL terutama Staf Operasi Koarmabar dan Gugus Keamanan Laut wilayah barat (Guskamlabar) serta komandan unsur KRI (Kapal Patroli) dalam menentukan strategi pelaksanaan operasi keamanan laut.
- b. Dapat meningkatkan keberhasilan dalam operasi keamanan laut yang dilaksanakan oleh unsur KRI (Kapal Patroli) yang berada di wilayah Perairan Kepulauan Riau.
- c. Dapat menghemat sumber daya yang ada
- d. Menghasilkan suatu formulasi optimasi yang bisa di aplikasikan di Staf Operasi Koarmabar maupun Guskamlabar dalam rangka penugasan kapal patroli TNI AL ke sektor operasi.

## 5. Pembatasan masalah

Batasan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah :

- a. Operasi keamanan laut hanya dilaksanakan oleh KRI dari satuan kapal patroli Armabar.
- b. Wilayah yang menjadi obyek penelitian adalah wilayah perairan Kepulauan Riau saja.
- c. penugasan yang dilakukan berdasar pada keterbatasan atau

kendala yang ada dan tidak melakukan perubahan terhadap kendala tersebut.

d. Tidak membahas persenjataan Kapal Patroli TNI AL.

## 6. Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah

- a. Batas-batas wilayah Operasi Keamanan Laut tidak mengalami perubahan dari sebelumnya.
- b. Gelar Pangkalan dan Intelijen siap mendukung operasi.
- c. Seluruh unsur kapal Patroli Armabar diasumsikan siap operasi.
- d. Operasi Keamanan Laut dilaksanakan dengan kondisi Negara dalam keadaan damai
- e. Keadaan cuaca di Laut kondisi tenang, *sea state* 1 - 2

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Landasan Teori

Bab ini menjelaskan teori-teori pendukung penulisan yang berasal dari berbagai literatur dan jurnal, yang akan menjadi referensi pada proses pemecahan masalah dalam penulisan.

### 2. Operasi Keamanan Laut

Operasi Keamanan Laut adalah operasi kehadiran sehari-hari di laut dilaksanakan oleh kapal dan pesawat udara patroli maritim TNI AL yang memiliki nilai strategis bagi eksistensi kedaulatan bangsa dan stabilitas keamanan di laut di wilayah yurisdiksi nasional Indonesia.

### 3. Satuan Kapal Patroli

Satuan Kapal Patroli adalah satuan pelaksana tugas pembinaan Personil dan Materil di bawah Komando Armada. Selain itu Satrol merupakan satuan yang mendukung tugas pokok Komando Armada yaitu antara lain dengan keterlibatannya pada gelar operasi pengamanan wilayah perairan Yurisdiksi Nasional.

### 4. Kapal Perang Republik Indonesia (KRI)

KRI adalah kapal milik TNI Angkatan Laut yang memiliki tanda-tanda khusus, dibawah komando seorang Perwira TNI Angkatan Laut yang diawaki oleh ABK yang tunduk kepada hukum disiplin tentara yang mempunyai persyaratan teknis dan persyaratan terpadu.

### 5. Set Covering

*Set covering* adalah bagian dari *integer linear programming* yang bertujuan untuk meminimumkan jumlah titik lokasi fasilitas pelayanan tetapi dapat melayani semua titik permintaan (Toregas,1971). Untuk dapat

menggambarkan model *set covering* dapat dirumuskan atau diformulasikan sebagai berikut:

Dimana:

$x$  = fasilitas (kapal) yang digunakan Kapal yang digunakan akan disimbolkan dengan abjad A, B, dan seterusnya hingga semua jenis kapal terwakili. Sehingga  $x = \{ A, B, \dots \}$

$i$  = titik rawan atau titik alternatif penempatan kapal

$j$  = titik rawan yang akan

$n$  = jumlah titik alternatif atau titik rawan yang ada

$C_x$  = biaya operasi kapal  $x$ .

$K_{ix} = \{ j \mid d_{ij} \leq D_x \}$  yaitu semua titik yang bisa dijangkau oleh kapal  $x$  yang diletakkan pada titik  $i$ . Dimana jarak antara titik rawan yang ditempati kapal dengan titik rawan yang akan dijangkau ( $d_{ij}$ ) lebih kecil dari jarak jangkauan kapal  $x$ .

$m_x$  = jumlah kapal yang tersedia untuk jenis kapal  $x$

Variabel keputusannya:

$$x_i \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

$A_i$  bernilai 1 jika pada lokasi  $i$  ditempatkan kapal A.  $B_i$  bernilai 1 jika pada lokasi  $i$  ditempatkan kapal B, dan seterusnya. Bernilai 0 jika tidak ditempati kapal. Dari notasi di atas maka dapat dirumuskan model *set covering* sebagai berikut:

*Minimize*

$$\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n B_i + \dots \quad (2.7)$$

$$\sum_{j \in K_{ix}} A_j + B_j + \dots \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (2.8)$$

$$A_i, B_i, \dots \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (2.9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq m_x \quad (2.10)$$

$$\sum_{i=1}^n A_i + B_i + \dots \leq 1 \quad (2.11)$$

Dari formulasi di atas dapat diketahui bahwa tujuannya (2.7) ialah meminimize penggunaan jumlah kapal / penempatan fasilitas. Pembatas (2.8) menunjukkan bahwa setiap titik rawan bisa dijangkau oleh minimal 1 buah kapal. Pembatas (2.9) menunjukkan bahwa variabel keputusan merupakan anggota bilangan biner. Pembatas (2.10) menunjukkan bahwa tiap jenis kapal tidak boleh melebihi jumlah kapal yang tersedia. Pembatas (2.11)

menunjukkan bahwa tiap titik rawan tidak ditempati lebih dari satu titik rawan.

## 6. Jarak Antara Dua Titik

Rumus untuk menghitung jarak antara dua titik  $P_1(x_1, y_1)$  dan  $P_2(x_2, y_2)$  berdasarkan Theorema Phytagoras adalah

$$\overline{P_1P_2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2.12)$$

Jarak antara dua titik adalah dengan menarik garis hubung terpendek antara kedua titik tersebut

## 7. Penentuan Daerah Rawan Selektif

Daerah rawan selektif adalah daerah yang dinilai rawan terhadap timbulnya berbagai bentuk pelanggaran kedaulatan dan gangguan keamanan di laut yang dapat merugikan kepentingan nasional di dan atau lewat laut. Kehadiran kapal dan pesawat udara patroli TNI AL yang dihadapkan dengan keterbatasan sarana dan prasarana operasional, membutuhkan pola operasi dan strategi rencana dan gelar kekuatan dalam operasi keamanan laut yang diprioritaskan pada perairan-perairan tertentu yang dinilai rawan terhadap timbulnya berbagai bentuk pelanggaran kedaulatan dan gangguan keamanan di laut.

## 8. Perencanaan dan Biaya Logistik

Hadi Firmanto (2006), Perencanaan logistik adalah proses dari strategi dalam mengatur suatu pengadaan, pemindahan dan penyimpanan, *inventory* akhir melalui organisasi dan *channel-channel* perusahaan / instansi sipil maupun militer, sehingga keuntungan sekarang dan yang akan datang dapat dimaksimalkan melalui efektifitas biaya.

Biaya logistik kapal dan pesawat udara patroli maritim TNI AL secara garis besar dibedakan menjadi dua yaitu biaya logistik cair dan logistik personel. Yang termasuk dalam biaya logistik cair adalah biaya bahan bakar, minyak mesin, minyak lumas, minyak hidrolisik dan air tawar, sedangkan yang termasuk biaya logistik personel adalah biaya makan selama operasi, tunjangan layar, tunjangan non layar, tunjangan pimpinan, tunjangan terbang, uang saku serta biaya pemeliharaan kapal operasi / Harkapops

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang ditempuh dalam memecahkan suatu permasalahan yang dihadapi. Jenis data yang dikumpulkan berupa data kualitatif dan data kuantitatif yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Metode Penelitian yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### 1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian mengenai optimasi penempatan penugasan kapal patroli ini adalah jenis penelitian kuantitatif yaitu penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan tentang perbedaan, perbandingan, hubungan, atau pengaruh antara dua variabel atau lebih.

### 2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data hasil pemeriksaan oleh Kapal Patroli dan data dari staf operasi Armabar tentang pembagian sektor operasi. Data yang dibutuhkan adalah jangkauan *coverage* kapal TNI AL, titik rawan di laut, dan biaya logistik KRI. Sehingga untuk mendapatkan data ini perlu menghimpun dokumen yang mencatat data tersebut.

### 3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode dokumenter yakni mengumpulkan data dengan menghimpun dan menganalisis

### 4. Metode Analisis dan Interpretasi Data

Setelah data yang diperlukan tersedia maka selanjutnya dilakukan analisis dan interpretasi data. Dalam tahapan ini data-data yang ada akan diolah dalam beberapa tahap sebagai berikut:

a. Perhitungan Jangkauan *Coverage* KRI

Jangkauan *coverage* KRI berbentuk lingkaran yang didapatkan melalui perhitungan. Jari-jari lingkaran dari jangkauan *coverage* KRI ini diasumsikan merupakan jarak pemenuhan ( $D_c$ ).

b. Penentuan Titik Lokasi Rawan  
Titik lokasi rawan dapat diketahui dari data historis terjadinya tindak pelanggaran. Titik lokasi rawan sekaligus akan menjadi alternatif lokasi patroli Operasi Keamanan Laut.

c. Perhitungan Jarak Antar Lokasi Rawan Dengan menggunakan teorema Pythagoras (5.6), maka jarak antar dua titik yaitu antara lokasi rawan dapat diketahui. Dalam model *set covering* nantinya jarak ini menjadi jarak antara titik rawan  $k$  dengan alternatif lokasi patroli  $j$  ( $d_{kj}$ ).

d. Penyusunan Model *Set Covering*

Penyusunan model *set covering* adalah sebagai berikut:

1) Fungsi Tujuan *Minimize* :

$$Z = C_A \sum_{i=1}^n A_i + C_B \sum_{i=1}^n B_i + C_C \sum_{i=1}^n C_i + C_D \sum_{i=1}^n D_i + C_E \sum_{i=1}^n E_i + C_F \sum_{i=1}^n F_i + C_G \sum_{i=1}^n G_i \quad (3.1)$$

Fungsi tujuan tersebut berarti meminimasi total biaya dalam Operasi Keamanan Laut.  $C_A, C_B, C_C, C_D, C_E, C_F,$  dan  $C_G$  merupakan biaya operasi masing-masing kapal.  $A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i,$  dan  $G_i$  merupakan variabel keputusan berupa jenis kapal yang digunakan.  $n$  merupakan total titik rawan yang ada pada permasalahan.

2) Variabel Keputusan

$$A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i, G_i \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

Bernilai 1 jika pada lokasi  $i$  digunakan sebagai lokasi patroli Operasi Keamanan Laut oleh kapal yang bersangkutan. Sedangkan jika tidak maka bernilai 0.

3) Fungsi Pembatas

$$a. \sum_{j \in K_{ix}} A_j + B_j + \dots \geq 1 \quad \forall i \in n \quad (3.2)$$

Batasan ini menunjukkan bahwa tiap titik rawan minimal akan dijaga oleh satu kapal

$$b. A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i, G_i \in \{0,1\} \quad \forall i \quad (3.3)$$

Batasan ini menetapkan bahwa suatu keputusan apakah akan menempatkan kapal pada lokasi  $i$  atau tidak menempatkan.

$$c. \sum_{i=1}^n x_i \leq m_x \quad (3.4)$$

$x_i$  : fasilitas (kapal) yang digunakan pada lokasi  $i$

$m_x$  : jumlah kapal yang tersedia untuk jenis kapal  $x$

Batasan ini menetapkan bahwa kapal yang ditugaskan tidak boleh melebihi jumlah kapal yang tersedia.

$$d. \sum_{i=1}^n A_i + B_i + \dots \leq 1$$

Batasan ini mencegah titik rawan yang ada ditempati lebih dari satu kapal.

Pada bab ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data terkait dengan permasalahan yang ada. Selanjutnya dilakukan pembahasan terhadap hasil dari pengolahan data tersebut.

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data terkait dengan permasalahan yang ada. Selanjutnya dilakukan

pembahasan terhadap hasil dari pengolahan data tersebut

### 1. Data Kemampuan Kapal

Kapal-kapal Patroli yang ditugaskan pada wilayah perairan barat Indonesia terdiri dari 7 tipe kapal yang secara keseluruhan berjumlah 20 buah kapal. Data ini didapatkan dari Satuan Kapal Patroli Koarmabar. Data-data kapal yang ada nantinya digunakan dalam penentuan biaya operasi tiap kapal serta sebagai input dalam penyusunan model optimasi yakni jangkauan kapal (radar). Berikut ini adalah rincian Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) yang digunakan untuk Operasi Keamanan Laut wilayah Armada Barat:

### 2. Data Titik Rawan Wilayah Perairan Kepulauan Riau

Titik rawan dalam wilayah perairan Kepulauan Riau merupakan lokasi atau koordinat titik di mana sering terjadi tindakan pelanggaran di Laut. Agar bisa digunakan dalam model optimasi *set covering*, maka diperlukan perhitungan jarak antara titik rawan tersebut. Tabel 4.3 menunjukkan jarak antara titik rawan pada wilayah Perairan Kepulauan Riau dalam satuan *nautical mile*. Jarak antara titik rawan tersebut kemudian perlu dibandingkan dengan jangkauan kapal. Jika jarak antara titik rawan lebih kecil dari jangkauan kapal, maka titik tersebut berada dalam jangkauan kapal (radar). Tabel 4.4, tabel 4.5, dan tabel 4.6 menunjukkan keterjangkauan titik-titik rawan terhadap kapal. Jika kapal yang bersangkutan diletakkan pada suatu titik rawan maka titik rawan lain yang terjangkau oleh kapal tersebut akan bernilai 1, sedangkan jika tidak terjangkau akan bernilai 0. Adapun tabel yang ditampilkan diringkas karena dengan jumlah kapal 20 yang ada pada tabel 4.1 ternyata beberapa memiliki jangkauan radar yang sama.

Berikut ini adalah posisi/ koordinat titik rawan yang ada di sektor operasi di wilayah perairan kepulauan riau, titik titik koordinat ini diplot/ditampilkan dalam peta operasi.

### 3. Biaya Operasi Kapal

Biaya operasi kapal merupakan biaya yang dibutuhkan oleh kapal dalam melakukan satu kali operasi. Spesifikasi kapal yang berbeda seperti yang ditampilkan pada tabel 4.1 menghasilkan biaya operasi kapal yang berbeda juga. Besarnya biaya Operasi tiap kapal ditentukan dari besarnya biaya pokok satuan, yaitu biaya yang dibutuhkan per satuan yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan tiap kapal. Berikut ini adalah rincian biaya per satuan:

Uang Makan Operasional (UMO)	= Rp. 25.000,- /hari
Uang Saku Operasional (USO)	= Rp. 10.000,- /hari
Tunjangan Layar	= Rp. 4.000,- /hari
Uang Kesehatan	= Rp. 1.000,- /hari
Total	= Rp.40.000,- /hari +

(Sumber: Staf Logistik Koarmabar)

Harga HSD	= Rp. 10.860,- /liter
Harga Pelumas / Oli	= Rp. 25.905,- /liter
Harga Air Tawar	= Rp. 150.000,- /Tangki (5000 liter)

(Sumber: Staf Logistik Koarmabar)

Berdasarkan biaya pokok per satuan, maka biaya operasional dan endurance tiap kapal dalam satu kali operasi dengan norma penuh yakni, dengan kapasitas bahan bakar penuh (100%) dan personil lengkap dapat dihitung. Endurance di laut didapatkan dari penghitungan dengan rumus :

Kapasitas BBM 100% - 10%(kapasitas BBM) : konsumsi BBM per hari

Hasil penghitungan dapat dilihat pada tabel biaya operasional tiap kapal berikut :

### 4. Optimasi Penugasan Kapal TNI AL dalam Operasi Keamanan Laut untuk Wilayah Perairan Kepulauan Riau

Tahap berikutnya setelah data-data yang dibutuhkan telah dikumpulkan adalah optimasi penugasan kapal TNI AL pada titik-titik rawan yang telah ditentukan.

### 5. Penentuan Variabel Keputusan

Variabel keputusan pada penelitian ini adalah keputusan apakah menempatkan sebuah kapal pada sebuah titik rawan atau tidak menempatkan kapal tersebut. Jumlah total kapal yang ada adalah sebanyak 20 buah dan titik rawan yang telah ditentukan sebanyak 37 buah. Dari 20 kapal yang ada kemudian dikelompokkan kembali berdasarkan kemampuan jangkauan kapal dan biaya operasi kapal. Kapal dengan jangkauan dan biaya operasi yang sama akan dijadikan dalam satu kelompok. Tabel 4.8 menunjukkan pengelompokan kapal berdasarkan jangkauan dan biaya operasi kapal.

Tabel 4.9 menunjukkan tiap *cell* sebagai variabel keputusan. Perincian dari variabel keputusan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. A1 bernilai 1 jika kapal dari kelompok A ditempatkan di titik rawan 1 bernilai 0 jika kapal dari kelompok A tidak ditempatkan di titik rawan 1
- b. A2 bernilai 1 jika kapal dari kelompok A ditempatkan di titik rawan 2 bernilai 0 jika kapal dari kelompok A tidak ditempatkan di titik rawan 2
- c. A3 bernilai 1 jika kapal dari kelompok A ditempatkan di titik rawan 3 bernilai 0 jika kapal dari kelompok A tidak ditempatkan di titik rawan 3

demikian seterusnya untuk tiap kelompok kapal hingga pada variabel keputusan G37

G37 bernilai 1 jika kapal dari kelompok G ditempatkan di titik rawan 37 bernilai 0 jika kapal dari kelompok G tidak ditempatkan di titik rawan 37

## 6. Penentuan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah meminimumkan total biaya yang dibutuhkan dalam operasi selama setahun. Tujuan ini dapat dicapai dengan meminimumkan jumlah kapal yang digunakan dalam operasi. beserta biayanya namun tetap dapat menjangkau seluruh titik rawan

Biaya operasi yang dibutuhkan tiap kelompok kapal berbeda. Selain itu tiap kapal juga memiliki *endurance* (ketahanan) dalam operasi yang berbeda juga. Dengan keterangan bahwa dalam satu tahun terdapat 3 bulan masa istirahat, maka dalam setahun terdapat total waktu operasi sebanyak 275 hari. Dari jumlah hari dalam setahun ini dapat diketahui berapa kali masing-masing kapal beroperasi dalam setahun. Selanjutnya dapat diketahui biaya yang dibutuhkan tiap kapal untuk beroperasi dalam setahun dengan mengalikan jumlah operasi yang dilakukan tiap kapal dengan biaya tiap kapal dalam sekali operasi.

Berdasarkan tabel 4.1 yang berisi data teknis kapal operasi dapat diketahui *endurance* untuk tiap kapal. Selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap biaya operasi dalam setahun untuk tiap kapal. Tabel

Setelah biaya operasi dalam setahun untuk tiap kapal diketahui maka selanjutnya dapat dilakukan perumusan fungsi tujuan. Karena dalam model ini memasukkan faktor biaya, maka perumusan fungsi tujuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Minimize} = & 27397521000 \sum_{i=1}^{37} A_i + 41497982500 \sum_{i=1}^{37} B_i + 28715481600 \sum_{i=1}^{37} C_i \\ & + 35764632000 \sum_{i=1}^{37} D_i + 30405760800 \sum_{i=1}^{37} E_i + 13657308000 \sum_{i=1}^{37} F_i \\ & + 28900180800 \sum_{i=1}^{37} G_i \end{aligned}$$

Keterangan:

Untuk tiap variabel keputusan dikalikan dengan biaya operasional sesuai dengan kelompok kapal yang bersangkutan

## 7. Penentuan Batasan (*Constraint*)

Ada 4 batasan yang digunakan dalam penelitian ini. Batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Batasan Penjagaan Tiap Titik Rawan

Tiap titik rawan akan dijaga (dijangkau) oleh minimal satu buah kapal. Batasan jangkauan kapal pada titik rawan adalah sebagai berikut:

1.  $G_1 + G_2 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + E_1 + E_2 + D_1 + D_2 + C_1 + C_2 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \geq 1$  ;
2.  $G_1 + G_2 + G_3 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + E_1 + E_2 + E_3 + D_1 + D_2 + D_3 + C_1 + C_2 + C_3 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \geq 1$  ;
3.  $G_2 + G_3 + G_4 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + E_2 + E_3 + E_4 + D_2 + D_3 + D_4 + C_2 + C_3 + C_4 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \geq 1$  ;
4.  $G_3 + G_4 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + E_3 + E_4 + D_3 + D_4 + C_3 + C_4 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 \geq 1$  ;
5.  $G_5 + G_6 + G_7 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + E_5 + E_6 + E_7 + D_5 + D_6 + D_7 + C_5 + C_6 + C_7 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 \geq 1$  ;
6.  $G_5 + G_6 + G_7 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + E_5 + E_6 + E_7 + D_5 + D_6 + D_7 + C_5 + C_6 + C_7 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 \geq 1$  ;
7.  $G_5 + G_6 + G_7 + G_8 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + F_9 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + D_5 + D_6 + D_7 + D_8 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8 + B_9 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 \geq 1$  ;
8.  $G_7 + G_8 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + F_9 + F_10 + F_11 + E_7 + E_8 + D_7 + D_8 + C_7 + C_8 + B_5 + B_7 + B_8 + B_9 + B_10 + A_5 + A_7 + A_8 + A_9 + A_10 \geq 1$  ;
9.  $G_9 + G_10 + F_7 + F_8 + F_9 + F_10 + F_11 + F_12 + E_9 + E_10 + D_9 + D_10 + C_9 + C_10 + B_7 + B_8 + B_9 + B_10 + B_11 + A_7 + A_8 + A_9 + A_10 + A_11 \geq 1$  ;
10.  $G_9 + G_10 + G_11 + F_8 + F_9 + F_10 + F_11 + F_12 + F_13 + F_27 + E_9 + E_10 + E_11 + D_9 + D_10 + D_11 + C_9 + C_10 + C_11 + B_8 + B_9 + B_10 + B_11 + B_12 + B_13 + B_27 + A_8 + A_9 + A_10 + A_11 + A_12 + A_13 + A_27 \geq 1$  ;
11.  $G_10 + G_11 + G_12 + F_8 + F_9 + F_10 + F_11 + F_12 + F_13 + F_27 + F_28 + E_10 + E_11 + E_12 + D_10 + D_11 + D_12 + C_10 + C_11 + C_12 + B_9 + B_10 + B_11 + B_12 + B_13 + B_27 + A_9 + A_10 + A_11 + A_12 + A_13 + A_27 \geq 1$  ;
12.  $G_11 + G_12 + G_13 + G_27 + F_9 + F_10 + F_11 + F_12 + F_13 + F_14 + F_25 + F_26 + F_27 + F_28 + E_11 + E_12 + E_13 + E_27 + D_11 + D_12 + D_13 + D_27 + C_11 + C_12 + C_13 + C_27 + B_10 + B_11 + B_12 + B_13 + B_25 + B_26 + B_27 + B_28 + A_10 + A_11 + A_12 + A_13 + A_25 + A_26 + A_27 + A_28 \geq 1$  ;
13.  $G_12 + G_13 + F_10 + F_11 + F_12 + F_13 + F_14 + F_26 + E_12 + E_13 + D_12 + D_13 + C_12 + C_13 + B_10 + B_11 + B_12 + B_13 + B_14 + A_10 + A_11 + A_12 + A_13 + A_14 \geq 1$  ;
14.  $G_14 + F_12 + F_13 + F_14 + F_15 + E_14 + D_14 + C_14 + B_13 + B_14 + B_15 + A_13 + A_14 + A_15 \geq 1$  ;
15.  $G_15 + F_14 + F_15 + F_16 + F_17 + E_15 + D_15 + C_15 + B_14 + B_15 + B_16 + A_14 + A_15 + A_16 \geq 1$  ;
16.  $G_16 + G_17 + F_15 + F_16 + F_17 + F_18 + E_16 + E_17 + D_16 + D_17 + C_16 + C_17 + B_15 + B_16 + B_17 + A_15 + A_16 + A_17 \geq 1$  ;
17.  $G_16 + G_17 + F_15 + F_16 + F_17 + F_18 + F_19 + F_21 + F_22 + E_16 + E_17 + D_16 + D_17 + C_16 + C_17 + B_16 + B_17 + B_18 + B_19 + A_16 + A_17 + A_18 + A_19 \geq 1$  ;
18.  $G_18 + G_19 + F_16 + F_17 + F_18 + F_19 + E_18 + E_19 + D_18 + D_19 + C_18 + C_19 + B_17 + B_18 + B_19 + A_17 + A_18 + A_19 \geq 1$  ;
19.  $G_18 + G_19 + F_17 + F_18 + F_19 + E_18 + E_19 + D_18 + D_19 + C_18 + C_19 + B_17 + B_18 + B_19 + A_17 + A_18 + A_19 \geq 1$  ;

20.  $G_{20} + F_{20} + F_{21} + F_{22} + E_{20} + D_{20} + C_{20} + B_{20} + B_{21} + A_{20} + A_{21} \geq 1$  ;
21.  $G_{21} + G_{22} + F_{17} + F_{20} + F_{21} + F_{22} + F_{23} + F_{24} + E_{21} + E_{22} + D_{21} + D_{22} + C_{21} + C_{22} + B_{20} + B_{21} + B_{22} + B_{23} + A_{20} + A_{21} + A_{22} + A_{23} \geq 1$  ;
22.  $G_{21} + G_{22} + F_{17} + F_{20} + F_{21} + F_{22} + F_{23} + F_{24} + E_{21} + E_{22} + D_{21} + D_{22} + C_{21} + C_{22} + B_{21} + B_{22} + B_{23} + B_{24} + A_{21} + A_{22} + A_{23} + A_{24} \geq 1$  ;
23.  $G_{23} + G_{24} + F_{21} + F_{22} + F_{23} + F_{24} + E_{23} + E_{24} + D_{23} + D_{24} + C_{23} + C_{24} + B_{21} + B_{22} + B_{23} + B_{24} + A_{21} + A_{22} + A_{23} + A_{24} \geq 1$  ;
24.  $G_{23} + G_{24} + F_{21} + F_{22} + F_{23} + F_{24} + F_{25} + E_{23} + E_{24} + D_{23} + D_{24} + C_{23} + C_{24} + B_{22} + B_{23} + B_{24} + A_{22} + A_{23} + A_{24} \geq 1$  ;
25.  $G_{25} + G_{26} + F_{12} + F_{24} + F_{25} + F_{26} + F_{27} + F_{28} + E_{25} + E_{26} + D_{25} + D_{26} + C_{25} + C_{26} + B_{12} + B_{25} + B_{26} + B_{27} + B_{28} + A_{12} + A_{25} + A_{26} + A_{27} + A_{28} \geq 1$  ;
26.  $G_{25} + G_{26} + G_{28} + F_{12} + F_{13} + F_{25} + F_{26} + F_{27} + F_{28} + F_{29} + E_{25} + E_{26} + E_{28} + D_{25} + D_{26} + D_{28} + C_{25} + C_{26} + C_{28} + B_{12} + B_{25} + B_{26} + B_{27} + B_{28} + A_{12} + A_{25} + A_{26} + A_{27} + A_{28} \geq 1$  ;
27.  $G_{12} + G_{27} + G_{28} + F_{10} + F_{11} + F_{12} + F_{25} + F_{26} + F_{27} + F_{28} + F_{29} + E_{12} + E_{27} + E_{28} + D_{12} + D_{27} + D_{28} + C_{12} + C_{27} + C_{28} + B_{10} + B_{11} + B_{12} + B_{25} + B_{26} + B_{27} + B_{28} + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{25} + A_{26} + A_{27} + A_{28} \geq 1$  ;
28.  $G_{26} + G_{27} + G_{28} + F_{11} + F_{12} + F_{25} + F_{26} + F_{27} + F_{28} + F_{29} + F_{30} + E_{26} + E_{27} + E_{28} + D_{26} + D_{27} + D_{28} + C_{26} + C_{27} + C_{28} + B_{12} + B_{25} + B_{26} + B_{27} + B_{28} + B_{29} + B_{30} + A_{12} + A_{25} + A_{26} + A_{27} + A_{28} + A_{29} + A_{30} \geq 1$  ;
29.  $G_{29} + G_{30} + F_{26} + F_{27} + F_{28} + F_{29} + F_{30} + E_{29} + E_{30} + D_{29} + D_{30} + C_{29} + C_{30} + B_{28} + B_{29} + B_{30} + A_{28} + A_{29} + A_{30} \geq 1$  ;
30.  $G_{29} + G_{30} + F_{28} + F_{29} + F_{30} + F_{31} + E_{29} + E_{30} + D_{29} + D_{30} + C_{29} + C_{30} + B_{28} + B_{29} + B_{30} + A_{28} + A_{29} + A_{30} \geq 1$  ;
31.  $G_{31} + G_{32} + F_{30} + F_{31} + F_{32} + F_{33} + E_{31} + E_{32} + D_{31} + D_{32} + C_{31} + C_{32} + B_{31} + B_{32} + A_{31} + A_{32} \geq 1$  ;
32.  $G_{31} + G_{32} + F_{31} + F_{32} + F_{33} + E_{31} + E_{32} + D_{31} + D_{32} + C_{31} + C_{32} + B_{31} + B_{32} + A_{31} + A_{32} \geq 1$  ;
33.  $G_{33} + F_{31} + F_{32} + F_{33} + F_{34} + F_{35} + E_{33} + D_{33} + C_{33} + B_{33} + B_{34} + A_{33} + A_{34} \geq 1$  ;
34.  $G_{34} + G_{35} + F_{33} + F_{34} + F_{35} + F_{36} + E_{34} + E_{35} + D_{34} + D_{35} + C_{34} + C_{35} + B_{33} + B_{34} + B_{35} + A_{33} + A_{34} + A_{35} \geq 1$  ;
35.  $G_{34} + G_{35} + F_{33} + F_{34} + F_{35} + F_{36} + F_{37} + E_{34} + E_{35} + D_{34} + D_{35} + C_{34} + C_{35} + B_{34} + B_{35} + B_{36} + A_{34} + A_{35} + A_{36} \geq 1$  ;
36.  $G_{36} + G_{37} + F_{34} + F_{35} + F_{36} + F_{37} + E_{36} + E_{37} + D_{36} + D_{37} + C_{36} + C_{37} + B_{35} + B_{36} + B_{37} + A_{35} + A_{36} + A_{37} \geq 1$  ;
37.  $G_{36} + G_{37} + F_{35} + F_{36} + F_{37} + E_{36} + E_{37} + D_{36} + D_{37} + C_{36} + C_{37} + B_{36} + B_{37} + A_{36} + A_{37} \geq 1$  ;

b. Batasan Penempatan Kapal pada Titik Rawan

Tiap satu buah kapal dari kelompok kapal yang ada hanya bisa menempati satu buah titik rawan. Batasan ini mencegah sebuah titik rawan ditempati oleh lebih dari satu kapal.

$$\sum_{i=1}^{37} (A_i + B_i + C_i + D_i + E_i + F_i + G_i) \leq 1$$

$$A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + F_1 + G_1 \leq 1$$

$$A_2 + B_2 + C_2 + D_2 + F_2 + G_2 \leq 1$$

$$A_3 + B_3 + C_3 + D_3 + F_3 + G_3 \leq 1$$

$$\dots$$

$$A_{37} + B_{37} + C_{37} + D_{37} + F_{37} + G_{37} \leq 1$$

b. Batasan Jumlah Kapal Tiap Kelompok Kapal

Batasan ini menunjukkan jumlah kapal yang tersedia untuk tiap kelompok kapal.

$$A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{37} \leq 1$$

$$B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_{37} \leq 2$$

$$C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_{37} \leq 8$$

$$D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_{37} \leq 3$$

$$E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_{37} \leq 4$$

$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{37} \leq 1$$

$$G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_{37} \leq 1$$

b. Batasan Bilangan Biner

Batasan ini menunjukkan bahwa tiap kelompok kapal merupakan anggota bilangan biner (0,1). Bila kapal yang bersangkutan dipilih maka bernilai 1 sedangkan jika tidak maka bernilai 0.

$$A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i, G_i \in \{0,1\} \quad \forall i$$

## 8. Proses Optimasi

Proses optimasi penugasan kapal TNI AL pada wilayah perairan Kepulauan Riau dibantu dengan penggunaan *software Lingo 11*. Fungsi tujuan dan batasan yang telah ditentukan akan dimasukkan ke dalam *Lingo 11*.

Setelah model tersebut dimasukkan ke dalam *Lingo 11* kemudian dilakukan proses optimasi dengan menggunakan perintah *solve* pada *Lingo 11*. Kolom *Value* menunjukkan apakah variabel keputusan yang bersangkutan dipilih atau tidak dalam model tersebut. Total kapal yang digunakan adalah sebanyak 12 kapal yaitu A17, B14, B28, D4, D7, D36, E1, E31, E33, E34, F21, dan G10.

## 9. Analisa Hasil Optimasi

Dari hasil optimasi didapatkan bahwa kapal yang ditugaskan adalah sebanyak 12 buah kapal. Dari total kapal sebanyak 20 buah kapal ternyata dengan 12 buah kapal sudah bisa mencakup semua titik rawan yang ada, sehingga terdapat penghematan terhadap biaya operasi yang dilakukan.

Total kapal yang digunakan adalah sebanyak 12 kapal A17, B14, B28, D4, D7, D36, E1, E31, E33, E34, F21, dan G10. Sehingga biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 381.831.914.000,- dengan rincian tercantum dalam tabel berikut: Biaya ini lebih hemat daripada menugaskan semua kapal yaitu sebanyak 20 kapal yang membutuhkan biaya Rp 611.555.766.800,- dalam satu tahun operasi.

Model optimasi ini memiliki kekurangan, yaitu titik rawan yang dijaga berasal dari data historis dan dari data intelijen. Terdapat kemungkinan tindakan kriminal terjadi pada titik

rawan yang tidak terdata pada model ini. Oleh karena itu jika terdapat titik rawan baru yang tidak terdapat pada model ini maka selanjutnya perlu membentuk model yang baru lagi dengan memasukkan titik rawan yang baru tersebut.

#### 10. Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan dengan melakukan plot penugasan kapal patroli pada titik rawan secara manual. Kapal yang ditugaskan akan menjangkau titik rawan yang ada berdasarkan jangkauan radar yang telah diketahui. Verifikasi model ini dilakukan dengan cara memasukkan hasil optimasi yaitu A17, B14, B28, D4, D7, D36, E1, E31, E33, E34, F21, dan G10 pada titik rawan yang ada. Selanjutnya tiap *cell* yang terjangkau oleh kapal bersangkutan yang ditugaskan akan diblok dengan warna tertentu yang mewakili kelompok kapalnya. Kelompok kapal A berwarna biru. Kelompok kapal B berwarna hijau. Kelompok kapal D berwarna merah. Kelompok kapal E berwarna kuning. Kelompok kapal F berwarna ungu. Kelompok kapal G berwarna jingga. Hal ini dilakukan terus menerus hingga semua kapal telah diplotkan pada titik rawan yang ditugaskan. Hasil verifikasi dapat dilihat pada tabel berikut ini. Baris pada tabel menunjukkan lokasi titik rawan dari kapal operasi ditempatkan. Kolom pada tabel menunjukkan titik rawan yang terjangkau oleh kapal yang bersangkutan. Dari verifikasi tersebut, dapat diketahui bahwa dengan total kapal sebanyak 12 buah maka sudah bisa mencakup semua titik rawan yang ada karena setiap kolom titik rawan telah memiliki minimal satu *cell* yang berwarna.

#### 11. Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas dilakukan terhadap model ini dikarenakan kondisi riil yang tidak pasti. Kondisi riil tidak pasti yang sering terjadi pada operasi keamanan laut adalah bahan bakar yang diterima oleh kapal operasi terkadang kurang dari kapasitas yang dibutuhkan oleh kapal. Hal ini akan berakibat pada *endurance* kapal yang nantinya ikut berkurang juga. Sehingga waktu kapal beroperasi di laut lebih pendek dari kondisi normalnya. Karena waktu operasi yang lebih pendek maka operasi yang dibutuhkan dalam setahun lebih banyak sehingga biaya yang dikeluarkan akan lebih besar.

Analisa sensitivitas dilakukan pada koefisien fungsi tujuan yaitu biaya yang dibutuhkan dalam setahun. Analisa sensitivitas berupa *post optimality analysis* yaitu analisa sensitivitas yang dilakukan setelah diperoleh solusi optimal. Koefisien fungsi tujuan yaitu biaya operasi dalam setahun akan mengalami kenaikan dikarenakan jumlah operasi yang semakin bertambah yang disebabkan oleh *endurance* kapal yang berkurang. Adapun

*endurance* kapal tersebut dipengaruhi oleh pasokan bahan bakar yang diterima kapal. Perhitungan yang dilakukan akan melihat sampai mana perubahan biaya tersebut mencapai nilai paling besar dikarenakan oleh pengurangan bahan bakar yang diterima.

Dari analisa sensitivitas yang dilakukan diketahui bahwa model tersebut menghasilkan keluaran biaya paling besar jika bahan bakar yang diterima oleh kapal adalah sebesar 89,14% dari kapasitas bahan bakar pada kapal. Biaya yang dihasilkan adalah sebesar Rp. 463.621.411.040,-. Di mana biaya ini lebih besar dari solusi optimal tanpa adanya pengurangan bahan bakar yang diterima oleh kapal yaitu sebesar Rp. 381.831.914.000. Biaya yang lebih besar ini disebabkan oleh frekuensi operasi yang dilakukan oleh kapal yang semakin besar dalam setahun. Meski biaya dalam sekali operasi menjadi lebih kecil, namun ada biaya tetap yang dikeluarkan oleh kapal dalam setiap operasi yaitu biaya oli dan biaya air tawar yang menyebabkan total biaya yang dibutuhkan semakin besar.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan :

- a. Jumlah kapal yang dibutuhkan untuk meng-cover semua titik rawan adalah sebanyak 12 kapal, yaitu
  - Kelompok kapal A, 1 buah menempati titik rawan 17
  - Kelompok kapal B, sebanyak 2 buah, menempati titik rawan 14 dan 28
  - Kelompok kapal D, sebanyak 3 buah, menempati titik rawan 4, 7 dan 36
  - Kelompok kapal E, sebanyak 4 buah, menempati sector 1, 31, 33 dan 34
  - Kelompok kapal F, 1 buah, menempati titik rawan 21
  - Kelompok kapal G, 1 buah, menempati titik rawan 10.

b. Total biaya yang dibutuhkan dalam operasi selama 1 tahun adalah sebesar Rp. 381.831.914.000,-. Biaya ini lebih kecil jika dibandingkan dengan menggunakan seluruh kapal yaitu 20 kapal dengan biaya sebesar Rp 611.555.766.800,- dalam setahun.

#### 2. Saran

- a. Model ini bersifat fleksibel, di mana titik rawan yang ada bisa berubah. Sehingga jika terdapat titik rawan yang baru atau ada titik rawan yang dihapus dalam model ini maka perlu melakukan perumusan model lagi

karena hasil optimasi baru yang didapatkan kemungkinan akan berbeda.

b. Dalam penelitian ini permasalahan yang ada dilakukan pendekatan secara diskrit. Yakni merumuskan titik rawan yang ada sebagai prioritas penjagaan. Adapun kondisi yang lebih optimal adalah menggunakan pendekatan secara kontinyu karena permasalahan yang ada merupakan pemilihan lokasi pada wilayah kontinyu yakni wilayah perairan, di mana lokasi penempatan bisa diletakkan pada seluruh titik yang ada pada perairan tersebut.

#### **Daftar Pustaka**

- A, Hamdan, (2003). *Operation Research, An Introduction Seventh Edition*. Prentice Hall, New Jersey USA.
- A, Hamzah, (1984), *Laut Teritorial dan Perairan Indonesia*. Akademia Pressindo, Jakarta.
- Asops Kasal, (2005) Konsep Operasi TNI AL dalam rangka Penegakkan Kedaulatan dan Keamanan di Laut, FPSO, Jakarta.
- Asops Kasal, (2004) Buku Petunjuk Operasi Keamanan Laut.
- Ahmad Lutfi (2010), *Penentuan jumlah ideal dan optimasi penugasan unsur-unsur kapal dan pesawat udara patroli maritim TNI AL di daerah rawan selektif dalam rangka operasi keamanan laut wilayah Armada Timur*, Tugas Akhir Sarjana STTAL, Surabaya
- Daskin, (2008) *What You Should Know About Location Modeling*
- Firmanto, H, (2006), *Riset Operasi, Solver : Modul perkuliahan Transportasi Laut*, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya
- Supiyanto, (2009) *Model Optimasi Komposisi Kapal Patroli Dalam Operasi Keamanan Laut Koarmatim Dengan Pendekatan Goal Programming*, Tugas Akhir Sarjana STTAL, Surabaya
- Toregas, (1971) *Binary Logic Solutions to a Class of Location Problems*