



**TUGAS AKHIR PROGRAM MAGISTER (TAPM)**

**STRATEGI TEKNIS OPERASIONAL PENGAWASAN  
SUMBERDAYA PERIKANAN TANGKAP DENGAN  
PEMANFAATAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH  
DAN *VESSEL MONITORING SYSTEM* (VMS) DI  
PERAIRAN SELATAN KEPULAUAN ARU**



**UNIVERSITAS TERBUKA**

**TAPM diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Magister Manajemen**

**Disusun Oleh :**

**DENDY MAHABROR**

**NIM. 500582404**

**PROGRAM PASCASARJANA**

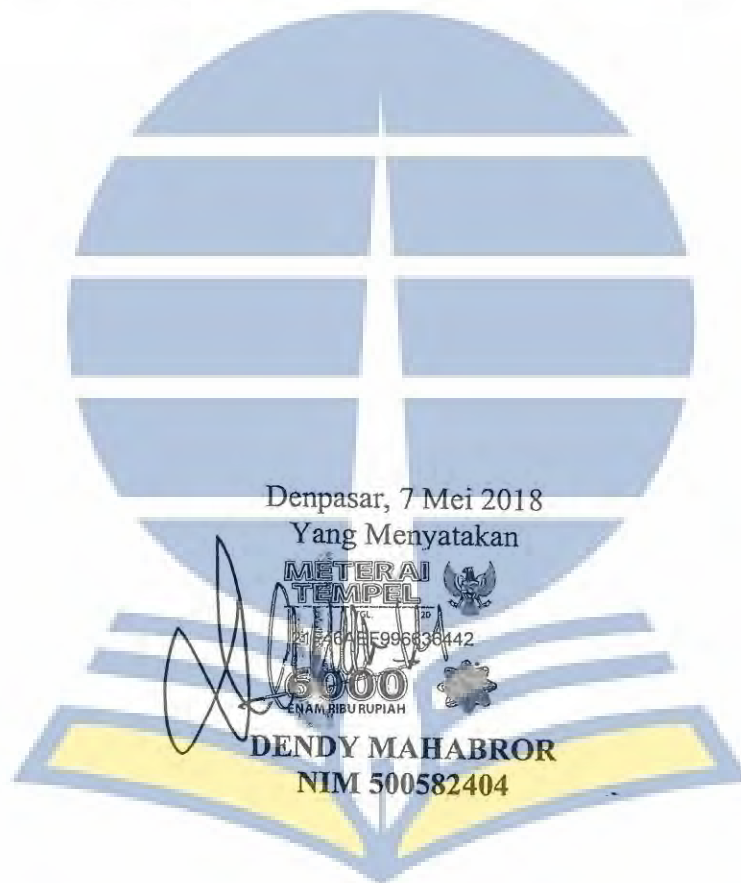
**UNIVERSITAS TERBUKA**

**JAKARTA**

**2018**

## PERNYATAAN

TAPM yang berjudul “Strategi Teknis Operasional Pengawasan Sumberdaya Perikanan Tangkap Dengan Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Vessel Monitoring System di Perairan Selatan Kepulauan Aru” adalah hasil karya saya sendiri, dan seluruh sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiat), maka saya bersedia menerima sanksi akademik.



## ABSTRAK

**Strategi Teknis Operasional Pengawasan Sumberdaya Perikanan Tangkap Dengan Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Vessel Monitoring System di Perairan Selatan Kepulauan Aru**

Dendy Mahabrur  
Universitas Terbuka

mahabrur\_dee@yahoo.com

Laut Arafura merupakan “*the golden fishing ground*” dalam industri perikanan tangkap Indonesia dengan potensi lestari (MSY) sebanyak 771.600 ton/tahun. Salah satu bagian wilayah Laut Arafura yang memiliki potensi fishing ground dan titik rawan *illegal fishing* adalah perairan selatan Kepulauan Aru. Saat ini, strategi operasional dalam pengawasan sumberdaya perikanan tangkap di Indonesia masih secara sektoral dan konvensional dimana untuk mendeteksi kegiatan *illegal fishing* dilakukan secara random dan berdasarkan *human intelligence* sehingga membutuhkan biaya operasional tinggi. Tujuan penelitian ini adalah pemanfaatan data teknologi satelit MODIS, data satelit RADARSAT-2 dan data *Vessel Monitoring System* (VMS) untuk memperoleh data dan informasi terkini untuk mendukung strategi operasi pengawasan laut secara lebih efektif dan efisien. Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis data satelit secara spasial dan temporal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa musim timur dan musim peralihan II merupakan musim tangkap ikan yang memiliki konsentrasi klorofil-a lebih tinggi dibandingkan musim lainnya. Selain itu, hubungan konsentrasi klorofil-a dengan jumlah kapal ikan memiliki hubungan dekat dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) adalah 0,9211, sedangkan hubungan antara jumlah kapal ikan yang beroperasi dengan jumlah pelanggaran memiliki nilai koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,878. Melalui pendekatan teknologi penginderaan jauh dan VMS untuk strategi operasional pengawasan sumberdaya perikanan tangkap dapat meningkatkan efisiensi hari layar patroli menjadi 2 hari per *trip* dari sebelumnya 4 hari per *trip* sehingga tercapainya efisiensi biaya pengawasan sumberdaya perikanan per tahun dari Rp. 41,402,112,000 menjadi Rp.20,701,056,000 per tahun. Pemilihan strategi MCS dengan teknologi penginderaan jauh dan VMS yang berdasarkan analisis SWOT berada pada kuadran I (*Growth Oriented Strategy*).

**Kata Kunci :** musim tangkap, MODIS, RADARSAT-2, VMS, Analisis SWOT

## ABSTRACT

**Technical Operational Strategy for Capture Fisheries Resources Surveillance  
With Remote Sensing and Vessel Monitoring System  
in the Southern of the Aru Islands Waters**

**Dendy Mahabror  
Universitas Terbuka**

**mahabror\_dee@yahoo.com**

The Arafura Sea is a "the golden fishing ground" in Indonesian fishery industry with a sustainable potential (MSY) of 771,600 tons / year. One of the Arafura Sea that has the potential of fishing ground and the entry point of illegal fishing in the southern of the Aru Islands. Currently, the operational strategy for surveillance fishery resources in Indonesia is still sectorally and conventionally where to detect illegal fishing activities conducted randomly and based on human intelligence so that it requires high operational costs. The aim of this research is to utilize MODIS satellite technology data, RADARSAT-2 satellite data and Vessel Monitoring System (VMS) data to get data and information near realtime to support the operation more effectively and efficiently. The research used quantitative approach with spatial and temporal satellite data analysis. The result of this research shown that the east seasons and transitional seasons II are fishing catch seasons has a higher concentration of chlorophyll-a than other seasons. In addition, the correlation of chlorophyll-a concentration with the number of fishing vessels has a close relationship with the value of the correlation coefficient ( $r$ ) is 0.9211, while the correlation between the number of fishing boats operating with the number of *illegal fishing* has a correlation coefficient value ( $r$ ) of 0.878. With the approach of remote sensing technology and VMS for operational strategy of surveillance capture fisheries resources can increase the day efficiency of patrol to be 2 days per trip from 4 days per trip before so that the efficiency of cost surveillance per year from Rp.41,402,112,000 to Rp.20,701,056,000 per year. The selection of MCS strategy with remote sensing technology and VMS based on SWOT analysis is in quadrant I (*Growth Oriented Strategy*).

**Keyword : catch season, MODIS, RADARSAT-2, VMS, SWOT analysis**

### LEMBAR PERSETUJUAN TAPM

Judul TAPM : Strategi Teknis Operasional Pengawasan Sumberdaya Perikanan Tangkap Dengan Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Vessel Monitoring System (VMS) di Perairan Selatan Kepulauan Aru

Penyusun TAPM : Dendy Mahabrur

NIM : 500582404

Program Studi : Magister Ilmu Kelautan, Bidang Minat Manajemen Perikanan.

Hari/Tanggal :

#### Menyetujui:


Pembimbing I,



Dr. Ir. Rinda Noviyanti, M.Si

NIP. 19661103 199903 2 001

Pembimbing II,

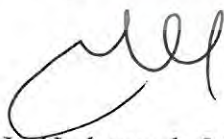


Dr. Kukuh Nirmala, M.Sc

NIP. 19610625 198703 1 001

#### Mengetahui:

Ketua Pascasarjana Sains, Teknologi,  
Enjineriing dan Matematika



Dr. Ir. Nurhasanah, M.Si

NIP. 19631111 198803 2

Dekan FMIPA-UT



Dr. Agus Santoso, M.Si

NIP. 19640217 199303 1 001

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

**UNIVERSITAS TERBUKA  
PROGRAM PASCASARJANA  
MAGISTER MANAJEMEN PERIKANAN**

**PENGESAHAN**

Nama : Dendy Mahabrur  
 NIM : 500582404  
 Program Studi : Ilmu Kelautan Bidang Minat Manajemen Perikanan  
 Judul TAPM : Strategi Teknis Operasional Pengawasan Sumberdaya Perikanan Tangkap Dengan Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Vessel Monitoring System (VMS) di Perairan Selatan Kepulauan Aru

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Komisi Penguji TAPM Program Studi Ilmu Kelautan, Program Pascasarjana Universitas Terbuka pada:

Hari/Tanggal : Senin/ 7 Mei 2018

Waktu : 09.00 WIB

Dan telah dinyatakan **LULUS/TIDAK LULUS\*)**

**PANITIA PENGUJI TAPM :**

Ketua Komisi Penguji : Dr. Ir. Nurhasanah, M.Si

Penguji Ahli : Dr. Eddy Supriyono, M.Sc

Pembimbing I : Dr. Ir. Rinda Noviyanti, M.Si

Pembimbing II : Dr. Kukuh Nirmala, M.Sc

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan penulisan TAPM (tesis) ini. Penulisan TAPM ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains pada Program magister Ilmu Kelautan Bidang Minat Manajemen Perikanan Pascasarjana Universitas Terbuka. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, mulai dari perkuliahan sampai dengan penyusunan TAPM (tesis) ini, cukup sulit bagi saya untuk menyelesaikan TAPM (tesis) ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Direktur Program Pascasarjana Universitas Terbuka;
2. Kepala UPBJJ-UT Denpasar selaku penyelenggara Program Pascasarjana;
3. Pembimbing. I Dr. Ir. Rinda Noviyanti, M.Si dan Pembimbing. II Dr. Kukuh Nirmala, M.Sc yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan TAPM (tesis) ini;
4. Kabid Ilmu Kelautan Bidang Minat Manajemen Perikanan selaku penanggung jawab program ini;
5. Kepala Pusat Riset Kelautan yang telah memberikan izin belajar kepada saya;
6. Seluruh anggota stasiun bumi satelit radar (INDESO project) Kementerian Kelautan dan Perikanan khususnya Sdr. Abdul R Zaky, Jijen J Hidayat, Christiani Silalahi, Austin B Oryza, Aditya Chandra Reymonza, Todhi Pristianto, Mahardian Intan, Reza Oktavianto, Nanda Ayuningtyas dan Adi Kresna Wijaya yang telah banyak memberikan masukan, data dan informasi terkait implementasi

MCS Indonesia berbasis penginderaan jauh.

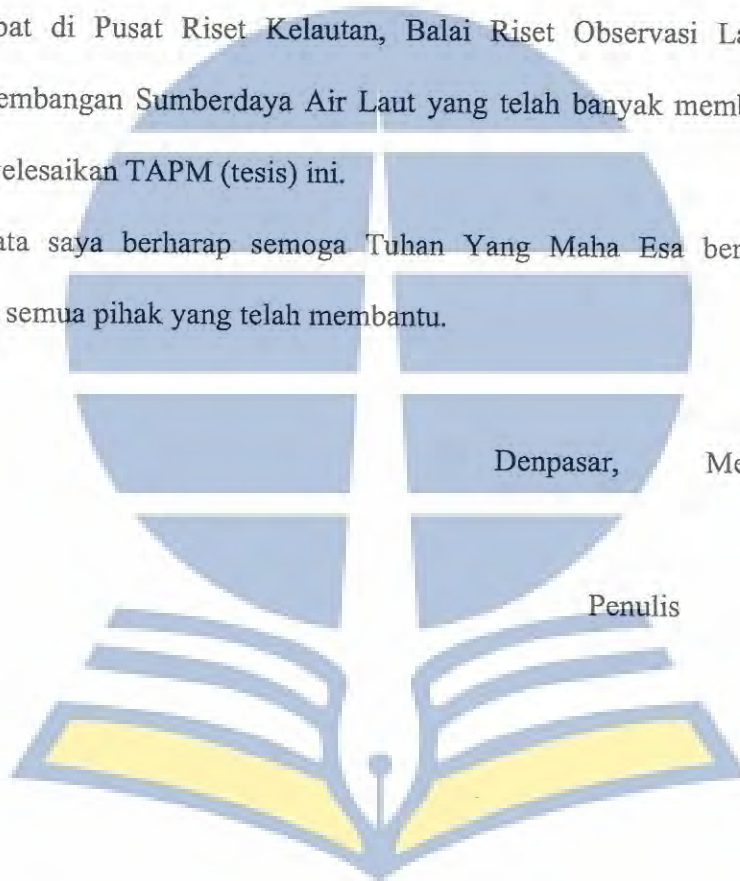
7. Istri saya Dhenik Cahyani, ST, anak saya Sabrina Zahrah Salsabila dan Brilliant Khier Fahreza yang telah mendukung dan selalu memberikan motivasi serta sebagai inspirasi saya;
8. Orang tua saya Kolonel H.Slamet Zein, MT (Almarhum) dan Drs. Hj Yulistiayun serta keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan materil dan moral.
9. Sahabat di Pusat Riset Kelautan, Balai Riset Observasi Laut dan Instalasi Pengembangan Sumberdaya Air Laut yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan TAPM (tesis) ini.

Akhir kata saya berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Denpasar,

Mei 2018

Penulis





**UNIVERSITAS TERBUKA**  
**PROGRAM PASCASARJANA**

Jl. Cabe Raya, Pondok Cabe, Pamulang, Tangerang Selatan 15418  
Telp. (021) 7490941, Fax. (021) 7415588

**BIODATA MAHASISWA**

Nama : Dendy Mahabrur

NIM : 500582404

Tempat dan Tanggal Lahir : Surabaya, 16 Februari 1981

Registrasi Pertama : Tahun 2016

Riwayat Pendidikan : Tahun 1993 tamat pada SDN Baratajaya I Surabaya,  
Tahun 1996 tamat SMPN 19 Surabaya, Tahun 1999 Lulus  
SMUN 10 Surabaya, Tahun 2004 Lulus S1 Pada Institut  
Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) Jurusan  
Teknik Lingkungan.

Riwayat Pekerjaan : Tahun 2005 bekerja sebagai staf di Pusat Riset Teknologi  
Kelautan BRKP-KKP, Tahun 2006 ditugaskan sebagai staf  
penelitian di Balai Riset Observasi Kelautan BRKP-KKP,  
Tahun 2009 ditugaskan kembali sebagai peneliti di Pusat  
Pengkajian dan Perekayasa Teknologi Kelautan  
BalitbangKP-KKP, Tahun 2014 ditugaskan sebagai Chief  
of Operation Ground Station RADARSAT-COSMO  
SKYMED-Jembrana Bali Kementerian Kelautan Perikanan,

Tahun 2018 ditugaskan sebagai peneliti di Instalasi Pengembangan Sumber Daya Air Laut Pamekasan.

Alamat Tetap : Perumahan Taman Royal I Blok Cendana I No 38  
Tangerang, Provinsi Banten

Telp/HP : 082244420619/081237024646

Email : mahabrор\_dee@yahoo.com



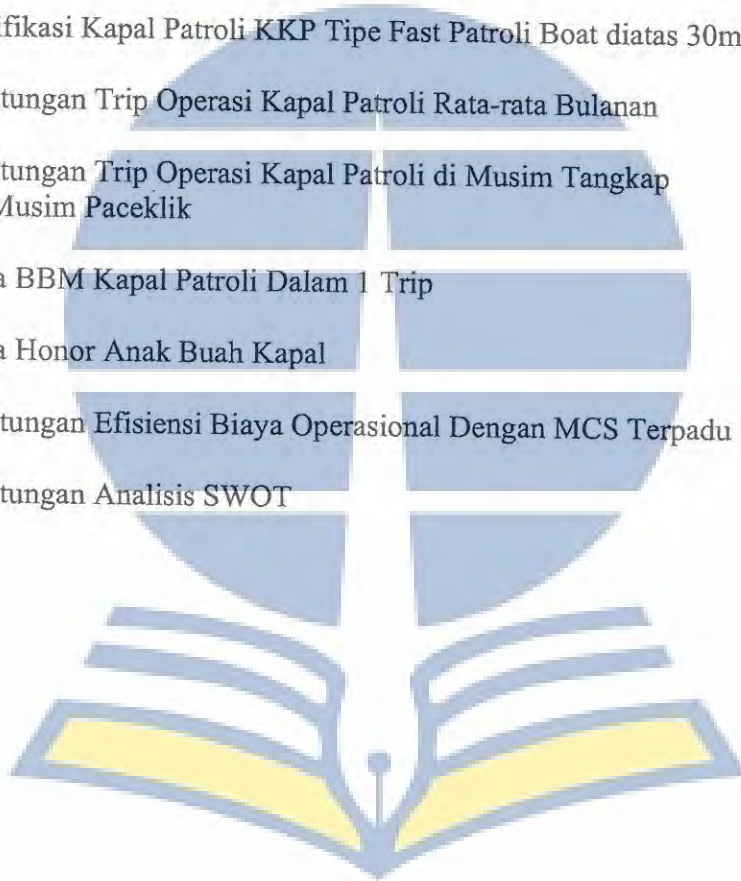
## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>		i
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b>		iii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>		iv
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>		v
<b>KATA PENGANTAR</b>		vi
<b>BIODATA MAHASISWA</b>		viii
<b>DAFTAR ISI</b>		x
<b>DAFTAR TABEL</b>		xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>		xiii
<b>BAB I.</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	
	A. Latar Belakang Masalah	1
	B. Perumusan Masalah	6
	C. Tujuan Penelitian	6
	D. Manfaat Penelitian	7
<b>BAB II.</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
	A. Kajian Teori	8
	1. Sumberdaya Perikanan Perairan Arafura	10
	2. Daerah Penangkapan Ikan dan Parameter Lingkungan	11
	3. Teknologi Penginderaan Jauh	14
	4. Transmitter Vessel Monitoring System (VMS)	22
	5. Illegal Fishing	24
	6. Operasi Keamanan Laut	26
	7. Perhitungan Statistik Korelasi	30

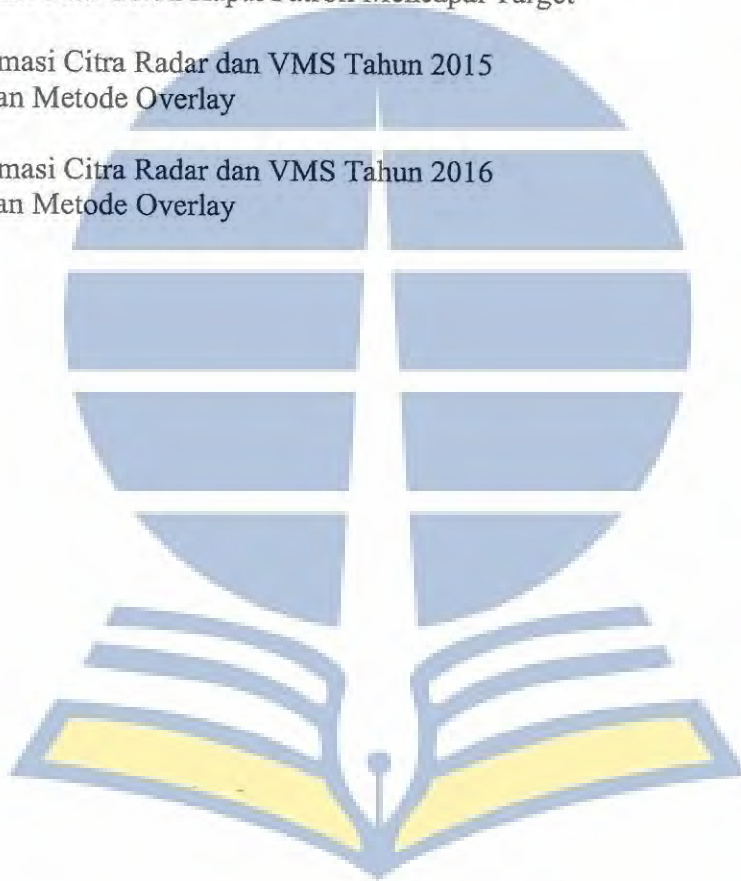
8. Analisis SWOT	31
B. Kerangka Berpikir	33
C. Hipotesis	36
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	37
B. Desain Penelitian dan Pengumpulan Data	38
C. Analisis Data	38
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Analisis Spasial Karakteristik Klorofil-a di Perairan Selatan Kepulauan Aru	41
B. Hasil Analisis Spasial Sebaran Kapal Ber-transmitter VMS di Perairan Selatan Kepulauan Aru	49
C. Hasil Perhitungan Korelasi Spasial Parameter Klorofil-a dengan Kapal Ber-transmitter VMS di Perairan Selatan Kepulauan Aru	55
D. Hasil Cross Match VMS dengan echo RADARSAT-2	58
E. Strategi Operasi Pengawasan Sumberdaya Perikanan Laut	61
F. Hasil Analisis SWOT Untuk Strategi MCS	79
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan	99
B. Saran	99
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	100
<b>LAMPIRAN</b>	105

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
2.1	Spesifikasi Teknik Satelit MODIS	16
2.2	Kanal-kanal pada Satelit Radar	19
4.1	Korelasi Kesuburan Perairan dengan Jumlah Kapal Ikan VMS	57
4.2	Korelasi Kesuburan Perairan dengan Jumlah Kapal Ikan Non-VMS	60
4.3	Spesifikasi Kapal Patroli KKP Tipe Fast Patroli Boat diatas 30m	68
4.4	Perhitungan Trip Operasi Kapal Patroli Rata-rata Bulanan	70
4.5	Perhitungan Trip Operasi Kapal Patroli di Musim Tangkap dan Musim Paceklik	71
4.6	Biaya BBM Kapal Patroli Dalam 1 Trip	77
4.7	Biaya Honor Anak Buah Kapal	78
4.8	Perhitungan Efisiensi Biaya Operasional Dengan MCS Terpadu	79
4.9	Perhitungan Analisis SWOT	96



di Selatan Kepulauan Aru	54
4.13 Grafik Alat Tangkap yang Digunakan Berdasarkan Musim	55
4.14 Grafik Jumlah Kapal Ikan Berdasarkan Perekaman Data VMS dan Citra Radarsat-2 Periode 2015-2016	59
4.15 Skema MCS Terpadu Untuk Sumberdaya Kelautan dan Perikanan	63
4.16 Kemampuan Pengawasan Kapal Patroli Dengan Radar Surveillance	66
4.17 Pola Gerak Kapal Patroli Dengan Metode Konvensional	66
4.18 Ilustrasi Pola Gerak Kapal Patroli Mencapai Target	73
4.19 Informasi Citra Radar dan VMS Tahun 2015 dengan Metode Overlay	74
4.20 Informasi Citra Radar dan VMS Tahun 2016 dengan Metode Overlay	76



## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Potensi perikanan di Laut Aru, Laut Arafura, dan Laut Timor Bagian Timur yang telah ditetapkan sebagai Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 718 merupakan kawasan laut yang memiliki sumber daya alam yang memiliki potensi besar. Bahkan Laut Arafura merupakan “the golden fishing ground” dalam industri perikanan tangkap Indonesia dengan potensi lestari (MSY) sebanyak 771.600 ton/tahun terdiri ikan pelagis, ikan demersal, udang, cumi-cumi, lobster dan ikan karang (Mulyana, 2012). Dengan potensi sumberdaya perikanan tangkap yang besar ini laut Arafura telah menjadi “faktor menarik” untuk perikanan tangkap skala besar yang menggunakan kapal > 30 GT.

Beragam jenis udang penaeid dan jenis ikan demersal tersedia disana. Tak heran, banyak perusahaan perikanan yang berpangkalan di Kepulauan Aru, Ambon dan Sorong melakukan perluasan penangkapan ikannya ke daerah ini. Tak hanya itu, kekayaan sumberdaya ikan ekonomis yang melimpah seperti tuna/cakalang, cumi-cumi, dan karang serta bola-bola, ternyata telah banyak mengundang minat armada penangkapan ikan dari luar kawasan ini. Akan tetapi sayangnya dengan tingginya intensitas penangkapan ikan yang tinggi mengakibatkan terjadinya “penangkapan ikan yang berlebihan” dan banyaknya masalah *Illegal-Unreported-Unregulated (IUU) fishing*.

Rezim *open access* yang masih dianut didalam perikanan laut Indonesia dimana setiap orang diperbolehkan masuk ke dalam usaha perikanan yang memungkinkan terdapatnya kapal-kapal ikan illegal secara bebas beroperasi di Laut Arafura. Menurut Winarso (2014) bahwa perusahaan perikanan dari

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

beberapa wilayah yang berbatasan dengan area ini bahkan perusahaan asing berupaya mengembangkan perikanan tangkap dengan berbagai upaya dan telah mengakibatkan tekanan penangkapan meningkat secara tajam sehingga masalah serius akan terjadi pada perikanan di Laut Arafura, salah satunya adalah meningkatnya intensitas *illegal fishing*.

Menurut Rahardjo (2013) bahwa nilai kerugian Indonesia akibat *illegal fishing* di Laut Arafura mencapai nilai sebesar 40 triliun rupiah setiap tahunnya. Kerugian sejak tahun 2001 sampai 2013 mencapai nilai yang fantastis yaitu 0,52 Kuadriliun rupiah (520 triliun rupiah) dan dugaan jumlah kapal *illegal fishing* melalui hasil pemantauan satelit Radarsat di Laut Arafura mencapai 8.484 kapal/tahun. Selain kerugian dari sisi ekonomi akibat aktivitas *illegal fishing*, masalah *illegal fishing* juga merupakan suatu ancaman yang dapat mengganggu stabilitas keamanan negara seperti pelanggaran batas wilayah laut NKRI oleh kapal asing, tindakan kejahatan langsung dan tidak langsung yang mengakibatkan kerugian negara yang meliputi pembajakan, perompakan dan pencurian sumberdaya kelautan dan perikanan Indonesia.

Pengertian *illegal fishing* menurut FAO (2001) adalah kegiatan penangkapan ikan yang dilakukan oleh suatu negara tertentu atau kapal asing di perairan yang bukan merupakan yuridiksinya tanpa izin dari negara yang memiliki yuridiksi atau kegiatan penangkapan ikan tersebut bertentangan dengan hukum dan peraturan negara itu. Tingginya aktivitas *illegal fishing* dapat diminimalisir salah satunya yaitu dengan rencana aksi negara dalam melakukan *Monitoring, Control and Surveillance* (MCS). Salah satu kegiatan MCS dalam hal ini adalah operasi pengawasan sumberdaya kelautan perikanan di laut dengan melakukan penegakan hukum (Winarso, 2014).

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



Kegiatan MCS di Indonesia saat ini masih bersifat sektoral dimana dilakukan oleh beberapa unsur pengawas di laut seperti Angkatan Laut (TNI-AL), Badan Keamanan Laut (BAKAMLA), Polisi Air (POLAIR), Kementerian Kelautan dan Perikanan, dan Bea Cukai yang masih dilakukan secara konvensional. Metode konvensional yang sering diterapkan dilapangan adalah metode pengawasan atau patroli yang dilakukan secara sektoral di tiap institusi dan acak atau biasa disebut dengan metode “Gergaji Laut” dengan melakukan penyisiran disetiap wilayah operasi tanpa adanya arah target yang jelas dan juga seringkali hanya berdasarkan intuisi dari aparat pengawas dalam menentukan daerah patroli.

Metode patroli “Gergaji Laut” akan menjadi masalah bagi pemerintah, khususnya yang berkaitan dengan kemampuan keuangan Negara dalam menopang kegiatan rutinitas pengawasan laut. Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah terobosan atau strategi dalam meningkatkan efektifitas dan efisiensi operasi pengawasan dan penindakan kegiatan ilegal di laut dengan pendekatan teknologi yang salah satunya yaitu pemanfaatan teknologi satelit penginderaan jauh.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Winarso (2014) bahwa perairan subur dengan pendekatan kandungan klorofil-a yang berkaitan erat dengan produktifitas yang ditunjukkan dengan besarnya biomassa fitoplankton yang menjadi rantai pertama makanan biota laut dapat diasumsikan sebagai daerah berkumpulnya ikan, sehingga kemungkinan adanya gangguan atau aktivitas *illegal fishing* di laut juga tinggi. Akan tetapi pada penelitian tersebut belum dilakukan korelasi antara daerah yang diduga memiliki kesuburan dengan data sebaran kapal ikan yang beroperasi di daerah tersebut. Untuk mengetahui kebenaran hipotesa bahwa daerah yang subur merupakan daerah beroperasinya

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

kapal ikan dan kemungkinan terdapat gangguan atau aktivitas *illegal fishing* maka diperlukan analisis secara spasial dan temporal data penginderaan jauh melalui satelit dan data *time series* VMS. Data penginderaan jauh yang digunakan meliputi untuk parameter klorofil-a, data citra satelit radar yang mampu mendeteksi obyek kapal di laut dan data *Vessel Monitoring System* (VMS) sehingga dengan data-data ini nantinya akan diketahui pola musim atau waktu dan lokasi posisi *fishing ground* dan keberadaan kapal ikan yang menjadi salah satu pertimbangan dalam menentukan arah pergerakan kapal patroli agar lebih efektif dan efisien.

Pemanfaatan teknologi satelit penginderaan jauh, sistem pemantauan dapat dilakukan secara synoptic pada area yang luas dan dapat mengulang pengukuran dalam tempo tertentu dengan jangkauan hingga daerah terpencil. Adapun beberapa informasi penting penggunaan data citra satelit yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

1. Citra satelit *MODIS level-3* memberikan informasi konsentrasi klorofil-a yang merupakan salah satu pigmen yang paling dominan terhadap keberadaan fitoplankton sebagai *primary producer*. Selama ini nelayan lokal pada umumnya masih menggunakan metode penentuan daerah penangkapan ikan secara tradisional, yaitu berdasarkan pengalaman melaut dan melihat tanda-tanda di laut seperti adanya buih, perubahan warna permukaan air, lompatan ikan, riak kecil dan burung. Upaya ini kurang efisien, karena tingkat ketidakpastian cukup tinggi dan biaya operasional tinggi, serta trip operasi memakan waktu cukup lama (Herman, 2010).

2. Citra satelit *RADARSAT-2* memberikan informasi *echo object* yang merupakan

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

salah satu indikator keberadaan kapal yang dilengkapi dengan koordinat posisi dan estimasi dimensi kapal dalam area/wilayah citra radar.

3. *Vessel Monitoring System* (VMS) yang merupakan teknologi pemantauan kapal ikan dengan memberikan informasi perekaman waktu, lokasi, arah haluan dan kecepatan kapal dan juga dilengkapi dengan identitas kapal secara *time series* sehingga dapat diketahui nama dan ijin lokasi penangkapan ikan kapal tersebut.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka pada penelitian ini akan didapatkan informasi konsentrasi klorofil-a yang menunjukkan kondisi kesuburan perairan, untuk hasil perekaman citra satelit radar dalam mendeteksi sebaran kapal dan informasi data *transmitter* VMS dapat menggambarkan *density* kapal legal yang dapat dijadikan informasi awal dalam penentuan daerah dan waktu operasi penindakan pelanggaran di laut. Dari 3 (ketiga) sumber data tersebut nantinya dapat dilakukan pengumpulan data selama 2 (dua) tahun yang kemudian dianalisis secara spasial dan temporal sehingga diketahuilah karakteristik kondisi perairan dan aktivitas penangkapan ikan pada waktu-waktu tertentu seperti di Musim Barat, Musim Peralihan I, Musim Timur dan Musim Peralihan II.

Pada penelitian ini nantinya diharapkan dapat menghasilkan strategi teknis penentuan operasi pengawasan sumberdaya laut dengan pendekatan teknologi penginderaan jauh untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi terhadap waktu dan lokasi operasi laut. Adapun alasan penentuan lokasi penelitian di perairan selatan Kepulauan Aru dikarenakan selatan perairan Aru merupakan salah satu *potential fishing ground* dan titik rawan terjadinya *illegal fishing* oleh kapal asing seperti kapal ikan dari negara Filipina, Thailand dan China yang tidak sesuai dengan ketentuan negara (Rahmadiani, 2014).

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

## B. Perumusan Masalah

Menurut uraian latar belakang yang telah dijelaskan diatas dapat dirumuskan beberapa masalah dalam upaya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi kebutuhan operasi pengawasan keamanan laut yang antara lain :

- a. MCS masih bersifat sektoral dan konvensional dimana tidak tersedianya data dan informasi terkini dan terintegrasi dalam satu sistem dari aktivitas *illegal fishing* sehingga aparat pengawas harus melakukan metode patroli secara acak atau yang biasa disebut “Gergaji Laut” dimana kapal pengawas bergerak menyisir lautan tanpa arah target yang jelas dan hanya berdasarkan intuisi aparat pengawas.
- b. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan bahwa aparat pengawas di laut menggunakan metode acak atau “Gergaji Laut” dengan berdasarkan intuisi dan *human intelligence* sehingga menyebabkan biaya operasional di laut cukup besar. Kebutuhan logistik dipengaruhi oleh jumlah waktu operasi yang lebih lama demi mendapatkan target kapal *illegal* sehingga jauh dari efektifitas dan efisiensi.
- c. Strategi teknis atau metode yang belum tersedia untuk dijadikan acuan dalam penentuan waktu dan lokasi operasi secara efektif dan efisien sehingga harapannya dapat mengurangi biaya logistik yang dikeluarkan dalam satu operasi keamanan laut.

## C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Menganalisis karakteristik dan hubungan kesuburan perairan dengan sebaran kapal ikan melalui data teknologi penginderaan jauh.
- b. Menganalisis musim tangkap di selatan kepulauan Aru.

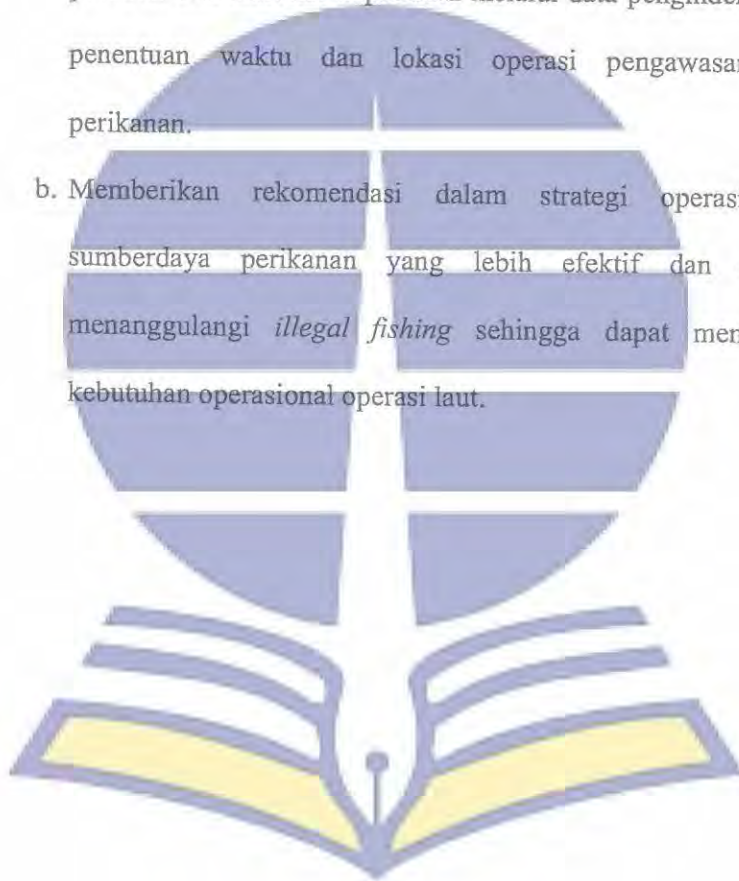
Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

- c. Memformulasi strategi operasi keamanan dengan konsep integrasi data penginderaan jauh dan data VMS *near realtime* secara tumpang tindih (*overlay*) dan melakukan analisis SWOT untuk mengetahui efektifitas dan efisiensi sistem MCS.

#### D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain :

- a. Memberikan masukan berupa data dan informasi kondisi kesuburan perairan dan aktivitas kapal ikan melalui data penginderaan jauh untuk penentuan waktu dan lokasi operasi pengawasan sumberdaya perikanan.
- b. Memberikan rekomendasi dalam strategi operasi pengawasan sumberdaya perikanan yang lebih efektif dan efisien dalam menanggulangi *illegal fishing* sehingga dapat mengurangi biaya kebutuhan operasional operasi laut.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pemanfaatan teknologi penginderaan jauh di bidang perikanan tangkap dalam rangka untuk mengetahui karakteristik perairan atau pendekatan oseanografi yang dapat mempengaruhi keberadaan Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI). Penelitian-penelitian yang telah banyak dilakukan kebanyakan hanya sebatas untuk mengamati sifat fisis laut seperti suhu permukaan, arus permukaan, salinitas, pasang surut dan gelombang laut. Selain itu juga penginderaan jauh juga dapat digunakan untuk mengamati kondisi kesuburan perairan melalui parameter klorofil-a yang jika dipadukan dengan data fisis laut dapat mengetahui lokasi upwelling dan downwelling yang dapat dijadikan sebagai salah satu indikator penentuan ZPPI.

Menurut Insanu (2013) dalam penelitian tentang Analisis Pemetaan Zona Penangkapan Ikan (Fishing Ground) Dengan Menggunakan Citra Satelit TERRA MODIS Dan Parameter Oseanografi menyatakan bahwa dengan pemakaian satelit oseanografi akan didapatkan parameter-parameter yang dapat membantu memprediksi daerah potensi tangkapan ikan. Parameter oseanografi seperti suhu permukaan laut, salinitas, klorofil laut dan cuaca berpengaruh pada pergerakan air laut secara horisontal maupun vertikal. Parameter-parameter laut inilah yang dapat diperoleh dengan teknologi penginderaan jauh akan lebih cepat, efektif, efisien dan mampu mencakup wilayah yang luas.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Natsir (2013) berpendapat dalam penelitian tentang Aktivitas Penangkapan Individu Kapal Purse Seine Di Laut Maluku Dengan Sistem Pemantauan Kapal (VMS) dan Observer menyatakan bahwa teknologi VMS yang dapat merekam waktu, lokasi arah haluan dan kecepatan kapal secara *timeseries* dapat digunakan untuk meningkatkan pendugaan aktivitas penangkapan ikan di laut. Selain itu dengan memanfaatkan data VMS, dapat juga digunakan untuk memperhitungkan dimensi spasial dan temporal perikanan komersial sehingga membuka cakrawala baru untuk analisis masa depan.

Pada penelitian Kadyat (2007) tentang Analisa Strategis Penentuan Jumlah dan Penempatan KRI Kelas SIGMA Dalam Operasi Pengamanan Wilayah Perairan Timur Indonesia Dengan Metoda Optimasi menyatakan bahwa operasi akan optimal dengan memasukkan prioritas dan preferensi dalam mengambil sebuah keputusan dengan melalui proses kalkulasi, dengan fungsi tujuan adalah mencari kondisi yang optimal dalam pengertian mendapatkan jarak yang minimal (*minimum distances*) antara pangkalan dengan *demands* yang dalam hal ini adalah sektor operasional yang harus dilayani. Dengan asumsi bahwa dengan jarak yang minimal, maka akan didapatkan alokasi biaya yang minimum.

Rahmadiani (2014) menyatakan dalam penelitiannya tentang Analisis Kriminologis Terhadap Praktik *Illegal Fishing* Oleh kapal Asing di Laut Aru dan Arafura Periode Tahun 2004-2011 yang menyatakan bahwa terdapat empat bentuk *illegal fishing* yang terjadi di daerah ini yakni penangkapan dengan alat tangkap yang tidak sesuai dengan SIPI, penangkapan tanpa dokumen yang sesuai, penangkapan yang tidak sesuai dengan fishing ground atau seringkali dengan tidak mengaktifkan/memasang transmitter VMS bagi kapal ikan diatas 30GT dan penangkapan tanpa pelaporan ke pelabuhan pangkalan.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

### A.1. Sumberdaya Perikanan Perairan Arafura

Potensi perikanan yang besar di perairan laut Arafuru tidak lepas dari melimpahnya habitat ekosistem yang tersebar disepanjang pantai dan laut papua serta pulau-pulau sekitarnya. Seperti diketahui bahwa pada wilayah perairan ini kedalaman perairan tidak kurang dari 100 meter, dimana karakteristik lingkungan yang sangat beragam ini banyak dipengaruhi oleh struktur dan massa jenis air laut dari perairan sekitarnya.

Potensi ikan dan udang yang begitu besar di perairan Arafuru tidak lepas dari pengaruh ekologi perairan laut Arafuru. Perairan laut ini mempunyai karakteristik lingkungan sangat beragam yang dipengaruhi oleh struktur pantai dan terrestrial serta massa air laut dari perairan sekitarnya. Karakteristik diperkuat dengan adanya 2 (dua) sistem arus yang dapat berdampak pada ekosistem yang dinamis dan kaya nutrient sehingga sumberdaya ikan dan udang melimpah di perairan ini. Di perairan ini terdapat 2 (dua) bentuk basis rantai makanan, pertama basis plankton yang memungkinkan arah tingkatan trofik yang merupakan plankton-ikan kecil yakni untuk makanan ikan demersal/pelagis serta kedua basis detritus yang memungkinkan arah tingkatan trofik yaitu organisme pemakan detritus-sedenter/udang-ikan demersal.

Kedua rantai makanan ini sangat berkaitan dengan distribusi plankton yang menentukan kesuburan nutrient dan ketersediaan hutan bakau sebagai sumber primer detritus. Distribusi horizontal plankton sangat erat dengan proses pencampuran massa air laut dan air tawar sebagai pembawa nutrient.

Sumberdaya ikan pelagis kecil di Laut Arafura dieksploitasi oleh banyak jenis armada penangkapan dengan ukuran kapal yang bervariasi. Pada 2010, terdapat hampir 17.000 kapal yang beroperasi di Laut Arafura, namun 84% terdiri

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



dari perahu dan motor tempel, hanya sekitar 16% jenis kapal motor dengan variasi ukuran <10 GT sampai >500 GT. Dari seluruh kapal motor yang beroperasi, 1.118 kapal atau 41,4 % adalah kapal dengan bobot < 10 GT dan 385 kapal atau 14,3 % berbobot antara 10-30 GT (Wijopriono, & Fayakun, 2014).

Dalam kelompok ini termasuk didalamnya kapal untuk mengoperasikan alat tangkap ikan pelagis skala kecil seperti bagan, pukat pantai dan jaring insang pantai. Armada yang beroperasi di Laut Arafura berjumlah 2827 kapal (Suryanto.& Widodo, 2011), yang memiliki izin mengoperasikan 13 jenis alat tangkap ikan. Dari keseluruhan jenis alat tangkap tersebut, dua diantaranya adalah alat tangkap dengan target tangkapan ikan pelagis kecil, yaitu pukat cincin (*purse seine*) dan bouke ami (*stick held driftnet*).

#### **A.2. Daerah Penangkapan Ikan dan Parameter Lingkungan**

Yusfiandayani (2004) berpendapat bahwa penentuan daerah penangkapan ikan yang umum dilakukan oleh nelayan sejauh ini masih menggunakan cara-cara tradisional yang diperoleh secara turun temurun. Akibatnya, tidak mampu mengetahui perubahan kondisi oseanografi dan cuaca yang berkaitan erat dengan perubahan daerah penangkapan ikan yang berubah secara dinamis. Pengetahuan tentang Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI) merupakan faktor yang menentukan efisiensi dan efektivitas penangkapan ikan. Dengan mengetahui ZPPI ini maka dengan mudah dapat dilakukan penangkapan, dengan penggunaan waktu, tenaga dan biaya yang lebih hemat.

Kehidupan ikan tidak bisa dipisahkan dari adanya pengaruh berbagai kondisi lingkungan perairan. Parameter oseanografi seperti suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a, mempengaruhi berbagai aktivitas ikan seperti pertumbuhan ikan, pemijahan, metabolisme, dan aktivitas lainnya. Hal ini berarti

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

bahwa keberadaan ikan dan penentuan daerah penangkapan ikan yang potensial sangat dipengaruhi oleh parameter oseanografi perairan (Basuma, 2009). Tingkat kesuburan suatu perairan dapat ditunjukkan dengan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di suatu perairan, sehingga dapat menjadi daya tarik bagi ikan-ikan pelagis yang bersifat plankton feeder. Pada proses fotosintesis, fitoplankton menghasilkan zat asam yang berguna bagi ikan, oleh karena itu fitoplankton berperan sebagai penghasil pertama dalam rantai makanan di perairan. Fitoplankton selanjutnya akan dimakan oleh pemakan pertama (primary consumer) dan pemakan selanjutnya. Umumnya ikan-ikan pelagis kecil berada pada tingkat pertama (primary consumer), yaitu pemakan plankton

Menurut BBPPI (2000), suatu perairan memenuhi kriteria sebagai daerah penangkapan ikan, maka :

- a. Perairan tersebut harus merupakan lingkungan yang cocok untuk hidup ikan yang menjadi sasaran penangkapan.
- b. Perairan itu mempunyai kandungan makanan yang cocok bagi ikan yang menjadi sasaran penangkapan.
- c. Perairan itu merupakan tempat perbiakan dan pemijahn yang cocok bagi ikan yang menjadi sasaran penangkap.

#### **A.2.1. Parameter lingkungan klorofil-a**

Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga dan bakteri fotosintetik. Senyawa ini yang berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah tenaga cahaya menjadi tenaga kimia. Dalam proses fotosintesis, terdapat 3 fungsi utama dari klorofil yaitu memanfaatkan energi matahari, memicu fiksasi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat dan menyediakan dasar energetik bagi ekosistem secara keseluruhan. Karbohidrat

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

yang dihasilkan fotosintesis melalui proses anabolisme diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat dan molekul organik lainnya.

Pada tanaman tingkat tinggi ada 2 macam klorofil yang berwarna hijau tua dan berwarna hijau muda. Klorofil-a dan b paling kuat menyerap cahaya di bagian merah (600-700nm), sedangkan yang paling sedikit cahaya hijau (500-600nm). Cahaya berwarna biru dari spektrum tersebut diserap oleh karotenoid. Karotenoid ternyata berperan membantu mengabsorpsi cahaya sehingga spektrum matahari dapat dimanfaatkan dengan lebih baik. Energi yang diserap karotenoid diteruskan kepada klorofil-a untuk diserap digunakan dalam proses fotosintesis, demikian pula dengan klorofil-b.

Klorofil-a berkaitan erat dengan produktivitas yang ditunjukkan dengan besarnya biomassa fitoplankton yang menjadi rantai pertama makanan ikan pelagis. Menurut Valiela (1984), produktivitas primer perairan pantai melebihi 60% dari yang ada di laut. Produktivitas primer adalah laju pembentukan senyawa-senyawa organik yang kaya energi dari senyawa anorganik. Biasanya produktivitas primer dianggap sebagai padanan fotosintesis. Jumlah seluruh bahan organik yang terbentuk dalam proses produktivitas dinamakan produktivitas primer kotor atau produksi total. Jumlah sisa produksi primer kotor setelah digunakan tumbuhan untuk respirasi adalah produksi primer bersih (Nybakken, 1992).

#### A.2.2 Faktor penentu penyebaran klorofil - a

Konsentrasi klorofil-a suatu perairan sangat ditentukan oleh intensitas cahaya dan keberadaan nutrient. Perairan laut tropis pada umumnya memiliki kandungan klorofil-a rendah karena keterbatasan nutrient dan kuatnya stratifikasi kolom air. Tubawalony (2007) menyatakan bahwa stratifikasi kolom air

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

disebabkan oleh pemanasan permukaan perairan yang hampir sepanjang tahun. Selanjutnya bahwa berdasarkan pola persebaran klorofil-a secara musiman maupun spasial, di beberapa bagian perairan dijumpai konsentrasinya yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena terjadinya pengkayaan nutrient pada lapisan permukaan perairan melalui berbagai proses dinamika massa air, diantaranya upwelling, pencampuran vertikal massa air serta pola pergerakan massa air, yang membawa massa air kaya nutrient dari perairan sekitarnya.

Klorofil-a dipermukaan perairan dikelompokkan ke dalam tiga kategori yaitu rendah, sedang, dan tinggi dengan kandungan klorofil-a secara berturut-turut  $<0,07$ ;  $0,07-0,14$  dan  $>0,14$   $\text{mg/m}^3$  (Hatta, 2002) ditambahkan Legender (1983) bahwa kandungan klorofil dengan kisaran  $0,07$   $\text{mg/m}^3$  termasuk rendah, dimana klorofil tersebut sangat dipengaruhi oleh cahaya, oksigen, dan karbohidrat.

### A.3. Teknologi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (remote sensing) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi mengenai suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa adanya kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand and Kiefer, 1990). Penginderaan atau sensor wahana penginderaan jauh memanfaatkan energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan suatu obyek dipermukaan bumi, dimana tiap-tiap obyek memiliki karakteristik reflektansi yang berbeda-beda (Kushardono, 2003).

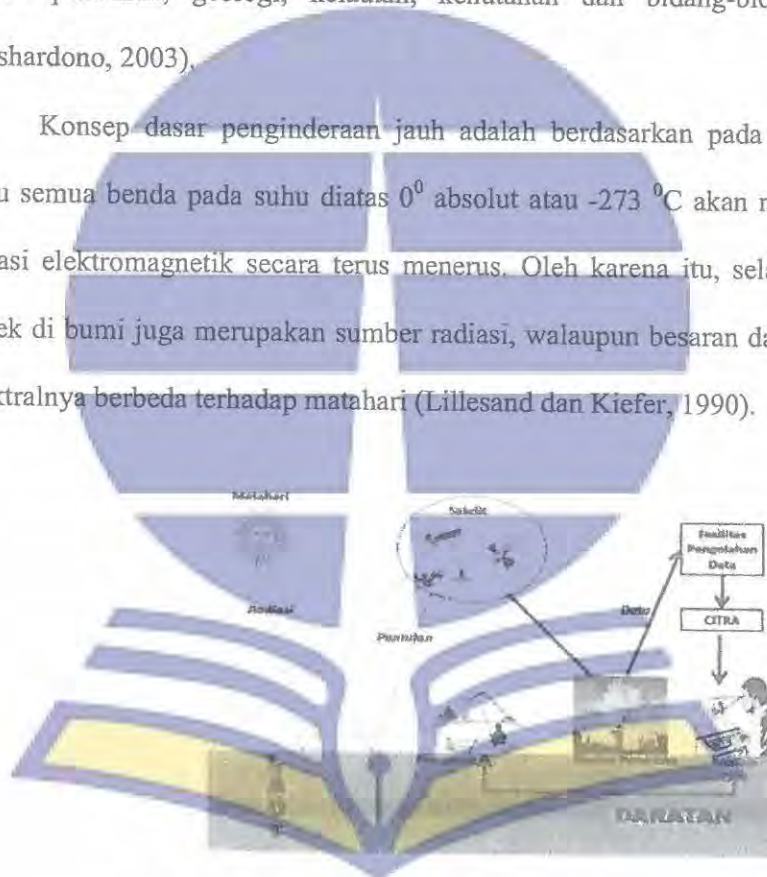
Secara umum bentuk organisasi sistem penginderaan jauh dapat dijelaskan seperti berikut, yaitu pertama-pertama pancaran dan pantulan benda-benda di permukaan bumi ditangkap oleh sistem sensor pada satelit, kemudian pancaran dan pantulan itu dirubah menjadi sinyal-sinyal yang kemudian dikirim ke stasiun

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

penerima di bumi untuk seterusnya disimpan dalam bentuk citra analog (dalam bentuk hasil cetakan foto) atau digital. Data citra tersebut dapat dimanfaatkan sesuai bidang tertentu melalui pengolahan lebih lanjut.

Sejak adanya teknologi komputer, pengolahan data dan interpretasi secara digital banyak dilakukan dalam bidang penginderaan jauh. Unit terakhir dari sistem penginderaan jauh adalah pengguna yang memanfaatkan hasil pengolahan dan interpretasi data penginderaan jauh untuk suatu target disiplin ilmu tertentu seperti pertanian, geologi, kelautan, kehutanan dan bidang-bidang lainnya (Kushardono, 2003).

Konsep dasar penginderaan jauh adalah berdasarkan pada teori radiasi yaitu semua benda pada suhu diatas  $0^{\circ}$  absolut atau  $-273^{\circ}\text{C}$  akan memancarkan radiasi elektromagnetik secara terus menerus. Oleh karena itu, selain matahari, obyek di bumi juga merupakan sumber radiasi, walaupun besaran dari komposisi spektralnya berbeda terhadap matahari (Lillesand dan Kiefer, 1990).



Gambar 2.1. Sistem Penginderaan Jauh Perikanan dan Kelautan  
Sumber : Kushardono, 2003

Sistem penginderaan jauh dipengaruhi oleh hamburan (scattering) dan serapan (absorbtion) dari atmosfer. Hamburan merupakan penyebaran arah radiasi oleh partikel-partikel di atmosfer yang tidak dapat diperkirakan. Hamburan biasa  
Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

terjadi apabila radiasi tenaga berinteraksi dengan molekul dan partikel kecil atmosfer lainnya, adanya uap air dan debu di atmosfer, dan adanya air hujan. Hamburan menyebabkan adanya kabut tipis pada citra sehingga mengurangi kejelasan suatu citra. Serapan (absorbtion) merupakan penyerapan energi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu. Penyerapan radiasi matahari paling efisien dalam hal ini adalah oleh uap air (H<sub>2</sub>O), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), dan ozon (O<sub>3</sub>) (Lillesand dan Kiefer, 1990).

### A.3.1. Teknologi satelit MODIS

Pengolahan citra satelit dalam penelitian penginderaan jauh tentang variasi warna perairan (*ocean color*) dilakukan sebagai implementasi adanya perbedaan kandungan organisme dalam perairan. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) merupakan sensor yang dibawa oleh satelit Aqua yang diluncurkan pada tanggal 4 Mei 2002 (NASA, 2008).

MODIS dirancang oleh NASA (National Aeronautics and Space Administration) dengan instrument high radiometric sensitivity (12 bit) yang terdapat pada 36 kanal spektralnya dengan panjang gelombang antara 0,4  $\mu$ m sampai 14,4  $\mu$ m ( NASA, 2008). Spesifikasi teknik satelit Aqua MODIS dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2.1. Spesifikasi Teknik Satelit MODIS  
Sumber: Maccherone, 2005

Spesifikasi	Keterangan
Orbit	705 km, 13.30 p.m, ascending node, sun-synchronous near polar, sirkular
Rataan Pantauan	20,3 rpm, cross track
Luas liputan	2330 km (cross track) dengan lintang 10° lintasan pada nadir
Berat	228,7 kg
Tenaga (power)	168,5 W (single orbit average)
Kuantitas	12 bit
Resolusi spasial	250 m (kanal 1-2); 500 m (kanal 3-7); 1000 m (kanal 8-36)
Desain umur	6 tahun

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Sensor multi kanal MODIS yang mempunyai 36 kanal (band) dengan resolusi spasial 250m, 500m dan 1000m (NASA, 2008). Pada resolusi 250m (kanal 1 dan kanal 2), sedangkan resolusi 500m berisi informasi nilai-nilai spectral pada kanal 500m (kanal 3 sampai 7) dan juga berisi nilai-nilai spectral pada kanal 250m yang telah diresampel menjadi beresolusi 500m. Pada resolusi 1000m berisi informasi nilai-nilai spectral pada kanal-kanal 1000m (kanal 8 sampai kanal 36) dan juga berisi nilai-nilai spectral dari kanal resolusi 250 dan 500m yang telah diresampel menjadi resolusi 1000m. Produk data MODIS bisa diperoleh dari beberapa sumber, MODIS level 1 dapat diperoleh pada situs <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>. Data MODIS level 2 terdiri dari 2 macam yaitu level 1A Geolocation dan level 1B Calibrated Radiances. Data MODIS level 1A berisi informasi lintang dan bujur, geodetic, serta penutupan daratan (landmask) atau lautan (seamask) untuk setiap sampel 1 km (Kempfer, 2002 in Meliani, 2006). Level 1B Calibrated Radiances berisi radiansi yang sudah terkalibrasi dan geolokasinya untuk 36 kanal spectral pada resolusi 1 km. Level 1B juga sudah terkoreksi radiometri, akan tetapi level 1B ini belum dapat dibedakan antara darat dan laut karena data ini masih mengandung hamburan cahaya dari komponen-komponen atmosfer yang mengganggu proses interpretasi citra warna air laut.

Data MODIS level 3 untuk produk warna perairan (ocean color) suhu permukaan laut dapat diperoleh pada situs <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Data MODIS level 3 merupakan data bulanan sebaran suhu permukaan laut level 3. Pemilihan citra pada level 3 dilakukan karena pada level ini citra olahan sudah terkoreksi secara radiometrik, geometrik, dan atmosferik. Komponen yang

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

dikoreksi yaitu hamburan Rayleigh dan hamburan aerosol. Selain itu digunakan data klimatologi dan data ozon yang merupakan data lingkungan untuk mempertajam hasil keluaran citra (Meliani, 2006). Dengan data MODIS tersebut, akan meningkatkan kemampuan kita dalam memahami perubahan dinamik secara global yang terjadi di darat, laut dan atmosfer (NASA, 2008).

Data yang merupakan produk MODIS untuk perairan mencakup tiga hal yakni warna perairan, suhu permukaan laut (SPL), dan produktifitas primer perairan melalui pendeteksian kandungan klorofil. Seluruh produk tersebut sangat berguna untuk membantu penelitian mengenai sirkulasi lautan, biologi laut dan kimia laut termasuk siklus karbon di perairan.

### A.3.2. Teknologi satelit RADARSAT-2

*RADAR* merupakan singkatan dari Radio Detection And Ranging. Radar termasuk penginderaan jauh gelombang mikro aktif, yaitu penginderaan jauh dimana sensornya menyediakan energi atau cahayanya sendiri. Radar merupakan alat yang menggunakan gelombang radio untuk mendeteksi keberadaan serta menentukan posisi suatu obyek (Lillesand, 1990). Proses yang termasuk di dalamnya antara lain mengirimkan pulsa energi gelombang mikro pada obyek yang diinginkan dan merekam kekuatan dan asal pantulan yang diterima oleh obyek di dalam area pencitraan. Kanal - kanal yang umum digunakan pada satelit radar disajikan pada tabel dibawah ini.



Tabel 2.2. Kanal-kanal pada Satelit Radar  
Sumber : Hamzah, 2004

Kanal	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi	Contoh Satelit dan Aplikasinya
X	2,4 – 3,8	12,5 – 8 GHz	Satelit CCRS CV-580 SAR, untuk pertanian, kehutanan, geologi, mendeteksi gunung es, gelombang dan arus laut, mendeteksi lapisan minyak, banjir dan kebakaran
C	3,8 – 7,5	8 – 4 GHz	ERS, untuk angin permukaan laut, suhu permukaan laut, tinggi gelombang, arus internal, topografi laut. RADARSAT untuk oseanografi, kandungan kelembaban vegetasi, bencana alam, tata guna lahan.
S	7,5 – 15	4 – 2 GHz	Survei lapangan komersial dan pemetaan.
L	15 – 30	2 – 1 GHz	Satelit SEASAT, untuk angin permukaan laut, suhu permukaan laut, arus internal dan topografi laut. JERS-1 dan ALOS PALSAR untuk sumber daya alam, geologi, pertanian, kehutanan, tata guna lahan, deteksi es di laut, pemantauan fenomena laut.
P	75 – 133	225 – 400 MHz	Satelit NASA JPL AirSAR, untuk fenomena oseanografi, geologi, kehutanan, hidrologi, dan arkeologi.

Sistem radar mempunyai tiga fungsi utama, yaitu:

- Mengirim sinyal gelombang mikro ke suatu obyek/ target.
- Menerima energi transmisi hamburan balik dari obyek/ target.
- Mengamati kekuatan/ energi (deteksi) dan waktu jeda (ranging) dari sinyal balik.

Radar yang bersifat imaging disebut juga Synthetic Aperture Radar (SAR). Kelebihan-kelebihan radar antara lain bebas dari gangguan yang terjadi di atmosfer, seperti awan, asap dan hujan dan dapat mencitra pada siang hari maupun malam hari. Parameter sistem radar terdiri dari polarisasi, frekuensi, resolusi, dan geometri citra radar. Berikut ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai parameter sistem radar.

a. Polarisasi merupakan orientasi medan elektrik dan magnetik gelombang elektromagnetik. Sistem radar dapat disusun untuk mengirim dan menerima radiasi elektromagnetik baik secara horizontal maupun vertikal. Ada 2 jenis polarisasi (GlobeSAR, et al dalam Hamzah, 2004), yaitu:

- Polarisasi yang energinya dikirim dan diterima pada bidang polarisasi yang sama. Polarisasi ini ada dua jenis, yaitu HH dimana energi ditransmisi

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

secara horizontal dan diterima secara horizontal dan VV dimana energi ditransmisi secara vertikal dan diterima secara vertikal.

- Polarisasi yang energinya ditransmisi dan diterima berbeda pada bidang polarisasi yang berbeda, atau disebut juga polarisasi silang. Polarisasi jenis ini ada dua macam yaitu, HV dimana energi ditransmisi secara horizontal dan diterima secara vertikal dan VH dimana energi ditransmisi secara vertikal dan diterima secara horizontal.
- b. Frekuensi radar menentukan kedalaman penetrasi gelombang untuk target yang diindera dan kekasaran relatif permukaan. Kedalaman penetrasi cenderung lebih dalam dengan panjang gelombang yang lebih panjang. Penginderaan jauh radar menggunakan frekuensi dengan kisaran antara 0,3 GHz sampai 300 GHz atau panjang gelombang 1 m sampai 0,001 m (Hamzah, 2004).
- c. Resolusi adalah ukuran suatu kemampuan sistem untuk membedakan bentuk individual pada suatu scene. SAR mempunyai dua dimensi pada resolusi sensornya, yaitu resolusi jangkauan (range) dan resolusi azimuth. Resolusi jangkauan ditentukan oleh sistem dan prosesor pada radar yang berpengaruh pada jangkauan miring (slant range). Resolusi jangkauan dipengaruhi oleh panjang pulsa. Resolusi azimuth ditentukan oleh lebar beam angular dari bidang permukaan bumi yang terindera oleh beam radar. Untuk dua obyek yang terpisah maka kedua obyek tersebut harus dipisahkan pada arah azimuth dengan jarak yang lebih besar dari pada lebar beam di permukaan bumi.

*RADARSAT-2* merupakan generasi satelit komersial SAR terbaru milik Kanada, diluncurkan pada 14 Desember 2007 dengan roket Soyuz di Boikonur, Kazakhstan. Satelit ini dibuat dengan kerjasama antara Pusat Antariksa Kanada (CSA) dengan *MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd. (MDA)*. *RADARSAT-2*

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

membawa pengembangan C Band (5.405GHz), HH-, HV-, VV- SAR terpolarisasi dengan sinyal radar dapat digerakkan. Petak pencitraan bervariasi dari 20km (*Ultra-Fine*) hingga 500km (*ScanSAR-Wide*) sedangkan resolusi bervariasi antara 3-100 meter. Letak orbit *RADARSAT-2* sama dengan letak orbit *Radarsat-1* hanya dipisahkan jarak setengah orbit (12hari atau ~30 menit).

Pemanfaatan teknologi satelit radar dapat digunakan untuk berbagai bidang antara lain :

a. Pemantauan es laut

Citra satelit radar dapat digunakan untuk menghasilkan deteksi tutupan es dengan resolusi tinggi. Pemantauan gunung es dan peramalan kondisi es dengan citra radar dapat memantau perubahan lapisan es atau perubahan pencairan/pecahan es secara berkala. Pemantauan perubahan lapisan es pada umumnya dibutuhkan untuk membantu terjaminnya navigasi pelayaran sepanjang tahun seperti di area Arktik dan zona sub-Arktik.

b. Evolusi tutupan lahan

Satelit Radar secara sistematis akan melintas diseluruh permukaan bumi. Khusus untuk satelit *Radarsat-2* akan mengalami pengulangan di daerah yang sama dalam waktu 24 hari sehingga dapat dimungkinkan untuk melakukan pemantauan perubahan tutupan lahan secara cepat dan dapat juga digunakan untuk klasifikasi hutan atau tanaman secara global.

c. Bencana dan darurat dukungan

Citra radar dengan karakteristiknya yang tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca buruk, sangat berguna untuk memantau banjir. Citra radar juga dapat digunakan untuk pemantauan deformasi medan di daerah longsor, gempa atau penurunan tanah dengan melakukan pengamatan secara berkala.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

#### d. Meteorologi

Produk data dari satelit radar dapat memberikan informasi tentang angin, gelombang dan arus. Informasi ini dapat membantu aktivitas pelayaran yang lebih efisien dan aman, selain itu juga dapat dijadikan salah satu data dan informasi terkait aplikasi energi gelombang laut serta klimatologi.

#### e. Pengawasan laut

*Synthetic Aperture Radar* (SAR) memiliki kemampuan dalam melakukan deteksi kapal dalam kondisi siang maupun malam, cuaca baik maupun cuaca buruk secara *real-time*. Aplikasi deteksi kapal ini dapat dijadikan salah satu sumber data dan informasi dalam operasi keamanan laut dikarenakan citra radar ini dapat mendeteksi semua obyek keras yang berada dipermukaan laut. Selain itu, teknologi satelit radar juga mempunyai relevansi khusus untuk mendeteksi tumpahan minyak. Tumpahan minyak dari kapal tanker, platform lepas pantai dan jaringan pipa minyak dapat menyebabkan kerusakan besar terhadap lingkungan dan ekonomi.

#### A.4. Transmitter Vessel Monitoring System (VMS)

FAO (*Food and Agriculture Organization*) mengatur pengelolaan perikanan melalui *Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF)* pada tahun 1995, dimana setiap anggota FAO yang mempunyai sumberdaya ikan di laut wajib mengimplementasikan sistem MCS (*Monitoring, Controlling, Surveillance*) dalam pengelolaan sumberdaya perikananannya. Tujuan dari implementasi sistem MCS pada dasarnya adalah untuk mewujudkan pengelolaan sumberdaya ikan yang bertanggung jawab dan lestari. Salah satu komponen MCS yang telah diimplementasikan di Indonesia adalah sistem pemantauan kapal perikanan atau *Vessel Monitoring System* (VMS) yang telah dimulai sejak tahun

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

2003 (Widianto, 2014).

VMS adalah salah satu bagian dari sistem pengawasan kapal yang berbasis satelit yang dalam implementasinya terdiri dari beberapa komponen yang merupakan *sub system* disamping satelitnya sendiri sebagai wahana transformasi data dari kapal ke pusat pengendali dan bagian-bagian tersebut meliputi (Savitri dan Setyawidati, 2009):

- Transmitter yang dipasang di kapal ikan / patroli, dilengkapi dengan keypad sebagai sarana untuk mengirimkan laporan.
- Sistem pengendali di pusat, *Fishing Monitoring System (FMC)* yang terdiri dari : komputer dan server yang berfungsi sebagai alat pengumpul, pengolah dan analisa data pelaporan serta penyebaran informasi ke perusahaan (pemilik kapal) sebagai mitra kerja.
- Sistem pengendali di daerah, *Regional Monitoring Centre (RMC)* terdiri dari komputer dan server yang berfungsi sebagai alat pengumpul, pengolah dan analisa data untuk suatu wilayah pengamatan tertentu.
- Jaringan yang berfungsi sebagai perantara tukar informasi maupun manajemen data.
- SDM sebagai pelaku kegiatan masing-masing komponen agar system dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Melalui VMS ini kapal perikanan dipasang Transmitter yang kemudian dapat dimonitor pergerakannya diruang kendali. Manfaat VMS dalam pemantauan kapal perikanan diantaranya:

- Dapat memonitor gerak kapal yang menyangkut : posisi kapal, kecepatan kapal, jalur lintasan (*tracking*) kapal serta waktu terjadinya pelanggaran.
- Hasil tracking VMS dapat dijadikan bahan analisis untuk mengetahui :

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

penyalahgunaan alat tangkap, pelanggaran wilayah tangkap, praktek-praktek transshipment, ketaatan melapor di pelabuhan pangkapan.

- Membantu memberikan informasi posisi kapal dalam beberapa kasus kejahatan di laut (kehilangan kontak, pembajakan, kecelakaan).
- Dapat dijadikan bahan dalam manajemen sumberdaya ikan: mengetahui hasil usaha penangkapan, mengetahui tingkat pemanfaatan sumberdaya, menjadi bahan kebijakan manajemen pengelolaan sumberdaya ikan.
- Dapat diintegrasikan dengan sistem radar satelit atau alat deteksi lainnya untuk mengidentifikasi kapal yang tidak memiliki transmitter (indikasi kapal illegal).

#### A.5. Illegal Fishing

*Illegal fishing* secara istilah asing yang dipopulerkan oleh para pakar hukum di Indonesia yang kemudian menjadi istilah populer di media massa dan dijadikan sebagai kajian hukum yang menarik bagi para aktivis lingkungan hidup. Secara terminologi *illegal fishing* dari pengertian secara harfiah yaitu berasal dari bahasa Inggris yaitu terdiri dari dua kata *illegal* dan *fishing*. "*Illegal*" artinya tidak sah, dilarang atau bertentangan dengan hukum. "*Fish*" artinya ikan atau daging dan "*Fishing*" artinya penangkapan ikan sebagai mata pencaharian atau tempat menangkap ikan. Berdasarkan pengertian secara harfiah tersebut dapat dikatakan bahwa *illegal fishing* menurut bahasa berarti menangkap ikan atau kegiatan perikanan yang dilakukan secara tidak sah. *Illegal fishing* berasal dari kata *illegal* yang berarti tidak sah atau tidak resmi. *Fishing* merupakan kata benda yang berarti perikanan; dari kata *fish* dalam bahasa Inggris yang berarti ikan; mengambil, merogoh; mengail, atau memancing (Mahmudah, 2015).

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Undang – undang No 45 tahun 2009 tentang perikanan menyebutkan bahwa penangkapan ikan secara *illegal* berarti segala bentuk kegiatan penangkapan ikan yang melanggar undang-undang tersebut dan peraturan perundangan lainnya yang masih berlaku. Pengawasan sumberdaya kelautan dan perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan, memberikan batasan pada istilah *illegal fishing* yaitu pengertian *illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing* yang secara harfiah dapat diartikan sebagai kegiatan perikanan yang tidak sah, kegiatan perikanan yang diatur oleh peraturan yang ada atau aktivitasnya tidak dilaporkan kepada suatu institusi atau lembaga pengelola perikanan yang tersedia.

Jika merujuk pada pengertian yang dikeluarkan oleh *International Plan of Action (IPOA)* bahwa *Illegal, Unreported and Unregulated (IUU)* yang diprakarsai oleh FAO dalam konteks implementasi *Code Of Conduct For Responsible Fisheries (CCRF)*. Pengertian *Illegal Fishing* dijelaskan sebagai berikut :

- a. Kegiatan penangkapan ikan yang dilakukan oleh suatu Negara tertentu atau kapal asing di perairan yang bukan merupakan yurisdiksinya tanpa izib dari Negara yang memiliki yurisdiksi atau kegiatan penangkapan ikan tersebut bertentangan dengan hukum dan peraturan negara.
- b. Kegiatan penangkapan ikan yang dilakukan oleh kapal perikanan berbendera salah satu Negara yang bergabung sebagai anggota organisasi pengelolaan perikanan regional.
- c. Kegiatan penangkapan ikan yang bertentangan dengan perundang-undangan suatu Negara atau ketentuan internasional.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Secara umum tindakan Illegal Fishing yang terjadi di perairan Indonesia, antara lain :

- a. Penangkapan ikan tanpa izin.
- b. Penangkapan ikan dengan menggunakan izin palsu.
- c. Penangkapan ikan dengan menggunakan alat tangkap terlarang.
- d. Penangkapan ikan sejenis (spesies) yang tidak sesuai dengan izin.

#### **A.6. Operasi Keamanan Laut**

Posisi strategis yang dimiliki Indonesia berperan penting terutama dalam stabilitas bidang ekonomi dan militer, serta adanya kendala tersendiri bagi Indonesia maupun negara-negara di berbagai kawasan untuk memanfaatkan lalu lintas perdagangan melalui laut. Selain sebagai jalur laut strategis, potensi sumber daya kelautan juga melimpah, sehingga bila tidak terkontrol akan memunculkan aktivitas eksploitasi yang berlebihan serta terjadi ketidakseimbangan lingkungan kelautan bahkan negara akan mengalami kerugian dari segi perekonomian. Hal ini tidak hanya mengganggu stabilitas keamanan laut Indonesia, akan tetapi konflik akan meluas dengan negara lain.

Meningkatnya ancaman non-tradisional yang berasal dari dalam Negara (internal) maupun luar negara (eksternal), khususnya melalui jalur laut Indonesia, menuntut Indonesia lebih berperan aktif dalam patroli pengawasan, pencegahan dan pengamanan dari berbagai bentuk potensi konflik seperti pelanggaran wilayah (*illegal entry*), *IUU Fishing (Illegal Unregulated Unreported Fishing)*, kejahatan lintas negara (*transnational crime*), separatisme dan sengketa wilayah yang berpotensi pada level ancaman terhadap keamanan negara yang berimplikasi pada tatanan regional maupun internasional. Karena masalah di atas dapat menciptakan ancaman serius yang tidak dapat diabaikan terhadap keamanan ekonomi

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



(*economic security*), keamanan lingkungan (*environmental security*), keamanan energi (*energy security*), keamanan pangan (*food security*), keamanan manusia secara luas, keamanan nasional, dan bahkan keamanan regional dan internasional.

Persepsi keamanan laut tidak hanya penegakan hukum di laut, melainkan meliputi ruang lingkup yang lebih luas dan saling bersinergi. Terlepas adanya dua kepentingan laut yang saling mengikat, yaitu kepentingan nasional dan kepentingan internasional. Pertama, laut bebas dari ancaman kekerasan yaitu ancaman menggunakan kekuatan bersenjata yang terorganisasi dan dinilai mempunyai kemampuan untuk mengganggu dan membahayakan kedaulatan Negara, baik berupa ancaman militer, pembajakan, perompakan, sabotase objek vital maupun aksi terror. Kedua, laut bebas dari navigasi yang ditimbulkan oleh kondisi geografi dan hidrografi. Ketiga, laut bebas dari ancaman terhadap sumberdaya laut berupa pencemaran dan perusakan ekosistem. Keempat, laut bebas dari ancaman pelanggaran hukum seperti *Illegal Fishing*, *Illegal Logging* dan lainnya.

Saat ini tata kelola keamanan dan keselamatan di laut masih bersifat sektoral berdasarkan kewenangan yang diberikan oleh undang-undang kepada instansi pemerintah sesuai dengan dimensi tugas dan fungsi instansi tersebut, seperti kepabeanan, keimigrasian, perikanan dan pelayaran. Tata kelola tersebut masih mengacu pada *Territoriale Zee en Maritieme Kringen Ordonantie Stadsblad 1939* (TZMKO).

Saat ini praktik operasi keamanan laut dari tiap sektor masih dijalankan secara terpisah oleh beberapa institusi atau kementerian/lembaga yang memiliki kewajiban atas tiap sektor tersebut (Dewan Kelautan Indonesia, 2008). Sistem keamanan laut yang bersifat sektoral atau "*multiagency single task*" memberikan

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

kewenangan terhadap kementerian/lembaga untuk mempunyai satuan-satuan patroli laut. Satuan patroli laut tersebut dalam rangka pelaksanaan tugas untuk menegakkan peraturan perundang-undangan sesuai dengan sektor masing-masing.

Kebijakan pemerintah tentang perikanan yaitu pada pasal 73 ayat (1) Undang-Undang Republik Indonesia No. 45 Tahun 2009, dimana penjagaan keamanan dan pertahanan laut adalah wewenang utama TNI Angkatan Laut dengan koordinasi Kementerian Kelautan dan Perikanan serta instansi lainnya terkait isu laut. Kegiatan antara lain pengembangan sistem *Monitoring, Controlling and surveillance (MCS)*, patroli bersama dalam rangka penindakan pelanggaran penangkapan ikan serta penegakkan hukum di perairan yurisdiksi nasional. Koordinasi tersebut perlu dilakukan karena masing-masing instansi tidak dapat bekerja sendiri dengan konsisi laut Indonesia yang luas memungkinkan pemanfaatan oleh pihak-pihak tertentu seperti aktivitas *Illegal Fishing*.

Menurut Direktorat Penanganan Pelanggaran Ditjen P2SDKP jenis pelanggaran aktivitas *Illegal Fishing* yang sering terjadi di perairan Indonesia adalah sebagai berikut :

1. Pelanggaran tanpa izin (*Illegal Fishing*).
2. Pelanggaran alat tangkap.
3. Kasus dokumen palsu.
4. Kasus bahan peledak.
5. Kasus pelanggaran Fishing.
6. Kasus *Transshipment*.
7. Kasus menampung ikan tidak sesuai SIKPI.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Pemerintah pada tahun 2015 mengeluarkan PERPRES No 115 Tahun 2015 Tentang Satuan Tugas Pemberantasan Penangkapan Ikan secara illegal dengan tujuan untuk mendukung upaya peningkatan penegakkan hukum terhadap pelanggaran dan kejahatan dibidang perikanan khususnya penangkapan ikan secara ilegal. Sasaran dari tugas SATGAS ini adalah melaksanakan operasi penegakkan hukum dalam upaya pemberantasan penangkapan ikan secara illegal di wilayah laut yurisdiksi Indonesia secara efektif dan efisien dengan mengoptimalkan pemanfaatan personil dan peralatan operasi, meliputi kapal, pesawat udara, dan teknologi lainnya yang dimiliki oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan, TNI-AL Kepolisian Negara Republik Indonesia, Kejaksaan Agung Republik Indonesia dan Badan Keamanan Laut.

Keberadaan SATGAS 115 diharapkan dalam pelaksanaan penegakkan 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 harus mampu dilakukan pendeteksian dini terhadap pelanggaran dengan menyelenggarakan patroli keamanan laut dengan unsur-unsur yang saling bersinergi. Pola operasi yang dilaksanakan oleh unsur-unsur keamanan laut saat ini mempunyai banyak tantangan seperti perencanaan operasi yang kurang baik dan membutuhkan anggaran operasionalnya cukup besar, keterbatasan jumlah kapal pengawas dan anggaran yang tersedia, kecepatan gerak menuju sasaran (*time response*) menjadi kendala dalam memberikan *service level* terhadap suatu kebutuhan yaitu pengamanan sektor operasi sehingga diperlukan suatu pemikiran tentang cara penggunaan sumber daya agar pencapaian hasil operasi dapat optimal.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Untuk mendukung operasi penegakan hukum di laut secara optimal maka saat ini sistem operasi keamanan laut mencoba melakukan penguatan Sistem Peringatan Dini (SPD) Keamanan dan Keselamatan Laut. Pemanfaatan teknologi sistem peringatan dini diharapkan operasi penegakan hukum di laut harus berjalan efisien serta efektif sehingga diperlukan lagi metode “Gergaji Laut”, yakni istilah operasi laut yang dilakukan secara konvensional tanpa memanfaatkan teknologi. Operasi metode “Gergaji Laut” akan berjalan tidak efektif dan efisien karena lebih mengutamakan patroli secara fisik yang memerlukan banyak BBM

Salah satu penguatan SPD ini antara lain dengan memanfaatkan teknologi radar jarak jauh dan satelit sebagai pendukung operasi. SPD akan mendukung operasi keamanan laut sepanjang tahun, baik yang bilateral ataupun multilateral. Dukungan dari berbagai instansi yang terkait, operasi laut yang sudah dilakukan sejak bersifat *filling the gap* sehingga diharapkan tidak ada lagi kekosongan wilayah operasi di perairan Indonesia dan di wilayah yurisdiksi Indonesia. Operasi yang bersifat *filling the gap* melibatkan kapal-kapal patroli terdiri dari unsur-unsur patroli seperti Bakamla, TNI AL, Polair, BC, KPLP, dan PSDKP dan sekaligus personilnya.

#### A.7. Perhitungan Statistik Korelasi

Korelasi adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel yang datanya kuantitatif dan juga dapat mengetahui derajat keeratan hubungan korelasi juga dapat digunakan untuk mengetahui arah hubungan dua variabel numerik, misalnya apakah hubungan konsentrasi klorofil-a dan banyaknya kapal ikan yang beroperasi mempunyai derajat yang kuat atau lemah dan juga apakah kedua variabel tersebut berpola positif atau negatif. Secara umum, persamaan korelasi ditulis dalam bentuk:

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2) \cdot (n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Dimana:

r = Koefisien korelasi

x = klorofil-a

y = jumlah kapal

Kisaran nilai korelasi:

$$-1 < r < +1$$

Korelasi kuat jika : 0,6 sampai 1 atau -0,6 sampai -1

Korelasi sedang jika : 0,4 sampai 0,6 atau -0,4 sampai -0,6

Korelasi tidak kuat jika: 0 sampai 0,4 atau 0 sampai -0,4

#### A.8. Analisis SWOT

Metode analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*strength*) dan peluang (*opportunities*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threats*). Proses pengambilan keputusan strategis (kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman) dalam kondisi yang ada pada saat ini yaitu disebut dengan analisa situasi. Model yang dapat digunakan untuk analisis situasi adalah analisis SWOT (Rangkuti, 2006).

Analisis matriks SWOT membandingkan antara faktor eksternal peluang yaitu situasi penting yang menguntungkan dalam suatu lingkungan dan ancaman yaitu situasi penting yang tidak menguntungkan dengan factor internal kekuatandan kelemahan yaitu keterbatasan atau kekurangan dalam sumberdaya.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Matriks SWOT digunakan untuk menyusun strategi (rangkuti 2006). Matriks ini dapat menggambarkan secara jelas bagaimana peluang dan ancaman eksternal dapat disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki. Matriks ini dapat menghasilkan 4 (empat) sel kemungkinan alternative strategi, yaitu strategi *Strength* (S) - *Opportunities* (O), strategi *Weakness* (W) - *Opportunities* (O), strategi *Weakness* (W) – *Threats* (T) dan strategi *Strength* (S) - *Threats* (T). Alternatif strategi ini disusun dengan memasukkan faktor-faktor (5-10 poin yang dianggap kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman) di setiap bagian untuk selanjutnya poin-poin tersebut diberi pembobotan atau nilai.

Analisis SWOT didasarkan pada asumsi bahwa suatu strategi yang efektif memaksimalkan kekuatan dan peluang dan meminimalkan kelemahan dan ancaman. Untuk dapat membandingkan antar unsur SWOT, maka perlu diketahui nilai masing-masing unsur SWOT. Nilai masing-masing unsur SWOT ditempatkan kedalam diagram SWOT yang merupakan perpaduan antara perbandingan kekuatan dan kelemahan dengan perbandingan peluang dan ancaman. Letak S-W dan O-T dalam diagram SWOT akan menentukan arah strategi yang diambil (Rangkuti, 2006).

Teknik yang digunakan untuk menetapkan daya tarik relative dari tindakan alternative yang layak adalah matriks QSPM (*Quantitative Strategy Planning Matrix*) atau matriks perencanaan strategi kuantitatif (David, 1998). Tujuan matriks ini adalah untuk menetapkan kemenarikan relative dari strategi-strategi yang bervariasi yang telah dipilih dan untuk menetapkan strategi mana yang dianggap paling baik untuk diimplementasikan terlebih dahulu atau menentukan prioritas dari alternative strategi yang ada.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

## B. Kerangka Berpikir

Tingkat kesuburan perairan merupakan salah satu indikator suatu perairan berkualitas baik atau buruk. Suatu perairan yang tergolong baik cenderung memiliki kesuburan perairan yang tinggi. Kesuburan perairan yang tinggi sebagai indikasi untuk menentukan potential fishing zone. Hal tersebut dikarenakan kesuburan perairan ditandai dengan adanya, kandungan nitrat, fosfat, klorofil-a, produktivitas primer perairan yang cenderung tinggi kemudian diikuti kelimpahan plankton dan sumberdaya perikanan yang tinggi. Hal tersebut diperkuat berdasarkan pernyataan Sunarto (2008) bahwa semakin besar kelimpahan fitoplankton semakin besar produktivitasnya dan diiringi dengan semakin besar jumlah kelimpahan sumberdaya perikanan.

Kegiatan fotosintesis fitoplankton yang mengubah unsur anorganik dan unsur-unsur hara seperti nitrat dan silikat menjadi bahan organik, merupakan proses kunci dalam siklus biogeokimia karbon, nitrogen dan oksigen secara global di lautan. Fitoplankton dengan pigmen klorofil yang dikandungnya merefleksikan variabilitas warna perairan melalui prose penyerapan, pembauran dan pemantulan gelombang elektromagnetik visible dan Near Infra-Red.

Variabilitas ini akan mencerminkan derajat konsentrasi kelimpahan fitoplankton atau konsentrasi pigmen klorofil sebagai implementasi adanya perbedaan tingkat kesuburan perairan. Prinsip-prinsip inilah yang menjadi dasar pemanfaatan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dalam mendeteksi kesuburan perairan. Warna perairan (*Ocean Color*) seperti yang terlihat melalui penginderaan jauh diatas permukaan bumi merupakan suatu hasil pembauran cahaya oleh permukaan perairan. Perairan yang berwarna biru gelap mencerminkan perairan terbuka yang bersifat *oligotrofik* yang artinya perairan

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

yang rendah tingkat kesuburannya atau kandungan klorofilnya.

Dinamika tingkat kesuburan perairan berdampak pada proses rantai makanan atau tingkatan trofik yang dapat mengalami perubahan secara musiman akibat pengaruh lingkungan (Kerner et al, 2004) sehingga penentuan daerah penangkapan ikan (*potential fishing zone*) perlu dilakukan berdasarkan musim. Penentuan daerah *potential fishing zone* tersebut salah satunya dengan pendekatan tingkat kesuburan perairan. Informasi *potential fishing zone* dapat memberikan manfaat bagi stake holder khususnya nelayan. Sehingga trip penangkapan akan berjalan lebih efektif, efisien dan didapatkan hasil yang maksimal.

Tingkat kesuburan perairan dapat mempengaruhi rantai makanan pada ekosistem laut, dimana proses makan memakan ikan yang berkumpul karena meningkatnya plankton dan hewan kecil yang memakan nutrisi, dan plankton serta hewan kecil tersebut merupakan makanan utama ikan-ikan yang lebih besar sehingga wilayah tersebut merupakan daerah penangkapan ikan yang subur.

Dewasa ini, klorofil-a dapat dideteksi dengan menggunakan satelit Aqua dengan sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Teknik penginderaan jauh melalui satelit merupakan metode yang efisien untuk mengetahui suhu permukaan laut dan klorofil-a secara spasial dan temporal. Data dari satelit sangat membantu dalam penentuan suhu optimum. klorofil-a tersebut kemudian dapat diimplementasikan guna menduga daerah perairan yang subur.

Melalui penjelasan teori diatas maka dapat disimpulkan bahwa data klorofil-a di suatu perairan dapat menentukan keberadaan sumberdaya ikan. Keberadaan sumberdaya ikan ini tentunya dapat menarik nelayan untuk melakukan aktivitas penangkapan dilokasi tersebut, makin tinggi sumberdaya ikan yang ada maka semakin tinggi aktivitas penangkapan atau eksploitasi di daerah

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



tersebut.

Pendekatan yang dapat digunakan untuk mengetahui posisi keberadaan kapal ikan yang melakukan penangkapan di suatu area potensi ikan dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh sehingga kita dapat memantau secara ruang dan waktu. Pemanfaatan data citra satelit radar dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi kapal kecil maupun kapal besar yang beroperasi di atas permukaan laut. Salah satu satelit radar yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan citra satelit RADARSAT-2.

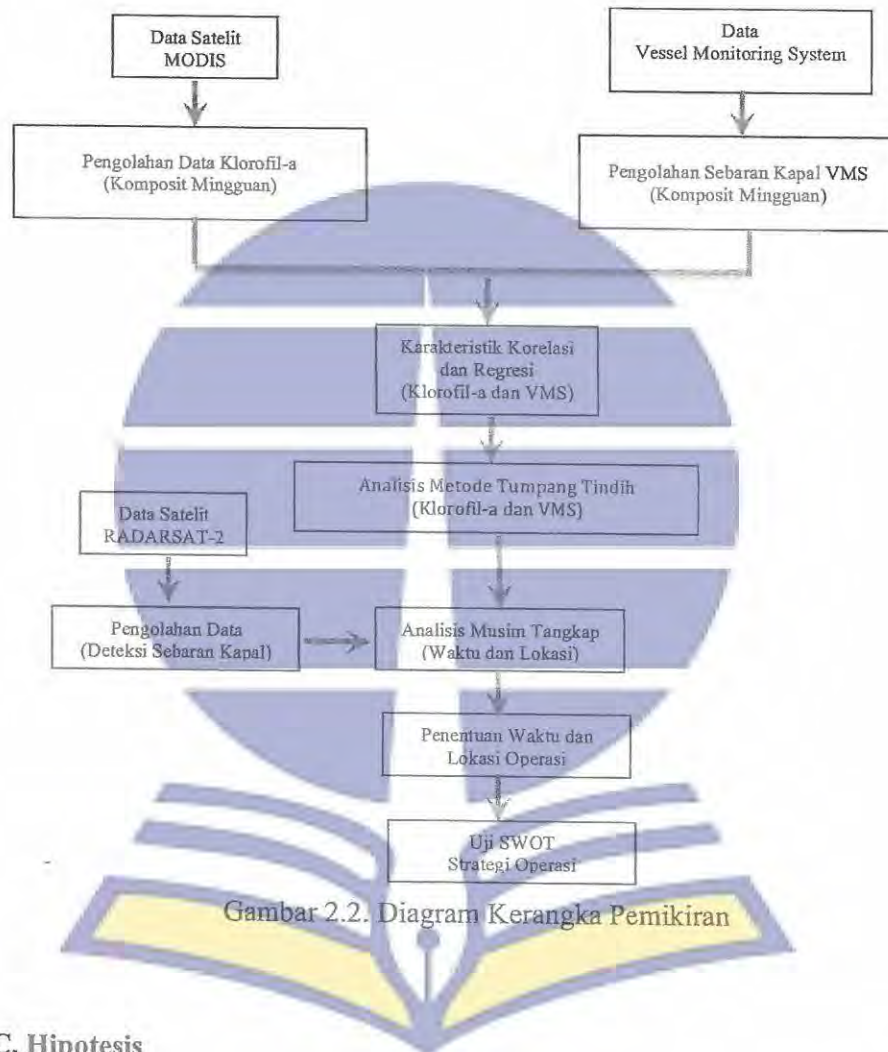
Pemanfaatan data citra satelit radar, di dalam memantau sebaran kapal yang beroperasi di suatu potential fishing zone dapat juga memanfaatkan data *Vessel Monitoring System* (VMS). Melalui VMS ini kapal perikanan khususnya kapal bermuatan >30GT dipasang transmitter yang kemudian dapat dimonitor pergerakannya yang menyangkut posisi kapal, kecepatan kapal, jalur lintasan (*tracking*) kapal serta waktu terjadinya pelanggaran.

Berdasarkan dua sumber data klorofil-a dan data time series VMS, maka dapat diketahui korelasi dan regresi dimana adakah hubungan antar variabel kondisi kesuburan perairan terhadap jumlah sebaran kapal ikan. Selain itu dengan diketahuinya karakteristik klorofil-a dan sebaran kapal ikan tersebut nantinya dapat dijadikan bahan formulasi yang tepat dalam menentukan waktu operasi keamanan laut dengan memanfaatkan data Citra satelit RADARSAT-2 yang mana pertimbangan utamanya adalah kondisi aktivitas penangkapan ikan yang tinggi berpotensi terjadinya aktivitas *illegal fishing* yang tinggi pula sehingga operasi keamanan laut dapat berjalan secara efektif dan efisien.

Pemilihan teknologi penginderaan jauh dan sistem VMS sebagai informasi penting didalam melakukan operasi laut yang dilakukan oleh kapal patroli

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

menjadi strategi yang efektif dan efisien. Tujuan untuk mengetahui strategi operasi laut dengan pendekatan teknologi penginderaan jauh dan sistem VMS merupakan strategi yang sudah tepat untuk diterapkan atau tidak maka pada penelitian ini strategi tersebut akan diuji secara analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity and Threats*)



### C. Hipotesis

- a. Kondisi kesuburan perairan di Zona Potensi Penangkapan Ikan berkorelasi secara signifikan dengan jumlah kapal ikan yang beroperasi.
- b. Peningkatan jumlah kapal ikan yang beroperasi berkorelasi secara signifikan dengan peningkatan aktifitas pelanggaran atau *illegal fishing*.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

### BAB III METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian difokuskan di perairan selatan Kepulauan Aru dengan batasan koordinat 133,1 BT – 136 BT dan 7 LS – 8,5 LS. Batasan area kajian ini didasari oleh ketersediaan data citra MODIS harian level-3, RADARSAT-2 dan VMS. Selanjutnya dengan data citra MODIS parameter klorofil-a dan data VMS yang memberikan informasi posisi kapal dilakukan analisis untuk mengetahui variabilitas kesuburan perairan dan pola sebaran kapal ikan VMS berdasarkan musim. Dengan mengetahui variabilitas sebaran klorofil-a nantinya akan berkaitan erat dengan produktifitas yang ditunjukkan dengan besarnya biomassa fitoplankton yang menjadi rantai pertama makanan ikan pelagis.

Waktu penelitian akan dimulai pada Bulan Januari 2015 hingga Desember 2016 dengan melakukan pengumpulan data klorofil-a dari satelit MODIS, data sebaran kapal dari satelit RADARSAT-2 dan data VMS.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian di Perairan Selatan Kepulauan Aru

## B. Desain Penelitian dan Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dimana dalam penelitian ini menitik beratkan pada analisis korelasi data klorofil-a dengan data sebaran kapal ikan (VMS) untuk menghasilkan informasi musim tangkap selanjutnya ditambahkan data level 2 Citra Radar untuk deteksi kapal sehingga di dapatkan klasifikasi pelanggaran *illegal fishing*. Data-data yang digunakan merupakan data primer yang didapatkan melalui data satelit yang menggambarkan kondisi ruang dan waktu di lokasi penelitian. Sedangkan untuk analisis datanya dengan menggunakan pendekatan statistik agar dapat diketahui hubungan atau korelasi antara kondisi kesuburan perairan dengan sebaran kapal ikan. Sehingga dengan diketahuinya korelasi ini akan dapat dijadikan sebuah inputan atau masukan bagi penentuan jadwal dan lokasi operasi keamanan laut.

Adapun data - data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah:

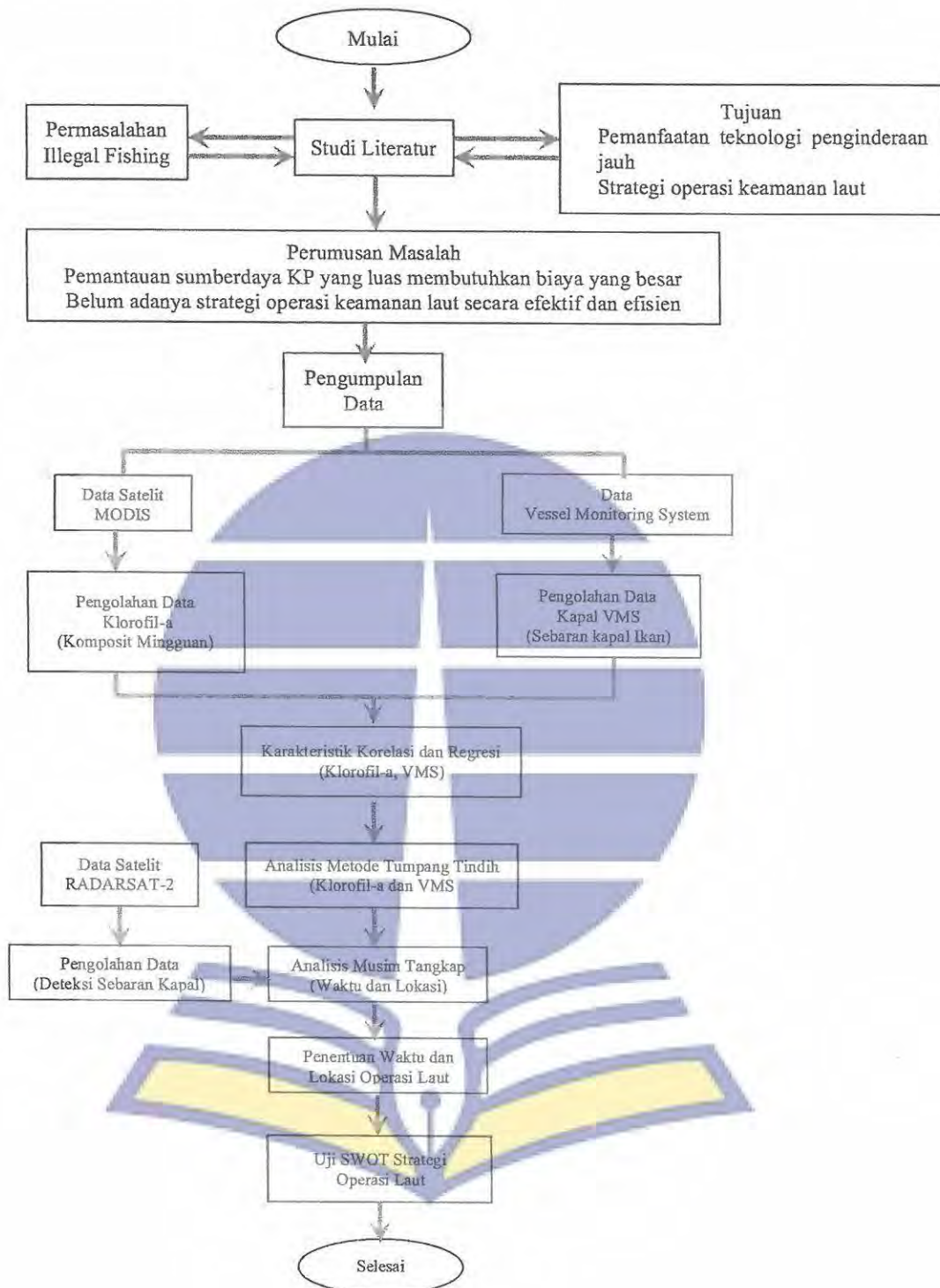
- a. Data satelit MODIS level 3 untuk parameter Klorofil-a selama tahun 2015 dan 2016 di wilayah penelitian dengan jumlah data yang digunakan sebanyak 96 data komposit mingguan.
- b. Data satelit RADARSAT-2 untuk aplikasi deteksi kapal ikan selama tahun 2015 dan 2016 di wilayah penelitian.
- c. Data kapal ikan yang menggunakan VMS dengan periode 2015 dan 2016 di wilayah penelitian dengan jumlah data yang digunakan sebanyak 96 data harian diwaktu yang sama dengan data komposit mingguan.

## C. Analisis Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kesesuaian hipotesis yang telah disebutkan diatas maka dilakukan beberapa metode dalam melakukan analisis data antara lain :

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

- a. Mengumpulkan dan melakukan analisis spasial dan temporal untuk data kesuburan perairan dengan parameter (Pengolahan citra MODIS klorofil-a level 3, meliputi masking awan dan daratan, ekstraksi nilai parameter, clipping area kajian, dan komposit citra harian menjadi 7 harian) periode 2015 - 2016.
- b. Mengumpulkan dan melakukan analisis spasial dan temporal Radarsat level 2 sebaran kapal ikan yang didapatkan (Infrastructure Development of Space Oceanography) INDES0 untuk periode 2015 - 2016.
- c. Mengumpulkan dan mengolah data Vessel Monitoring System (VMS) disetiap pekannya selama periode 2015 - 2016. Data VMS memiliki identitas kapal, posisi kapal, dan kecepatan kapal. Penggunaan data ini sebagai inputan dalam penentuan klasifikasi bentuk pelanggaran di lokasi penelitian.
- d. Melakukan analisis statistik terhadap korelasi variabel kondisi kesuburan perairan dan variabel sebaran jumlah kapal ikan di waktu penelitian sehingga akan menghasilkan informasi musim tangkap.
- e. Penggabungan data Radarsat-2 level 2 dan VMS dengan teknik cross match dapat menentukan klasifikasi pelanggaran aktifitas illegal fishing di lokasi penelitian. Hal ini dapat dijadikan inputan dalam memformulasikan strategi operasi keamanan secara efektif dan efisien dengan memanfaatkan data Citra satelit Radarsat-2.
- f. Melakukan analisis SWOT untuk menguji pemilihan strategi operasi keamanan laut dengan pendekatan teknologi penginderaan jauh dan sistem VMS apakah sudah tepat atau belum.



Gambar 3.2. Diagram Tahapan Penelitian

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

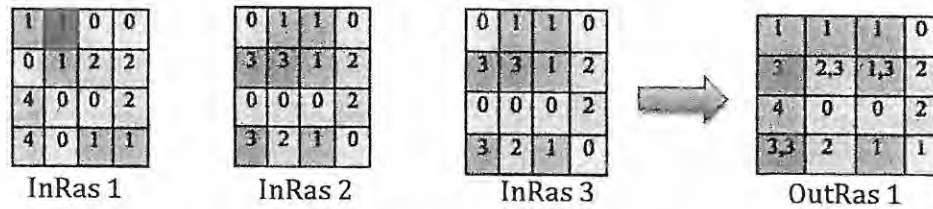
### A. Hasil Analisis Spasial Karakteristik Klorofil-a di Perairan Selatan Kepulauan Aru.

Data inderaja dalam hal ini citra Moderate Imaging Spectroradiometer (MODIS), dapat dipakai untuk mengamati beberapa parameter-parameter oseanografi seperti konsentrasi klorofil-a yang dapat dipakai sebagai indikator daerah penangkapan potensial ikan. Klorofil yang berwarna hijau inilah yang pada dasarnya menjadi sumber informasi untuk menduga sumberdaya ikan karena adanya keterkaitan antara produktivitas primer dan sumberdaya perikanan, sehingga dapat dikatakan dimana terdapat konsentrasi klorofil yang tinggi disitu terdapat juga konsentrasi biota atau ikan laut yang tinggi (Sutrisno, 2002).

Berdasarkan teori yang telah disebutkan diatas menunjukkan bahwa informasi konsentrasi klorofil-a mempunyai peranan penting untuk mengetahui potensi keberadaan ikan di suatu perairan. Oleh sebab itu dalam penelitian ini penulis memanfaatkan data satelit MODIS untuk parameter Klorofil-a yang telah dilakukan pengolahan data secara komposit mingguan selama periode tahun 2015 hingga 2016 di lokasi wilayah penelitian.

Pengukuran konsentrasi klorofil-a perairan merupakan salah satu cara untuk menentukan produktifitas primer suatu perairan (Odum, 1971). Data klorofil-a yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data komposit mingguan yang diambil dari data raster harian (data 7 hari) yang kemudian dirata-ratakan nilai disetiap pikselnya, piksel yang terkena tutupan awan (none data) diasumsikan bernilai 0 dan tidak masuk dalam perhitungan rata-rata konsentrasi klorofil.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



Gambar 4.1. Skema Penghitungan Nilai Pixel pada Data Raster

Data komposit mingguan untuk konsentrasi klorofil-a di perairan selatan Kepulauan Aru dalam kurun waktu Januari 2015 hingga Desember 2016 cukup bervariasi, dengan konsentrasi antara 0,11 – 9,49  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Kandungan klorofil-a tertinggi ditemukan pada periode minggu pertama di Bulan Oktober 2015 dengan nilai 9,49  $\text{mg}/\text{m}^3$  dan terendah pada periode minggu kedua Bulan Januari dengan nilai 0,11  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Dalam periode 2 tahun ini terdapat beberapa data citra satelit yang tidak dapat diolah atau tidak ada data (NONE) sekalipun telah menggunakan data komposit mingguan dikarenakan terhalang oleh tutupan awan. Dari data konsentrasi klorofil selama 2 (Dua) tahun menunjukkan bahwa memasuki Bulan Juni 2015 hingga Bulan Oktober 2015 konsentrasi rata-rata klorofil-a relatif lebih tinggi yaitu berada diatas 1 hingga 9  $\text{mg}/\text{m}^3$  dibandingkan pada Bulan Nopember 2015 hingga Bulan Mei 2016 yang hanya berkisar antara 0,1-1  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Begitu juga pada tahun 2016, dimana memasuki Bulan Juni hingga Oktober konsentrasi rata-rata klorofil-a relatif lebih tinggi dibandingkan bulan lainnya di tahun 2016.

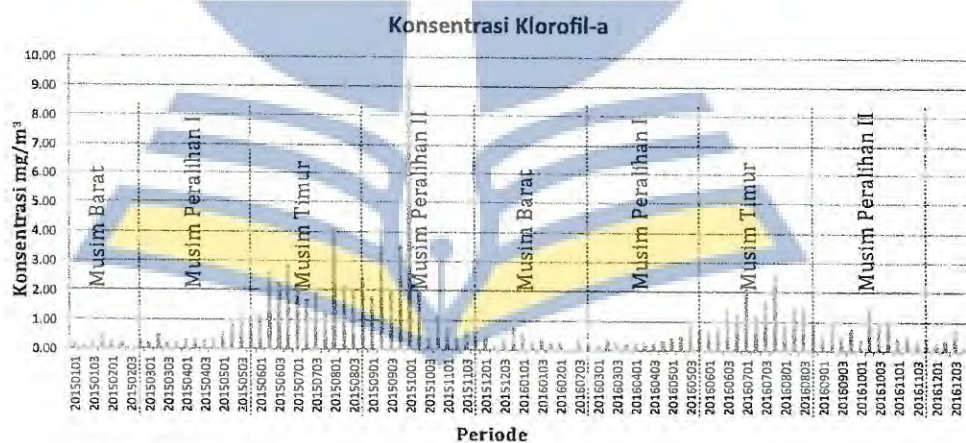
Nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a menurut musim dapat dilihat pada grafik 1. Konsentrasi klorofil-a pada musim barat (Desember-Februari) umumnya rendah. Konsentrasi klorofil-a pada musim peralihan barat – timur (Maret – Mei) relatif mengalami peningkatan dibandingkan dengan musim barat. Pada musim

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



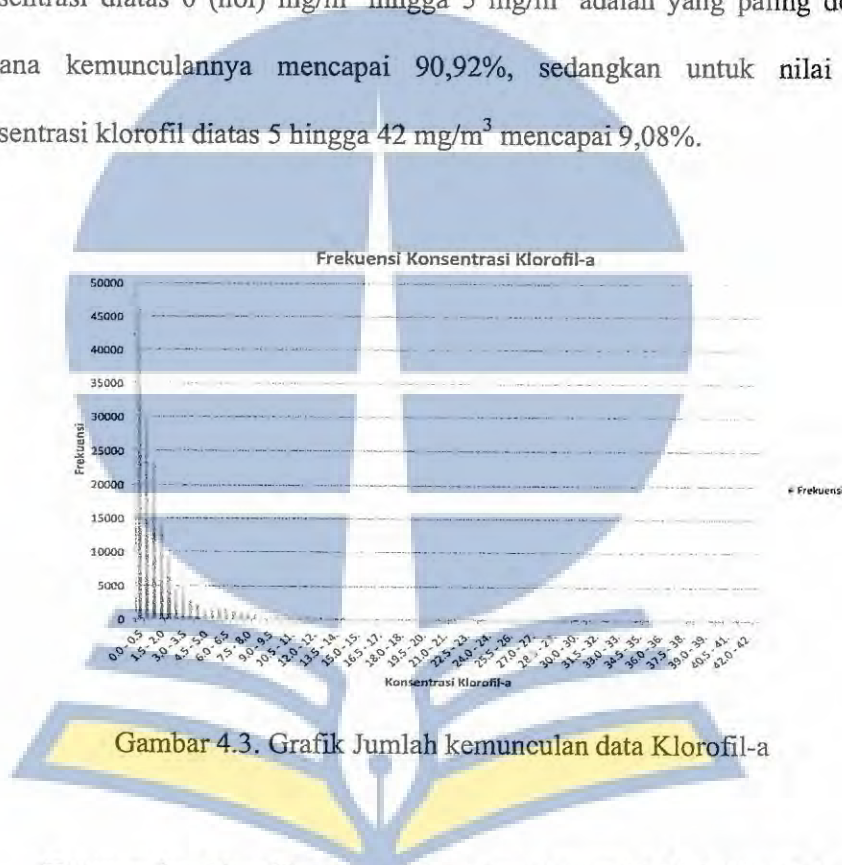
timur (Juni – Agustus) konsentrasi klorofil-a relatif lebih tinggi dibandingkan dengan musim sebelumnya (peralihan barat-timur). Selanjutnya, pada musim peralihan timur – barat (September – November) konsentrasi klorofil-a cenderung mengalami penurunan dibandingkan dengan musim sebelumnya (musim timur). Dari pola perubahan konsentrasi klorofil-a pada tahun 2015 dan 2016 menunjukkan bahwa pada Musim Timur hingga Musim Peralihan II merupakan musim dimana klorofil-a relatif tinggi. Peningkatan konsentrasi klorofil-a ini sebagai indikator kesuburan suatu perairan sangat berhubungan dengan kelimpahan fitoplankton dimana dengan meningkatnya kelimpahan fitoplankton mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan jumlah populasi ikan.

Secara umum sebaran konsentrasi klorofil-a menurut ruang (spasial) dapat diketahui dengan melakukan analisis visual terhadap peta (citra). Perbedaan konsentrasi klorofil-a ditunjukkan oleh perbedaan warna yang semakin gelap. Adapun sebaran spasial dan temporal kandungan klorofil-a selama 2 (dua) tahun tersebut disajikan pada lampiran.



Gambar 4.2. Grafik Data Komposit Mingguan Rata-rata Klorofil-a Periode 2015-2016

Karakteristik data raster klorofil-a yang diperoleh selama tahun 2015 hingga 2016 di wilayah penelitian didapatkan jumlah piksel sebanyak 153.098 piksel. Dari seluruh data piksel ini memiliki nilai dan kemudian dilakukan pengelompokan yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik data berupa dominasi nilai yang kemudian dikelompokkan nilai konsentrasinya dari nilai terendah hingga tertinggi dengan interval konsentrasi 0,5 mg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil pengelompokkan data tersebut menunjukkan bahwa nilai piksel dengan konsentrasi diatas 0 (nol) mg/m<sup>3</sup> hingga 5 mg/m<sup>3</sup> adalah yang paling dominan dimana kemunculannya mencapai 90,92%, sedangkan untuk nilai piksel konsentrasi klorofil diatas 5 hingga 42 mg/m<sup>3</sup> mencapai 9,08%.

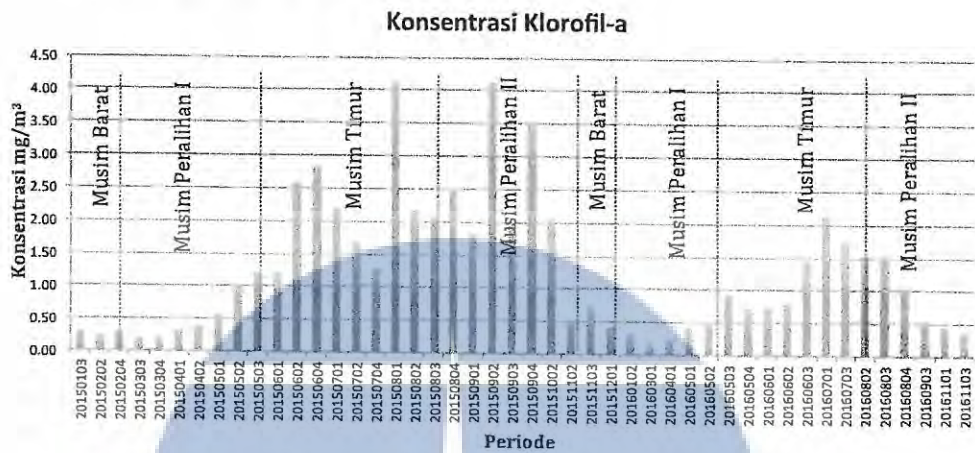


Gambar 4.3. Grafik Jumlah kemunculan data Klorofil-a

Tutupan data klorofil-a yang didapatkan dari satelit MODIS untuk wilayah Indonesia banyak dipengaruhi oleh tutupan awan khususnya pada musim penghujan. Dari data komposit mingguan klorofil-a dipilih data yang memiliki persentase tutupan awan dibawah 50% sehingga didapatkan 46 data dari total data komposit mingguan sepanjang tahun 2015-2016. Kemudian dari 46 data yang

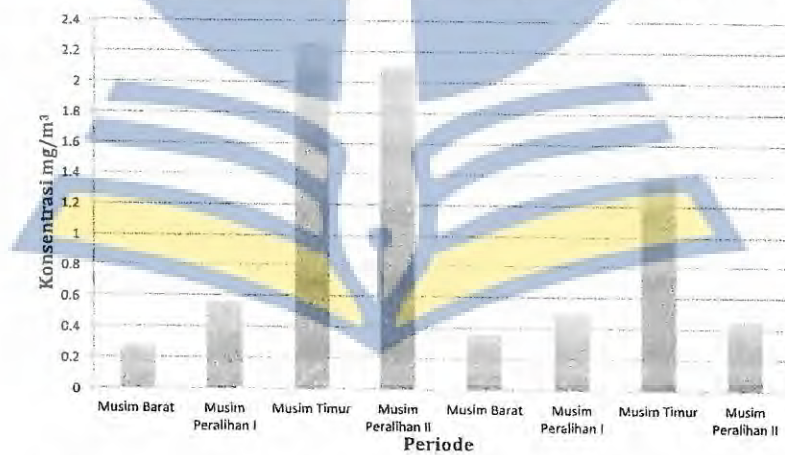
Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

digunakan tersebut dihasilkan rata-rata tutupan klorofil-a sebesar 71,26%. Berdasarkan data raster yang telah dikelompokkan tadi maka nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a sepanjang tahun 2015 berkisar 1,29 mg/m<sup>3</sup> dan untuk tahun 2016 berkisar 0,67 mg/m<sup>3</sup>.



Gambar 4.4. Grafik Konsentrasi Klorofil-a dengan Tutupan Awan < 50%

Berdasarkan data klorofil-a selama tahun 2015 hingga 2016 menunjukkan bahwa variabilitas konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh musim, adapun rata-rata konsentrasi klorofil-a berdasarkan musim seperti tertera dibawah ini.



Gambar 4.5. Grafik Konsentrasi Rata-rata Klorofil-a per Musim Periode 2015-2016

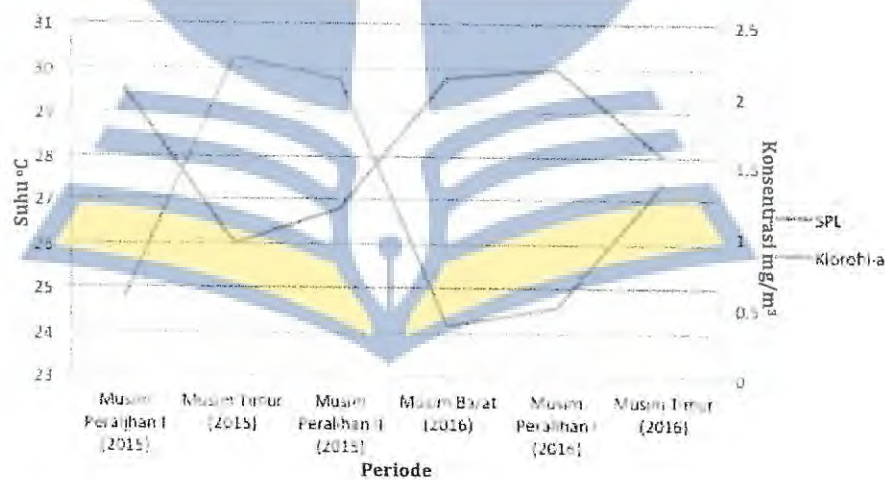
Rata-rata konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada musim timur di tahun 2015 yakni sebesar 2,26 mg/m<sup>3</sup> dan rata-rata konsentrasi terendah ditahun yang sama terjadi pada musim barat yaitu berkisar 0,27 mg/m<sup>3</sup> . Sedangkan pada tahun 2016 rata-rata konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi lagi pada musim timur walaupun tidak setinggi pada tahun 2015 yaitu berkisar 1,37 mg/m<sup>3</sup> dan konsentrasi terendah kembali terjadi di musim barat yaitu 0,36 mg/m<sup>3</sup>. Dari data-data klorofil-a tersebut menunjukkan bahwa variabilitas konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh musim.

Pengaruh musim ini terhadap variabilitas konsentrasi klorofil-a dikarenakan faktor angin yang mengakibatkan fenomena upwelling atau downwelling. Faktor angin ini adanya efek seretan massa air lapisan permukaan laut dengan massa air dari lapisan yang lebih dalam akan mengisi kekosongan di lapisan permukaan tersebut. Contohnya, meningkatnya konsentrasi klorofil-a di musim timur di laut Aru mengakibatkan terjadinya fenomena upwelling terjadi ketika angin yang bertiup dari timur dan efek seretannya ber-belok ke selatan karena di utara ada penghalang (daratan/pantai/front angin dominan yang lain, di bumi bagian selatan), kemudian menyebabkan seretan massa air lapisan permukaan laut terseret ke selatan menjauhi pantai sehingga massa air dari lapisan yang lebih dalam akan mengisi kekosongan di lapisan permukaan tersebut yang dimana massa air tersebut memiliki zat hara yang lebih tinggi (Pranowo, 2012).

Faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi variabilitas konsentrasi klorofil-a antara lain curah hujan yang tinggi pada musim barat (Wyrтки, 1961), panas matahari tidak maksimal sehingga fotosintesis tidak maksimal pula. Sedangkan kondisi perairan dengan konsentrasi klorofil-a yang tinggi umumnya terjadi pada akhir musim timur dan awal musim peralihan II.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Variabilitas klorofil-a yang terjadi di perairan selatan Kepulauan Aru yang disebabkan adanya fenomena *Upwelling* dan *Downwelling*, hal ini dapat dibuktikan dari data citra MODIS untuk parameter suhu permukaan laut (SPL) dimana dibulan April 2015 SPL berkisar 30°C dan di bulan Mei 2015 menurun di kisaran 28,7°C, sedangkan untuk nilai SPL di bulan Juni dan Juli masih terjadi tren penurunan nilai SPL (28,2 °C - 25,4°C). Pada bulan Agustus nilai SPL semakin turun menjadi terendah dikisaran 24,2°C dan kembali mengalami peningkatan di bulan September dengan kisaran 25,1°C. Nilai SPL terus mengalami tren peningkatan di bulan berikutnya dimana sejak bulan Oktober didapatkan nilai SPL di kisaran 25,9°C dan terus meningkat mencapai 29,6 °C di bulan Januari. Data *time series* SPL selama 2 tahun menunjukkan adanya tren penurunan SPL yang dimulai pada bulan Mei atau di penghujung berakhirnya musim peralihan I menuju ke musim timur dimana nilai SPL menjadi lebih dingin (24,07 °C) di bulan Agustus sehingga menjadi salah satu faktor pemicu munculnya *upwelling*.

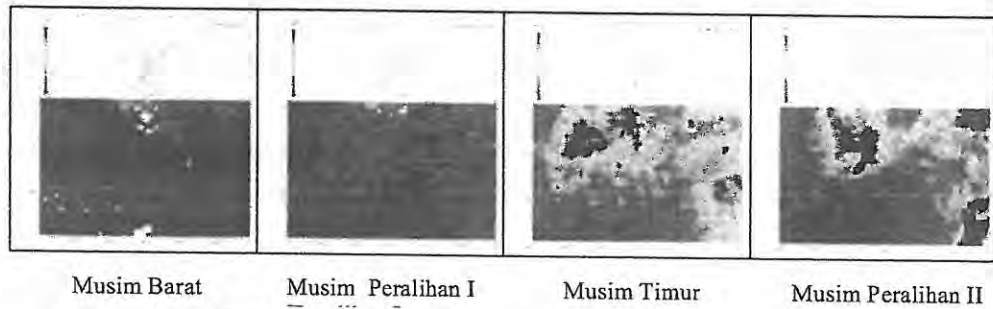


Gambar 4.6. Grafik Variabilitas Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-a Periode 2015-2016

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

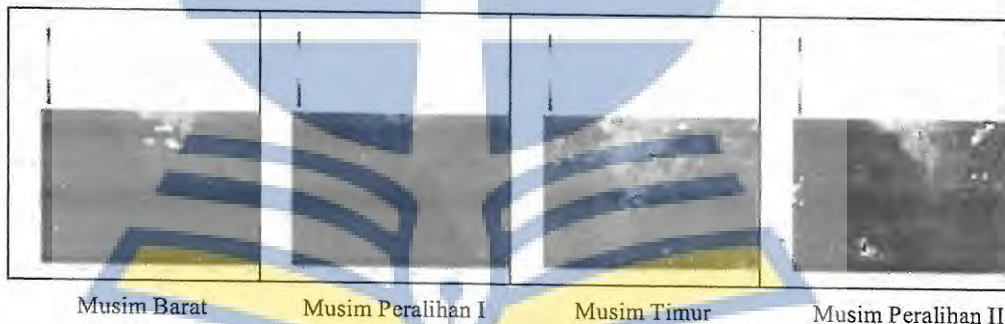
Terjadinya fenomena upwelling diindikasikan dengan penurunan suhu permukaan laut dan tingginya kandungan zat hara daerah tersebut dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Tingginya kadar zat hara tersebut merangsang perkembangan fitoplankton di permukaan. Perkembangan fitoplankton sangat erat kaitannya dengan tingkat kesuburan perairan, maka proses air naik selalu dihubungkan dengan meningkatnya produktivitas primer di suatu perairan dan selalu diikuti dengan meningkatnya populasi ikan di perairan tersebut atau juga dapat disebut dengan *fishing ground*. Pergantian musim mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi hidrologi perairan, dimana pada musim timur (Juni-September) menyebabkan terjadinya upwelling dan di musim barat (Desember-Maret) terjadi downwelling (Nybakken, 1992).

Berdasarkan hasil analisis secara spasial data MODIS sebaran Klorofil-a di perairan selatan Kepulauan Aru pada tahun 2015 dapat dilihat pada gambar 4.7 dimana rata-rata konsentrasi klorofil rendah dengan ditunjukkan warna biru tua di musim barat dan pada musim peralihan I secara spasial kondisi konsentrasi klorofil mulai mengalami peningkatan, sedangkan memasuki musim timur tampak terlihat konsentrasi klorofil-a meningkat tajam dengan perubahan warna nilai raster menjadi merah. Untuk musim peralihan II konsentrasi rata-rata klorofil-a sedikit cenderung menurun hingga memasuki musim barat dimana konsentrasi klorofil semakin menurun.



Gambar 4.7. Data MODIS Komposit Klorofil-a per Musim Periode 2015

Pada tahun 2016, variabilitas klorofil-a di tiap musimnya memiliki pola yang sama dengan tahun 2015 dimana musim barat merupakan musim yang memiliki konsentrasi klorofil-a atau kesuburan terendah dan musim timur merupakan musim dengan kesuburan tertinggi. Pada tahun 2016, rata-rata konsentrasi klorofil-a tahunan cenderung lebih rendah dibandingkan kondisi tahun 2015 dimana pada data citra terlihat pada musim timur berwarna hijau muda yang menunjukkan konsentrasi klorofil lebih rendah jika dibandingkan pada musim timur 2015 yang mencapai 2,26 mg/m<sup>3</sup> dan hal ini juga berlaku pada musim-musim yang lain di tahun 2016



Gambar 4.8. Data MODIS Komposit Klorofil-a per Musim Periode 2016

## B. Hasil Analisis Spasial Sebaran Kapal Ber-transmitter VMS di Perairan Selatan Kepulauan Aru.

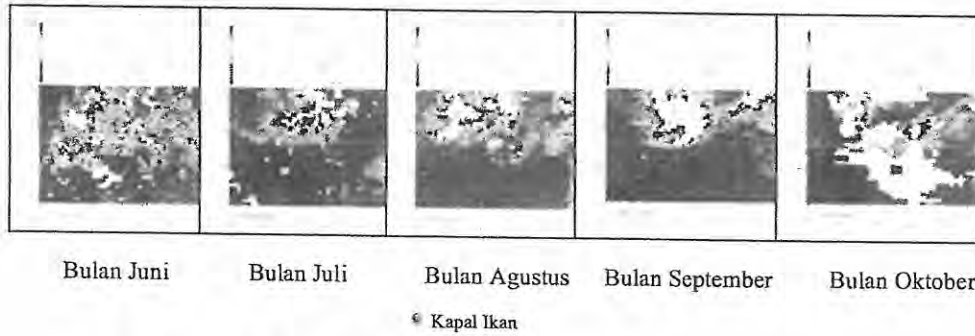
Teknologi sistem pemantauan kapal (VMS) merekam waktu, lokasi, arah haluan, dan kecepatan kapal untuk memonitor kapal. Selain itu serial waktu data

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

VMS digunakan untuk meningkatkan pendugaan titik aktivitas penangkapan ikan. Dengan diketahuinya titik lokasi aktivitas penangkapan ikan oleh kapal ikan maka nantinya lokasi fishing ground dan waktu penangkapan akan mudah diketahui. Metode tumpang tindih antara data MODIS klorofil-a dengan data VMS akan memperjelas apakah terdapat kesesuaian bahwa kondisi perairan yang subur berkorelasi terhadap peningkatan armada kapal ikan yang beroperasi khususnya di musim tangkap.

Faktor-faktor yang mempengaruhi variabilitas konsentrasi klorofil-a dikarenakan adanya seretan massa air lapisan permukaan laut akibat angin, penurunan konsentrasi klorofil-a di selatan perairan Kepulauan Aru pada musim barat hingga musim peralihan I dapat juga disebabkan pada musim barat pada umumnya angin bertiup sangat kencang dan curah hujan tinggi (Wyrski, 1961), panas matahari tidak maksimal sehingga proses fotosintesis tidak dapat maksimal. Sedangkan kondisi perairan dengan konsentrasi klorofil-a yang tinggi umumnya terjadi pada akhir musim timur dan awal musim peralihan 2. Pada musim timur kondisi angin relatif tenang dan curah hujan rendah. Kondisi pada musim peralihan 2 tidak berbeda jauh dengan musim timur, pada musim peralihan 2 ini merupakan waktu dimana angin akan berbalik arah, sehingga akan terjadi perubahan kondisi normal pada akhir musim.





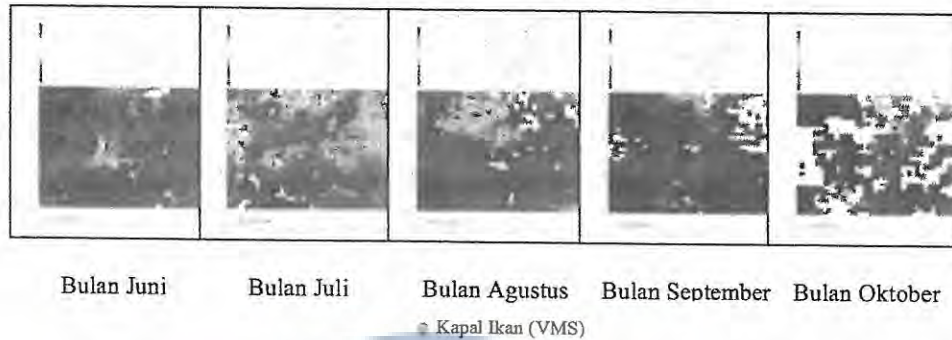
Gambar 4.9. Sebaran Kapal Ikan Pada Musim Tangkap (Juni-Oktober) Periode 2015

Berdasarkan data yang diperoleh kondisi perairan yang subur di musim timur hingga musim peralihan II, sebaran kapal ikan (VMS) yang beroperasi ternyata juga mengalami peningkatan diwaktu yang sama seperti yang terlihat pada gambar 4.10 dibawah ini. Titik-titik biru pada gambar merupakan posisi kapal ikan yang sedang melakukan aktivitas penangkapan dimana terlihat bahwa berkumpulnya kapal ikan berada dekat dengan lokasi yang memiliki konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi. Berkumpulnya kapal-kapal VMS ini menunjukkan bahwa pada area tersebut merupakan fishing ground dimana kapal yang beroperasi rata-rata mencapai 83 unit/hari selama musim tangkap (Juni-Oktober) di tahun 2015.

Pada periode 2016 di bulan Juni hingga Oktober kondisi perairan kembali subur walaupun tidak sesubur pada tahun 2015. Di tahun 2016 dan 2015 pula secara spasial terdapat kesamaan titik peningkatan konsentrasi klorofil-a yakni pada lintang 7LS – 7,5LS dan bujur 133,5 BT – 134,5 BT. Untuk sebaran kapal ikan (VMS) pada tahun 2016 juga memiliki kesamaan konsentrasi penangkapan ikan dengan tahun 2015 dimana kapal ikan terkonsentrasi juga disekitar lintang 7LS – 7,5LS dan bujur 133,5 BT – 134,5 BT dengan jumlah rata-rata kapal ikan

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

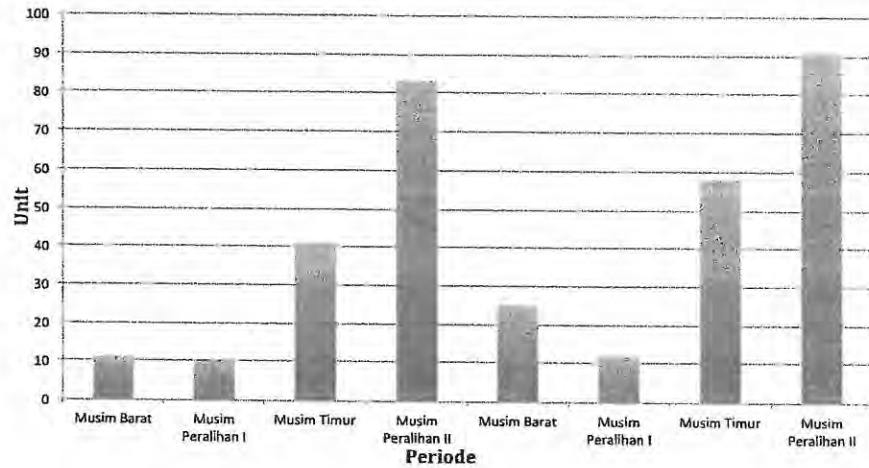
yang beroperasi mencapai 91 unit/hari, hal ini menunjukkan bahwa pada musim timur hingga musim peralihan II merupakan waktu yang tepat untuk melakukan penangkapan ikan di fishing ground Selatan Kepulauan Aru.



Gambar 4.10. Sebaran Kapal Ikan Pada Musim Tangkap (Juni-Oktober) Periode 2016

Aktivitas kapal ikan diatas 30 GT (bertransmitter VMS) yang beroperasi di perairan selatan Kepulauan Aru pada setiap musimnya menunjukkan pola yang bervariasi. Jumlah kapal ikan ber-VMS yang ditunjukkan pada Grafik 4.11 adalah jumlah rata-rata harian kapal ikan yang beroperasi pada 4 (empat) musim selama periode 2015-2016. Dari data tersebut menunjukkan bahwa rata-rata jumlah kapal yang beroperasi setiap harinya di musim peralihan I merupakan yang terendah yakni berkisar 10 hingga 12 unit/hari. Sedangkan jumlah kapal ikan yang beroperasi pada musim timur hingga musim peralihan II mengalami tren peningkatan hingga berkisar antara 83 hingga 91 unit/hari. Jika dilihat dari tren peningkatan jumlah kapal yang beroperasi, musim timur dan musim peralihan II merupakan musim tangkap dan pada musim barat hingga musim peralihan I merupakan musim paceklik dimana aktivitas penangkapan cenderung menurun. Dengan data ini juga menunjukkan bahwa musim tangkap di wilayah selatan Kepulauan Aru berlangsung selama 5 bulan yaitu dimulai bulan Juni hingga Oktober disetiap tahunnya.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

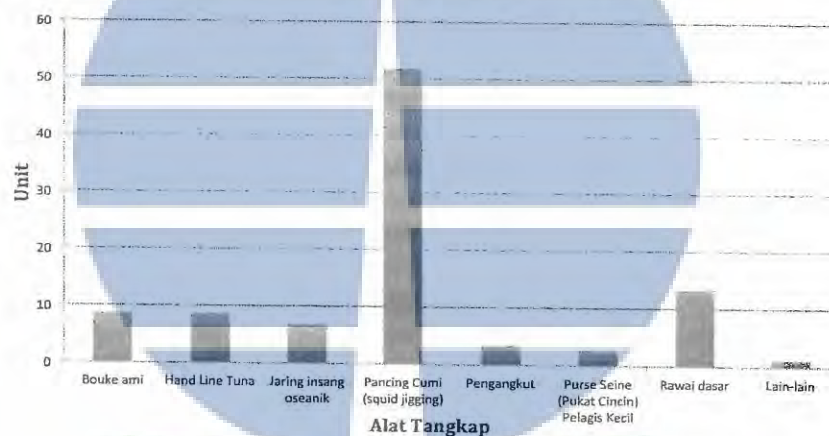


Gambar 4.11. Grafik Rata-rata Harian Kapal Ikan VMS yang Beroperasi Selama Periode 2015-2016

Kesesuaian jumlah sebaran kapal ikan dan lokasi konsentrasi klorofil-a pada musim-musim tertentu menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a di suatu perairan sangat ditentukan oleh intensitas cahaya, keberadaan nutrient dan kuatnya stratifikasi kolom air. Menurut Tubawalony (2007) menyatakan bahwa stratifikasi kolom air disebabkan oleh pemanasan permukaan perairan yang hampir sepanjang tahun. Selanjutnya, berdasarkan pola persebaran klorofil-a secara spasial di tiap musim disebabkan adanya pengkayaan nutrient pada lapisan permukaan perairan melalui berbagai proses dinamika massa air, diantaranya *upwelling*, pencampuran vertical massa air serta pola pergerakan massa air, yang membawa massa air kaya nutrient dari perairan sekitarnya. Dengan meningkatnya kadar nutrient di suatu perairan menyebabkan peningkatan populasi ikan di suatu perairan pada musim tertentu dan akan diikuti jumlah armada kapal ikan yang beroperasi mendekati titik tersebut.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Karakteristik kapal ikan bertransmitter VMS di perairan selatan Kepulauan Aru didominasi oleh kapal ikan dengan alat tangkap squid jigging (pancing cumi) yang mencapai 51,69% dan diikuti kapal ikan dengan alat tangkap rawai dasar yang mencapai 13,48% (Gambar 4.12). Dominasi penggunaan alat tangkap pancing Cumi-cumi ini menunjukkan bahwa perairan selatan Kepulauan Aru merupakan salah satu fishing ground Cumi-cumi yang cukup besar potensinya. Besarnya potensi komoditas cumi di perairan ini dimanfaatkan oleh kapal-kapal ikan diatas 30 GT khususnya pada musim timur hingga musim peralihan II dimana merupakan puncak dari musim tangkap Cumi-cumi.

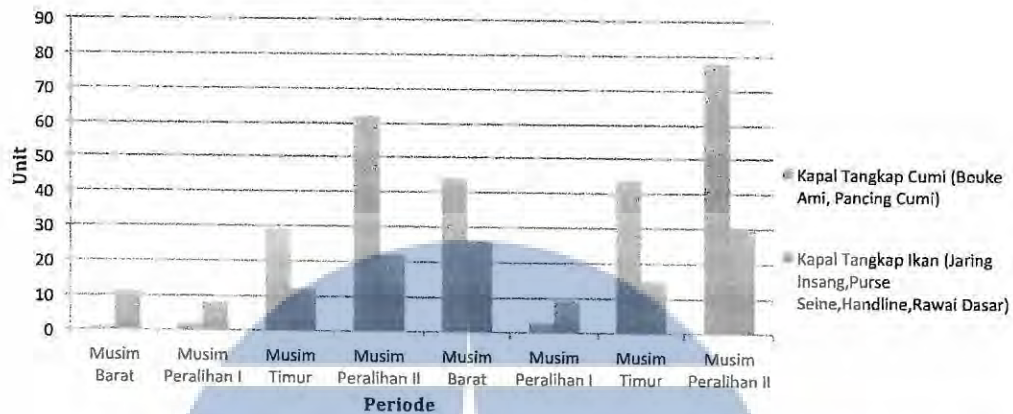


Gambar 4.12. Grafik Persentase Alat Tangkap yang Digunakan di Selatan Kepulauan Aru

Jika dilihat dari parameter kesuburan perairan (klorofil-a) seperti pada Gambar 4.5 dimana konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan di musim timur dan cenderung mengalami penurunan di musim peralihan II akan tetapi data dilapangan menunjukkan jumlah kapal ikan yang beroperasi cenderung meningkat di musim peralihan II (Gambar 4.11) dimana kapal ikan yang beroperasi berjenis alat tangkap cumi. Hal ini dikarenakan Cumi-cumi bukan pemakan Klorofil-a

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

secara langsung, namun sebagian besar mangsa yang di cari oleh Cumi-cumi banyak yang menggunakan klorofil-a sebagai pakan alaminya sehingga walaupun pada musim peralihan II konsentrasi klorofil-a sedikit mengalami penurunan, kegiatan kapal tangkap cumi masih relatif tinggi.



Gambar 4.13. Grafik Alat Tangkap yang Digunakan Berdasarkan Musim

Pada gambar grafik 4.13 diatas menunjukkan komposisi kapal ikan yang beroperasi di tiap musim dengan klasifikasi alat tangkap ikan ( Jaring Insang, Purse Seine, Handline, Rawai Dasar) dan alat tangkap cumi ( Bouke Ami dan Pancing Cumi). Dari data tersebut terlihat bahwa komoditas sumberdaya perikanan yang melimpah di perairan Selatan Kepulauan Aru adalah cumi khususnya disaat memasuki musim tangkap (Musim Timur-Musim Peralihan II) dimana perbandingan kapal alat tangkap ikan dengan kapal alat tangkap cumi mencapai 1:2,6 lebih banyak kapal dengan alat tangkap cumi.

### C. Hasil Perhitungan Korelasi Spasial Parameter Klorofil-a dengan Kapal Ber-transmitter VMS di Perairan Selatan Kepulauan Aru.

Daerah Penangkapan Ikan (*Fishing ground*) adalah merupakan daerah / area dimana populasi dari suatu organisme dapat dimanfaatkan sebagai penghasil

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

perikanan. Fishing ground dipengaruhi oleh kondisi lingkungan salah satunya adalah keberadaan klorofil-a yang ternyata dapat mempengaruhi daerah dan hasil penangkapan ikan. Selain dengan mengetahui keberadaan konsentrasi klorofil-a, salah satu cara untuk mengetahui suatu fishing ground secara spasial adalah dengan mengetahui pola dan sebaran kapal ikan yang beroperasi disuatu daerah. Secara umum nelayan mempunyai pengetahuan lokal (*local knowlegde*) secara alamiah mengenai wilayah wilayah potensi ikan yang diwariskan secara turun-temurun. Nelayan mengetahui kapan terjadi musim ikan tertentu. Pengetahuan lokal ini dapat dijadikan sebagai input untuk mengkaji kondisi oseanografis wilayah tangkap ikan, untuk memprediksi pola sebaran fishing ground. Dan untuk mengetahui pergerakan kapal nelayan maka digunakanlah data Vessel Monitoring System (VMS) dimana nantinya akan didapatkan data posisi kapal, kecepatan kapal dan waktu kapal beroperasi.

Pada penelitian ini dalam menghitung korelasi antara kesuburan perairan (konsentrasi klorofil) dengan jumlah kapal ikan yang beroperasi dibagi menjadi 4 (empat) tingkatan konsentrasi klorofil yaitu konsentrasi rendah ( $<0,4 \text{ mg/m}^3$ ), konsentrasi sedang ( $0,4-0,8 \text{ mg/m}^3$ ), konsentrasi tinggi ( $0,8-1,2 \text{ mg/m}^3$ ) dan konsentrasi sangat tinggi ( $>1,2 \text{ mg/m}^3$ ). Dengan berdasarkan klasifikasi tingkatan konsentrasi klorofil-a ini untuk kemudian dilakukan analisis statistik guna mengetahui korelasi antara tingkatan konsentrasi klorofil-a dengan rata-rata kapal yang beroperasi melakukan penangkapan ikan dalam satu hari (unit/hari).

Analisa korelasi dilakukan dengan metode Regresi Tunggal (Single Regression) antara klorofil-a dengan jumlah kapal ikan yang beroperasi sepanjang tahun dengan rentang klorofil-a  $0,01 \text{ mg/m}^3$  hingga  $5 \text{ mg/m}^3$  untuk tahun 2015 dan 2016. Adapun secara umum, persamaan korelasi yang digunakan yaitu:

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2) \cdot (n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Dimana:

r = Koefisien korelasi

x = klorofil-a

y = jumlah kapal

Kisaran nilai korelasi:

$$-1 < r < +1$$

Korelasi kuat jika : 0,6 sampai 1 atau -0,6 sampai -1

Korelasi sedang jika : 0,4 sampai 0,6 atau -0,4 sampai -0,6

Korelasi tidak kuat jika: 0 sampai 0,4 atau 0 sampai -0,4

Tabel 4.1. Korelasi Kesuburan Perairan dengan Jumlah Kapal Ikan VMS

Klasifikasi	Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	Kapal Ikan Unit
Rendah	0 - 0.40	11
Sedang	0.41 - 0.80	14
Tinggi	0.81 - 1.20	26
Sangat Tinggi	1.21 - 5.00	57
r	0,921	

Berdasarkan hasil analisa regresi tunggal antara konsentrasi klorofil-a (kesuburan perairan) dengan jumlah kapal ikan VMS yang beroperasi didapatkan nilai koefisien korelasi (r) berkisar 0,9211 (Korelasi kuat jika : 0,6 sampai 1 atau -0,6 sampai -1). Dari nilai (r) yang didapatkan tersebut menunjukkan bahwa hipotesa dapat “diterima” dimana adanya korelasi yang kuat antara variable kesuburan perairan dengan jumlah kapal ikan bertransmitter VMS yang beroperasi.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

#### D. Hasil Cross Match VMS dengan echo RADARSAT-2

Pola sebaran kapal ikan bertransmitter VMS merupakan salah satu informasi yang menunjukkan keberadaan kapal ikan yang secara legal beroperasi di suatu zona penangkapan ikan di Indonesia yang selama ini digunakan sebagai salah satu perangkat *monitoring, control and surveillance (MCS)* oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan. Akan tetapi teknologi VMS ini memiliki keterbatasan didalam penggunaannya yang antara lain :

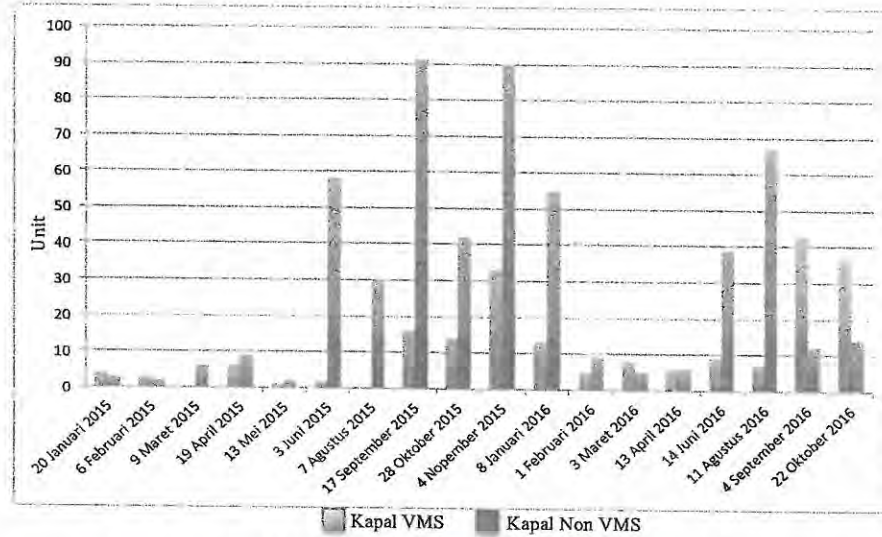
- a. Teknologi VMS hanya memantau kapal ikan yang kooperatif mengaktifkan transmitter VMS dan secara legal beroperasi di Indonesia.
- b. Kapal ikan legal yang dengan sengaja mematikan transmitter VMS dan atau kapal ikan yang tidak memiliki transmitter VMS seperti Kapal Ikan Asing (KIA) tidak dapat termonitor keberadaannya dan aktivitasnya selama di zona penangkapan ikan Indonesia.

Dengan adanya keterbatasan teknologi VMS ini, maka diperlukan suatu teknologi untuk menutupi kekurangan dari teknologi, yaitu salah satunya dengan memanfaatkan teknologi satelit radar yang memiliki kemampuan mendeteksi semua objek keras yang berada dipermukaan air laut yang salah satunya adalah kapal ikan. Penggabungan dua teknologi ini nantinya dapat mengidentifikasi kapal ikan legal dan illegal di suatu zona penangkapan ikan dengan metode analisis *cross match* dari data-data tersebut.

Adapun hasil cross match antara data VMS dan data perekaman citra Radarsat-2 untuk periode 2015-2016 maka diperoleh bahwa hasil deteksi citra radar dengan data VMS melalui metode tumpang tindih bahwa pada musim tangkap jumlah kapal yang tidak termonitor oleh sistem VMS lebih tinggi dibandingkan kapal yang terpantau oleh VMS.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)





Gambar 4.14. Grafik Jumlah Kapal Ikan Berdasarkan Perekaman Data VMS dan Citra Radarsat-2 Periode 2015-2016

Pola peningkatan jumlah kapal ikan diatas 30GT yang beroperasi baik itu kapal yang mengaktifkan VMS maupun yang tidak menggunakan/mematikan VMS dapat terdeteksi melalui satelit radar dimana data satelit radar menunjukkan bahwa pada musim timur hingga peralihan II cenderung tinggi dibandingkan pada musim-musim yang lain. Peningkatan jumlah kapal yang tidak menggunakan atau tidak mengaktifkan VMS relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kapal yang mengaktifkan VMS. Dari data tersebut didapatkan perhitungan yang berkorelasi positif dengan ( $r$ ) sebesar 0.878 sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesa dapat “diterima” dimana kondisi perairan yang subur atau dapat diartikan musim tangkap ikan akan berkorelasi dengan peningkatan jumlah pelanggaran/aktivitas illegal fishing.

Tabel 4.2. Korelasi Kesuburan Perairan dengan Jumlah Kapal Ikan Non-VMS

Klasifikasi	Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	Kapal Ikan Unit
Rendah	0 - 0.40	14
Sedang	0.41 - 0.80	37
Tinggi	0.81 - 1.20	29
Sangat Tinggi	1.21 - 5.00	63
r	0.878	

Peningkatan jumlah kapal ikan baik yang terpantau oleh VMS maupun tidak, terjadi pada saat kondisi kesuburan perairan (klorofil-a) yang tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kondisi perairan yang subur (klorofil-a) maka jumlah kapal ikan yang melakukan aktivitas penangkapan akan meningkat baik itu secara legal (terpantau VMS) maupun secara illegal (tidak terpantau VMS). Dari meningkatnya aktivitas penangkapan ikan yang tidak terpantau oleh VMS akan tetapi terdeteksi oleh citra Radarsat-2 dapat disimpulkan bahwa pelanggaran atau aktivitas *illegal fishing* pada musim tangkap sering terjadi modus pelanggaran antara lain :

- a. Masuknya kapal ikan yang tidak bertransmitter VMS, Kapal Ikan Indonesia (KII) ataupun Kapal Ikan Asing (KIA) ke wilayah perairan selatan Kepulauan Aru di saat musim tangkap.
- b. Diindikasikan banyaknya Kapal Ikan Indonesia yang tidak mengaktifkan VMS dikarenakan daerah operasi kapal tidak sesuai dengan lokasi penangkapan yang tertera pada Surat Ijin Penangkapan Ikan (SIPI) sehingga untuk menghindari pelanggaran diluar ijin tersebut pemilik kapal dengan sengaja mematikan transmitter VMS yang terpasang pada kapal.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

### E. Strategi Operasi Pengawasan Sumberdaya Perikanan Laut

Peningkatan efektifitas dan efisiensi operasi pengawasan sumberdaya perikanan laut membutuhkan penerapan strategi pengawasan yang terukur dan terintegrasi dalam satu sistem MCS secara berkelanjutan dan efisien. Pendekatan sistem MCS yang dapat digunakan meliputi: (1) Pengawasan perairan dalam (internal waters) dan ZEE dengan menggunakan Vessel Monitoring System (VMS) dan Automatic Identification System (AIS) dikombinasikan dengan citra Synthetic Aperture Radar yang memiliki kemampuan mendeteksi semua obyek berbahan keras (kayu, fiber dan besi) dipermukaan laut khususnya daerah yang memiliki potensi pelanggaran yang tinggi dan alur lalu lintas kapal; (2) Pengawasan dengan pesawat terbang dan kapal patroli dengan ditunjang data dan informasi sebagai pengumpulan bukti terhadap suatu dugaan kegiatan illegal sebelum dilakukan penindakan dilapangan; (3) Coastal radar sebagai teknologi untuk mendeteksi aktivitas kapal dengan jarak yang terbatas atau dekat dengan darat; (4) Pengawasan khusus terhadap aktivitas kapal ikan dapat memanfaatkan citra satelit oseanografi seperti satelit MODIS untuk mendeteksi parameter seperti klorofil-a, suhu permukaan laut, dan salinitas untuk mengetahui prediksi musim tangkap sehingga informasinya dapat menjadi salah satu acuan dalam menentukan waktu operasi pengawasan secara efektif dan efisien.

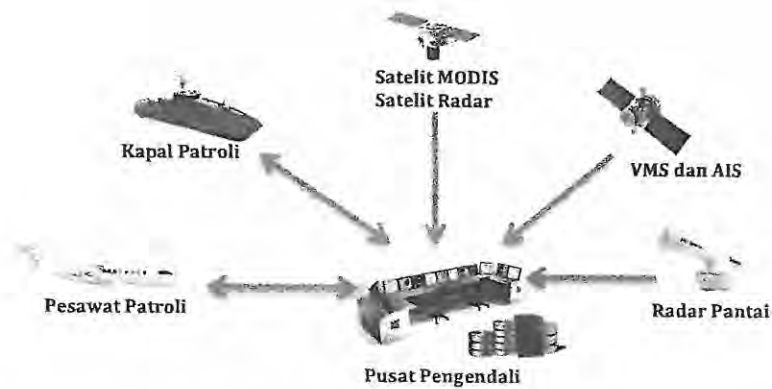
Pemantauan, pengendalian, dan pengawasan yang lebih efektif terhadap perairan Indonesia akan memiliki banyak manfaat. Secara prinsip dengan sistem MCS yang terintegrasi pemerintah dapat melakukan pencegahan, pendeteksian, larangan, dan penuntutan kegiatan illegal secara lebih baik, termasuk penangkapan ikan secara illegal, unreported dan unregulated yang terjadi di Indonesia. Sistem MCS yang efektif dan komprehensif juga akan memperbaiki

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

kapasitas pencarian dan penyelamatan, respon terhadap pencemaran laut khususnya tumpahan minyak dan deteksi aktivitas illegal di laut.

Khusus untuk sistem monitoring kapal ikan, Indonesia telah menerapkan sistem Vessel Monitoring System (VMS). VMS adalah sistem pelaporan otomatis untuk kapal penangkap ikan yang terdaftar yang memiliki izin untuk beroperasi dan memancing di perairan Indonesia. Ini adalah sistem berbasis transponder satelit yang menunjukkan identitas, posisi, dan informasi lainnya dari kapal. Selain VMS terdapat pula Sistem Identifikasi Otomatis (Automated Identification System / AIS) pada beberapa kapal umum dan kapal ikan yang memiliki kapasitas lebih dari 300 tonase kotor sesuai Peraturan 19 dari SOLAS Bab V (Organisasi Maritim Internasional). Sistem AIS ini pada awalnya dirancang untuk meningkatkan keamanan dan mencegah benturan di laut, namun ketersediaan komersialnya menyebabkannya digunakan sebagai alat untuk memantau dan melacak kapal. AIS tidak wajib untuk kapal penangkap ikan seperti di Indonesia karena sudah tergantikan oleh keberadaan VMS. Pemantauan terperinci antara kapal nelayan berlisensi dan tanpa izin melalui analisis data AIS dan VMS dapat mengungkapkan pola yang konsisten dengan aktivitas penangkapan ikan dari sebuah kapal sehingga dapat dianalisis keberadaan kapal apakah sudah sesuai dengan perijinannya dan pola tangkapannya.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



Gambar 4.15. Skema MCS Terpadu Untuk Sumberdaya Kelautan dan Perikanan

Sistem MCS yang terintegrasi nantinya terdapat suatu pusat pengendali yang dirancang untuk menampung dan mengumpulkan data dalam jumlah besar sehingga ketika menyatu, hasilnya dapat membantu mengidentifikasi aktivitas kapal yang mencurigakan dengan cara yang efektif dan hemat biaya. Contoh beberapa informasi yang dapat dikumpulkan dalam satu sistem seperti data satelit, data VMS atau AIS kapal, data deteksi kapal dari radar pantai dan database spesialis lainnya seperti informasi dari patroli pesawat udara atau informasi dari kapal yang sedang beroperasi seperti kapal nelayan atau kapal penumpang. Selain itu juga dapat ditambahkan data-data batas laut negara atau ZEE, dan data samudra seperti kedalaman dan suhu. Sistem ini dapat mengaktifkan metode pengawasan yang paling tepat untuk melihat kapal yang tidak mentransmisikan posisi mereka. Dengan tersedianya database yang cukup besar jumlahnya, nantinya dapat dikembangkan dalam sebuah sistem dengan algoritma yang dirancang khusus, mendeteksi: (1) pola gerakan kapal atau kecepatan khas memancing; (2) ketika sebuah kapal berhenti menandakan posisinya; (3) bila dua kapal berada dalam jarak dekat, kemungkinan terjadinya transshipment ikan atau barang lainnya.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Pada penelitian ini akan dikaji terkait pemanfaatan data-data satelit yang dapat menunjang pengawasan sumberdaya perikanan dalam sebuah MCS yang terintegrasi sehingga pengawasan dapat lebih efektif dan efisien. Data-data yang digunakan antara lain :

- Pelacakan kapal ikan dengan data VMS, untuk mengetahui posisi kapal apakah sesuai dengan daerah ijin penangkapan ikan. Selain itu, database VMS mencakup informasi tentang pemilik dan operator kapal dan semua tautan yang mungkin mereka miliki ke kapal, armada, atau pemilik kapal lain yang telah ditandai sebagai kapal buronan berdasarkan sejarah kapal tersebut.
- Identifikasi kapal bertransmitter VMS yang tidak konsisten atau tidak menggunakan transmitter melalui citra Synthetic Aperture Radar. Gambar Synthetic Aperture Radar membantu melacak aktivitas kapal. Sistem ini juga mampu menggabungkan citra satelit optik, yang memberikan resolusi gambar yang lebih tinggi untuk wilayah laut yang lebih kecil dan tertarget.
- Database fishing ground berdasarkan waktu musim tangkapnya dapat memberikan informasi lokasi dan waktu dimana kapal ikan banyak yang beroperasi sehingga membantu pemilihan atau selektif penentuan lokasi patroli dalam pengawasan.

Operasi pengawasan sumberdaya perikanan yang efektif dan efisien bergantung pada aspek-aspek yang terkait dengan indikator dalam melakukan operasi yang meliputi efektifitas metode yang digunakan, efisiensi waktu yang digunakan, efektifitas tenaga pelaksana, efektifitas penggunaan sarana dan prasarana, efektifitas dalam berkoordinasi, efektifitas dalam pengendalian, efektifitas penilaian keberhasilan.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Penggunaan teknologi penginderaan jauh kita dapat memetakan dari aspek efisiensi waktu operasi dan efektifitas lokasi operasi yang tepat sasaran. Adapun data dan informasi yang dapat menunjang efektifitas dan efisiensi operasi pengawasan sumberdaya perikanan yaitu :

#### 1. Data Satelit MODIS dan Data VMS

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dengan memanfaatkan satelit MODIS, kita dapat mengetahui waktu musim subur perairan yang identik dengan musim tangkap dan bagaimana hubungannya dengan aktivitas kapal ikan melalui data VMS yang terjadi di musim ikan tersebut. Dari hasil analisa satelit MODIS dan pola sebaran kapal ikan ber-transmitter VMS menunjukkan adanya korelasi yang positif dengan nilai  $r = 0.9211$  dimana bahwa pada kondisi subur diikuti peningkatan jumlah kapal ikan yang beroperasi sehingga dapat disimpulkan musim tangkap di perairan selatan Kepulauan Aru terjadi pada bulan Juni hingga oktober (musim Timur dan musim Peralihan II). Dengan mengetahui siklus musim tangkap ini maka operasi pengawasan sumberdaya perikanan dapat meningkatkan frekuensi/trip armada patroli atau penambahan jumlah armada yang lebih banyak di musim Timur dan Peralihan II dibandingkan saat musim barat dan musim peralihan I dengan penggunaan bahan bakar armada yang lebih efisien.

#### 2. Data Satelit Radar dan Data Radar Pantai

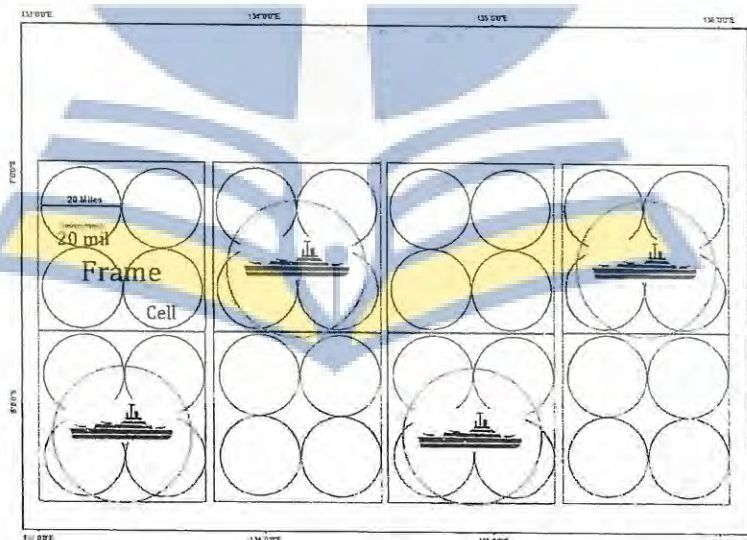
Teknologi satelit radar dan radar pantai dapat melakukan identifikasi kapal-kapal yang tidak mengaktifkan atau tidak memiliki transmitter VMS dan AIS sehingga dapat diketahui dugaan kapal-kapal yang melakukan pelanggaran dengan memasuki wilayah perairan diluar ijin dari kapal tersebut. Pemanfaatan dengan kedua data ini maka olah gerak kapal jauh lebih efektif untuk mendapatkan target kapal yang diduga melakukan pelanggaran akan jauh lebih

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

mudah tanpa harus melakukan “Gergaji Laut”, kapal target sudah diketahui posisi dan profilnya.

### E.1. Strategi efektifitas pola gerak kapal patroli

Efektifitas pola gerak kapal dalam melakukan pengawasan di laut sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dalam suatu operasi. Pergerakan kapal patroli tanpa suatu perencanaan atau tujuan yang jelas akan mengakibatkan pemborosan biaya operasional dan tanpa menghasilkan tangkapan kapal yang melakukan pelanggaran sehingga secara ekonomi biaya yang dikeluarkan tidak sepadan dengan hasil yang didapatkan. Secara umum pola gerak kapal dalam berpatroli ditentukan oleh informasi dari radar surveillance yang berada di kapal dimana kemampuan teknologi ini memiliki keterbatasan untuk mendeteksi kapal-kapal dengan jangkauan hanya berkisar radius 20nm dari posisi kapal. Dengan adanya keterbatasan teknologi radar pada kapal, maka secara perhitungan bahwa untuk melakukan pengawasan di perairan selatan Kepulauan Aru dibutuhkan kekuatan minimum armada kapal sebanyak 4 unit seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.16. Kemampuan Pengawasan Kapal Patroli Dengan Radar Surveillance

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)





Penjelasan dari gambar diatas adalah kemampuan kapal patroli yang dimiliki KKP dengan kelengkapan radar surveillance yang terpasang pada kapal dengan kemampuan 20nm (cell). Jika luas daerah perairan yang harus diawasi untuk Selatan Kepulauan Aru dengan luas 52.605 km<sup>2</sup> dibutuhkan ketersediaan kapal patroli sebanyak 4 unit dengan asumsi 1 kapal beroperasi untuk 2 *frame* area operasi dan spesifikasi kapal harus mampu berlayar ± 4 hari dengan ukuran kapal besar diatas 30m mengingat karakteristik perairan laut Aru yang mempunyai tinggi gelombang hingga mencapai 2,5m.

Jika menggunakan asumsi kemampuan berlayar ± 4 hari, hal ini didasari oleh rata-rata ketahanan logistik (BBM dan Air Bersih) dari kapal patroli KKP dalam operasi laut dan kuota jumlah hari operasi layar yang disediakan oleh KKP berkisar 120-150 hari per tahun (KKP, 2017). Jika dalam satu kali trip kapal patroli membutuhkan ±4 hari maka dalam setahun kapal patroli akan melakukan 30 trip untuk melakukan pengawasan. Berikut adalah spesifikasi kapal patroli KKP yang sesuai untuk ditempatkan di Perairan Aru sebagai berikut :



Tabel 4.3. Spesifikasi Kapal Patroli KKP Tipe Fast Patroli Boat diatas 30m

Kelas Kapal	Ukuran LOA	Kecepatan Knot	Kap.BBM Liter	*Kons.BBM Lt/jam	Hari Layar	Personil	Ket
ORCA	60	24	138.000	410	14	24	
HMT 01	42	15	45.000	375	5	21	
HMC 01	33	24	30.000	312	4	19	
HMC 04	36	15	45.000	375	5	20	
HMC 05	36	15	45.000	375	5	20	
HMC 06	36	15	45.000	375	5	20	
HMC 12	32	21	30.000	312	4	15	
HMC 13	32	21	30.000	312	4	15	
HMC 14	32	21	30.000	312	4	15	

Spesifikasi kapal patroli diatas yang sesuai dengan karakteristik perairan selatan Kepulauan Aru, kebutuhan minimum 4 unit kapal dengan asumsi kapal yang digunakan adalah kelas Orca 1 unit, Kelas HMT 1 unit, kelas HMC 04 dan kelas HMC 012, jika beroperasi setiap hari tanpa mempertimbangkan waktu operasi yang tepat dan tidak didukung oleh data seperti data satelit MODIS, satelit radar maupun data Vessel Monitoring System (VMS), maka kapal patroli akan melakukan pemantauan sebanyak 30 trip. Disisi lain kebutuhan operasi kapal

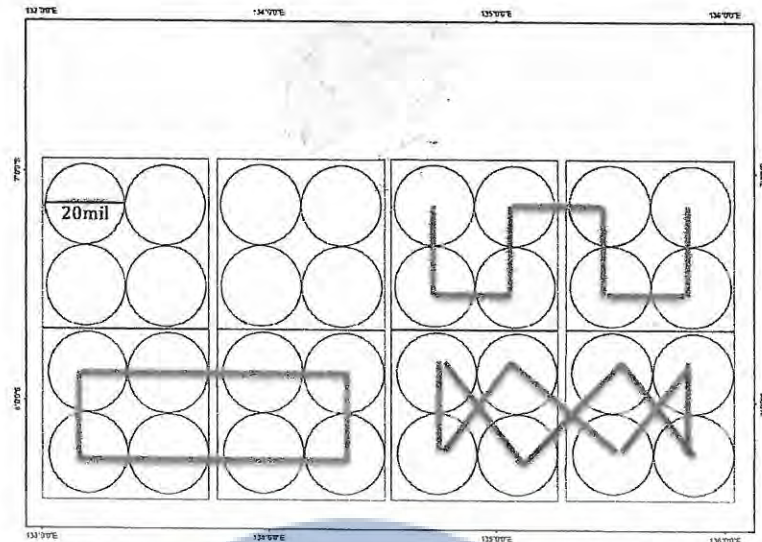
Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

patroli harus memenuhi perbandingan minimum 3:1 dimana tiap kapal siklusnya dalam satu tahun adalah 75% waktunya untuk operasi dan 25% untuk perbaikan atau pemeliharaan. Perbandingan minimum ini berarti keberadaan kapal patroli yang harus beroperasi harian di wilayah selatan Laut Aru sebanyak 3 unit dan di pangkalan sebanyak 1 unit untuk masa pemeliharaan.

Asumsi kebutuhan minimum kapal patroli sebanyak 4 unit dan saat ini kapal patroli yang beroperasi harian rata-rata hanya 2 unit dengan minimum hari operasi layar 120 hari (1 tahun = 365 hari), maka perhitungan kemampuan untuk mengawasi dan mengendalikan perairan selatan laut Aru adalah  $(2/4) \times (120/365) = 16,4\%$ , artinya kondisi sekarang hanya memiliki kemampuan mengatasi illegal fishing sebesar 16,4% dari kebutuhan. Kemampuan mengatasi illegal fishing karena keterbatasan armada patroli maka dibutuhkan sebuah terobosan pemanfaatan teknologi untuk mendukung MCS secara terpadu sehingga pergerakan kapal patroli jauh lebih efektif dan efisien walaupun jumlah armada terbatas.

Beberapa tahun terakhir pola pergerakan kapal patroli masih menggunakan metode konvensional yang lebih mengandalkan intuisi dari nahkoda kapal dan melakukan pola "Gergaji Laut" sehingga penggunaan BBM (Bahan Bakar Minyak) dan logistik (Air Bersih dan Makanan) cukup besar. Adapun beberapa pola gerak kapal yang biasa dilakukan oleh kapal patroli dengan mengandalkan radar surveillance yang terdapat di kapal patroli seperti pada gambar dibawah ini .

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



Gambar 4.17. Pola Gerak Kapal Patroli Dengan Metode Konvensional

Pola gerak kapal patroli seperti gambar diatas jauh dari kata efektif ditambah dengan rendahnya kemampuan pengawasan di laut dari kebutuhan minimum, maka didalam mendukung operasi dibutuhkan informasi pendukung yang akurat agar dengan kemampuan minimum ini dapat menghasilkan tangkapan kapal ilegal secara optimal. Informasi tentang waktu musim tangkap merupakan salah satu informasi pendukung yang penting dimana dengan data ini kapal patroli dapat mengetahui waktu yang tepat kapan meningkatkan frekuensi patrolinya yang hanya dengan berbekal 30 trip dalam 1 tahun. Berikut dibawah ini adalah kalkulasi trip operasi kapal jika tanpa mempertimbangkan waktu musim tangkap.

Tabel 4.4. Perhitungan Trip Operasi Kapal Patroli Rata-rata Bulanan

No	Kelas Kapal	Jumlah Operasi Hari Layar	Patroli per Trip hari	Jumlah Trip Per Tahun	Jumlah Trip Per Bulan
1	ORCA	120	4	30	2.50
2	HMT 01	120	4	30	2.50
3	HMC 04	120	4	30	2.50
4	HMC 12	120	4	30	2.50

Berdasarkan perhitungan trip kapal patroli tanpa mempertimbangkan waktu musim tangkap maka dapat dilihat bahwa jumlah hari operasi kapal sebanyak 120 hari dibagi rata 4 hari per trip operasi maka akan didapatkan 30 trip per tahun. Dengan berbekal 30 trip per tahun ini kapal patroli akan melakukan pengawasan disetiap bulannya dengan waktu hari operasi 4 hari per trip maka disetiap bulan kapal patroli akan membutuhkan 2,5 kali trip per bulan. Artinya disetiap bulan kapal patroli akan melakukan operasi rutin sebanyak 2-3 kali meskipun diwaktu bukan musim tangkap yang jumlah kapal ikan yang beroperasi relatif sangat sedikit.

Penggunaan teknologi satelit dalam sistem MCS terpadu dalam merancang pergerakan operasi kapal patroli ditunjang oleh data-data satelit MODIS, satelit radar dan VMS, maka akan diketahui waktu dan lokasi musim tangkapnya. Dari hasil analisis spasial dan temporal seperti yang telah diulas diatas bahwa untuk wilayah perairan selatan Kepulauan Aru, musim tangkap terjadi pada kisaran bulan Juni-Oktober (5 Bulan) dan musim paceklik dimulai sekitar bulan Nopember-Mei (7 Bulan). Dengan mengetahui musim tangkap, perencanaan waktu operasi jika diasumsikan pembagian jumlah trip operasi untuk kapal patroli perbandingan 1:2 (bukan musim tangkap:musim tangkap) dan asumsi lama hari layar tetap berkisar 4 hari.

Tabel 4.5. Perhitungan Trip Operasi Kapal Patroli di Musim Tangkap dan Musim Paceklik

No	Kelas Kapal	Jumlah Operasi Hari Layar	Patroli per Trip hari	Jumlah Trip Per Tahun	Bukan Musim Tangkap (7 Bulan)		Musim Tangkap (5 Bulan)	
					Jumlah Trip	Trip per Bulan	Jumlah Trip	Trip per Bulan
1	ORCA	120	4	30	10.00	1.43	20	4
2	HMT 01	120	4	30	10.00	1.43	20	4
3	HMC 04	120	4	30	10.00	1.43	20	4
4	HMC 12	120	4	30	10.00	1.43	20	4

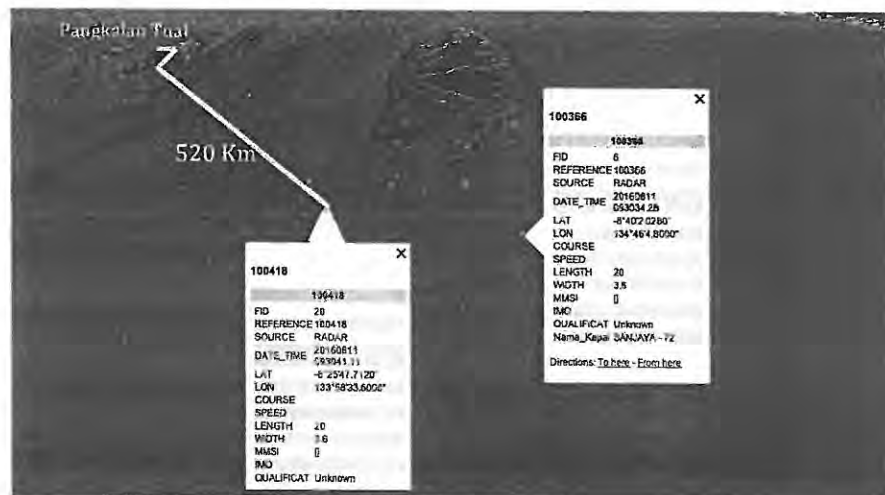
Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Berdasarkan skema pembagian frekuensi trip kapal patroli dengan mempertimbangkan waktu musim tangkap dengan jumlah hari operasi 120 hari per tahun maka didapatkan bahwa disaat musim tangkap kapal patroli dapat melakukan operasi sebanyak 4 kali di bulan Juni hingga Oktober dan trip patroli sebanyak 1-2 kali dibulan Nopember hingga Mei. Penentuan jumlah frekuensi trip pada musim tangkap lebih banyak dibandingkan waktu bukan musim tangkap dikarenakan pada musim tangkap jumlah kapal ikan yang beroperasi lebih banyak secara signifikan sehingga potensi terjadinya aktifitas illegal fishing lebih tinggi dibandingkan selain bulan-bulan tersebut.

### **E.2. Strategi efisiensi biaya operasi**

Perencanaan atau strategi pola gerak kapal yang tepat dan terukur dengan mempertimbangkan data-data di lapangan melalui teknologi satelit untuk mendeteksi kapal yang melakukan aktifitas *illegal fishing* akan berdampak pada efisiensi hari layar sehingga akan menekan biaya operasional. Jika sebuah operasi kapal dengan mengacu pada data citra radar dan VMS, maka dalam estimasi jumlah hari operasi layar yang sebelumnya membutuhkan waktu 4 hari dapat ditekan menjadi  $\pm 2$  hari operasi layar/trip. Sebagai ilustrasi seperti gambar 4.18 dimana kapal patroli telah mengetahui posisi target yang dituju dan diasumsikan kapal patroli bertolak dari pangkalan PSDKP-KKP Tual dengan jarak 520 km untuk mencapai target. Jika kecepatan rata-rata kapal patroli yang digunakan 15 knot ( $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam}$ ) maka waktu tempuh yang dibutuhkan untuk mencapai posisi target berkisar 19jam, dilanjutkan proses penindakan di lapangan  $\pm 6$  jam dan kemudian hasil penindakan disandarkan ke stasiun PSDKP terdekat maka dibutuhkan waktu  $\pm 2$  hari.

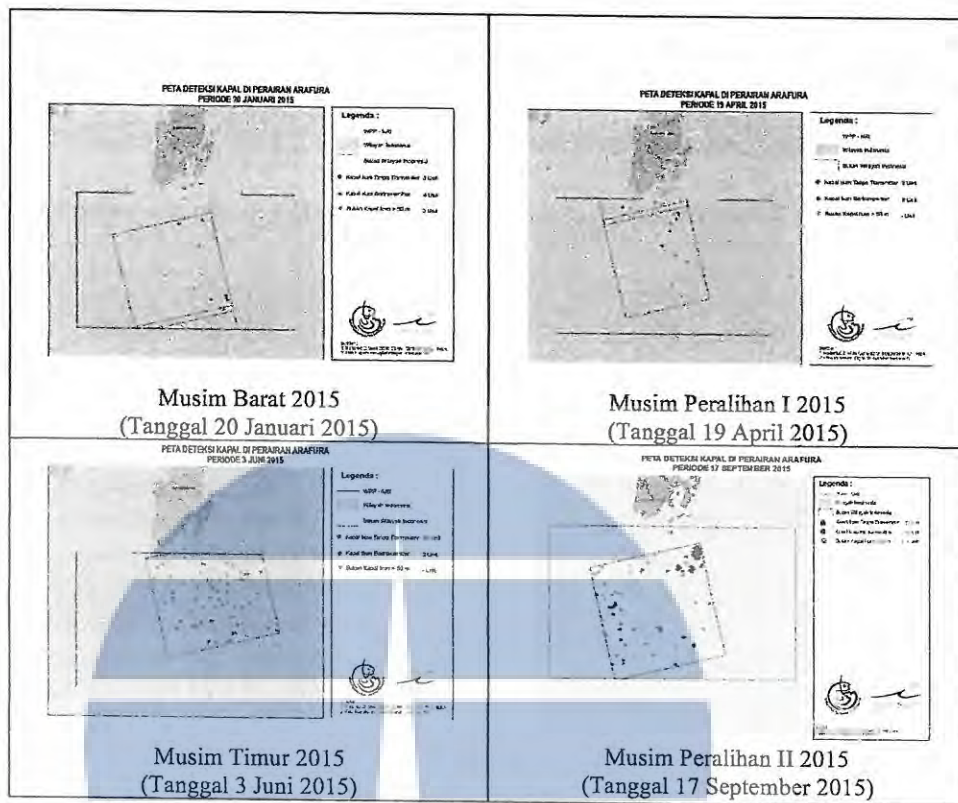
Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



Gambar 4.18. Ilustrasi Pola Gerak Kapal Patroli Mencapai Target

Pemanfaatan data pantauan satelit radar dan VMS yang kemudian dilakukan analisis tumpang tindih (*Overlay*), maka informasi lokasi keberadaan kapal ikan yang diduga illegal (tidak bertransmitter atau mematikan transmitter VMS) dapat diketahui keberadaannya melalui koordinat posisi kapal dan dimensi kapal. Selain mendapatkan informasi dugaan kapal illegal, kapal patroli juga mendapatkan informasi *hotspot* atau *density* lokasi kapal ikan yang beroperasi sehingga informasi ini dapat dijadikan acuan area operasi sehingga patroli laut jauh lebih efektif dan efisien dalam pola gerak kapal. Dengan pendekatan MCS terpadu, teknologi satelit dan VMS ini maka waktu hari operasi menjadi lebih efisien dikarenakan kapal patroli telah mengetahui posisi target penindakan yang sudah pasti berdasarkan data dan informasi terbaru.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



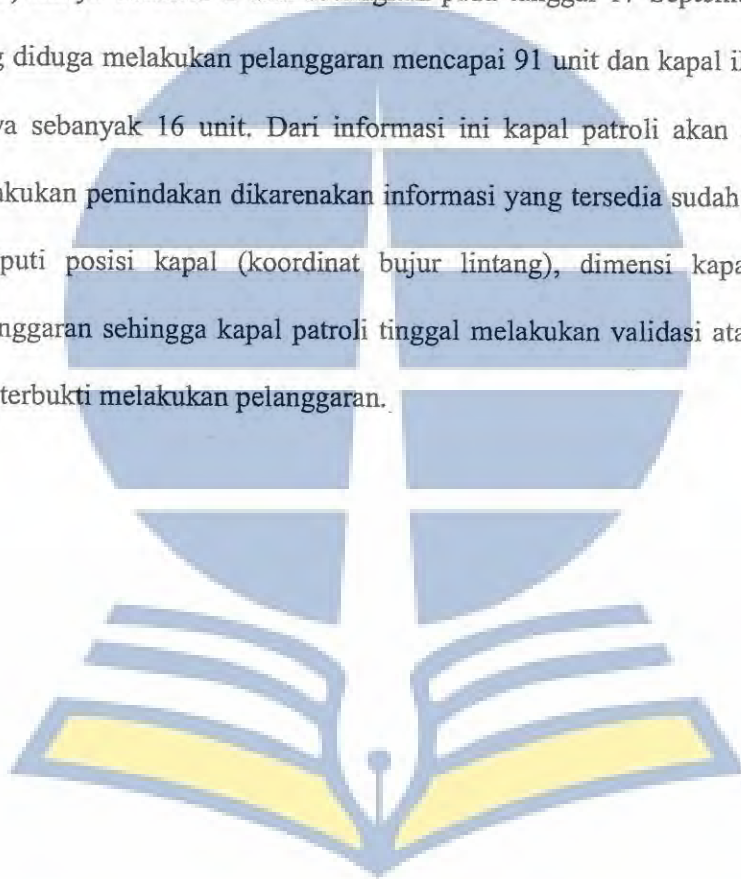
Gambar 4.19. Informasi Citra Radar dan VMS Tahun 2015 dengan Metode Overlay

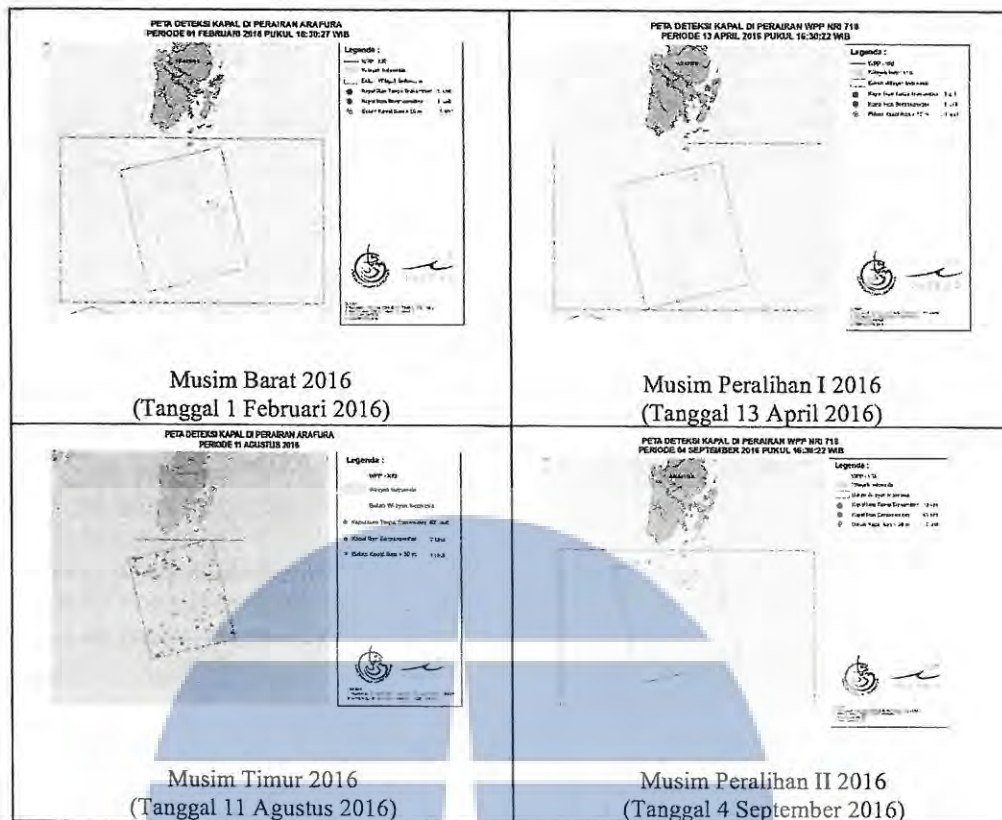
Berdasarkan penggabungan data dari citra radar dan VMS didapatkan informasi dugaan kapal ikan ilegal (tidak bertransmitter atau mematikan transmitter) seperti pada gambar diatas. Dari data diatas terlihat bahwa sebaran kapal ikan di musim barat (data citra tanggal 20 Januari 2015) dan sebaran kapal ikan di musim peralihan I (data citra tanggal 19 April 2015) terlihat relatif sepi. Sepinya aktivitas kapal ikan di musim barat hingga musim peralihan I dikarenakan pada bulan-bulan tersebut kondisi perairan relatif kurang subur yang artinya bukan bulan musim ikan sehingga kapal ikan pun masih enggan untuk pergi melaut.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



Pada musim timur ( data citra tanggal 3 Juni 2015) dan musim peralihan I (data citra tanggal 17 September 2015), terlihat dari data citra radar dan VMS menunjukkan sebaran dan jumlah kapal ikan yang beroperasi meningkat tajam. Berdasarkan hasil analisis dengan metode tumpang tindih antara data citra radar dan VMS pada tanggal 3 Juni 2015 pukul 16.30 WIB menunjukkan bahwa dugaan jumlah kapal ikan yang melakukan pelanggaran (mematikan/tidak bertransmitter VMS) mencapai 58 unit dan kapal ikan yang patuh (mengaktifkan/bertransmitter VMS) hanya berkisar 2 unit sedangkan pada tanggal 17 September 2015 kapal yang diduga melakukan pelanggaran mencapai 91 unit dan kapal ikan yang patuh hanya sebanyak 16 unit. Dari informasi ini kapal patroli akan dengan mudah melakukan penindakan dikarenakan informasi yang tersedia sudah cukup lengkap meliputi posisi kapal (koordinat bujur lintang), dimensi kapal dan dugaan pelanggaran sehingga kapal patroli tinggal melakukan validasi atau penindakan jika terbukti melakukan pelanggaran.





Gambar 4.20. Informasi Citra Radar dan VMS Tahun 2016 dengan Metode Overlay

Data citra radar dan VMS di tahun 2016, sebaran kapal ikan di musim barat ( data citra tanggal 1 Februari 2016) dan musim peralihan I ( data citra tanggal 13 April 2016) relatif sepi dimana keberadaan kapal ikan hanya berkisar 14 hingga 16 unit per hari, sedangkan berdasarkan data citra radar di musim timur aktivitas penangkapan kapal ikan terdeteksi meningkat signifikan dimana pada tanggal 11 Agustus 2016 pada pukul 16.30 WIB, hasil deteksi citra radar dan VMS ditemukan jumlah kapal ikan yang diduga melakukan pelanggaran sebanyak 67 unit dan jumlah kapal ikan yang patuh pada waktu yang sama hanya berjumlah 7 unit. Untuk musim peralihan II dengan data tanggal 4 September 2016 pada pukul 16.30 WIB didapatkan kapal ikan yang terduga melakukan pelanggaran menurun signifikan menjadi 12 unit dan kapal ikan yang patuh berjumlah 43 unit.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Tingginya jumlah kapal ikan yang patuh dibandingkan kapal ikan yang melakukan pelanggaran di tanggal 4 September 2016, dapat diduga bahwa kapal ikan yang beroperasi pada saat itu lebih banyak kapal yang mengaktifkan transmitter VMS seperti yang telah diatur dalam PERMEN 10/MENKP/2013 tentang kewajiban penggunaan transmitter VMS untuk kapal ikan diatas 30GT.

Berdasarkan dari data citra radar dan VMS di tahun 2015-2016, maka didapatkan tren bahwa musim tangkap untuk wilayah selatan Kepulauan Aru terjadi di saat musim timur hingga musim peralihan II. Selain mengetahui tren waktu musim tangkap, dengan informasi ini kita juga akan mengetahui lokasi dimana terjadinya pelanggaran (tidak bertransmitter atau mematikan transmitter) yang dilakukan oleh kapal ikan sehingga informasi ini dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi pergerakan kapal patroli dalam melakukan pengawasan sumberdaya perikanan.

Peningkatan efektifitas dalam mendeteksi pelanggaran dan pola gerak kapal akan sangat berpengaruh pada biaya operasional kapal khususnya biaya BBM. Sebagai contoh biaya BBM yang dibutuhkan kapal patroli dengan menerapkan metode patroli secara konvensional, maka biaya BBM yang dibutuhkan ke-empat kapal patroli tersebut (Kelas Orca, Kelas HMT 01, Kelas HMC 04 dan HMC 12) seperti tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6. Biaya BBM Kapal Patroli Dalam 1 Trip

No	Kelas Kapal	Ukuran (LOA) meter	Kecepatan knot	Kapasitas BBM liter	Konsumsi BBM Lt/Jam	Patroli hari	Harga Solar (Non Subsidi)	Biaya BBM
1	ORCA	60	24	138000	410	4	9200	362,112,000
2	HMT 01	42	15	45000	375	4	9200	331,200,000
3	HMC 04	36	15	45000	375	4	9200	331,200,000
4	HMC 12	32	21	30000	312	4	9200	275,558,400

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Perhitungan biaya Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan salah satu *item* yang berkontribusi cukup besar dalam pembiayaan operasi laut yang dilakukan oleh kapal patroli KKP. Pada umumnya kapal patroli dalam operasi 1 kali trip membutuhkan 4 hari operasi dimana lamanya hari layar dalam 1 trip dengan mempertimbangkan kemampuan kapasitas BBM, air bersih dan logistik bahan makanan ABK (Anak Buah Kapal) dalam beroperasi. Dalam waktu 4 hari tersebut, ditemukan atau tidaknya kapal ikan yang melakukan pelanggaran, kapal patroli diharuskan untuk kembali ke pangkalan karena keterbatasan hari operasi layar tersebut.

Biaya operasional yang dibutuhkan selain biaya BBM, biaya lain selama operasi di laut yaitu adanya biaya honor ABK selama berlayar. Biaya ini untuk memenuhi kebutuhan lauk pauk dan biaya lembur dikarenakan aktifitas ABK pada saat berlayar berlaku 24 jam. Adapun biaya yang dibutuhkan oleh kapal patroli dalam 1 kali trip sebagai berikut dibawah ini.

Tabel 4.7. Biaya Honor Anak Buah Kapal

No	Kelas Kapal	Jumlah Personil	Patroli hari	Lumpsum Hari Layar	Biaya ABK
1	ORCA	24	4	250,000	24,000,000
2	HMT 01	21	4	250,000	21,000,000
3	HMC 04	20	4	250,000	20,000,000
4	HMC 12	15	4	250,000	15,000,000

Perhitungan jumlah biaya BBM dan biaya ABK dari kapal patroli diatas, bahwa rata-rata kebutuhan biaya operasional minimum dalam 1 kali trip (4hari) untuk pengawasan di wilayah selatan Kepulauan Aru berkisar antara Rp. 290.558.400 per trip untuk kapal HMC 12 (kapal 32m) hingga Rp. 386.112.000 per trip untuk kapal ORCA (kapal 60m). Jika keempat kapal patroli (ORCA,

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

HMT 01, HMC 04, HMC14) sepenuhnya melakukan patroli sebanyak 30 trip (1 tahun) maka biaya yang dibutuhkan sebesar Rp.41.402.112.000 (Empat Puluh Satu Milyar Empat Ratus Dua Juta Seratus Dua Belas Ribu Rupiah)

Efisiensi biaya operasional akan tercapai jika strategi operasi laut mempertimbangkan beberapa masukan informasi seperti kapan musim tangkap terjadi, informasi citra radar dan VMS untuk mengetahui kondisi near realtime dilapangan maka pergerakan kapal patrol akan lebih efektif sehingga waktu operasi dan biaya operasional menjadi lebih efisien. Berikut adalah perhitungan efisiensi biaya yang didapatkan jika kapal patrol menggunakan sistem MCS terpadu ini maka akan terjadi efisiensi waktu dan biaya operasi laut.

Tabel 4.8. Perhitungan Efisiensi Biaya Operasional Dengan MCS Terpadu

No	Kelas Kapal	Patroli per Trip (Konvensional)	Biaya Ops (30 Trip)	Patroli per Trip (Efisiensi)	Biaya Ops (30 Trip)
1	ORCA	4 hari	11,583,360,000	2 hari	5,791,680,000
2	HMT 01	4 hari	10,566,000,000	2 hari	5,283,000,000
3	HMC 04	4 hari	10,536,000,000	2 hari	5,268,000,000
4	HMC 12	4 hari	8,716,752,000	2 hari	4,358,376,000

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa adanya efisiensi biaya operasional antara metode patroli konvensional dengan metode patroli berbasis MCS terpadu. Efisiensi biaya operasional ini cukup signifikan yaitu mencapai 50% dimana dengan metode konvensional biaya operasional tahunan mencapai Rp.41.402.112.000 dan dengan berbasis MCS hanya dibutuhkan Rp.20,701,056,000.

#### F. Hasil Analisis SWOT Untuk Strategi MCS

Sebagaimana diketahui bahwa saat ini Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) telah memiliki sistem MCS dengan teknologi kapal patroli, sistem VMS dan sistem satelit radar. Integrasi 3 (tiga) teknologi MCS ini telah

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

diterapkan secara *full operational* sejak 2015. Operasional rutin dari sistem ini ditunjang oleh sumberdara manusia yang sudah terlatih dan bersertifikasi mengingat sistem ini cukup rumit dan teknologi termuktahir. Indonesia secara umum telah mengenal beberapa teknologi MCS yang digunakan dan secara prinsip bahwa teknologi MCS yang ada pasti memiliki kelebihan dan kekurangan. Keterbatasan-keterbatasan teknologi MCS inilah yang akan dihitung berdasarkan analisis SWOT untuk mengetahui apakah teknologi MCS yang telah digunakan oleh KKP sudah cukup efektif dan efisien dalam upaya pengawasan dan penindakan IUUF di perairan Indonesia yang cukup luas.

Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan teknologi MCS yang telah digunakan di Indonesia baik itu oleh instansi KKP maupun instansi yang lain :

a. Sistem pemantauan patroli kapal

Pemantauan aktivitas ilegal di laut menggunakan kapal umum digunakan dalam sistem MCS pada umumnya. Instrumen kapal untuk pemantauan di laut harus mempertimbangkan spesifikasi kapal dan waktu operasi dikarenakan akan mempengaruhi biaya dan keterbatasan kemampuan hari operasi kapal di laut. Keterbatasan kemampuan jangkauan dan lama berlayar ini menentukan daerah patroli. Saat ini, Kementerian Kelautan dan Perikanan telah memiliki kapal patroli untuk daerah operasi *internal water* dan *EEZ (Exclusive Economic Zone)* dengan ukuran kelas 30-60m yang mampu berlayar 4-7 hari dan jangkauan operasi yang mencapai 2.000 mil laut (3.704 km). Kemampuan kapal berlayar ditentukan berdasarkan dimensinya karena akan mempengaruhi jumlah bahan bakar dan logistik yang dapat dibawa dalam kapal.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

#### Faktor lingkungan:

Kemampuan olah gerak kapal patroli sangat dipengaruhi faktor eksternal atau lingkungan dimana cuaca yang buruk dapat menyebabkan tidak efektif dalam operasi di laut. Pertimbangan keselamatan bagi Anak Buah Kapal (ABK) menjadi hal utama jika kondisi perairan tidak mendukung atau membahayakan ABK tersebut sehingga penggunaan kapal patroli hanya dapat digunakan saat kondisi cuaca cukup baik. Kondisi lingkungan dikatakan mendukung jika kondisi gelombang dilaut kurang dari 2m (<2m) untuk tipe kapal kelas kecil menengah.

#### Faktor Biaya:

Penggunaan instrumen kapal patroli jika dilihat dari sisi biaya meliputi biaya pembelian kapal, biaya operasi (bahan bakar, pembersihan, dan biaya pemeliharaan), biaya penyimpanan, dan biaya lain-lain (pendaftaran/lisensi kelayakan dan asuransi). Umumnya, biaya pembelian awal kapal patroli dapat berkisar puluhan hingga ratusan milyar per kapal (jauh lebih mahal dari kapal umum). Selain biaya awal pembelian, biaya pemeliharaan juga merupakan bagian tingginya biaya yang harus dikeluarkan sebab kapal yang tidak beroperasi pun tetap membutuhkan biaya pemeliharaan ketika berlabuh di pangkalan. Biaya operasi untuk kebutuhan BBM dan logistik yang tidak sedikit karena kapal memiliki 2 sistem generator yaitu penggerak dan penerangan, sekalipun kapal tidak berlayar kebutuhan generator untuk penerangan tetap dibutuhkan selama berlabuh.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

#### Faktor Infrastruktur:

Pada tingkat yang paling dasar, minimum infrastruktur yang diperlukan untuk kapal patroli adalah fasilitas berlabuh kapal atau dermaga kapal.

#### Faktor Pemeliharaan:

Pemeliharaan kapal patroli pada tingkat paling dasar membutuhkan pembersihan pada lambung kapal khususnya terhadap pertumbuhan biota pengecatan ulang, dan perawatan mesin secara berkala. Pekerjaan ini adalah rutinitas ABK selama di kapal dan pekerjaan tersebut sudah terjadwal secara pasti.

#### Keuntungan:

Keuntungan nyata yang datang dengan menggunakan teknologi kapal berawak yaitu merupakan salah satu pilihan instrumen untuk penegakan hukum karena memiliki kemampuan pengawasan yang dapat langsung berinteraksi dengan pelaku kejahatan saat terjadi di lapangan. Instrumen kapal-kapal ini banyak digunakan untuk membantu membatasi aktifitas *IUU fishing*. Semua operasi penegakan hukum di laut akan efektif jika penentuan waktu dan daerah operasi kapal dilakukan secara terukur dan cermat sehingga kapal dapat langsung melakukan penindakan dengan bukti-bukti kegiatan ilegalnya.

#### Kekurangan:

Kendala yang sering ditemukan pada instrument kapal patroli pada MCS adalah dibutuhkannya waktu perjalanan yang diperlukan untuk kapal-kapal ini tiba di lokasi aktivitas ilegal. Selain itu, penggunaan kapal juga membutuhkan waktu lama untuk melacak lokasi aktivitas ilegal sebab

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



jarak pandang pantau target sangat terbatas sehingga seringkali dilakukan pelacakan secara acak/random. Untuk meningkatkan efektifitas olah gerak kapal maka dibutuhkan informasi yang valid dan penempatan posisi kapal patroli menjadi hal penting agar kendala waktu tempuh perjalanan dapat diminimalkan. Biaya bahan bakar adalah kerugian besar bagi kapal berawak, karena sering kali patroli kapal tanpa dukungan informasi target yang tepat menyebabkan penggunaan bahan bakar terbuang sia-sia tanpa hasil. Biaya bahan bakar dan logistik inilah merupakan kekurangan dari instrumen kapal jika tidak dilakukan secara terukur dan cermat dalam patroli.

b. Sistem pemantauan patroli pesawat

Instrumen pengawasan udara memiliki jangkauan yang luas melebihi kapal patroli. Kecepatan, kapasitas bahan bakar dan kecanggihan teknologi yang tersedia dalam pesawat dapat meningkatkan efektifitas pengawasan daerah operasi. Berdasarkan kemampuan ini, pola operasi dengan pesawat udara akan semakin optimal jika ditunjang jarak bandara ke daerah operasi tidak terlalu jauh. Sebagai referensi patroli umum, pesawat akan mampu melakukan waktu penerbangan antara 4-6 jam pada kecepatan nominal. Durasi waktu patroli tergantung pada jarak tempuh dan waktu identifikasi dan pemotretan kapal yang diduga melakukan aktivitas ilegal. Saat ini, sistem MCS dengan menggunakan pesawat udara di Indonesia hanya digunakan oleh militer, pada tingkatan sipil yaitu Kementerian Kelautan dan Perikanan belum memiliki pesawat patroli udara sendiri sehingga jika dibutuhkan harus bekerjasama dengan militer atau melakukan sewa dengan pihak swasta.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

### Faktor Lingkungan:

Kondisi lingkungan yang paling mendesak untuk dukungan pesawat udara adalah keberadaan bandara atau landasan dengan jarak yang relatif dekat dengan area patroli. Ketika patroli ini menjelajah ke daerah yang lebih terpencil atau jauh, mereka membutuhkan penggunaan pesawat jarak jauh. Keterbatasan lingkungan lainnya adalah ketidakmampuan pesawat untuk beroperasi dalam kondisi cuaca buruk karena mengkhawatirkan keselamatan awak kapal. Beberapa kondisi cuaca yang membahayakan penerbangan adalah turbulensi yang kuat, badai, petir, angin kencang, hujan lebat, salju / es, dan kabut tebal.

### Faktor Biaya:

Untuk pesawat berawak, biaya operasi yang dibutuhkan sangat tinggi baik dalam modal awal maupun tahunan biaya operasional. Pesawat udara telah banyak digunakan dan dikembangkan untuk MCS khususnya oleh militer. Rincian biaya yang dibutuhkan jika menggunakan pesawat dalam MCS meliputi biaya pembelian pesawat tipe Cessna yang mencapai puluhan milyar dan biaya operasi pesawat dapat dibagi menjadi biaya tetap (asuransi, biaya penyimpanan / hangar) dan biaya variabel (bahan bakar, minyak, dan pemeliharaan). Pemilihan pesawat patroli yang dimaksudkan sebagian besar didorong oleh biaya yang terkait dengan operasi dan pemeliharaan. Operasi pesawat dapat bervariasi dalam biaya- jam udara, tergantung pada konfigurasi pesawat dan peralatan *onboard*. Tarif per jam untuk misi pengawasan bisa mencapai puluhan juta hanya untuk kegiatan rutin pengawasan.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

#### Faktor Infrastruktur:

Infrastruktur yang diperlukan untuk pengoperasian pesawat berawak yang terpenting adalah keberadaan bandara untuk mendukung operasi penerbangan. Ini termasuk kontrol lalu lintas udara, pemeliharaan, kebutuhan bahan bakar, dan ketersediaan suku cadang. Di beberapa daerah yang terpencil, beberapa kebutuhan ini mungkin sulit ditemukan sehingga dapat dipastikan bahwa untuk penggunaan pesawat sebagai armada patroli harus bertolak dari bandara kelas II yang memiliki fasilitas logistik, teknologi *air traffic control* dan sumberdaya manusia yang cukup.

#### Faktor Pemeliharaan:

Perawatan terjadwal secara teratur adalah bagian penting dari kepemilikan pesawat dan menempati mayoritas operasi bandara setiap hari. Inspeksi perangkat keras dan perangkat lunak secara teratur membutuhkan biaya yang tidak sedikit dan perhatian yang serius. Ketelitian dalam pemeliharaan demi keselamatan awak dan umur pesawat yang panjang.

#### Keuntungan:

Penggunaan pesawat berawak untuk MCS dapat mempersingkat waktu perjalanan ke daerah operasi dan dapat memberikan respon yang relatif cepat sehingga obyek yang ditarget lebih cepat teridentifikasi atau ditemukan. Selain itu, pemantauan dengan pesawat memiliki ruang pandang yang cukup luas dari udara sehingga dalam luasan tertentu dapat dipantau lebih cepat dibantu dengan teknologi *airbone camera* yang terintegrasi GPS (*Global Positioning System*) sehingga mampu melihat obyek kecil secara jelas dengan informasi koordinat jika dibandingkan

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

dengan kapal patroli yang memiliki jarak pandang terbatas.

Kekurangan:

Kekurangan utama dengan penerbangan berawak adalah dibutuhkan biaya yang sangat tinggi. Masalah ini selalu menjadi kendala utama dalam pengoperasian pesawat udara sekalipun untuk rutinitas militer. Biaya operasional pesawat berawak yang tinggi memicu munculnya beberapa inovasi untuk peningkatan pengembangan instrumen MCS dengan menggunakan teknologi pesawat tanpa awak untuk menekan biaya walaupun pada teknologi pesawat tanpa awak terdapat keterbatasan jangkauan operasi dibandingkan pesawat udara. Selain biaya operasional, kekurangan dari operasionalisasi pesawat udara adalah tidak bisa melakukan penindakan langsung terhadap kegiatan ilegal dilapangan seperti halnya penggunaan instrumen kapal patroli.

c. Sistem pemantauan radar pantai

Dalam sistem radar modern, penentuan dan pelacakan objek merupakan suatu proses yang tidak dapat dipisahkan untuk menunjang fungsi utama radar. Radar sendiri hanya dapat mendeteksi dan menentukan lokasi objek yang terdeteksi melalui informasi jarak dan sudut terhadap radar, tetapi tidak dapat melakukan fungsi pelacakan objek. Pada radar konvensional, penentuan dan pelacakan objek biasanya dilakukan secara manual oleh operator radar melalui pengamatan visual secara langsung terhadap gambar pantulan yang diterima oleh radar. Pemanfaatan teknologi radar pantai banyak dilakukan pada pelabuhan dan perairan sempit (selat) yang merupakan jalur pelayaran perdagangan yang lebih dititik beratkan pada pemantauan lalu lintas kapal agar mencegah

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

terjadinya kecelakaan dilaut. Saat ini, sistem pemantauan dengan radar pantai di Indonesia hanya digunakan untuk beberapa lokasi militer yang strategis dan terbatas oleh cakupan area yang terpantau, jangkauan hanya  $\pm 30\text{nm}$  dari menara radar.

Faktor Lingkungan:

Teknologi radar pantai dapat digunakan kapan saja (siang atau malam) dan terbebas dari tutupan awan atau kabut. Teknologi ini memiliki kemampuan untuk melihat untuk jarak yang tidak terlalu jauh  $\pm 30\text{nm}$  dan tidak terhalang daratan sehingga penempatan stasiun radar pantai harus berada di titik atau lokasi tertinggi di suatu daratan.

Faktor Biaya:

Perangkat radar pantai tersedia dalam berbagai konfigurasi yang menentukan kemampuan untuk mendeteksi objek. Biaya teknologi ini umumnya sangat bergantung pada kecanggihan teknologi radar, daya, jangkauan, dan kemampuan mengidentifikasi objek. Konfigurasi teknologi radar terbagi menjadi 2 yaitu *stand alone* dan *array*. Konfigurasi *array* dapat menghabiskan biaya puluhan milyar mengingat tipe konfigurasi ini mempunyai perangkat yang lebih banyak untuk dapat menjangkau wilayah pemantauan yang lebih luas. Umumnya, kemampuan sensor radar tunggal hanya berkisar  $\pm 30\text{nm}$ , oleh sebab itu jika ingin mencakup wilayah yang luas diperlukan konfigurasi radar *array*.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

#### Faktor Infrastruktur:

Pada umumnya sistem radar pantai akan menyertakan antenna radar yang dipasang pada menara. Infrastruktur dan operasional radar ini akan membutuhkan sumber daya manusia, jaringan komunikasi untuk terhubung dengan kapal patroli dan sistem komputer untuk menampilkan data yang terdeteksi. Perangkat keras berupa antenna radar, perangkat pengolahan data dan perangkat lunak beserta sistem informatika (IT) harus dalam satu kesatuan sistem. Pada umumnya perangkat teknologi radar lebih sederhana dalam pemeliharaan dan pengoperasiannya jika dibandingkan teknologi satelit.

#### Faktor Pemeliharaan:

Perawatan radar sangat penting untuk meningkatkan efektifitas sistem. Sistem pemancar dan penerima pada antenna radar menjadi perangkat yang utama yang perlu mendapatkan pemeliharaan secara ekstra. Pemeliharaan dapat dilakukan pada bangunan menara yang tidak membutuhkan peralatan yang terlalu canggih dan mudah dilakukan oleh teknisi yang sudah terlatih.

#### Keuntungan:

Keuntungan utama dalam radar adalah kesederhanaannya dan telah banyak orang yang mengenal akan teknologi ini. Sistem radar sudah banyak diterapkan khususnya di kapal besar dan pelabuhan besar. Selain itu, sebagian besar personil militer telah memiliki beberapa pengalaman terhadap sistem kerja radar. Biaya yang dibutuhkan untuk operasional juga tidak terlalu besar hanya diperlukan untuk biaya daya/listrik dan pemeliharaan rutin perangkat hardware. Data yang didapatkan secara

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

*realtime* atau kontinyu sehingga dapat melihat pergerakan objek yang diamati.

Kekurangan:

Radar hanya dapat mengidentifikasi benda tanpa identitas dan dimensi yang kurang akurat. Data radar hanya berupa *echo* yang perlu diinterpretasikan kembali apakah *echo* tersebut berupa kapal atau objek lain dikarenakan secara visual kurang begitu jelas, perlu keahlian dalam melakukan interpretasi. Jarak jangkauan sensor radar juga terbatas yaitu berkisar  $\pm 30\text{nm}$  dimana teknologi ini lebih cocok untuk mengetahui pergerakan kapal disekitar pelabuhan atau pantai, tidak dapat untuk memantau area laut lepas.

d. Sistem pemantauan VMS

VMS (*Vessel Monitoring System*) telah diterapkan di oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan sejak 2004 yang pada umumnya digunakan mengirimkan pesan lokasi melalui satelit komunikasi. Namun, sistem ini di Indonesia hanya diperuntukkan pada kapal ikan agar dapat diketahui informasi posisi, arah kapal, kecepatan kapal dan identitas kapal yang dalam sistem pemantauannya bersifat regional. Sistem komunikasi data dari *transmitter* yang terpasang pada kapal menuju pusat pengendali atau pusat data menggunakan jaringan satelit komunikasi yang seringkali keterlambatan *updating* data (satu jam sekali) karena tergantung pada lintasan satelit komunikasi yang melintas di wilayah/negara yang memanfaatkan transmitter VMS tersebut. Penggunaan transmitter VMS ini cukup membantu dalam memantau kapal-kapal ikan yang telah memiliki ijin dimana hanya kapal yang telah mendapatkan ijin wajib menggunakan

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

*transmitter* VMS sehingga Negara dapat melihat berapa jumlah kapal ikan yang berijin sedang beroperasi di laut.

#### Faktor Lingkungan:

Karena ini bergantung pada *transmitter* yang ditempatkan di kapal penangkap ikan, satu-satunya kendala lingkungan adalah performa sateliti komunikasi yang dapat berfungsi baik saat cuaca buruk. Umumnya, sistem ini tidak mengalami kendala lingkungan yang berarti sebab jika kondisi cuaca kurang mendukung sebagian besar kapal ikan akan mempertimbangkan untuk tidak beroperasi mengingat cuaca buruk dapat membahayakan keselamatan pekerja di atas kapal.

#### Faktor Biaya:

Keterbatasan utama dalam penerapan luas VMS adalah biaya. Penawaran saat ini untuk sistem ini, kapal ikan yang menggunakan fasilitas *transmitter* VMS akan membutuhkan biaya komunikasi data yang cukup mahal karena berbasis komunikasi satelit. Pembiayaan komunikasi data yang tidak sedikit inilah menyebabkan bahwa kapal ikan di Indonesia yang berukuran >30GT saja yang wajib menggunakan *transmitter* VMS, sedangkan kapal kecil <30GT tidak diwajibkan.

#### Faktor Infrastruktur:

Setiap kapal yang berpartisipasi akan membutuhkan *transmitter* di kapal, baik yang didukung oleh baterai atau menggunakan sistem daya/listrik di atas kapal. Perangkat *transmitter* ini diintegrasikan dengan GPS sebagai alat navigasi sehingga keberadaan posisi kapal berdasarkan informasi GPS yang telah terpasang. Selain perangkat *transmitter*, pusat pengendali atau pemantau kapal harus tersedia di darat dengan sistem yang

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



terintegrasi dengan semua *transmitter* kapal sehingga segala informasi yang tersedia di kapal dapat terpantau secara langsung *near realtime* di pusat pengendali.

Faktor Pemeliharaan:

*Transmitter* VMS pada dasarnya merupakan perangkat yang sederhana dan tidak membutuhkan pemeliharaan yang rumit. Gangguan fungsi yang sering terjadi hanya berupa sistem daya dan sistem komunikasi data saja serta suku cadang perangkat ini banyak tersedia dipasaran.

Keuntungan :

Keuntungan utama untuk VMS adalah tersedia sistem pelaporan secara rutin terkait keberadaan posisi kapal ikan yang beroperasi sesuai atau tidak dengan data perijinan yang dimilikinya, dapat mengetahui *fishing ground* kapal ikan Indonesia sehingga membantu sekali untuk manajemen perikanan. Data-data VMS ini juga membantu pemilik kapal mengetahui keberadaan kapal mereka dan membantu juga sebagai alat informasi keselamatan pelayaran dimana jika terjadi kecelakaan di laut dapat segera diketahui keberadaannya.

Kekurangan:

Kekurangan utama sistem VMS adalah dibutuhkannya biaya komunikasi data yang tidak sedikit dan menjadi beban dari pemilik kapal. Sistem pemantauan yang bersifat regional dan cenderung tertutup dari data yang dikumpulkan telah sangat membatasi pengembangan, inovasi, dan kegunaan dari data dalam pengelolaan perikanan secara global. Selain itu, sistem ini relatif mudah dimanipulasi seperti pemindahan *transmitter* ke

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

kapal yang bukan seharusnya sesuai dengan izin dan jenis data dalam bentuk teks atau angka mempermudah dirubah oleh operator di tingkat pusat pengendali.

e. Sistem pemantauan satelit radar

Sama seperti rentang yang dicakup oleh satelit pencitraan optik, satelit SAR (Synthetic Aperture Radar) memiliki cakupan yang bervariasi dengan resolusi yang cukup tinggi. Keterbatasan satelit SAR adalah penerimaan data gambar hanya dapat diterima pada saat satelit melintasi diatas lokasi yang diinginkan. Selain itu, ketersediaan gambar SAR memiliki periode pengulangan yang tidak cepat (*revisit time*) hingga beberapa hari. Teknologi satelit SAR ini mempunyai kemampuan mendeteksi objek di laut baik itu berupa kapal, daratan, vegetasi, tumpukan es hingga tumpahan minyak dalam waktu relatif cepat berkisar 1 jam, hal ini disebabkan sensor radar mempunyai resolusi tinggi hingga 1m sehingga mempermudah identifikasi objek yang diamati. Saat ini, Kementerian Kelautan dan Perikanan telah memiliki fasilitas stasiun bumi penerima data satelit SAR secara mandiri sehingga data yang dapat diterima dari satelit sangat cepat *near realtime* hanya dalam waktu beberapa menit tanpa harus melalui provider satelit.

Faktor Lingkungan:

Satelit SAR memiliki sensor bersifat gelombang micro sehingga mampu melakukan pengambilan data gambar walaupun dalam keadaan berawan, hujan dan malam hari. Namun, sebagai akibat dari terbatasnya jumlah satelit SAR, waktu pengulangan satelit melintas diatas lokasi pengamatan membutuhkan beberapa hari.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

### Faktor Biaya:

Biaya yang dibutuhkan untuk memperoleh data gambar SAR relatif mahal jika konsumen tidak memiliki fasilitas stasiun bumi penerima data. Biaya pembelian data kepada *provider* satelit berkisar puluhan juta untuk luasan gambar 22.500km<sup>2</sup>, sedangkan jika memiliki fasilitas stasiun penerima hanya membutuhkan biaya belasan juta dengan luasan yang sama. Kebutuhan pembangunan fasilitas penerima data memerlukan perangkat dan sistem yang cukup canggih dan rumit sehingga dibutuhkan keahlian khusus dan biaya pembelian perangkat cukup mahal hingga puluhan milyar walaupun masa pakai (*life time*) bisa mencapai 10 hingga 15 tahun.

### Faktor Infrastruktur:

Pemrosesan citra SAR memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak khusus untuk melakukan ini dengan benar. Ini bisa menjadi proses yang relatif rumit untuk menghasilkan gambar yang informatif. Dalam pengumpulan data citra, semua yang diperlukan *interface* komputer yang memiliki spesifikasi tinggi dan perangkat lunak untuk menganalisis data.

### Faktor Pemeliharaan:

Karena peralatan yang diperlukan untuk pengumpulan citra satelit adalah aset yang dimiliki oleh swasta perusahaan atau pemerintah, konsumen tinggal menerima data dan informasi yang sudah teranalisis sehingga mempermudah interpretasi dan tidak mengeluarkan biaya pemeliharaan.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

#### Keuntungan:

SAR adalah teknologi radar, yang menyediakannya dengan beberapa manfaat secara *near realtime* dengan pendekatan penginderaan. Radar lebih mudah dalam pengumpulan informasi kapan saja (siang atau malam) baik itu kondisi hujan sekalipun dan terbebas dari tutupan awan. Selain itu, satelit radar telah banyak digunakan dalam pengawasan (dalam konteks militer) sehingga sudah banyak yang memahami akan teknologi ini. Kemampuan sensor resolusi tinggi mempermudah identifikasi objek yang diamati dengan tingkat akurasi yang baik khususnya dalam mendeteksi kapal dan tumpahan minyak. Daerah pemantauan yang cukup luas mencakup seluruh perairan sesuai dengan lintasan satelit yang dilaluinya sehingga seringkali digunakan sebagai data dan informasi pertahanan baik darat maupun laut. Kementerian Kelautan dan Perikanan telah memiliki stasiun bumi satelit SAR RADARSAT-2 dan Cosmoskymed sehingga dengan adanya sistem *constellation* antara kedua satelit SAR ini kendala terhadap *revisit time* dapat diminimalkan.

#### Kekurangan:

Sebuah satelit SAR memiliki kekurangan terkait dengan *revisit time* yang membutuhkan waktu beberapa hari untuk sebuah pengamatan dilokasi yang sama sehingga dibutuhkan beberapa satelit SAR agar dapat saling *back-up* data gambar untuk sebuah pengamatan *near realtime*. Selain itu data yang didapatkan hanya berupa data gambar, statis dan sesaat sehingga tidak dapat untuk memantau pergerakan objek seperti kapal secara kontinyu. Biaya data yang cukup mahal untuk pembelian data jika tidak memiliki fasilitas stasiun penerima data sendiri sehingga

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

teknologi satelit SAR akan lebih efektif dan efisien untuk MCS jika memiliki fasilitas stasiun penerima.

Beberapa teknologi MCS yang telah disebutkan diatas memiliki kelebihan dan kekurangan, oleh sebab itu untuk pengembangan MCS Indonesia khususnya dibawah Kementerian Kelautan dan Perikanan dimana teknologi yang telah ada apakah tepat untuk digunakan atau dioptimalkan berdasarkan analisis tingkat kepentingan agar operasionalisasi MCS dapat berjalan efektif dan efisien. Saat ini, Kementerian Kelautan dan Perikanan telah menggunakan 3 teknologi MCS yaitu kapal patroli, sistem VMS dan satelit SAR sejak 2015 sedangkan teknologi pesawat udara dan radar pantai dimiliki oleh pihak militer dan pelabuhan.

Penentuan strategi MCS yang sesuai akan dilakukannya analisis SWOT dengan menggunakan metode Internal Eksternal Matriks dan pembahasannya dalam bentuk tabel berikut.



Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Tabel 4.9. Perhitungan Analisis SWOT

No	IFAS	Bobot Faktor NK:ΔNK x 100%	Nilai Rating	Skor Terbobot (Bobot Faktor x Nilai Rating)
<b>A</b>	<b>STRENGTH/KEKUATAN (S)</b>			
1	Penindakan langsung dilapangan dengan kapal patroli	0.13	5.00	0.64
2	Pengawasan tidak terkendala cuaca	0.10	3.50	0.35
3	Jangkauan pengawasan seluruh perairan Indonesia	0.13	4.00	0.51
4	Kemampuan informasi kapal legal dan kapal ilegal secara cepat	0.11	4.50	0.51
5	Sumberdaya manusia yang terlatih	0.10	3.00	0.30
				2.32
<b>B</b>	<b>WEAKNESS/KELEMAHAN (W)</b>			
6	Biaya investasi MCS mahal	0.11	4.00	0.46
7	Pemantauan tidak realtime ( <i>near realtime</i> )	0.09	3.00	0.26
8	Terbatasnya jumlah armada kapal patroli	0.10	3.00	0.30
9	Security data kurang terjamin	0.07	2.00	0.14
10	Sumberdaya manusia yang terbatas	0.06	2.00	0.11
				1.27
	<b>Total</b>	1.00		1.27
	<b>Total (S) dan (W)</b>			3.59
	<b>(S) terhadap (W)</b>			1.05
	EFAS	Bobot Faktor NK:ΔNK x 100%	Nilai Rating	Skor Terbobot (Bobot Faktor x Nilai Rating)
<b>C</b>	<b>OPPORTUNITY/PELUANG (O)</b>			
1	Pemanfaatan data satelit untuk bidang lain	0.13	5.00	0.64
2	Perkembangan IPTEK dan Teknologi	0.09	3.00	0.26
3	Peningkatan kerjasama penindakan IUUF antar lembaga/negara	0.11	4.50	0.51
4	Penambahan armada kapal patroli	0.10	3.50	0.35
5	Pengembangan core business (Badan Layanan Umum)	0.13	4.50	0.58
				2.34
<b>D</b>	<b>THREAT/ANCAMAN (T)</b>			
6	Kapal patroli menggunakan BBM non subsidi	0.10	3.00	0.30
7	Pembelian data dan pemeliharaan sistem satelit radar dengan Dollar	0.11	3.00	0.34
8	Adanya pesaing dalam teknologi MCS	0.07	2.00	0.14
9	Pembiayaan operasional bergantung APBN	0.09	3.00	0.26
10	Masa pakai ( <i>life time</i> ) satelit terbatas (10-15 tahun)	0.07	2.00	0.14
				1.19
	<b>Total</b>	1.00		1.19
	<b>Total (O) dan (T)</b>			3.53
	<b>(O) terhadap (T)</b>			1.16

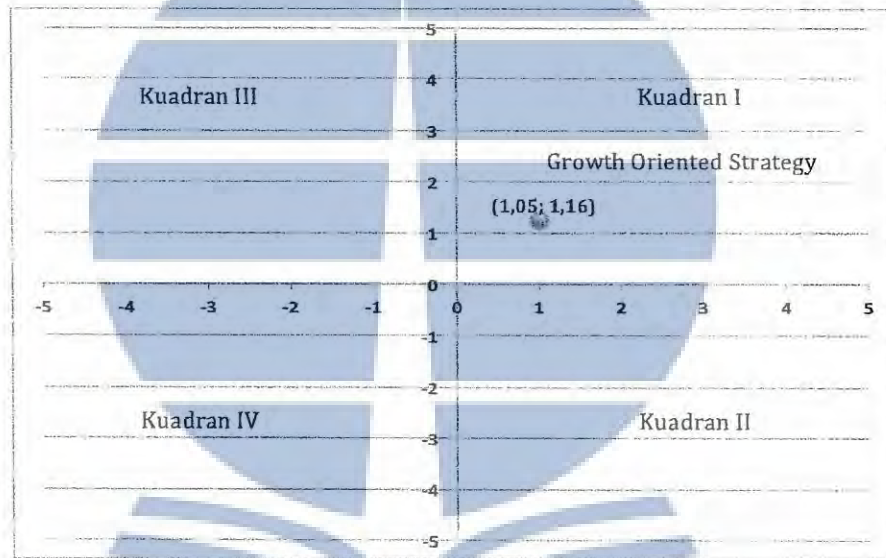
Berdasarkan tabel diatas maka, dapat diketahui bahwa faktor internal cukup tinggi sebesar 3,59, hal ini diperoleh berdasarkan dari jumlah total kekuatan sebesar 2,32 dan faktor kelemahan sebesar 1,27 yang artinya faktor kekuatan lebih tinggi dari faktor kelemahan. Selain faktor itu, faktor eksternal juga cukup tinggi yakni sebesar 3,53 dimana nilai ini didapatkan dari jumlah total peluang sebesar 2,34 dan faktor ancaman sebesar 1,19. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah faktor peluang dapat mengatasi faktor ancaman. Skor total dari analisis *Strenght*, *Weakness*, *Opportunity* and *Threat* yang telah diketahui kemudian dapat digunakan IE Matriks sebagai berikut;

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Matriks penentuan pemilihan teknologi MCS yang sudah digunakan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan selama ini berada pada posisi strategi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Sumbu X} &= \text{Total Kekuatan} - \text{Total Kelemahan} \\ &= 2,32 - 1,27 \\ &= 1,05\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sumbu Y} &= \text{Total Peluang} - \text{Total Ancaman} \\ &= 2,34 - 1,19 \\ &= 1,16\end{aligned}$$



Gambar 4.21. Matriks Penetapan Strategi MCS

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa teknologi MCS KKP telah memiliki faktor internal yang baik dengan kekuatan lebih baik dibanding kelemahan yang ada. Selaras dengan itu, dari sisi faktor eksternal bahwa peluang yang ada juga lebih baik dari pada ancamanyang dihadapi. Penilaian terhadap faktor-faktor tersebut maka sistem MCS khususnya teknologi satelit ini tidak hanya memiliki kemampuan pengawasan dan penindakan yang baik di bidang Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

IUUF, akan tetapi juga mampu memanfaatkan potensi dan kesempatan berkembang untuk pemanfaatan jasa lainnya seperti bidang lingkungan, kebencanaan dan meteorologi melalui fasilitas MCS yang tersedia. Selain itu, keberadaan fasilitas MCS ini berpeluang besar untuk mengembangkan kerjasama antar lembaga/Negara dan memiliki potensi untuk membentuk Badan Layanan Umum (BLU) agar kebutuhan biaya operasional bisa dipenuhi secara mandiri dan tidak bergantung pada APBN. Hal ini merupakan situasi yang menguntungkan bahwa dengan strategi MCS yang telah dimiliki dapat mendukung kemampuan penindakan IUUF secara mandiri dan memiliki strategi pengembangan lembaga yang agresif (*Growth Oriented Strategy*).





## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penginderaan jauh dan data VMS yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Karakteristik kesuburan perairan di selatan Kepulauan Aru menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a pada musim timur hingga musim peralihan II lebih tinggi dibandingkan pada saat musim barat dan musim peralihan I. Begitu juga dengan jumlah kapal ikan yang beroperasi pada musim timur hingga musim peralihan II lebih banyak dibandingkan pada musim barat maupun musim peralihan I.
2. Musim tangkap ikan di perairan Selatan Kepulauan Aru terjadi pada musim timur hingga musim peralihan II.
3. Strategi operasi laut dengan teknologi penginderaan jauh dan VMS melalui metode tumpang tindih (*Overlay*) dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam penindakan *illegal fishing* dimana hasil analisis SWOT sistem tersebut berada pada kuadran I (*Growth Oriented Strategy*).

### B. Saran

Untuk pengembangan strategi MCS terpadu berbasis teknologi penginderaan jauh, dapat dilakukan uji validasi dengan implementasi sistem ini dalam operasi patroli laut di lapangan. Uji validasi strategi ini untuk mengukur tingkat efektifitas dan efisiensi selama patroli laut berlangsung dan nantinya dapat diterapkan dalam skala lebih besar per WPP sehingga penempatan armada patroli, waktu dan lokasi patroli jadi lebih efektif dan efisien mengingat karakteristik kesuburan perairan atau musim tangkap ikan di setiap WPP berbeda-beda.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

**DAFTAR PUSTAKA**

- Basuma, T. (2009). Penentuan Daerah Penangkapan Ikan Tongkol Berdasarkan Pendekatan Suhu Permukaan Laut dan Hasil Tangkapan di Perairan Binuangeun, Banten. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- BBPPI. (2000). Daerah Penangkapan Ikan. Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan, Semarang.
- David, F. (1998). Strategic Management. New Jersey: Prentice Hall International Inc.
- FAO. (1995). Code of Conduct for Responsible Fisheries, Page 41. FAO, Rome.
- FAO. (2001). International Plan of Action to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated Fishing. FAO, Rome.
- FAO. (1998). Fishing Technology Service, Fishing Operations. 1, Vessel Monitoring Systems, FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No. 1, Suppl. 1, FAO, Rome.
- Hamzah, H. (2004). Deteksi Lapisan Minyak (Oil Spill) dengan Citra Radar Diperairan Utara Batam. Program Studi Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hatta, M. (2002). Hubungan antara Klorofil-a dan Ikan Pelagis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Herman. (2010). Analisis Kandungan Klorofil-A dan Hasil Tangkapan Ikan Bawal Putih (Pampus Argenteus) di Perairan Pangandaran Jawa Barat. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

- Indira, D. (2009). *Kerjasama Maritim Asia Tenggara dalam Penanggulangan Penangkapan Ikan Ilegal Studi Kasus: Praktik Penangkapan Ikan Ilegal di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia*. Program Pascasarjana Ilmu Hubungan Internasional Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Indonesia, Jakarta.
- Insanu, K., & Sukojo, M. (2013). *Analisis Pemetaan Zona Penangkapan Ikan (Fishing Ground) dengan Menggunakan Citra Satelit TERRA MODIS dan Parameter Oseanografi*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII. Program Studi MMT-ITS, Surabaya.
- Kadyat, T., & Siswanto, N. (2007). *Analisa Strategis Penentuan Jumlah dan Penempatan KRI Kelas SIGMA dalam Operasi Pengamanan Wilayah Perairan Timur Indonesia dengan Metoda Optimasi*, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi V. Program Studi MMT-ITS, Surabaya.
- Widjaya, I. (2013). *Kekayaan Laut Arafura Hilang Rp 11,8 Triliun Setahun*, <http://news.liputan6.com/read/754948/kekayaan-laut-arafura-hilang-rp-118-triliun-setahun>.
- Kiefer., & Lillesand. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Diterjemahkan oleh Dulbahri, Prpto Suharsono, Hartono, dan Suharyadi). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Kushardono, D. (2003). *Penginderaan Jauh untuk Wilayah Pesisir dan Kelautan*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jakarta.
- Mahmudah, N. (2015). *Illegal Fishing*. Jakarta : Sinar Grafika.
- Mulyana, R., & Wisudo, S. (2012). *Keberlanjutan Perikanan Skala Besar di Laut Arafura*. Buletin PSP, Vol 21, No 1. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

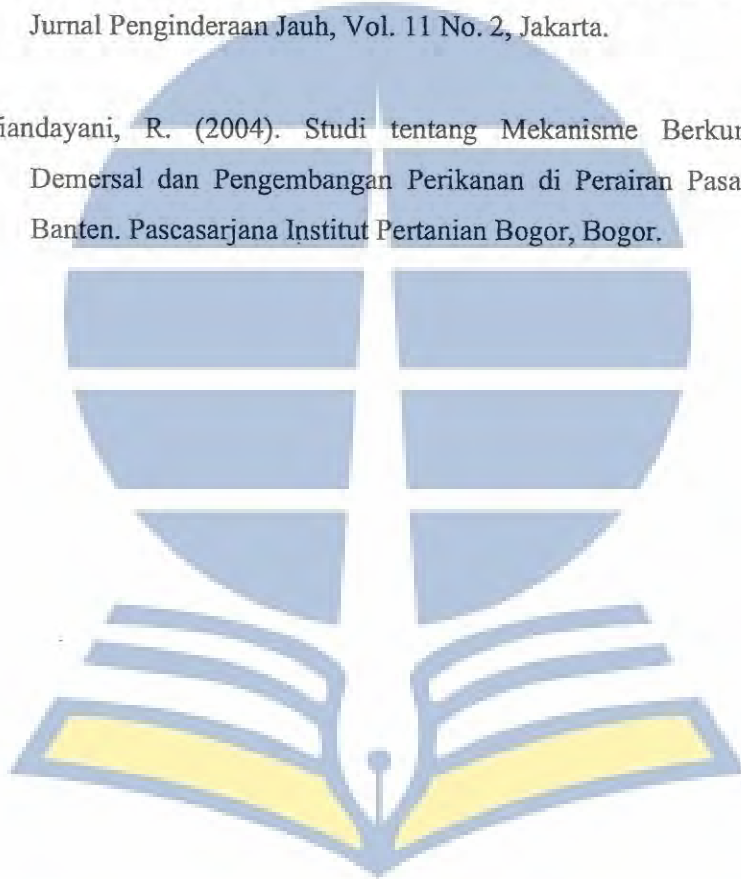
Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

- Natsir, M., & Atmaja, S. (2013). Aktivitas Penangkapan Individu Kapal Purse Seine di Laut Maluku dengan Sistem Pemantauan Kapal (VMS) dan Observer. *Jurnal Litbang Perikanan*, Vol. 19, No.1, Jakarta.
- Nikijuluw, V. (2002). *Rezim Pengelolaan Sumberdaya Perikanan*. Jakarta: Pustaka Cidesindo.
- Nybakken., & James, W. (1992). "Biologi Laut", Terjemahan oleh Moh. Eidman dan Kuesoebiono. Jakarta : PT. Gramedia.
- Odum, E. (1971). *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia : W.B. Saunders Co.
- Pranowo,W. (2012). Dinamika Upwelling dan Downwelling di Laut Arafura dan Timor. *Widyariset*, Vol 15, No 2. Jakarta
- Rahmadiani., & Hendiarto, Y. (2014). Analisis Kriminologis terhadap Praktik Illegal Fishing oleh Kapal Asing di Laut Aru dan Arafura Periode Tahun 2004-2011. Departemen Kriminologi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rahardjo, P. (2013). Analisis Nilai Kerugian Akibat Illegal Fishing di Laut Arafura Tahun 2001-2013. Pandangan Ilmiah disampaikan pada Workshop on Parameters and Indicators of Habitats to be Expressed in Map of Trawl Fishing Gear Management in Arafura Sea. Kerja sama Ditjen. Perikanan Tangkap dengan Food Agriculture Organization (FAO). Royal Hotel Bogor 19 -22 Maret 2013, Bogor.
- Rangkuti, F. 2006. Analisis SWOT : Teknik Membedah Kasus Bisni-Reorientasi Konsep Perencanaan Strategis untuk Menghadapi Abad 21. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

- Republik Indonesia. (2014). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 54 Tahun 2014 tentang Rencana Pengelolaan Perikanan WPP 718. Sekretariat Jenderal KKP RI, Jakarta.
- Savitri, A., & Setyawidati, W. (2009). Penggunaan VMS dalam Pengelolaan Sumberdaya Perikanan. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan, Jakarta.
- Sunarto. (2008). Peranan Upwelling terhadap Pembentukan Daerah Penangkapan Ikan. Universitas Padjajaran, Bandung.
- Dewayani, S. (2002). Fenomena Alam dan Perkembangan Teknologi Penginderaan Jauh. Hakekat Ilmu untuk Produktifitas Perikanan. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Suryanto., & Widodo A.P. (2011). Struktur dan Dinamika Armada Perikanan di Laut Arafura. Paper dipresentasikan pada Forum Perikanan Arafura, Pusat Riset Perikanan Tangkap, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Tubawalony, S. (2007). Kajian Klorofil-a dan Nutrient serta Interelasinya dengan Dinamika Massa Air di Perairan Barat Sumatera dan Selatan Jawa-Sumbawa. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Universitas Terbuka (2014). Panduan Penulisan Proposal dan Tugas Akhir Program Magister. Jakarta : Universitas Terbuka.
- Valiela, I. (1984). *Marine Ecological Processes*. Library of Congress Catalogy in Publication Data. New York.
- Widodo, J., & Suadi. (2006). Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Laut. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

- Widianto, I. (2014). Upaya Negara Indonesia dalam Menangani Masalah Illegal Fishing di Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia. *Jurnal Hukum Universitas Atmajaya*. Yogyakarta.
- Wijopriono., & Fayakun, S. (2014). Status Perikanan dan Stok Sumberdaya Ikan Pelagis Kecil di Laut Arafura. *Jurnal Litbang Perikanan*, Vol. 20 No.3, Jakarta.
- Winarso, G., & Kurniawan, E. (2014). Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mendukung Perencanaan Operasi Keamanan Laut di Laut Arafuru. *Jurnal Penginderaan Jauh*, Vol. 11 No. 2, Jakarta.
- Yusfiandayani, R. (2004). Studi tentang Mekanisme Berkumpulnya Ikan Demersal dan Pengembangan Perikanan di Perairan Pasauran, Propinsi Banten. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.



Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data komposit mingguan konsentrasi klorofil-a

No	Periode	Klorofil-a	No	Periode	Klorofil-a
1	20150101	0.240	49	20160101	0.628
2	20150102	0.110	50	20160102	0.307
3	20150103	0.290	51	20160103	0.354
4	20150104	0.529	52	20160104	0.221
5	20150201	0.248	53	20160201	0.290
6	20150202	0.232	54	20160202	NAN
7	20150203	NAN	55	20160203	0.349
8	20150204	0.301	56	20160204	0.241
9	20150301	0.213	57	20160301	0.168
10	20150302	0.507	58	20160302	0.480
11	20150303	0.198	59	20160303	0.283
12	20150304	0.207	60	20160304	0.245
13	20150401	0.319	61	20160401	0.247
14	20150402	0.388	62	20160402	0.258
15	20150403	0.293	63	20160403	0.236
16	20150404	0.351	64	20160404	0.330
17	20150501	0.576	65	20160501	0.428
18	20150502	1.006	66	20160502	0.504
19	20150503	1.205	67	20160503	0.927
20	20150504	1.045	68	20160504	0.722
21	20150601	1.199	69	20160601	0.728
22	20150602	2.577	70	20160602	0.796
23	20150603	2.256	71	20160603	1.454
24	20150604	2.835	72	20160604	1.302
25	20150701	2.186	73	20160701	2.117
26	20150702	1.690	74	20160702	1.279
27	20150703	1.933	75	20160703	1.742
28	20150704	1.281	76	20160704	2.654
29	20150801	4.135	77	20160801	0.919
30	20150802	2.168	78	20160802	1.530
31	20150803	2.083	79	20160803	1.530
32	20150804	2.465	80	20160804	1.030
33	20150901	1.815	81	20160901	0.584
34	20150902	4.141	82	20160902	1.073
35	20150903	1.965	83	20160903	0.531
36	20150904	3.534	84	20160904	0.789
37	20151001	9.486	85	20161001	0.369
38	20151002	2.055	86	20161002	1.457
39	20151003	0.410	87	20161003	0.924
40	20151004	1.183	88	20161004	1.094
41	20151101	0.785	89	20161101	1.108
42	20151102	0.471	90	20161102	0.514
43	20151103	0.715	91	20161103	0.622
44	20151104	0.604	92	20161104	0.444
45	20151201	0.409	93	20161201	0.294
46	20151202	0.147	94	20161202	0.380
47	20151203	0.399	95	20161203	0.772
48	20151204	0.772	96	20161204	0.153

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

Lampiran 2. Data komposit mingguan konsentrasi klorofil-a tutupan awan &lt;50%

No	Periode	Rasio Data %	Klorofil-a mg/m
1	20150103	63.95	0.29
2	20150202	88.43	0.23
3	20150204	62.33	0.30
4	20150303	85.76	0.20
5	20150304	68.24	0.21
6	20150401	54.47	0.32
7	20150402	59.19	0.39
8	20150501	80.75	0.58
9	20150502	68.49	1.01
10	20150503	62.69	1.21
11	20150601	59.37	1.20
12	20150602	63.52	2.58
13	20150604	70.37	2.84
14	20150701	78.05	2.19
15	20150702	71.88	1.69
16	20150704	70.94	1.28
17	20150801	72.06	4.13
18	20150802	89.87	2.17
19	20150803	86.34	2.08
20	20150804	75.67	2.47
21	20150901	85.51	1.81
22	20150902	64.71	4.14
23	20150903	89.44	1.96
24	20150904	58.69	3.53
25	20151002	57.53	2.06
26	20151102	51.69	0.47
27	20151103	57.68	0.72
28	20151201	68.57	0.41
29	20160102	92.18	0.31
30	20160301	54.15	0.17
31	20160401	76.57	0.25
32	20160501	89.11	0.43
33	20160502	73.11	0.50
34	20160503	83.85	0.93
35	20160504	82.41	0.72
36	20160601	71.02	0.73
37	20160602	81.65	0.80
38	20160603	73.94	1.45
39	20160701	76.86	2.12
40	20160703	81.04	1.74
41	20160802	58.94	1.53
42	20160803	67.52	1.53
43	20160804	69.18	1.03
44	20160903	70.76	0.53
45	20161101	50.65	0.44
46	20161103	59.19	0.38

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)



Lampiran 3. Data rata-rata klorofil-a per musim

No	Periode	Klorofil-a mg/m <sup>3</sup>
1	Musim Barat	0.27
2	Musim Peralihan I	0.56
3	Musim Timur	2.26
4	Musim Peralihan II	2.10
5	Musim Barat	0.36
6	Musim Peralihan I	0.50
7	Musim Timur	1.37
8	Musim Peralihan II	0.45

Lampiran 4. Data rata-rata kapal VMS beroperasi per-musim

No	Periode	Jumlah Kapal VMS Unit/Hari
1	Musim Barat	11
2	Musim Peralihan I	10
3	Musim Timur	41
4	Musim Peralihan II	83
5	Musim Barat	25
6	Musim Peralihan I	12
7	Musim Timur	58
8	Musim Peralihan II	91

Lampiran 5. Data alat tangkap per-musim

No	Periode	Kapal Cumi Unit	Kapal Ikan Unit
1	Musim Barat	1	11
2	Musim Peralihan I	2	8
3	Musim Timur	29	12
4	Musim Peralihan II	62	22
5	Musim Barat	44	26
6	Musim Peralihan I	3	9
7	Musim Timur	44	15
8	Musim Peralihan II	78	30

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

## Lampiran 6. Perhitungan korelasi

Klasifikasi	Klorofil-a X	Kapal Ikan Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
Rendah	0.4	11	0.16	121	4.4
Sedang	0.8	14	0.64	196	11.2
Tinggi	1.2	26	1.44	676	31.2
Sangat Tinggi	1.6	57	2.56	3249	91.2
Σ	4	108	4.8	4242	138

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2) \cdot (n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

(ΣX) <sup>2</sup>	16		
(ΣY) <sup>2</sup>	11664		
N*ΣXY	552		
ΣX*ΣY	432		
N*ΣXY-(ΣX*ΣY)	120		
N*ΣX <sup>2</sup> -(ΣX) <sup>2</sup>	3.2	sqrt	1.7889
N*ΣY <sup>2</sup> -(ΣY) <sup>2</sup>	5304	sqrt	72.8286
(N*ΣX <sup>2</sup> -(ΣX) <sup>2</sup> )*(N*ΣY <sup>2</sup> -(ΣY) <sup>2</sup> )	130.28		
r	0.9211		

## Lampiran 7. Data kapal VMS dan Non VMS (Data RADARSAT)

No	Periode	Kapal VMS Unit	Kapal Non VMS Unit
1	20 Januari 2015	4	3
2	6 Februari 2015	3	2
3	9 Maret 2015	0	6
4	19 April 2015	6	9
5	13 Mei 2015	1	2
6	3 Juni 2015	2	58
7	7 Agustus 2015	0	30
8	17 September 2015	16	91
9	28 Oktober 2015	14	42
10	4 Nopember 2015	33	90
11	8 Januari 2016	13	55
12	1 Februari 2016	5	9
13	3 Maret 2016	8	5
14	13 April 2016	6	6
15	14 Juni 2016	9	39
16	11 Agustus 2016	7	67
17	4 September 2016	43	12
18	22 Oktober 2016	37	14

Tugas Akhir Program Magister (TAPM)

## Lampiran 8. Perhitungan analisis SWOT

No	IFAS	Nilai Kepentingan	Bobot Faktor NK:ΔNK x 100%	Nilai Rating	Skor Terbobot (Bobot Faktor x Nilai Rating)
<b>A</b>	<b>STRENGTH/KEKUATAN (S)</b>				
1	Penindakan langsung dilapangan dengan kapal patroli	4.50	0.13	5.00	0.64
2	Pengawasan tidak terkendala cuaca	3.50	0.10	3.50	0.35
3	Jangkauan pengawasan seluruh perairan Indonesia	4.50	0.13	4.00	0.51
4	Kemampuan informasi kapal legal dan kapal ilegal secara cepat	4.00	0.11	4.50	0.51
5	Sumberdaya manusia yang terlatih	3.50	0.10	3.00	0.30
					2.32
<b>B</b>	<b>WEAKNESS/KELEMAHAN (W)</b>				
6	Biaya investasi MCS mahal	4.00	0.11	4.00	0.46
7	Pemantauan tidak realtime ( <i>near realtime</i> )	3.00	0.09	3.00	0.26
8	Terbatasnya jumlah armada kapal patroli	3.50	0.10	3.00	0.30
9	Security data kurang terjamin	2.50	0.07	2.00	0.14
10	Sumberdaya manusia yang terbatas	2.00	0.06	2.00	0.11
	<b>Total</b>	<b>35.00</b>	<b>1.00</b>		<b>1.27</b>
	<b>Total (S) dan (W)</b>				<b>3.59</b>
	<b>(S) terhadap (W)</b>				<b>1.05</b>
	<b>EFAS</b>				
		Nilai Kepentingan	Bobot Faktor NK:ΔNK x 100%	Nilai Rating	Skor Terbobot (Bobot Faktor x Nilai Rating)
<b>C</b>	<b>OPPORTUNITY/PELUANG (O)</b>				
1	Pemanfaatan data satelit untuk bidang lain	4.50	0.13	5.00	0.64
2	Perkembangan IPTEK dan Teknologi	3.00	0.09	3.00	0.26
3	Peningkatan kerjasama penindakan IUUF antar lembaga/negara	4.00	0.11	4.50	0.51
4	Penambahan armada kapal patroli	3.50	0.10	3.50	0.35
5	Pengembangan core business (Badan Layanan Umum)	4.50	0.13	4.50	0.58
					2.34
<b>D</b>	<b>THREAT/ANCAMAN (T)</b>				
6	Kapal patroli menggunakan BBM non subsidi	3.50	0.10	3.00	0.30
7	Pembelian data dan pemeliharaan sistem satelit radar dengan Dollar	4.00	0.11	3.00	0.34
8	Adanya pesaing dalam teknologi MCS	2.50	0.07	2.00	0.14
9	Pembayaan operasional bergantung APBN	3.00	0.09	3.00	0.26
10	Masa pakai ( <i>life time</i> ) satelit terbatas (10-15 tahun)	2.50	0.07	2.00	0.14
	<b>Total</b>	<b>35.00</b>	<b>1.00</b>		<b>1.19</b>
	<b>Total (O) dan (T)</b>				<b>3.53</b>
	<b>(O) terhadap (T)</b>				<b>1.16</b>



Tugas Akhir Program Magister (TAPM)