

OPTIMASI PENUGASAN PESAWAT PATROLI MARITIM GUNA MENDUKUNG OPSKAMLA KOARMATIM DENGAN METODE GOAL PROGRAMMING DAN FUZZY INFERENCE SYSTEM

Oleh:
Ahmadi¹, Iwan Vanany², Heri Koerniawan³

Direktur Pascasarjana Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut¹
Dosen Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut²
Mahasiswa Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut³

ABSTRAK

Konsep umum operasi keamanan laut adalah operasi kehadiran sehari-hari dilaut dilaksanakan oleh kapal dan pesawat udara patroli maritim TNI AL. Pola patroli maritim yang digunakan saat ini KRI sebagai unsur utama. KRI akan melaksanakan patroli pada sektor yang telah ditentukan secara acak. Pola tersebut mempunyai banyak tantangan, yaitu perencanaan operasi yang kurang baik dan membutuhkan anggaran operasional cukup besar, jumlah KRI dan anggaran yang tersedia terbatas, serta kecepatan gerak menuju sasaran.

Pusat Penerbangan TNI AL (Puspenerbal) memiliki Pesawat Patroli Maritim yang belum dimanfaatkan secara optimal. Pengamatan yang luas dan cepat merupakan keuntungan pengawasan menggunakan pesawat. KRI yang berpatroli pada daerah tersebut bisa menghemat bahan bakarnya dengan menunggu informasi dari pantauan udara oleh pesawat patroli, sehingga dapat menghemat biaya operasional.

Dalam tulisan dilakukan optimasi penugasan Pesawat Patroli Maritim berdasarkan *coverage* dan biaya operasi pada kondisi radar ideal dan riil dengan menggunakan metode *Goal Programming* dan *Fuzzy Inference System (FIS)*. Hasil optimasi menunjukkan total maksimum *Coverage Area* yang diamankan oleh Pesawat Patroli Maritim pada kondisi ideal sebesar 87,0% sedangkan pada kondisi riil sebesar 66,98%. Kecilnya *Coverage Area* disebabkan oleh berkurangnya kemampuan *Coverage Radar* pada kondisi Riil. Penghitungan *Fuzzy Logic Mamdani* memungkinkan kita untuk memprediksi biaya operasional yang harus dikeluarkan apabila menghendaki *Coverage Area* dengan luasan tertentu.

Kata kunci: Pesawat Patroli Maritim, *Coverage*, Biaya Operasi, *Goal Programming*, *Fuzzy Inference System*, dan *Fuzzy Logic Mamdani*.

ABSTRACT

The general concept of maritime security operation is the daily presence at sea operations by naval warship and aircraft. Maritime patrol pattern which is used today is using warship as the main elements. The ship will conduct security sector operation which is determined randomly. Those pattern have some defiance, i.e. planning operations that are less well so a large number of costs is needed, number of ships and consideration are limited, and time response of the ships speed become a constraint in maritime security operation.

Naval Aviation Centre have maritime patrol aircraft that is not yet exploited optimally. The extensive surveillance and speed using aircraft is an advantage. The ships can wait for information from aircraft surveillance so as to save ships fuel.

In this study, the writer tries to perform optimization assignment of maritime patrol aircraft in Eastern Fleet Command maritime security operation based on coverage and operation costs with ideal and real condition using goal programming method and fuzzy logic mamdani. The optimization result perform the total maximum coverage by maritime patrol aircraft in ideal condition is 87,07% and in real condition is 66,98%. The small amount of coverage caused by the descent capability of aircraft because of its lifecycle. The Fuzzy Logic consideration makes the possibility to predict the operational cost which is spend to get the determined coverage area.

Key words: Maritime Patrol Aircraft, *Coverage*, Operational Cost, *Goal Programming*, *Fuzzy Inference System*, and *Fuzzy Logic Mamdani*.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia ditinjau dari konstelasi geografi. Dengan pulau sejumlah 17.499 dan luas perairan

mencapai 3,25 juta km². Indonesia juga merupakan negara maritim bila ditinjau dari aktivitas kemaritiman, di mana bangsa Indonesia menjadikan laut sebagai ruang hidup sekaligus

sebagai cara hidup, sehingga laut memiliki makna penting sebagai media pemersatu, media perhubungan, media pertahanan dan media penggalan sumber daya. Hal tersebut tentunya mengandung potensi kerawanan yang tinggi dalam hal hukum dan kedaulatan. TNI Angkatan Laut sebagai salah satu komponen pertahanan negara merupakan penjaga dan penjamin lautan, agar tetap aman dalam perspektif hukum dan kedaulatan sesuai dengan tugas pokok yang diemban oleh TNI AL.

Berkaitan dengan pelaksanaan penegakan kedaulatan dan hukum di laut bahwa konsepsi keamanan di laut disusun untuk mengatasi setiap kejadian pelanggaran kedaulatan dan hukum di laut yang memiliki legalitas hukum baik nasional maupun internasional. TNI AL harus mampu melaksanakan pendeteksian dini terhadap pelanggaran dengan menyelenggarakan patroli keamanan laut dengan unsur-unsur Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT).

Pola operasi yang dilaksanakan oleh TNI AL saat ini mempunyai banyak tantangan, antara lain: Perencanaan operasi yang kurang baik dan membutuhkan anggaran operasionalnya cukup besar, keterbatasan jumlah KRI dan anggaran yang tersedia, kecepatan gerak menuju sasaran (*time response*) menjadi kendala dalam memberikan *service level* terhadap suatu *demands* yaitu pengamanan sektor operasi.

Dengan demikian diperlukan suatu pemikiran tentang cara penggunaan sumber daya yang ada semaksimal mungkin, sehingga pencapaian hasil operasi dapat optimal. Pusat Penerbangan TNI AL (Puspenerbal) memiliki Pesawat Patroli Maritim yang belum dimanfaatkan secara optimal. Pengamatan yang luas dan cepat merupakan keuntungan pengawasan menggunakan pesawat. KRI yang berpatroli pada sektor tersebut bisa menghemat bahan bakarnya dengan menunggu informasi dari pantauan udara oleh pesawat patroli.

Dengan mempertimbangkan permasalahan di atas perlu suatu pemikiran dan perencanaan untuk penugasan Pesawat Patroli Maritim guna mendukung operasi keamanan laut wilayah timur yang optimal. Dalam tulisan ini penulis mencoba untuk melakukan optimasi penugasan Pesawat Patroli Maritim Skuadron 800 Puspenerbal berdasarkan *coverage* dan biaya operasi dengan menggunakan metode *Goal Programming* dan *Fuzzy Inference System (FIS)*. Hasil optimasi yang didapatkan selanjutnya dapat digunakan sebagai masukan dalam menyusun strategi proyeksi kekuatan TNI AL.

1. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian adalah "Bagaimana mengoptimalkan penugasan Pesawat Patroli

Maritim guna mendukung operasi keamanan laut di wilayah kerja Komando Armada RI Kawasan Timur dengan keterbatasan sumber daya yang ada sesuai kepentingan operasi ?".

Adapun beberapa sub permasalahannya sebagai berikut:

- Bagaimana mamaksimalkan *coverage* Pesawat Patroli Maritim di sektor operasi keamanan laut wilayah timur.
- Bagaimana meminimalkan biaya operasional Pesawat Patroli Maritim di sektor operasi keamanan laut wilayah timur.
- Bagaimana menentukan penugasan Pesawat Patroli Maritim ke sektor operasi keamanan laut wilayah timur yang optimal.

2. Tujuan Penelitian

Mengoptimalkan perencanaan penugasan pesawat patroli maritim dengan pendekatan *Goal Programming* dan *Fuzzy Inference System* dalam merencanakan pola gelar operasi keamanan laut wilayah timur, sehingga hasil alokasi penugasan pesawat patroli maritim ke sektor patroli diharapkan dapat:

- Memaksimalkan *coverage* Pesawat Patroli Maritim pada sektor operasi keamanan laut wilayah timur dengan kondisi performa radar ideal dan performa radar riil.
- Meminimalkan biaya operasional unsur-unsur Pesawat Patroli Maritim pada sektor operasi keamanan laut wilayah timur.
- Menentukan penugasan Pesawat Patroli Maritim dengan *coverage* maksimal dengan biaya operasi minimal ke sektor operasi keamanan laut wilayah timur.

3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- Memberikan masukan kepada Pimpinan TNI AL dalam rangka mengoptimalkan penugasan Pesawat Patroli Maritim guna mendukung Operasi Keamanan Laut di wilayah kerja Komando Armada RI Kawasan Timur.
- Menjadi rujukan dalam pengambilan kebijakan-kebijakan operasi yang dilaksanakan.
- Memberikan kajian optimalisasi penugasan KRI dan Pesawat Patroli Maritim sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya dibidang Operasi Militer.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini berisi tentang teori yang berhubungan dan mendasari permasalahan yang ada, dalam hal ini berhubungan dengan Patroli

Maritim atau Pengamatan Laut Terbatas, Opskamla, Perencanaan Logistik, *Goal Programming*, *Fuzzy Inference System*, dan *Fuzzy Logic Mamdani*.

1. Pengamatan Laut Terbatas

Pengamatan laut terbatas adalah kegiatan yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi dan data terhadap segala aktifitas yang dilaksanakan di laut meliputi penangkapan ikan, *illegal fishing*, *illegal logging*, lintas laut, pemetaan, *survey*, penelitian dan sebagainya yang berada di bawah yurisdiksi nasional Indonesia untuk mengetahui segala kejadian dan keadaan pada permukaan laut secara terbatas yang berhubungan dengan pelanggaran hukum, gangguan dan ancaman terhadap penegakan hukum dan kedaulatan NKRI. Pesawat patroli maritim sebagai salah satu unsur yang dimiliki TNI AL merupakan penunjang dalam melaksanakan tugas-tugas dan operasi TNI AL dalam rangka penyelenggaraan pertahanan dan keamanan di laut. Keberadaan Pesawat Patroli Maritim pada saat ini telah banyak membantu tercapainya keberhasilan tugas-tugas dan operasi TNI AL.

2. Opskamla

Berbagai bentuk operasi Keamanan laut yang digelar diwujudkan dalam bentuk :

- Operasi keamanan laut sepanjang tahun, di dalam pelaksanaannya dibedakan menjadi opskamla terpadu unsur TNI AL, Polri, Bea Cukai yang secara resmi di bawah komando Opskamla. Kemudian operasi sepanjang tahun yang dilaksanakan oleh instansi fungsional sesuai kewenangan masing-masing.
- Operasi khusus yang dilaksanakan oleh komando operasi keamanan laut secara terpadu dengan daerah operasi, waktu dan sasaran operasi tertentu.

3. Perencanaan Logistik

Logistik adalah proses dari strategi dalam mengatur suatu pengadaan, pemindahan dan penyimpanan, inventori akhir melalui organisasi dan *channel-channel* perusahaan, sehingga keuntungan sekarang dan akan datang dapat dimaksimalkan melalui efektifitas biaya dan biaya pemenuhan order.

Tujuan perencanaan logistik untuk mencapai target dengan biaya terendah, dengan misi untuk merencanakan dan mengkoordinasikan semua aktifitas penting. Proses manajemen dari *supplier*, *procurement*, *operation*, *distribution*, *customer*.

4. Goal Programming

Ciri khas dari metode *Goal Programming* adalah adanya banyak tujuan yang harus dicapai oleh pengambil keputusan. Mengingat banyaknya

tujuan yang harus dicapai maka capaian tujuan satu dengan yang lainnya berbeda. Mungkin capaian suatu tujuan lebih dari apa yang telah ditetapkan sebagai kriteria keberhasilan dan mungkin pula capaian tujuan kurang dari apa yang telah ditetapkan (*deviasi*). Demikian pula sebaliknya untuk tujuan yang lain dalam kerangka permasalahan yang sama. Suatu tujuan dalam hal ini apabila capaiannya lebih besar dari kriteria keberhasilan maka disebut sebagai "*over achievement*" sedangkan apabila capaian tujuan lebih kecil dari kriteria keberhasilan disebut sebagai "*under achievement*".

Adapun kelebihan dan kekurangan dari *Goal Programming* menurut Sri (1991) dalam Kartika (2011 :3) adalah

Kelebihan :

- Setiap tujuan direpresentasikan dalam model.
- Semua tujuan dapat dimasukkan dalam model.
- Pengambil keputusan didorong untuk mengestimasi level. Hal ini member pertimbangan lebih dalam penyusunan model. Pendekatan ini dapat diaplikasikan dalam lingkup permasalahan yang penting dan praktis termasuk perkiraan dan pengujian suatu kurva, pengenalan, dan klasifikasi pola dan analisa kluster.
- Dapat diselesaikan dalam linier programming.

Kelemahan :

- Perlu waktu lebih untuk membentuk model.
- Keterlibatan pengambil keputusan lebih banyak berkaitan dengan penetapan level aspirasi, prioritas, dan lain-lain.
- Pertimbangan yang sifatnya subyektif terhadap penetapan prioritas dan bobot.

5. Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)

Fuzzy Inference System (FIS) disebut juga *Fuzzy Inference Engine* merupakan sistem yang bekerja atas dasar *Fuzzy Logic* (logika Fuzzy) yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya.

Terdapat beberapa jenis *FIS* yang dikenal yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. *FIS* yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah *FIS* Mamdani. Metode Mamdani sering dikenal sebagai Metode Min-Max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. *FIS* tersebut bekerja berdasarkan kaidah-kaidah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang menyediakan sebuah aproksimasi untuk dimasuki analisa matematik. Input yang diberikan

kepada *FIS* adalah berupa bilangan tertentu dan output yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu.

Metode Fuzzy yang kami gunakan disini adalah Fuzzy metode Mamdani dengan bantuan *tools* Matlab R2014A, dimana variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

6. Kilas Balik Penelitian Tugas Akhir dan Jurnal

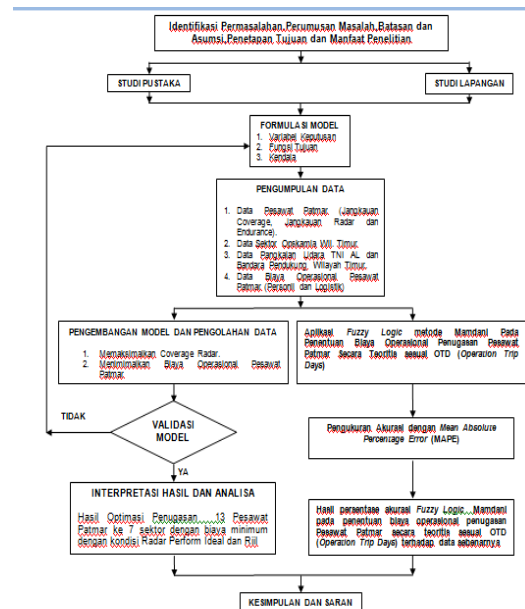
Michael C. Puntenney, (Naval Postgraduate School, 1989) melaksanakan penelitian tentang “*Optimization Models For Military Aircraft Deployment*”. Dalam penelitian tersebut diperoleh solusi optimal penugasan pesawat-pesawat militer Amerika Serikat dengan menggunakan model transportasi dan *Integer Linier Programming*. Adapun permasalahan yang dihadapi antara lain: 9 rute rencana operasi, 80 trip pelaksanaan pergerakan pesawat, 200.000 ton muatan yang harus diangkut, dan melibatkan 250 unit pesawat, serta misi rencana operasi yang diemban dalam setiap pelaksanaan operasi. Sehingga menghasilkan lebih dari 10.000 variabel. Hasil optimasi memberikan solusi penugasan pesawat yang lebih optimal dengan waktu yang lebih singkat serta muatan berhasil diangkut secara maksimal.

Robert R. Luizz, (Johns Hopkins Apl Technical Digest, 2003) melaksanakan penelitian tentang “*The Multi-Mission Maritime Aircraft Modeling and Simulation Environment*”. Penelitian tersebut berusaha untuk menghasilkan sebuah solusi untuk memenuhi kebutuhan menghadapi tantangan peperangan masa depan yang dikenal dengan *Asymmetric Warfare*. Dengan permodelan dan metode simulasi, prosesnya melibatkan situasi – situasi sebagai berikut : Perubahan dalam kekuatan militer seperti organisasi, pelatihan, dan perlengkapan; Perubahan doktrin, taktik, teknik, dan prosedur; Perubahan Kepemimpinan; Perubahan dalam doktrin pertempuran dan peperangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membentuk sebuah doktrin dalam penggunaan Pesawat Patroli Maritim dalam berbagai misi operasi patroli dan identifikasi militer Amerika Serikat.

Tugas akhir ini diharapkan akan memberikan kontribusi dalam usaha optimasi pengoperasian pesawat patroli maritim dalam opskamla sehingga diperoleh keputusan yang tepat dan dapat dipertanggungjawabkan.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian mengenai seluruh kegiatan penelitian digambarkan dalam suatu diagram alir (*flowchart*) seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

1. Identifikasi Permasalahan

Bagaimana memanfaatkan Pesawat Patroli Maritim sebagai kepanjangan mata KRI sehingga operasi keamanan laut berjalan optimal. Untuk itu diperlukan perhitungan untuk menentukan model penugasan dalam rangka memaksimalkan *coverage radar* dari Pesawat Patroli Maritim baik ideal ataupun riil yang berpatroli pada sektor – sektor operasi secara optimal dengan menggunakan anggaran biaya yang seminimal mungkin sehingga mampu mendukung pelaksanaan operasi keamanan laut di wilayah kerja Komando Armada RI Kawasan Timur.

2. Studi Pustaka dan Studi Lapangan.

Studi pustaka dilaksanakan dengan kegiatan tinjauan pustaka terhadap beberapa literatur yang memiliki korelasi terhadap tema penelitian. Penggunaan studi pustaka tidak hanya pada dasar teori tetapi juga menyangkut telaah-telaah yang telah dikembangkan dari literatur-literatur tersebut.

Studi lapangan dilakukan untuk mendapatkan data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Studi lapangan dilaksanakan di Puspenerbal, antara lain Staf Operasi (Sops), Staf Perencana (Srena), Staf Logistik (Slog), dan Skadron 800 selaku salah satu pelaksana pembinaan kekuatan Pesawat Patroli Maritim. Selain itu penulis juga meminta data pendukung dari pihak Koarmatim dalam hal ini Pusat Komando dan Pengendalian (Puskodal) dan Sops Koarmatim terkait data Rencana Operasi Keamanan Laut (Renopskamla) dan *Coverage Area* dari IMSS di wilayah timur.

3. Formulasi Model.

Formulasi model adalah kegiatan memodelkan permasalahan dengan model matematis agar menjadi lebih sederhana dan mudah dimengerti dengan langkah-langkah : Identifikasi variabel keputusan (*decision variabel*), identifikasi pembatas / kendala (*constrain*) serta penentuan fungsi tujuan (*objective function*).

4. Pengumpulan Data.

Pada tahap ini dilaksanakan pengumpulan data di lapangan. Data-data penelitian meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung pada obyek yang diteliti, dan wawancara dengan Staf Operasi dan Pengawak Pesawat Patroli Maritim terkait. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari dokumen-dokumen yang sudah ada, seperti data sektor operasi, data pangkalan, data rencana operasi, dll.

5. Pengembangan Model dan Pengolahan Data.

Pengembangan model dan pengolahan data menggunakan model optimasi sesuai telaah pada dasar teori. Langkah-langkah pengolahan data dan model dalam penelitian ini menerapkan prinsip analisa data dan analisa variabel.

Dengan penentuan kebutuhan logistik, luasan *coverage* dan kebutuhan pesawat yang digunakan dalam permodelan, selanjutnya dilakukan perhitungan iterasi matrik optimasi dengan *software* / perangkat lunak komputer dalam hal ini menggunakan Lingo 8.0. Selain itu juga memanfaatkan Matlab R2014A untuk perhitungan Fuzzy Logic untuk diaplikasikan pada penentuan output biaya operasional dengan luasan (*coverage area*) radar tertentu.

6. Validasi Model.

Validasi Model (kesesuaian) adalah pembuktian kebenaran atau untuk menentukan atau menguji akurasi dari model. Validasi model (kesesuaian) bertujuan untuk mengecek apakah model yang didapat dari perhitungan optimasi sudah sesuai dengan kondisi nyata di lapangan, selain itu juga sebagai bahan perbandingan antara kondisi model optimum yang didapat dari perhitungan dengan kondisi riil yang dilaksanakan saat model belum dibentuk. Apabila ada yang masih harus diperbaiki maka kembali ke tahap formulasi model.

7. Interpretasi Hasil.

Interpretasi dan analisa dilakukan terhadap hasil pengolahan data pada model yang sudah dikembangkan setelah data yang dibutuhkan sudah terkumpul dan diolah. Interpretasi dilakukan untuk menjawab permasalahan sebagaimana yang telah

dirumuskan serta kaitannya dengan pemenuhan tujuan penelitian.

8. Kesimpulan dan Saran.

Penyusunan kesimpulan dari apa yang sudah didapat dari penelitian, serta pemberian saran terhadap proses penelitian yang telah dilaksanakan agar penelitian dapat memberikan manfaat yang lebih besar dan mempunyai kelanjutan siklus ilmu pengetahuan.

9. Pengolahan Data Dan Pembahasan

Penelitian ini berisi pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan untuk bahan analisa dan interpretasi data. Dari pengumpulan dan pengolahan data dapat diketahui hasil yang diinginkan dari penelitian ini. Data yang diperoleh berupa data yang bersifat kualitatif dan kuantitatif yang terdiri dari data primer dan sekunder yang didapat dengan melakukan wawancara langsung dengan pejabat di instansi terkait dan data kondisi teknis terakhir Pesawat Patroli Maritim sesuai di lapangan

10. Kemampuan Jangkauan Coverage Area Pesawat Patroli Maritim

Pesawat Patroli Maritim yang bergerak dari satu titik ke titik yang lain selama operasi mempunyai variabel kemampuan kecepatan dan kemampuan jangkauan radar.

Jarak jelajah pesawat patroli maritim adalah kemampuan jarak jangkauan Pesawat Patroli Maritim terbang selama jam operasi/ *trip*.

Coverage area pesawat patroli maritim adalah luasan daerah yang mampu dicover Pesawat Patroli Maritim dalam daerah operasi selama jam operasi/ *trip*.

NO	PESAWAT	KECEPATAN	ENDURANCE	JAM OPS	JARAK JELAJAH	SURVEILLANCE	
						RADAR IDEAL (nm)	RADAR RIIL (nm)
1	P-831	135	5	3	405	60	12
2	P-832	135	5	3	405	60	24
3	P-833	135	5	3	405	60	48
4	P-834	135	5	3	405	60	12
5	P-835	135	5	3	405	60	48
6	P-836	135	5	3	405	60	48
7	P-837	135	5	3	405	60	24
8	P-850	155	5	3	465	120	60
9	P-851	155	5	3	465	120	72
10	P-852	155	5	3	465	120	96
11	P-860	185	9	3	555	200	200
12	P-861	185	9	3	555	200	200
13	P-862	185	9	3	555	200	200

Sumber: Olahan Data Penulis

11. Biaya Operasional Pesawat Patroli Maritim

Biaya operasi didefinisikan sebagai biaya per endurance logistik cair dan logistik personel pesawat selama operasi.

Penggunaan logistik cair meliputi :

- Bahan Bakar Minyak (BBM) Avtur
- Minyak Lincir

Penggunaan logistik personel meliputi :

- Uang Makan Operasi (UMO)
- Uang Saku Operasi (USO)

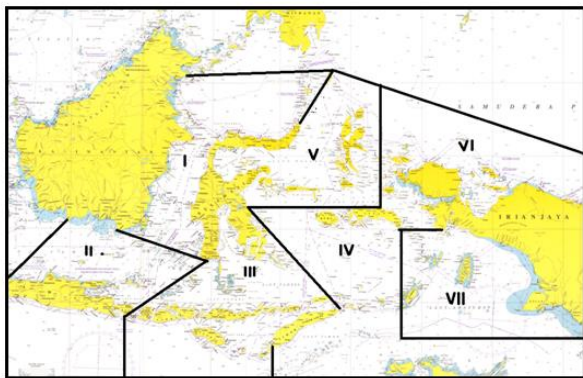
- c. Dana Taktis
- d. Perbekalan dan Kesehatan (Bekkes)
- e. Dana Komando dan Pengendalian (Kodal)

No	Pesawat	End	BBM	TRIP	ΣBB/ Bin	ΣOE/ bin	ΣH/ Bin	ΣTe/ Bin	ΣTO/ Th
			K(Ltr/Jam)	exK(Ltr)	e x Kx10 x Ro11.800	8x 20.500	H x 14.800	ΣBB+ΣOE +ΣH(Ro)	ΣTOTbinx12x (Ro)
P-831	3	200	600	70.800.000	123.000	59.200	70.982.200	851.786.400	
P-832	3	200	600	70.800.000	123.000	59.200	70.982.200	851.786.400	
P-833	3	200	600	70.800.000	123.000	59.200	70.982.200	851.786.400	
P-834	3	200	600	70.800.000	123.000	59.200	70.982.200	851.786.400	
P-835	3	200	600	70.800.000	123.000	59.200	70.982.200	851.786.400	
P-836	3	200	600	70.800.000	123.000	59.200	70.982.200	851.786.400	
P-837	3	200	600	70.800.000	123.000	59.200	70.982.200	851.786.400	
P-850	3	400	1.200	141.600.000	123.000	88.200	141.811.200	1.701.734.400	
P-851	3	400	1.200	141.600.000	123.000	88.200	141.811.200	1.701.734.400	
P-852	3	400	1.200	141.600.000	123.000	88.200	141.811.200	1.701.734.400	
P-860	3	450	1.350	159.300.000	123.000	88.200	159.511.200	1.914.134.400	
P-861	3	450	1.350	159.300.000	123.000	88.200	159.511.200	1.914.134.400	
P-862	3	450	1.350	159.300.000	123.000	88.200	159.511.200	1.914.134.400	

Sumber : Olahan Data Penulis

12. Data Sektor Operasi Keamanan Laut di Wilayah Timur

Wilayah perairan di wilayah timur Indonesia sebagai sektor Operasi Keamanan Laut Koarmatim dibagi ke dalam 7 (tujuh) Sektor Operasi. Pembagian ini bertujuan untuk mempermudah koordinasi dalam pembagian wilayah kerja operasi bagi KRI dan Pesawat Udara untuk melaksanakan patroli maupun mempermudah sistem pelaporan dalam patroli.



13. Perhitungan OTD (Operation Trip Days)

OTD (Operation Trip Days) adalah jumlah hari yang dibutuhkan suatu unit Pesawat Patroli Maritim untuk terbang melaksanakan sekali rute operasi di sektor-sektor Operasi Kamla. Perlu diketahui bahwa dalam satu hari Pesawat Patroli Maritim melakukan terbang selama 3 jam operasi.

$$\text{OTD} = (\text{Panjang Rute} / \text{Kecepatan}) / 3$$

$$\text{OTD} = (L/V) / 3 \quad (\text{hari}), \text{ dengan } L = \text{Panjang rute, } V = \text{Kecepatan Pesawat}$$

NO	PESAWAT	OPERATION TRIPS DAYS (HARI)						
		SEKTOR PATROLI WILAYAH TIMUR						
		Sektor I	Sektor II	Sektor III	Sektor IV	Sektor V	Sektor VI	Sektor VII
		1650	1370	1610	1680	1720	1780	1750
1	P-831	4.07	3.38	3.98	4.15	4.25	4.40	4.32
2	P-832	4.07	3.38	3.98	4.15	4.25	4.40	4.32
3	P-833	4.07	3.38	3.98	4.15	4.25	4.40	4.32
4	P-834	4.07	3.38	3.98	4.15	4.25	4.40	4.32
5	P-835	4.07	3.38	3.98	4.15	4.25	4.40	4.32
6	P-836	4.07	3.38	3.98	4.15	4.25	4.40	4.32
7	P-837	4.07	3.38	3.98	4.15	4.25	4.40	4.32
8	P-850	3.55	2.95	3.46	3.61	3.70	3.83	3.76
9	P-851	3.55	2.95	3.46	3.61	3.70	3.83	3.76
10	P-852	3.55	2.95	3.46	3.61	3.70	3.83	3.76
11	P-860	2.97	2.47	2.90	3.03	3.10	3.21	3.15
12	P-861	2.97	2.47	2.90	3.03	3.10	3.21	3.15
13	P-862	2.97	2.47	2.90	3.03	3.10	3.21	3.15

Sumber : Olahan Data Penulis

14. Optimasi Penugasan Pesawat Patroli Maritim ke Sektor Operasi

Pengumpulan dan penghitungan data awal telah dilakukan, maka selanjutnya dilakukan tahap optimasi penugasan Pesawat Patroli Maritim ke sektor operasi. Tahap ini meliputi : penyusunan model matematis dan proses optimasi. Penyusunan model matematis dan proses optimasi dilaksanakan dengan menggunakan teori *Integer Linear Programing*, dengan tahapan :

- a. Penentuan Variabel Keputusan (*Decision Variable*)
- b. Penentuan Fungsi Tujuan (*Objective Function*)
- c. Penentuan Batasan Sistem (*Constrain*)
- d. Proses Optimasi

Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan program *Lingo 8.0* yang memiliki versi konstrain unlimited dengan tujuan agar segala jenis batasan /konstrain dapat terwadahi sehingga diharapkan hasil yang didapatkan dapat lebih maksimal.

Adapun urutan langkahnya adalah sebagai berikut:

1. **Input dan Penyusunan Data**
 - a. Data 7 Sektor Operasi (panjang rute dan luas sektor operasi).
 - b. Kemampuan 13 Pesawat (kecepatan, jarak jangkauan radar ideal dan riil serta kapasitas maksimum tangki BBM).
 - c. Biaya operasional per hari.
2. **Penyusunan Variabel Keputusan (*Decision Variabel*)**
 - a. Matrix *zero-one* penugasan Pesawat Patroli Maritim.
 - b. Nilai *Deviasi*
3. **Penyusunan Fungsi Tujuan (*Objective Function*)**
 - a. Meminimalkan nilai *deviasi* / penyimpangan
 - b. Pencapaian luasan maksimal (*Coverage Area*) dari radar (dalam kondisi Perform Ideal dan Riil) 13 Pesawat Patroli Maritim pada 7 sektor operasi/patroli dengan meminimalkan biaya operasi.

Hasil Optimasi Kondisi Ideal

SEKTOR	PESAWAT YANG DITUGASKAN	LUAS (Mii ²)	COVERAGE	
			TERCOVER	TIDAK TERCOVER
SEKTOR I	850	234.987	124,395	110,592
SEKTOR II	860	261.217	261,217	0
SEKTOR III	861	235.249	235,249	0
SEKTOR IV	832, 833, 834	175.246	139,871	35,375
SEKTOR V	862	235.215	235,215	0
SEKTOR VI	832	245.725	217,642	28,083
SEKTOR VII	831, 837, 851	256.160	217,642	38,518
TOTAL		1.643.799	1,431,231	212,568

Sumber: Data olahan Lingo 8.0

Hasil Optimasi Kondisi Riil

SEKTOR	PESAWAT YANG DITUGASKAN	LUAS (Mii ²)	COVERAGE	
			TERCOVER	TIDAK TERCOVER
SEKTOR I	834, 836	234.987	43,368	191,619
SEKTOR II	861	261.217	261,217	0
SEKTOR III	832, 835	235.249	51,879	183,370
SEKTOR IV	850, 852	175.246	145,029	30,217
SEKTOR V	860	235.215	235,215	0
SEKTOR VI	862	245.725	245,725	0
SEKTOR VII	831, 833, 837, 851	256.160	118,614	137,546
TOTAL		1.643.799	1,101,047	542,752

Sumber: Data olahan Lingo 8.0

15. Aplikasi Fuzzy Logic metode Mamdani Pada Penentuan Biaya Operasional Penugasan Pesawat Patroli Maritim Secara Teoritis sesuai OTD (Operation Trip Days)

Operation Trip Days (OTD) Pesawat Patroli Maritim pada suatu sektor akan mempengaruhi kemampuan *Coverage Area* yang dihasilkan. Sehingga untuk mendapatkan *coverage area* radar yang luas maka diperlukan jumlah Pesawat yang banyak dalam beroperasi dapat pula dengan meningkatkan *Operation Trip Days* (OTD) Pesawat Patroli Maritim di sektor tersebut. Tentunya hal tersebut akan menaikkan pula besarnya biaya operasional yang harus dikeluarkan, sehingga ada keterkaitan antara luas *coverage radar* Pesawat di suatu sektor dengan biaya operasional yang harus dikeluarkan. Semakin luas/besar *coverage area* yang hendak dicapai, maka semakin besar pula biaya operasional yang harus dikeluarkan.

Ketidakpastian jumlah biaya operasional yang dibutuhkan pada suatu sektor tertentu karena adanya perbedaan jumlah dan jenis Pesawat yang beroperasi disana, serta kebutuhan *coverage area* radar pada tiap sektor yang berbeda membuat metode *Fuzzy Logic* dibutuhkan untuk diterapkan pada kasus ini. Adapun penerapan nantinya berdasarkan pada hasil perhitungan secara teoritis *Coverage Area* radar di tiap sektor beserta biaya operasionalnya sesuai *Operation Trip Days* (OTD) Pesawat Patroli Maritim di sektor tersebut

NO	COVERAGE (nm ²)	BIAYA OPS		SELISIH (absolut)	PERSENTASE KESALAHAN
		RIIL (Rp)	FUZZY (Rp)		
1	182,374	24,792,670	40,100,000	15,307,330	61.74%
2	214,323	29,135,912	40,100,000	10,964,088	37.63%
3	219,648	29,859,785	40,100,000	10,240,215	34.29%
4	223,642	30,402,690	40,100,000	9,697,310	31.90%
5	228,966	31,126,564	40,100,000	8,973,436	28.83%
6	232,960	31,669,469	40,100,000	8,430,531	26.62%
7	236,954	32,212,374	40,100,000	7,887,626	24.49%
8	772,236	40,230,309	49,600,000	9,369,691	23.29%
9	415,815	42,575,122	40,100,000	2,475,122	5.81%
10	907,518	47,277,955	51,000,000	3,722,045	7.87%
11	930,065	48,452,562	51,200,000	2,747,438	5.67%
12	946,975	49,333,518	51,200,000	1,866,482	3.78%
13	488,659	50,033,537	40,100,000	9,933,537	19.85%
14	969,522	50,508,125	51,300,000	791,875	1.57%
15	500,799	51,276,606	40,100,000	11,176,606	21.80%
16	986,432	51,389,081	51,300,000	89,081	0.17%
17	509,905	52,208,908	40,100,000	12,108,908	23.19%
18	1,003,343	52,270,037	51,300,000	970,037	1.86%
19	522,046	53,451,978	40,100,000	13,351,978	24.98%
20	531,151	54,384,280	40,100,000	14,284,280	26.27%
21	540,256	55,316,582	40,100,000	15,216,582	27.51%
ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR					439.12%

Sumber: Data Olahan Matlab R2014A

Selanjutnya dengan menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) kita akan menghitung seberapa besar akurasi data peramalan FIS dengan data riil di lapangan, sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \bar{Y}_t|}{Y_t}}{n} \times 100 \dots \dots (4.3)$$

$$MAPE = 439,12 / 21 = 20,91 \%$$

Jadi perhitungan peramalan dengan FIS memiliki persentase kesalahan absolute rata-rata **20,91 %**, atau dengan kata lain memiliki tingkat akurasi kebenaran terhadap data di lapangan sebesar = 100 % - 20,91 % = **79,09 %**. Sehingga kesimpulan dapat diambil dari analisa diatas bahwasanya penghitungan Fuzzy dengan metode Mamdani memungkinkan kita untuk memprediksi biaya operasional yang harus dikeluarkan pada penugasan Pesawat Patroli Maritim secara teoritis sesuai dengan OTD (*Operation Trip Days*) apabila menghendaki *Coverage Area* dengan luasan tertentu.

16. Validasi Model

Validasi Model adalah pembuktian kebenaran atau untuk menentukan atau menguji akurasi dari model. Validasi Model dilakukan dengan membandingkan hasil optimasi dengan kenyataan di lapangan.

Berikut rangkuman dari data sebelum dan setelah Optimasi :

JENIS	OPTIMASI		KETERANGAN
	SEBELUM	SETELAH	
Coverage Area (Nm ²)	14.853.350	28.893.857	kenaikan 2,3 %
Biaya Operasional (Rp)	6.838.396.200	4.917.095.592	penurunan 28 %

Sumber: Olahan Data Penulis

Perhitungan di atas dapat diambil kesimpulan bahwasanya model optimasi penugasan Pesawat Patroli Maritim dalam penelitian ini, khususnya berkaitan dengan usaha meningkatkan *Coverage Area* dalam rangka penegakkan kedaulatan di laut, memungkinkan untuk diaplikasikan pada rencana Operasi Keamanan Laut di waktu yang akan datang. Optimasi penugasan Pesawat Patroli Maritim ke sektor patroli ini diharapkan dapat memberi masukan kepada TNI AL tentang pola operasi dan pola penugasan baru pada ke 13 Pesawat Patroli Maritim yang dapat disesuaikan dengan berbagai jenis operasi yang sudah ada, baik OMP maupun OMSP.

KESIMPULAN DAN SARAN

Serangkaian pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian/ tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil optimasi kemampuan *Coverage Area* Radar Pesawat Patroli Maritim setelah dilaksanakan validasi dalam 1 tahun dengan persentase yang lebih besar daripada *Coverage Area* Radar dengan data di lapangan tahun 2013, yaitu sebesar **2,5%** untuk data tahun 2013 (sebelum di Optimasi) dan **4,8%** setelah data di Optimasi. Jadi dapat disimpulkan bahwa ada kenaikan hasil *Coverage Area* Radar setelah data di Optimasi sebesar **2,3%**.
2. Hasil optimasi total biaya operasional hasil Optimasi yang lebih kecil daripada penggunaan anggaran operasional tahun 2013 yaitu **Rp.6.838.396.200,00** untuk penggunaan anggaran operasional tahun 2013 dan **Rp.4.917.095.592,00** untuk total biaya operasional setelah melalui proses Optimasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa total biaya operasional hasil Optimasi lebih kecil daripada penggunaan anggaran operasional tahun 2013, yaitu sebesar **Rp.1.921.300.608** atau sebesar **28%**.
3. Hasil optimasi penugasan Pesawat Patroli Maritim ke sektor patroli Wilayah Timur Indonesia pada kondisi Radar Perform Ideal yaitu untuk sektor operasi I, pesawat yang ditugaskan untuk meng-cover adalah P-850. Sektor operasi II di-cover oleh P-860. Sektor III di-cover P-861. Untuk Sektor IV P-832, P-833, dan P-834, sektor V di-cover oleh P-862, serta sektor VI oleh P-835, P-836, dan P-852. Sedangkan untuk sektor VII di-cover oleh P-831, P-837, dan P-851. Dengan *coverage* sebesar **87,07%**. Sedangkan pada kondisi Radar Perform Riil yaitu sektor operasi I, pesawat yang ditugaskan untuk mengcover adalah P-834 dan P-836. Sektor operasi II di-cover oleh P-861. Sektor III dicover oleh P-832 dan P-835. Untuk Sektor IV oleh P-850 dan P-852. Sektor V dicover oleh P-860 serta sektor VI oleh P-862. Sedangkan untuk sektor VII dicover

oleh P-831, P-833, P-837, dan P-851. Dengan *coverage* sebesar **66,98%**.

4. Hasil analisa lainnya menunjukkan bahwa adanya ketidakpastian jumlah biaya operasional yang dibutuhkan pada suatu sektor tertentu karena adanya perbedaan jumlah dan jenis Pesawat yang beroperasi disana, serta kebutuhan *coverage area* radar pada tiap sektor yang berbeda membuat metode *Fuzzy Logic* dibutuhkan untuk diterapkan pada kasus ini. Sehingga penghitungan Fuzzy metode Mamdani memungkinkan kita untuk untuk memprediksi biaya operasional yang harus dikeluarkan pada penugasan Pesawat Patroli Maritim secara teoritis sesuai dengan OTD (*Operation Trip Days*) apabila menghendaki *Coverage Area* Radar dengan luasan tertentu. Dengan hasil analisa akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar **20,91%**, atau dengan kata lain memiliki tingkat akurasi kebenaran terhadap data di lapangan sebesar **79,09%**.

Saran

1. Hasil proses optimasi, Pesawat jenis CN-235 220 MPA NG memiliki *coverage* yang lebih luas dibandingkan dengan N22/24 dan NC-212 200, sehingga dapat menjadi pertimbangan untuk memprioritaskan penugasan pesawat jenis CN-235 220 MPA NG dalam operasi dan apabila memungkinkan dilaksanakan penambahan jumlah secara bertahap mengingat Pesawat Patroli Maritim jenis Nomad N-22/24 dengan tahun pembuatan antara tahun 1975 – 1984 dengan rata – rata jam terbang diatas 15.000 jam terbang dan kondisi tersebut secara teknis telah melampaui batas ideal dalam pengoperasian pesawat udara.
2. Proses optimasi dalam penelitian ini belum memasukkan data intelijen berupa faktor tingkat kerawanan daerah, keadaan laut negara tetangga dan kemampuan logistik di setiap pangkalan pendukung di tiap sektor patroli. Disarankan untuk penelitian selanjutnya memasukkan beberapa hal tersebut ke dalam perhitungan sehingga nantinya penelitian memiliki area multi tujuan yang lebih kompleks.
3. Penugasan Pesawat Patroli Maritim dalam operasi keamanan laut wilayah timur sangat efisien. Pola operasi “Gergaji Laut” yang selama ini diterapkan di KRI dapat digantikan dengan pola “Tunggu Siaga” dengan mengutamakan Pesawat Patroli Maritim sebagai unsur *surveillance*, sehingga dapat mengurangi biaya operasional KRI.

DAFTAR REFERENSI

- Hamdan A. (2003). *Operation Research, An Introduction Seventh Edition*. Prentice Hall. New Jersey USA.
- Hamdy, A Taha. (1996). *Riset Operasi*. Jakarta.
- Hamzah, A. (1984). *Laut Teritorial dan Perairan Indonesia*. Akademia Pressindo. Jakarta.
- Hendra, Iwan. (2012) Optimasi Penugasan KRI Kombatan Satkor Koarmatim Ke Sektor Patroli Laut Wilayah Timur Indonesia Guna Mendukung Hanudnas NKRI Dengan Metode Goal Programming dan Fuzzy Logic Mamdani. Tugas Akhir Sarjana S-1 STTAL. Surabaya.
- Jalal, H. (2005). *Wilayah Negara, Kedaulatan dan Hukum Internasional*. Makalah disampaikan pada Apel Komandan Satuan TNI AL.
- Kusumadewi, Sri dan Purnomo, Hari. (2004). Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Luizz, Robert. (2003), *The Multi-Mission Maritime Aircraft Modeling and Simulation Environment*, Johns Hopkins Apl Technical Digest Volume 24, Number 3. USA.
- Lobo, Victor. (2003), *One Dimensional Self-Organizing Maps To Optimize Marine Patrol Activities*, Portuguese Naval Academy. Lisboa
- Mabes AL. (1994) *Konsep Strategi Pertahanan Laut Nusantara*. Jakarta.
- Mabes AL. (2002). *Konsep Operasi TNI AL Dalam Rangka Penegakan Kedaulatan dan Keamanan Laut*, Staf Operasi Kasal, SOPS FPSO, Surabaya.
- Mabes AL. (2004). *Buku Petunjuk Opskamla*. Asops Kasal. Jakarta.
- Mabes AL. (2006). *Postur TNI AL 2005 sd. 2024*. Kasal. Jakarta.
- Mabes AL. (2009). *Peraturan Kasal nomor Perkasal/35/V/2009 tanggal 19 Mei 2009 tentang Organisasi dan Prosedur Pusat Penerbangan TNI AL*. Kasal. Jakarta.
- Mataram, I Made. (2010). Desain Kontrol Pengoperasian Aerator dengan Fuzzy Logic Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Jurnal Fakultas Teknik Elektro Universitas Udayana.
- Presiden Republik Indonesia. (2002). *Undang Undang Republik Indonesia No. 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara*.
- Presiden Republik Indonesia. (2004). *Undang Undang Republik Indonesia No. 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia*.
- Puntenney, Michael. (1989). *Optimization Models For Millitary Aircraft Deployment*, Thesis Naval Postgraduate School, Monterey.CA.
- Yadav, Bharti. (2011) *An Algorithm to Solve Multi-Objective Assignment Problem Using Interactive Fuzzy Goal Programming Approach*, *International Journal Mathematic Sciences Volume 6*. India.