

INTEGRASI DATA VMS DENGAN ECHO SAR UNTUK IDENTIFIKASI *ILLEGAL FISHING* DENGAN BAHASA PYTHON

Dendy Mahabr^{1, 2*}, Jejen Jenhar Hidayat^{1, 2}, Abdul Rohman Zaky^{1, 2}

¹ Infrastructure Development of Space and Oceanography (INDESO)-Ground Station Radarsat-2Bali, 82218, Indonesia.

email korespondensi: mahabr_{dee}@yahoo.com

ABSTRAK

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah salah satu teknologi penginderaan jauh yang dapat diterapkan untuk pengawasan daerah penangkapan ikan yang dapat juga membantu dalam deteksi kegiatan penangkapan ikan ilegal (*illegal fishing*). Keefektifan deteksi penangkapan ikan ilegal sangat penting karena pencegahan dan penegakan hukum IUUF (*Illegal Unregulated Unreported Fishing*) harus dapat dieksekusi dengan cepat. *Vessel Monitoring System* (VMS) dapat diintegrasikan dengan data SAR sehingga kita dapat membedakan kapal bertransmitter VMS sebagai kapal *legal* dan kapal tanpa VMS sebagai kapal *illegal*. Untuk mengintegrasikan data antara SAR dengan VMS, dapat digunakan algoritma untuk membangun secara otomatis menggunakan bahasa *python*. Pengembangan algoritma ini untuk membantu menganalisis kapal ilegal secara cepat dan tepat untuk mengurangi kesalahan penafsiran oleh operator. Untuk itu diperlukan sistem inovasi dalam menganalisis kapal ilegal khususnya asosiasi data SAR dan VMS secara otomatis di beberapa lokasi daerah penangkapan ikan di Indonesia.

Kata Kunci: SAR, VMS, IUUF, python

PENDAHULUAN

Laut Arafura tidak dapat dipungkiri sebagai salah satu daerah penangkapan ikan dan udang terbesar dan terbaik yang dimiliki Indonesia. Banyaknya kasus *illegal fishing* di laut tersebut disebabkan tingginya potensi sumberdaya ikan di perairan Arafura sehingga banyak kapal asing yang berminat mendapatkan izin penangkapan namun jumlah izin penangkapan terbatas. Luas wilayah perairan ini mencapai 150 ribu km² dengan perkiraan total potensi sumberdaya ikan sebesar 725,250 ton/tahun (Ditjen Perikanan Tangkap, 2009).

Perairan Kepulauan Aru bagian selatan menjadi salah satu daerah penangkapan ikan (*fishing zone*) yang banyak diburu oleh kapal-kapal ikan berukuran besar baik dari dalam maupun kapal asing khususnya pada bulan tertentu atau musim perairan subur sehingga merangsang terjadinya penangkapan secara besar-besaran yang juga berpotensi terjadinya aktivitas ilegal. Salah satu upaya pemantauan terhadap aktivitas penangkapan di *fishing zone* adalah dengan memanfaatkan teknologi VMS (*Vessel Monitoring System*).

Sistem VMS ini untuk melacak armada penangkapan ikan yang telah banyak digunakan di beberapa negara dan telah terbukti menjadi alat yang efektif untuk mengatur keberadaan kapal-kapal nelayan berlisensi atau resmi memiliki ijin penangkapan di suatu *fishing zone* untuk periode tertentu (Lemoine, 2005). VMS sendiri adalah sistem berbasis *transponder* otomatis yang memberikan informasi posisi

kapal, kecepatan kapal dan profil kapal secara detail dengan interval waktu informasi per jam atau 2 jam. Pada umumnya kapal ikan yang berkewajiban menggunakan transmiter VMS adalah kapal dengan panjang lebih dari 15 meter atau di atas 30GT. Tujuan dari pemasangan VMS pada kapal perikanan khususnya di Indonesia agar Indonesia dapat menerapkan pengelolaan sumberdaya perikanan secara berkelanjutan sehingga dalam proses pemanfaatan sumber daya ikan tetap dapat terkontrol.

Sistem pemantauan kapal ikan berbasis VMS ternyata tidak sepenuhnya sempurna, pemerintah hanya dapat memantau kapal yang memiliki transmiter VMS atau yang dapat dikatakan legal karena untuk mendapatkan ijin penangkapan salah satu syarat kelengkapan kapal ikan yaitu harus memiliki transmiter VMS. Bagaimana dengan kapal yang tidak memiliki transmiter VMS khususnya kapal ikan asing yang beroperasi di sekitar *fishing zone* atau di daerah perbatasan ZEE (Zona Ekonomi Eksklusif). Pasti pemerintah akan kesulitan memantau kapal ilegal tersebut, oleh sebab itu diperlukan sebuah integrasi sistem yang lebih handal untuk menutupi kekurangan sistem VMS.

Salah satu teknologi yang dapat diintegrasikan dengan VMS adalah teknologi satelit radar. Data citra satelit radar *Synthetic Aperture Radar Satellite* (SAR) dapat mendeteksi sebaran kapal secara spasial di suatu area. Pengawasan maritim telah menjadi aplikasi utama dari data satelit radar, dan aplikasi sensor ini terus dikembangkan salah satunya adalah satelit RADARSAT-2. Kemampuan satelit RADARSAT-2 dalam pengawasan maritim berkembang cukup pesat dengan cakupan citra yang luas dan resolusi tinggi. Analisis untuk deteksi kapal terutama difokuskan pada dimensi kapal dan arah laju kapal guna mengidentifikasi jenis kapal dan aktifitasnya. Dimensi kapal dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis seperti tanker, cargo dan *passenger* untuk kapal besar sedangkan untuk dimensi yang lebih kecil diklasifikasikan menjadi *fishing boat* dan *tug boat* yang ditentukan dari nilai piksel obyek (Hajduch, 2012).

Dengan mengetahui sebaran kapal di suatu area *fishing zone* yang dikombinasikan dengan data VMS di area yang sama maka akan terdeteksi posisi kapal ilegal berdasarkan temuan posisi echo hasil deteksi radar yang tidak semuanya sama persis atau bertampalan dengan posisi kapal yang dihasilkan dari data VMS. Perbedaan jumlah dan posisi echo dari radar dengan posisi VMS menjadi sangat jelas dalam menginterpretasikan bahwa terdapat kapal ilegal yang mungkin bersanding dalam satu area.

Artikel ini akan mengulas tentang pendeteksian kapal ilegal di *fishing zone* selatan Kepulauan Aru dengan menggabungkan data citra SAR dengan VMS. Proses

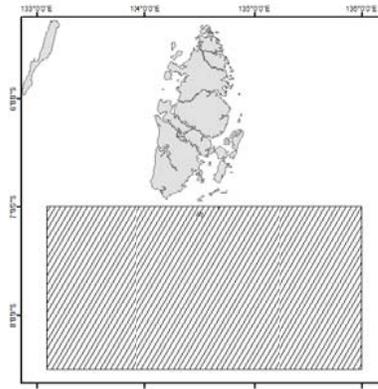
akan berlangsung secara otomatis, berbasis bahasa *python* dan akan mendapatkan hasil analisis yang cepat dalam menentukan jumlah dan posisi di mana terdapat kapal ilegal. Studi kasus ini tidak hanya mengidentifikasi kapal ilegal akan tetapi juga mengkaji tentang pola peningkatan jumlah kapal ilegal di tiap musimnya dikarenakan pada musim tangkap yang baik ada kecenderungan jumlah armada yang beroperasi meningkat sehingga potensi kapal ilegal yang turut beroperasi dimungkinkan bertambah.

Lokasi *fishing zone* yang menjadi fokus kajian yaitu lintang 7 LS dan 7.5 LS dan bujur 133.1 BT-136 BT. Tingkat kesuburan perairan dapat dideteksi menggunakan citra MODIS untuk parameter SPL (Suhu Permukaan Laut) dan klorofil-a meliputi masking awan dan daratan, ekstraksi nilai parameter, *clipping* area kajian, dan komposit citra harian menjadi 7 harian. Salah satu cara yang efektif dalam penentuan *fishing zone* yaitu dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra MODIS. Beberapa parameter yang diperlukan dalam penentuan daerah tersebut di antaranya adalah suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a permukaan. Informasi sebaran SPL dapat diidentifikasi sebagai daerah *upwelling* dan *thermal front* yang merupakan daerah potensi perikanan (Simbolon dkk., 2013). *Upwelling* merupakan peristiwa naiknya air dari dasar laut ke permukaan sebagai perbedaan gradien suhu. Pada daerah tersebut biasanya terdapat konsentrasi klorofil-a yang berlimpah yang merupakan makanan ikan dan diduga daerah tersebut terdapat banyak ikan yang disebut daerah *fishing zone* (Simbolon dkk., 2011).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pola kesuburan daerah kajian secara spasial dan temporal, mengetahui pola sebaran kapal legal dan ilegal di daerah kajian, dan identifikasi kapal legal dan ilegal di daerah kajian berdasarkan integrasi data sebaran kapal citra SAR dengan data VMS berbasis bahasa *python*.

METODE PENELITIAN

Lokasi kajian berada di Laut Arafura dengan batasan koordinat 133,1 BT – 136 BT dan 7 LS – 8.5 LS seperti pada Gambar 1 dibawah ini. Data yang digunakan pada kajian ini terdiri dari citra MODIS, citra Radarsat-2 dan data VMS (*Vessel Monitoring System*) periode Maret 2015 hingga Agustus 2016. Pengolahan citra Radarsat-2 dilakukan untuk mendapatkan sebaran kapal ikan dengan melakukan deteksi sebaran kapal ikan secara dimensi dan posisi untuk kemudian dilakukan *overlay* dan validasi dimensi dan posisi kapal ikan menggunakan data VMS. Selain itu, data VMS digunakan untuk melengkapi kekosongan data kapal ikan yang bersumber dari deteksi kapal ikan citra Radarsat-2 di daerah kajian.



Gambar 1. Lokasi kajian

Pengolahan citra MODIS baik SPL maupun klorofil-a meliputi *masking* awan dan daratan, ekstraksi nilai parameter, *clipping* area kajian, dan komposit citra harian menjadi 7 harian. Selanjutnya dilakukan garis transek di lintang 7 LS dan 7.5 LS di bujur 133.1-136 BT. Ekstraksi piksel dilakukan berdasarkan garis transek tersebut dan juga titik sebaran kapal ikan untuk menggambarkan variabilitas masing-masing parameter secara umum di lokasi kajian dan secara khusus di titik penangkapan. Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata nilai SPL dan klorofil-a di titik-titik tersebut. Nilai rata-rata SPL dan klorofil-a diperoleh dengan rumus (Amri dkk, 2013):

$$X_{\text{mean}} = \sum X/n$$

X = nilai SPL/klorofil-a
n = jumlah piksel SPL/ klorofil-a(1)

Analisis data menggunakan komputer dengan sistem operasi *Windows 7* beserta perlengkapannya. Perangkat lunak berupa *software SEADAS 7.2*, *Arcgis 10.1*, dan *python 2.7* untuk pengolahan citra MODIS, dan *software Sartool* untuk deteksi sebaran kapal ikan pada citra Radarsat-2. Adapun metode yang digunakan dalam kajian ini yaitu analisis spasial dan temporal dengan penyajian data secara deskriptif menggunakan diagram, grafik, dan peta.

Untuk tahapan penentuan indikasi kapal legal dan illegal secara otomatisasi dilakukan dengan menggunakan bahasa *python*, dimana hasil deteksi kapal berupa *echo* dari citra radar dilakukan *overlay* dengan data VMS yang telah diinterpolasikan terhadap fungsi waktu dan pemberian kriteria terhadap *echo* yang berasosiasi dengan posisi kapal VMS. Parameter asosiasi *echo* dengan VMS yaitu berdasarkan pendekatan posisi terdekat antara *echo* dan VMS selain itu juga pendekatan dimensi atau ukuran *echo* dengan kapal VMS.

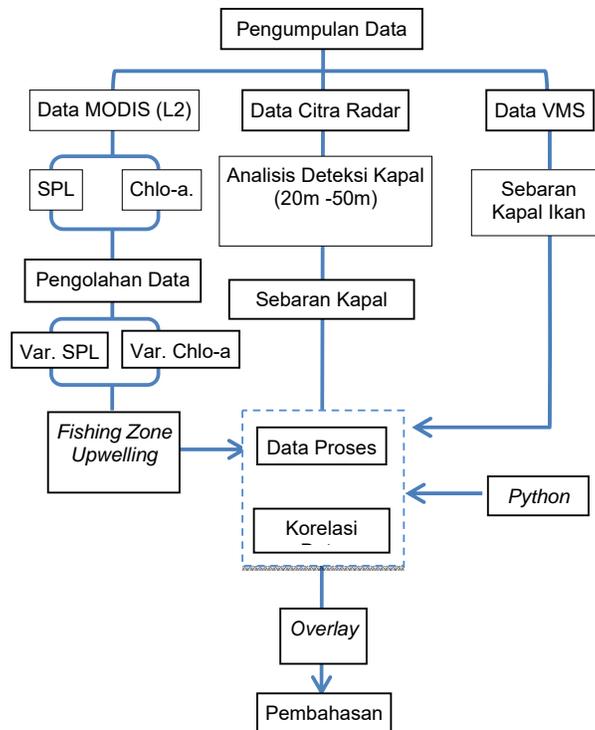


Diagram 1. Metodologi Kajian

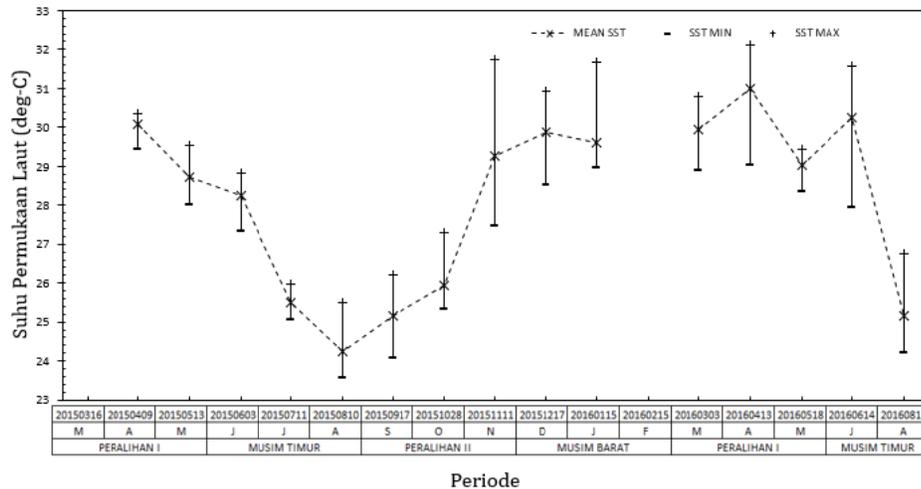
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kesuburan perairan di *fishing ground*

Kesuburan perairan dapat ditentukan oleh faktor fisik dan faktor biologi yang antara lain suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a. Suhu adalah indikasi jumlah energi (panas) yang terdapat dalam suatu sistem atau massa sebagai ukuran energi gerakan molekul (Nybakken, 1992). Suhu permukaan laut sangat tergantung dari jumlah energi panas yang diterima dari sinar matahari yang kemudian diserap oleh massa air. Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme.

Suhu permukaan laut dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk menduga keberadaan organisme disuatu perairan, khususnya ikan. Hal ini karena suhu permukaan air laut sangat erat hubungannya dengan produktivitas primer dan arus. Sebaran suhu permukaan laut mengindikasikan terjadinya *front thermal* yaitu proses *Upwelling* atau pengadukan air laut di suatu perairan. *Upwelling* adalah penaikan massa air laut dari suatu lapisan dalam ke lapisan permukaan. Gerakan naik ini membawa serta air yang suhunya lebih dingin, salinitas tinggi, dan zat-zat hara yang kaya ke permukaan (Nontji, 1993). Menurut Barnes (1988), daerah *upwelling* terjadi penurunan suhu permukaan laut dan tingginya kandungan zat hara dibandingkan daerah sekitarnya. Tingginya kadar zat hara tersebut merangsang perkembangan

fitoplankton dipermukaan, sedangkan pada daerah front juga terjadi peningkatan produktivitas plankton, karena pada daerah ini merupakan pertemuan dua massa air yang memiliki karakteristik berbeda yaitu massa air panas dan dingin. Menurut Hutabarat dan Evans (1984) suhu permukaan laut rata-rata di perairan Indonesia berkisar antara 28-31°C dan pada kasus tertentu seperti *upwelling*, nilai suhu permukaan laut dapat turun menjadi 25 °C. Hal ini disebabkan karena air yang dingin dari lapisan bawah terangkat ke permukaan laut.

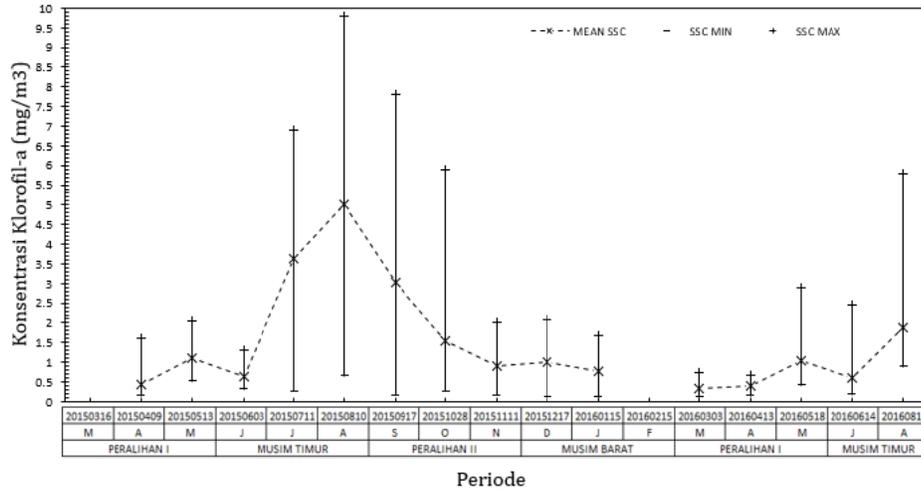


Grafik 1. Data Komposit Mingguan Suhu Permukaan Laut (SPL) Periode Maret 2015 - Agustus 2016

Dari data spasial suhu permukaan laut (SPL) disekitar lokasi kajian dapat diketahui bahwa nilai SPL rata-rata di musim peralihan I (April-Mei) 2015 berkisar antara 28°C hingga 30°C Memasuki musim timur (Juni-Agustus) 2015 suhu permukaan laut cenderung menurun dari kisaran 27°C hingga 23°C sedangkan di musim peralihan II (September-November) suhu permukaan laut secara bertahap kembali meningkat hingga dikisaran 29 °C dan begitu pula dimusim barat suhu permukaan laut kembali pada kisaran normal perairan Indonesia yaitu antara 30-31 °C. Untuk pola SPL di tahun 2016 ternyata memiliki kecenderungan yang sama dimana SPL rendah di suhu 24°C berada pada musim timur yaitu tepatnya pada bulan Agustus 2016.

Selain kondisi SPL, konsentrasi klorofil-a juga merupakan faktor biologis yang mempengaruhi tingkat kesuburan perairan. Faktor biologis ini merupakan zat hijau daun yang terdapat di seluruh organisme fitoplankton dan mampu melakukan fotosintesis (Nontji, 1993). Sebaran konsentrasi klorofil-a diperairan sangat tergantung pada konsentrasi nutrien. Jumlah klorofil-a yang ada di perairan laut umumnya dapat dilihat dari jumlah fitoplankton sebagai produsen primer yang mana merupakan pangkal rantai makanan di perairan tersebut. Untuk itu parameter klorofil-a sangat penting untuk diketahui dalam menentukan musim tangkap.

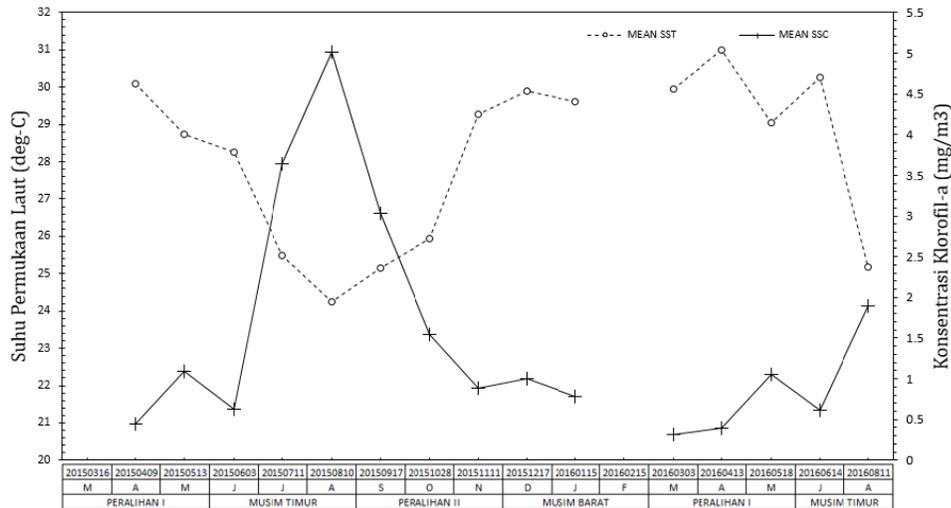
Dari data satelit MODIS didapatkan bahwa pada musim peralihan I di tahun 2015 konsentrasi klorofil-a berada pada konsentrasi 1 mg/m³ dan memasuki musim timur cenderung meningkat hingga konsentrasi 5 mg/m³ pada bulan Agustus. Penurunan konsentrasi klorofil-a mulai terjadi pada musim peralihan II hingga musim Barat, tepatnya pada Bulan September hingga Bulan Januari di titik rendah yaitu berkisar 0,77 mg/m³.



Grafik 2. Data Komposit Mingguan Klorofil-a Periode Maret 2015 - Agustus 2016

Memasuki musim peralihan I tahun 2016 memiliki nilai konsentrasi klorofil-a yang hampir sama dengan tahun sebelumnya yaitu dikisaran rendah 0,39 mg/m³, begitu pula dengan nilai konsentrasi klorofil meningkat di musim timur khususnya pada bulan Agustus 2016 meningkat dikisaran 1,89 mg/m³. Nilai konsentrasi untuk bulan Agustus 2016 tidak sebesar konsentrasi klorofil-a di tahun sebelumnya dimana konsentrasi hanya berkisar 1,89 mg/m³.

Dari Data *time series* SPL selama 18 bulan disandingkan dengan data *time series* klorofil-a dapat terlihat adanya nilai konsentrasi yang saling bertolak belakang dimana pada saat tren penurunan SPL terjadi memasuki musim timur, berbanding terbalik dengan kondisi konsentrasi klorofil-a yang cenderung meningkat pada musim timur. Fenomena ini di duga muncul karena terjadinya *upwelling* dimana massa air dingin dari lapisan bawah terangkat ke lapisan atas (Amri dkk, 2013). Kondisi SPL dibawah normal berkisar 24-25 °C sedangkan konsentrasi klorofil-a relatif meningkat pada kisaran 2-5 mg/m³ dan tren ini berlaku pada musim timur di tahun 2015 dan 2016.

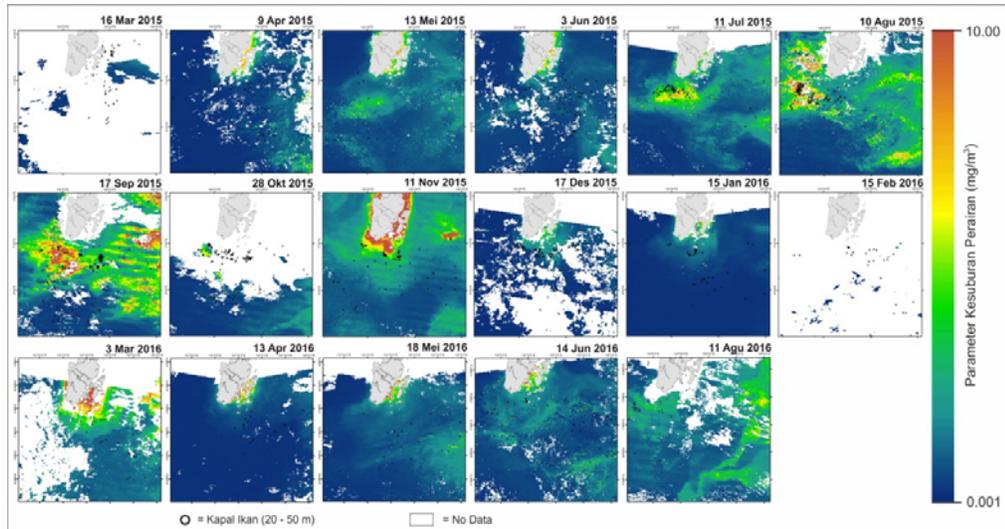


Grafik 3. Data Komposit Mingguan SPL dan Klorofil-a

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). 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 zone*. Begitu juga sebaliknya fenomena *downwelling* dapat terjadi pada musim barat, hal ini dapat dilihat kondisi musim barat pada tahun 2015 dan 2016 dimana SPL relatif hangat di suhu 30-31°C sedangkan konsentrasi klorofil-a menjadi rendah dibawah 1mg/m³.

Integrasi data echo SAR-VMS untuk identifikasi kapal ilegal

Peningkatan populasi ikan di suatu perairan pada musim tertentu akan diikuti jumlah armada kapal ikan untuk mendekati titik tersebut dan melakukan aktivitas penangkapan sebanyak mungkin. Meningkatnya jumlah armada yang beroperasi berpotensi meningkatnya kapal ilegal yang beroperasi dikarenakan semua perusahaan perikanan berlomba-lomba untuk mendapatkan keuntungan yang besar. Untuk mengetahui kondisi sebaran kapal ikan legal dan ilegal pada satu waktu pemantauan dengan mengintegrasikan data citra Radarsat-2 dan data VMS sehingga dapat diketahui jumlah dan posisi kapal legal dan ilegal secara spasial.



Gambar 2. Pola Sebaran SST, Klorofil-a dan Kapal Ikan

Penentuan analisis echo SAR pada kajian ini dibatasi untuk kapal berukuran 15-50 m dengan asumsi kapal dengan ukuran tersebut masuk dalam kategori kapal ikan dan ukuran rata-rata kapal ikan ber-VMS. Dari hasil pengolahan data citra SAR dan VMS didapatkan bahwa jumlah armada kapal yang beroperasi di sekitar lokasi kajian cenderung meningkat di musim Timur pada tahun 2015. Pada tahun 2015 jumlah armada kapal ikan yang terdeteksi dalam satu waktu pemantauan tanggal 10 Agustus mencapai 118 unit dan pada tanggal 17 September mencapai 101 unit. Sedangkan pada tahun 2016 pada tanggal 14 Juli mencapai 32 unit dan tanggal 11 Agustus mencapai 15 unit. Memasuki tahun 2016 jumlah armada kapal yang terdeteksi beroperasi di daerah kajian relatif lebih sedikit jika dibandingkan pada tahun 2015 hal ini merupakan salah satu dampak dari moratorium ijin kapal eks asing dan kapal asing khususnya disekitar perairan Arafura.

Tabel 1. Rasio Kapal Legal dan Kapal Ilegal Hasil Deteksi SAR dan VMS

Periode	Echo (Non VMS)	(%)	VMS	(%)	Σ Kapal Ikan
20150316	36	81.8	8	18.2	44
20150409	6	23.1	20	76.9	26
20150513	10	71.4	4	28.6	14
20150603	65	100.0	0	0.0	65
20150810	118	100.0	0	0.0	118
20150917	93	92.1	8	7.9	101
20151028	51	82.3	11	17.7	62
20151111	53	98.1	1	1.9	54
20160115	36	100.0	0	0.0	36
20160215	9	100.0	0	0.0	9
20160303	25	71.4	10	28.6	35
20160413	10	71.4	4	28.6	14

Periode	Echo (Non VMS)	(%)	VMS	(%)	Σ Kapal Ikan
20160518	11	84.6	2	15.4	13
20160614	20	62.5	12	37.5	32
20160811	7	46.7	8	53.3	15

Penggabungan echo SAR dan VMS untuk mengetahui pola sebaran kapal ikan pada satu waktu pemantauan dan dari penggabungan data tersebut dapat kita telusuri apakah posisi kapal VMS berasosiasi dengan *echo* SAR. Metode *overlay* ini untuk mengidentifikasi mana kapal yang bertransmitter VMS dan mana yang tidak bertransmitter atau dengan sengaja mematikan transmitter di saat pemantauan dilakukan. Akan sangat sulit dan membutuhkan waktu jika analisis penentuan kapal legal dan ilegal yang dilakukan oleh operator secara manual karena harus memilah satu demi satu objek atau *echo* SAR. Data VMS secara umum tersedia per 1 atau 2 jam sedangkan data citra SAR tersedia dalam waktu sesaat tergantung waktu satelit melewati area yang dikaji sehingga data VMS dan citra SAR akan berbeda waktu oleh karena itu perlu dilakukan interpolasi terkait posisi kapal dari data VMS terhadap waktu data citra SAR yang diperoleh.

Untuk mempermudah proses identifikasi kapal ikan legal dan ilegal maka digunakan bahasa pemrograman *python* untuk mengintegrasikan data sebaran *echo* SAR dengan data VMS dengan melakukan penyamaan waktu melalui interpolasi posisi terhadap waktu dan kemudian mencari asosiasi antara *echo* SAR dengan VMS dimana sisa *echo* yang tidak berasosiasi dengan VMS dikategorikan kapal ilegal. Penggunaan bahasa pemrograman *python* secara komputasi ini juga mempercepat proses analisis sehingga hasil penentuan kapal legal dan ilegal yang didapatkan bisa lebih cepat diketahui.

Python merupakan bahasa pemrograman *open source* yang dibuat oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Bahasa pemrograman *python* mudah dipahami, dan dapat digunakan untuk pengolahan data spatial, tabular maupun gabungan keduanya. Selain itu bahasa pemrograman *python* dapat diintegrasikan dengan software GIS seperti, ArcGis dan QGIS.

Selanjutnya pada diagram 2 menunjukkan bahwa *echo* radar dan vms merupakan inputan data, selanjutnya dengan pemrograman *python* digunakan untuk menghasilkan pasangan kapal *echo* dan vms yang berasosiasi dengan pendekatan jarak dan dimensi kapal.

Data *echo* radar digunakan sebagai target acuan untuk mencari pasangan kapal terdekat dengan radius 6 km di sekitarnya, dan setiap kandidat kapal VMS dalam radius tersebut akan dihitung jarak dan dimensi kapal dengan target *echo*. Setelah

mendapatkan kandidat kapal vms yang berasosiasi dengan target, maka kapal VMS yang memiliki jarak dan dimensi terdekat akan menjadi syarat untuk dipilih menjadi kapal VMS yang berasosiasi. Kapal VMS yang yang tidak terpilih akan diasosiasikan lagi dengan *echo* target yang lain.

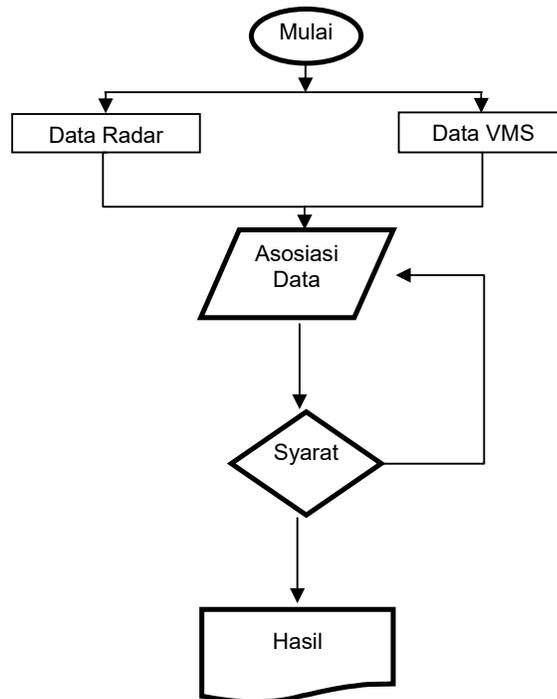


Diagram 2. *Flowchart* logika *python*

Flowchart diatas adalah alur logika penggunaan *python* dimana tahap pertama adalah sumber data dibagi menjadi 2 yaitu data radar (SAR) dan data VMS. Data SAR dan data VMS memiliki perbedaan waktu sehingga perlu disamakan terlebih dahulu dengan melakukan interpolasi waktu terhadap informasi posisi kapal. Tahap kedua adalah melakukan penggabungan data SAR dengan data VMS melalui teknik tumpang tindih atau *overlay* dan dilakukanlah proses asosiasi secara otomatis dengan pemberian syarat *echo* SAR dengan posisi kapal VMS dicari yang terdekat dan selisih dimensi hasil deteksi *echo* dengan profil kapal VMS sehingga dengan sebanyak berapapun data *echo* SAR dan data VMS dapat ditemukan hasil asosiasinya. Berikut *script* yang digunakan dalam asosiasi target pada gambar dibawah ini.

```

f_near=pd.read_csv(tabel[:-4]+ ".csv") #shp
f_echo=pd.read_csv(CSK[:-4]+ ".csv")#echo
f_vms=pd.read_csv(near[:-4]+ ".csv")#tabel near
t=range(len(f_vms.SIZE))
f_vms['FID_VMS']=t
fid=range(len(f_echo.SIZE))
f_echo['FID']=fid

fid_echo=f_echo.set_index('FID')['SIZE'].to_dict()
fid_route=f_echo.set_index('FID')['ROUTE'].to_dict()
fid_vms=f_vms.set_index('FID_VMS')['SIZE'].to_dict()
fid_vms_nama=f_vms.set_index('FID_VMS')['NAMA'].to_dict()

f_near['size_echo']=f_near.INPUT_FID.replace(fid_echo).astype(int)
f_near['size_vms']=f_near.NEAR_FID.replace(fid_vms).astype(int)
f_near['route']=f_near.INPUT_FID.replace(fid_route).astype(int)
f_near['nama']=f_near.NEAR_FID.replace(fid_vms_nama)
f_near['ds']=abs(f_near['size_echo']-f_near['size_vms'])
f_near['jarak']=(f_near.DISTANCE *111) *1000
bs=[]
bj=[]

for i in range(len(f_near.size_echo)):
    if f_near.ds[i] <=5:
        bsj=10
    elif f_near.ds[i] > 5 and f_near.ds[i] <=10:
        bsj=8
    elif f_near.ds[i] > 10 and f_near.ds[i] <=15:
        bsj=6
    elif f_near.ds[i] > 15 and f_near.ds[i] <=20:
        bsj=4
    bs.append(bsj)

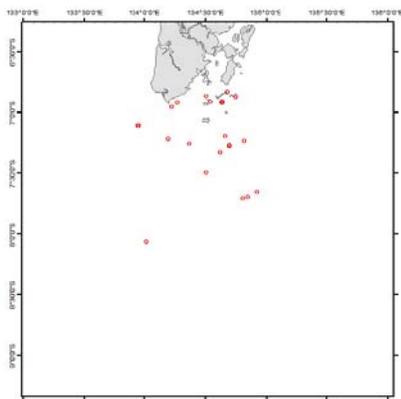
for i in range(len(f_near.size_echo)):
    if f_near.jarak[i] <=500:
        bss=10
    elif f_near.jarak[i] > 500 and f_near.jarak[i] <= 1000:
        bss=9
    elif f_near.jarak[i] > 1000 and f_near.jarak[i] <= 1500:
        bss=8
    elif f_near.jarak[i] > 1500 and f_near.jarak[i] <= 2000:
        bss=7
    elif f_near.jarak[i] > 2000 and f_near.jarak[i] <=3000:
        bss=6
    elif f_near.jarak[i] > 3000 and f_near.jarak[i] <=4000:
        bss=5
    elif f_near.jarak[i] > 4000 and f_near.jarak[i] <=6000:
        bss=4
    bj.append(bss)

fdu=range(len(f_near.size_echo))
f_near['FID']=fdu
f_near['bobot_size']=bs
f_near['bobot_jarak']=bj
f_near['bobot_total']=(f_near['bobot_size']*0.4) + (f_near['bobot_jarak']*0.6)
f_near=f_near.sort_values(['NEAR_FID', 'bobot_total', 'jarak'],ascending=[True, False, True])

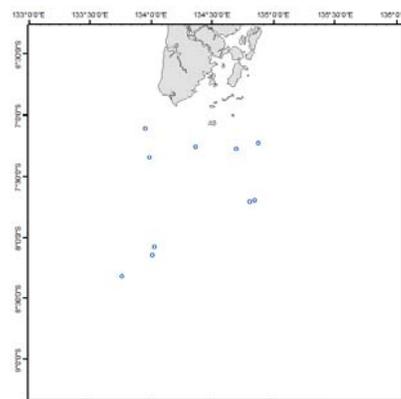
print "jumlah vms "
print ""
f_near.to_csv("F:\\NEAR PROJECT\\output.csv")

```

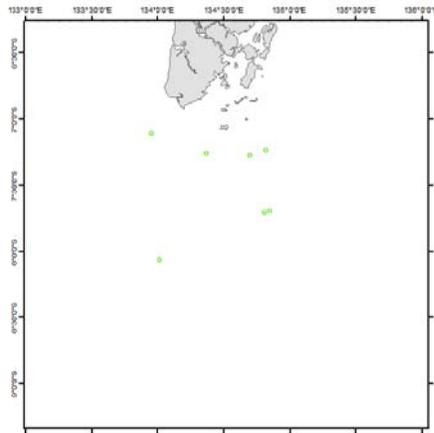
Gambar 3. Script proses asosiasi pada python



Gambar 4. Sebaran echo SAR



Gambar 5. Sebaran VMS



Gambar 6. Asosiasi *echo*-VMS

Sebagai contoh ilustrasi penggabungan data SAR (warna merah) dan data VMS (warna biru) yang telah dilakukan interpolasi posisi terhadap waktu yang sama. Dengan penggunaan bahasa *python* maka akan dengan mudah didapatkan asosiasi antara *echo* SAR dan data VMS, dari contoh diatas didapatkan bahwa jumlah kapal VMS yang berasosiasi dengan *echo* SAR sebanyak 8 unit dari total jumlah 36 *echo* SAR yang terdeteksi dalam satu waktu pemantauan.

Untuk periode Maret 2015 hingga November 2015 rasio perbandingan kapal yang bertransmitter VMS sebesar 18,9% sedangkan kapal yang tidak bertransmitter atau mematikan transmitter sebesar 81,1%. Memasuki tahun 2016 hingga bulan Agustus 2016 rasio perbandingan kapal yang bertransmitter VMS meningkat menjadi 27,2% sedangkan kapal yang tidak bertransmitter atau sengaja mematikan transmitter menurun menjadi 76,7%.

Dari hasil statistik jumlah kapal yang didapatkan data citra SAR dan VMS selama tahun 2015 hingga 2016 menunjukkan bahwa jumlah kapal yang beroperasi di daerah kajian pada tahun 2015 relatif lebih banyak dari tahun 2016 khususnya di musim timur. Jumlah kapal yang beroperasi pada tahun 2016 mengalami penurunan jumlah hingga memasuki musim timur, hal ini dapat disebabkan adanya dampak dari moratorium ijin kapal eks asing dan kapal asing oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan.

KESIMPULAN

Kondisi perairan di selatan Kepulauan Aru dari parameter suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a perairan selatan Aru menunjukkan adanya anomali selama musim Timur. Hal ini diindikasikan sebagai terbentuknya fenomena *upwelling* dimana terjadi penurunan nilai suhu mencapai 24°C diikuti dengan peningkatan nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a lebih dari 2 mg/m³ pada tahun 2015 dan 2016.

Sedangkan fenomena *downwelling* terjadi pada musim Barat dimana nilai rata-rata SPL cenderung hangat berkisar 30°C dengan konsentrasi rata-rata klorofil-a kurang dari 1 mg/m³. Pada musim timur 2015 saat kesuburan perairan tinggi jumlah armada kapal yang terdeteksi rata-rata mencapai lebih dari 91 unit, sedangkan pada musim barat (Desember-Februari 2016) menurun menjadi 22 unit. Untuk periode Maret 2015 hingga November 2015 rasio perbandingan kapal yang bertransmitter VMS sebesar 18,9% sedangkan kapal yang tidak bertransmitter atau mematikan transmitter sebesar 81,1%. Memasuki tahun 2016 hingga bulan Agustus 2016 rasio perbandingan kapal yang bertransmitter VMS meningkat menjadi 27,2% sedangkan kapal yang tidak bertransmitter atau mematikan transmitter menurun menjadi 76,7%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K., Djisman, M., Gaol, J. L., dan Baskoro, M.S. (2013). Karakteristik Suhu Permukaan Laut dan Kejadian Upwelling Fase Indian Ocean Dipole Mode Positif di Barat Sumatera dan Selatan Jawa Barat. ResearchGate. Diakses: https://www.researchgate.net/publication/273887034_KARAKTERISTIK_SUHU_PERMUKAAN_LAUT_DAN_KEJADIAN_UPWELLING_FASE_INDIAN_OCEAN_DIPOLE_MODE_POSITIF_DI_BARAT_SUMATERA_DAN_SELATAN_JAWA_BARAT
- Barnes, R. S. K. And R.N. Hughes. 1988. *An introduction to Marine Ecology*. 2nd Edition. Blokwel Scientific Publication. 35p.
- Hajduch, G., N. Longepe, J. Habonneau, JY. Le Bras. 2012. *Progress in Automatic Ship Detection and Classification*. The 4th International Workshop on Advances in SAR Oceanography. CLS, France.
- Hutabarat, S. dan S. M Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 159 hal.
- Lemoine, G.G. (2005). *Vessel Detection System, a Blueprint for an Operational System*, Technical Note I.05.14, European Commission, Joint Research Centre, p. 37.
- Nontji, A. (1993). *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Nybakken, J. (1992). *Biologi Laut*. Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Simbolon, D., Silvia, dan Prihatin I.W. (2013). Pendugaan Thermal Front dan upwelling Sebagai Indikator Daerah Potensial Penangkapan Ikan di Perairan Mentawai. *Jurnal Marine Fisheries*, 4(1), hal 51-hal 57. Diakses: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jpsp/article/view/7113>
- Simbolon, D., Jeujan, B. dan Wiyono, E S. (2011). Efektifitas Pemanfaatan Rumpon pada Operasi Penangkapan Ikan di Perairan Kei Kecil. *Jurnal Marine Fisheries*, 2(1), hal 19– hal 28. Diakses: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jpsp/article/view/4169>