

Pemanfaatan Citra Suhu Permukaan Laut Data Satelit Suomi NPP VIIRS untuk Produksi Informasi ZPPI

Rossi Hamzah dan Wawan K. Harsanugraha

Abstrak

Satelit Suomi NPP VIIRS telah operasional digunakan untuk berbagai penelitian terkait parameter geobiofisik. Data Suomi NPP VIIRS diolah menggunakan CSPP untuk menghasilkan citra Suhu Permukaan Laut (SPL) yang merupakan input produksi informasi zona potensi penangkapan ikan. Koreksi geometri dan koreksi Bowtie dilakukan menggunakan VCTK sehingga data SST dari VIIRS siap untuk diolah lebih lanjut dalam deteksi front. Jumlah front yang dihasilkan dari data VIIRS hampir sama dengan yang dihasilkan dari data MODIS untuk data pada tanggal yang sama. Secara operasional NPP VIIRS bisa digunakan sebagai tambahan data dalam produksi informasi ZPPI sehingga informasi yang dihasilkan lebih banyak dan bisa melengkapi kekurangan tutupan area data Terra/Aqua MODIS yang saat ini sudah digunakan.

Kata Kunci: *Suomi NPP, VIIRS, SPL, SIED, dan ZPPI*

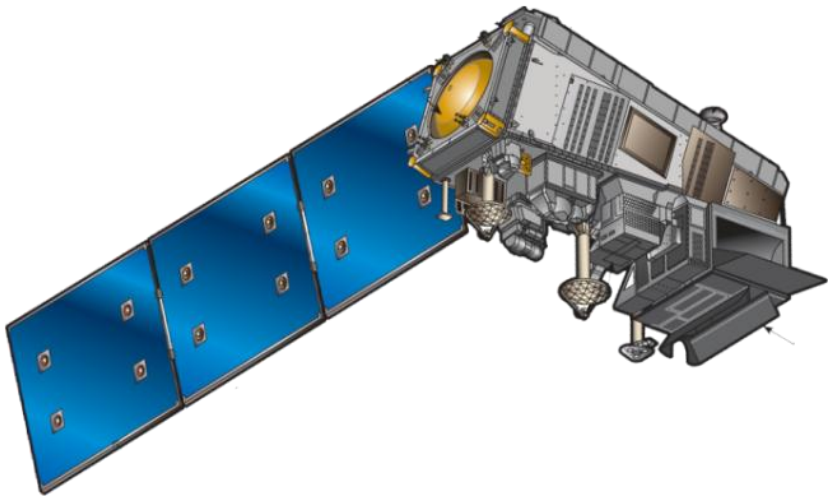
Abstract

Suomi National Polar-Orbiting Partnership (NPP) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) satellite has been used for various research operations related geobiofisich parameters. Suomi NPP VIIRS data processed using the Community Satellite Processing Package (CSPP) to produce Sea Surface Temperature (SST) which is an input for Potential Fishing Zone (PFZ) information production. Geometry correction and bowtie correction was done using VIIRS Control Tool Kit (VCTK) that SST data from VIIRS is ready for further processing like front detection. Results from VIIRS data is almost the same as MODIS data results for the same date. Operationally SST from Suomi NPP VIIRS data can be used as additional data in PFZ information production, so that the generated information is much more and can complement deficiencies coverage data from Terra/Aqua MODIS which operational well.

Keywords: *Suomi NPP, VIIRS, SST, SIED, and ZPPI*

1. Pendahuluan

Sensor VIIRS merupakan salah satu instrumen penting yang terdapat pada satelit penginderaan jauh Suomi NPP, yang telah berhasil diluncurkan pada tanggal 28 Oktober 2011. Gambar Satelit Suomi NPP dapat dilihat pada Gambar 1.1 VIIRS merupakan generasi baru dari satellite penginderaan jauh yang dibangun berdasarkan perjalanan panjang dari para pendahulunya yaitu Sensor *Advanced Very-high Resolution Radiometer* (AVHRR) pada satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) *Polar Orbiting Environmental Satellites* (POES), Sensor *Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) pada satelit NASA *Earth Observing System* (EOS) Terra dan Aqua, *Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor* (SeaWiFS) pada satelit *GeoEye SeaStar*, dan sensor *Operational Linescan System* (OLS) pada satelit *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP) (Cao *et al.*, 2013).



Gambar 1.1 Satelit penginderaan jauh Suomi NPP

VIIRS memiliki resolusi spasial hampir konstan di seluruh cakupan area perekaman yang sangat besar (lebar lebih-kurang 3000 km). VIIRS mengutamakan operasional pemantauan lingkungan dan prakiraan cuaca secara numerik, dengan 22 band pencitraan dan radiometrik yang meliputi panjang gelombang 0,41–12,5 mikron. Selain itu, VIIRS memberikan catatan data sensor untuk lebih dari dua puluh catatan data lingkungan termasuk awan, SPL, *ocean color*, angin kutub, fraksi vegetasi, aerosol, api, salju dan es, vegetasi, serta aplikasi lainnya. Hasil dari verifikasi lapangan setelah peluncuran dan kalibrasi dan validasi intensif telah menunjukkan bahwa VIIRS memiliki kinerja sangat baik (NOAA National Calibration Center, 2014).

Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI) merupakan salah satu informasi yang dihasilkan oleh bidang Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut (SDWPL), Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. Informasi ini dihasilkan rutin secara operasional sesuai dengan input citra SPL yang tersedia, karena sering kali citra SPL terkendala dengan adanya liputan awan.

SPL merupakan sebuah indikator dari distribusi energi panas di bagian permukaan perairan laut (Gordin dan Gottshall, 2013). SPL merupakan parameter oseanografi yang dapat diukur secara langsung oleh sensor satelit yang bekerja pada spektrum inframerah termal. Satelit yang mempunyai sensor inframerah termal antara lain satelit Landsat, NOAA, Aqua/Terra, Fengyun, ERS, ASTER, dan yang terbaru adalah Suomi NPP. Sebaran SPL yang diambil dari data satelit dapat digunakan sebagai indikator penentuan daerah penangkapan ikan (Hamzah *et al.*, 2014).

VIIRS memiliki resolusi spasial yang lebih baik dibandingkan dengan MODIS, yaitu 750 meter. Dari segi luas cakupan perekaman data (*swath*) VIIRS memiliki cakupan yang lebih luas, mencakup hampir sebagian luas perairan Indonesia dalam satu kali perekaman data. Karakteristik sensor VIIRS dibandingkan dengan sensor MODIS ditampilkan pada Tabel 1.1.

Sudah banyak peneliti yang melakukan kajian atau riset tentang SPL yang berbasis data VIIRS. Beberapa peneliti di antaranya adalah Cao dan Bai (2014); Liang, Ignatov, dan Saha (2013); dan Minnet *et al.* (2012).

Tabel 1.1 Perbandingan karakteristik sensor VIIRS dan MODIS

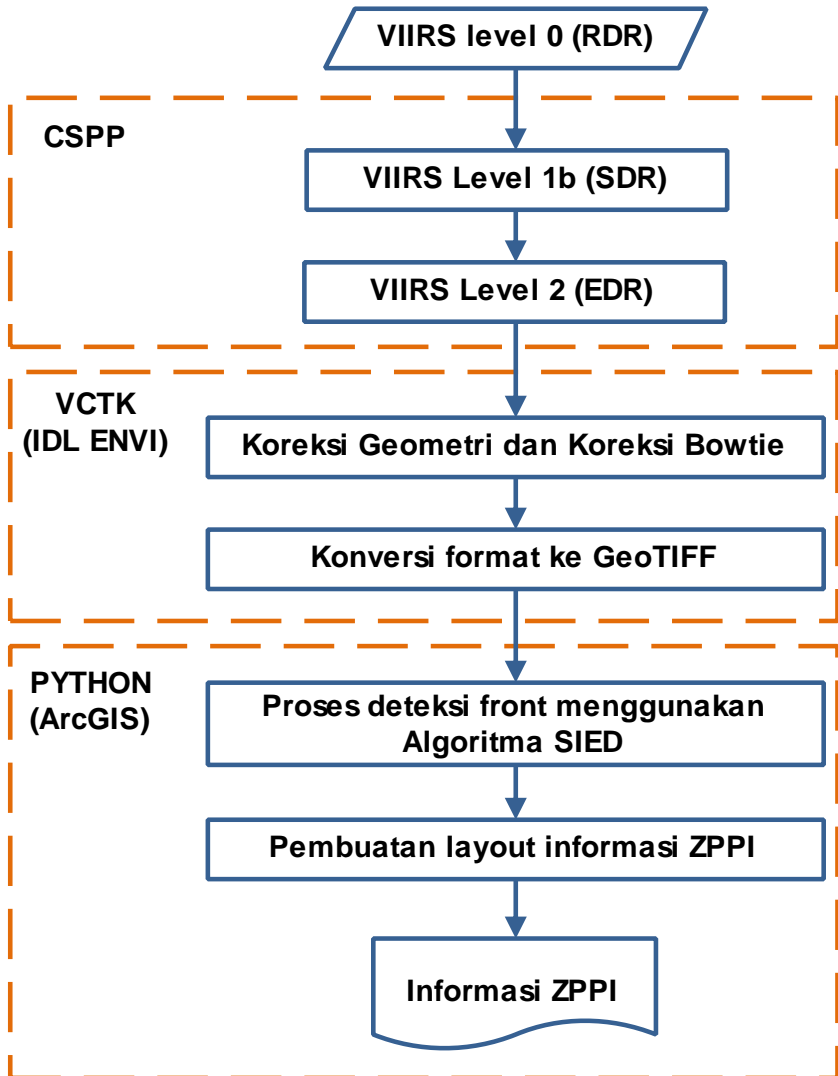
Karakteristik	MODIS	VIIRS
Band Set (nm)	412, 443, 488, 531, 547, 667, 678, 748, 869	412, 445, 488, 555, 672, 746, 865
Nadir Pixel Size	1 km	0.75 km
SNR Range	726 to 2219	540 to 1239
Polarization Sensitivity	1% to 6%	0.5% to 2.5 %
Out-of-Band (worst case)	3.8% @748 nm	4.9% @551nm
Crosstalk?	SWIR	VisNIR
Detectors per Scan	10	16
Altitude (km)	705	824
Time Coverage	5 mins	85,4 secs
No. of Scans	203	48

Tujuan dari penelitian ini adalah menambahkan citra SPL VIIRS sebagai data tambahan (sekunder) dalam produksi informasi ZPPI. Dengan kualitas sensor MODIS yang terdapat pada satelit Terra ataupun Aqua yang telah menurun, membuat VIIRS menjadi alternatif sebagai data tambahan ataupun sebagai data pengganti pada saat Terra/Aqua MODIS nanti sudah tidak operasional lagi. Dengan bertambahnya data lain selain Terra/Aqua MODIS diharapkan bisa menjadi sumber informasi yang lebih berkelanjutan untuk seluruh lokasi perairan Indonesia, khususnya untuk mendukung operasionalnya produksi informasi ZPPI.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan adalah data Suomi NPP VIIRS tanggal 22 Agustus 2014 pukul 13.20 dan data Aqua MODIS tanggal 22 Agustus 2014 pukul 13.52. Data VIIRS yang digunakan berasal dari Pusat Teknologi dan Data (Pustekdata), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Data VIIRS dibagi menjadi tiga level, yaitu *Raw Data Records* (RDRs atau level 0), *Sensor Data Records* (SDRs atau level 1), dan *Environmental Data Records* (EDRs atau level 2). Tahapan perubahan level dari level RDR sampai dengan level EDR diproses menggunakan *Community Satellite Processing Package* (CSPP). Data VIIRS level EDR, merupakan data VIIRS yang telah berbentuk parameter biogeofisik seperti SPL, klorofil, TSM, dan indeks vegetasi.

Koreksi geometri dan koreksi Bowtie menggunakan *VIIRS Control Tool Kit* (VCTK) yang diimplementasikan pada IDL-ENVI dengan *input* data SPL atau level EDR lainnya dari data VIIRS. Gambar 2.1 menampilkan diagram alir pengolahan data VIIRS untuk pemanfaatan SPL dalam produksi informasi ZPPI.



Gambar 2.1 Diagram alir pengolahan data VIIRS untuk produksi informasi ZPPI

2.1 Koreksi Bowtie

Bowtie correction ditambahkan saat melakukan koreksi geometri untuk memperbaiki kesalahan diakibatkan karena *bowtie effect* atau *error* yang diakibatkan karena distorsi panorama yang ditambah dengan efek kelengkungan permukaan bumi. Efek ini menyebabkan tumpang-tindih antara garis perekaman satelit sehingga menghasilkan pengulangan data. Bowtie menghalangi dalam menjangkau bentuk dan area objek terutama yang jauh dari titik nadir dan dapat dianggap sebagai kesalahan sistematis terutama untuk penelitian pemetaan salju, debu/pasir, dan awan. Karena kurangnya perhatian terhadap pemanfaatan sumber geometris dan transformasi matematika untuk distorsi panorama, sehingga sering digunakan algoritma untuk koreksi bowtie yang tidak terlalu rumit (Souri dan Azizi, 2013).

Perhitungan ukuran pixel median X dan Y (formula 1 dan 2), dengan menggunakan kolom dan baris tengah dari *Geographic Lookup Table* (GLT). Proses ini akan menentukan ukuran pixel untuk grid citra hasil. Fungsi *SHIFT* menggeser elemen vektor atau array sepanjang dimensi dengan sejumlah elemen. Pergeseran nilai positif akan bergerak ke arah kanan, sedangkan pergeseran nilai negatif bergerak ke arah kiri.

$$Uk_Pixel_X = Median(X * (JmlKol/2) - Shift(X * JmlKol/2)) \dots\dots\dots (1)$$

$$Uk_Pixel_Y = Median(Y * (JmlBar/2) - Shift(Y * JmlBar/2)) \dots\dots\dots (2)$$

$$N_Kolom = Ceil((Max_X - Min_X) / UkuranPixel_X) \dots\dots\dots (3)$$

$$N_Baris = Ceil((Max_Y - Min_Y) / UkuranPixel_Y) \dots\dots\dots (4)$$

Menghitung ukuran dari grid menggunakan fungsi CEIL, dimana mengembalikan nilai bilangan bulat terdekat yang lebih besar dari atau sama dengan argumen input (formula 3 dan 4). Petakan nilai X dan Y yang terdapat pada GLT ke dalam citra *output* dengan mengecualikan nilai yang bertanda "*bad*". Pemetaan ini bisa di representasikan sebagai indeks pada citra hasil.

$$\text{Kolom} = \text{Round} ((X - \text{Min}_X) / \text{UkuranPixel}_X) \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Baris} = \text{Round} ((Y - \text{Min}_Y) / \text{UkuranPixel}_Y) \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{MapIndex} = (\text{N_Baris} - 1 - \text{Baris}) * \text{N_Kolom} + \text{Kolom} \dots\dots\dots(7)$$

Untuk setiap indeks pada citra hasil, cari pasangan nilai indeks dari citra input dan isikan citra hasil dengan nilai *pixel* yang sesuai. Untuk setiap lokasi yang tidak memiliki nilai akan diisi dengan nilai titik disekitarnya menggunakan kernel window ukuran 3x3. Jika masih tidak ditemukan nilai yang sesuai, naikan ukuran kernel window menjadi 7x7. Dan jika dengan kernel window 7x7 masih tidak ditemukan nilai yang sesuai, isi titik dengan nilai -9999 (*missing data*) (Exelis, 2014).

2.2 Suhu Permukaan Laut (SPL)

Baseline algoritma VIIRS SPL didasarkan pada metode statistik regresi. Pendekatan yang digunakan mengacu pada metode *Nonlinear Multi-channel SST* (NLSST) (Walton, 1988). Metode ini membutuhkan ketersediaan data lapangan kualitas tinggi untuk derivasi koefisien dari algoritma dan untuk validasi selanjutnya dari data SPL.

$$SST = a_0 + a_1 T_{11} + a_2 (T_{11} - T_{12}) RSST + a_3 (T_{11} - T_{12}) (\sec(z) - 1)$$

Parameter a_0 , a_1 , a_2 , a_3 adalah koefisien yang dihasilkan dari analisis regresi, T_{11} adalah nilai tingkat kecerahan pada chanel 11 μm (band M15 pada VIIRS), T_{12} adalah nilai tingkat kecerahan pada chanel 12 μm (band M16 pada VIIRS), RSST adalah model perkiraan SST pertama, dan z adalah sudut zenit dari sensor. RSST digunakan untuk membuat skala koefisien a_2 untuk memperhitungkan hubungan antara distribusi uap air di atmosfer dengan suhu permukaan laut.

Identifikasi *thermal front* dari citra SPL menggunakan metode *Single Image Edge Detection* (SIED) telah diimplementasikan untuk penentuan lokasi titik ikan pada produksi informasi ZPPI. Algoritma SIED mengacu pada Cayula dan Cornillon (1992) merupakan algoritma yang dibuat

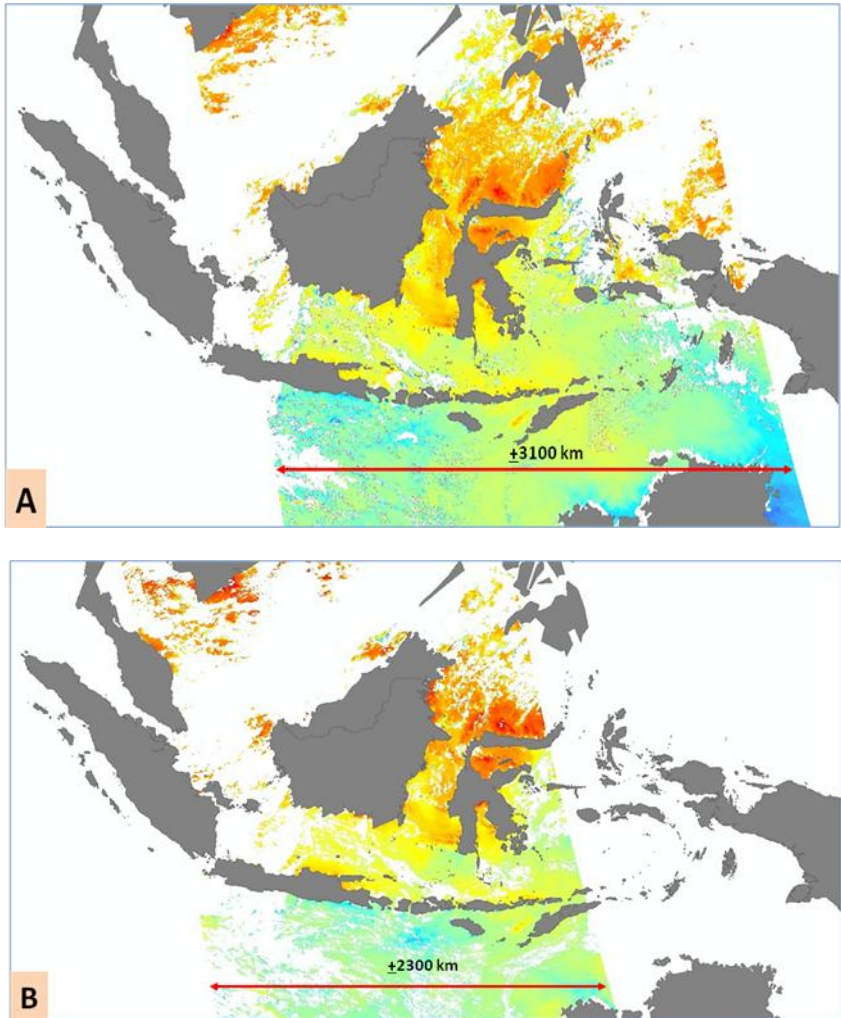
untuk mendeteksi *fronts* di dalam data citra SPL dan telah diterapkan pada kumpulan data satelit NOAA-7 AVHRR. Sementara itu, penelitian menggunakan citra SPL dari data satelit Terra/Aqua MODIS telah dilakukan pula oleh Kahru *et al.*, (1995) dengan lokasi kajian yang berbeda, yaitu Laut Baltic.

3. Hasil dan Pembahasan

Citra suhu permukaan laut yang dihasilkan dari data VIIRS memiliki resolusi spasial 750 meter, sehingga dalam melakukan analisis parameter geobiofisik memiliki kelebihan dibandingkan citra SPL MODIS. Perbandingan antara citra SPL VIIRS dan citra SPL MODIS selain dari resolusi spasial, berbeda dari luas cakupan data. Gambar 3.1. menampilkan perbandingan lebar cakupan data antara citra SPL VIIRS (A) dan citra SPL MODIS (B). Dengan cakupan data yang lebih luas maka informasi yang dihasilkan bisa lebih banyak dan area informasi pun bisa saling melengkapi antara citra SPL VIIRS dan citra SPL MODIS.

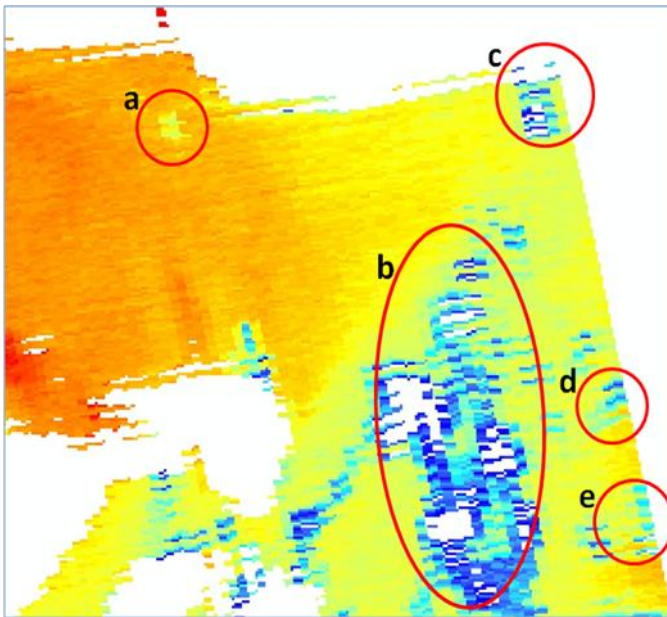
Setiap data VIIRS ataupun data MODIS yang akan digunakan selalu melewati tahapan proses koreksi dan kalibrasi data. Salah satu koreksi yang harus dilakukan yaitu koreksi bowtie. Kesalahan analisis data akan terjadi jika data VIIRS ataupun data MODIS yang digunakan tanpa melewati proses koreksi bowtie. Sebagaimana telah dijelaskan pada bab metode, koreksi bowtie dimaksudkan untuk memperbaiki error yang diakibatkan karena kesalahan saat perekaman data. Citra yang dihasilkan akan terlihat seperti pola yang berulang, seperti ditampilkan pada Gambar 3.2.

Pemanfaatan Citra Suhu Permukaan Laut Data Satelit Suomi NPP VIIRS
untuk Produksi Informasi ZPPI



Gambar 3.1 Citra SPL VIIRS (A) dan MODIS (B) tanggal 22 Agustus 2014

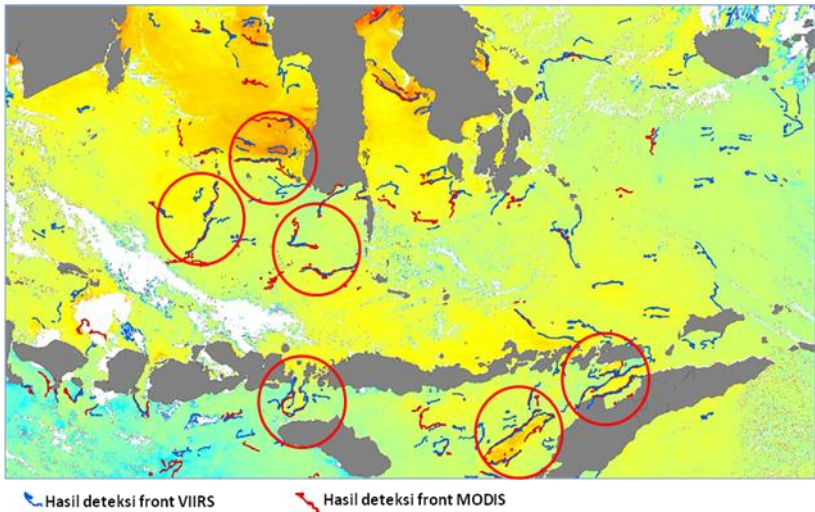
Secara visual citra SPL tanpa koreksi bowtie akan tampak lebih kasar dibandingkan citra SPL yang telah dikoreksi bowtie. Pada bagian-bagian tertentu pola sebaran suhu permukaan laut terlihat terdistorsi dengan sempurna. Pada Gambar 3.2(a), terlihat pola suhu yang berulang dan hal ini akan menyebabkan kesalahan interpretasi jika dilakukan pengolahan lebih lanjut. Efek bowtie terlihat jelas juga pada pinggiran awan, Gambar 3.2 (b, c, d, dan e).



Gambar 3.2 Citra suhu permukaan laut tanpa koreksi bowtie

Proses pengolahan identifikasi termal front menggunakan metode SIED dengan parameter gradient suhu sebesar 0.5°C di beberapa lokasi akan menghasilkan deteksi yang sama meskipun perbedaan waktu antara data VIIRS dan data MODIS yang digunakan sebesar 32 menit. Data VIIRS yang memiliki kelebihan dari resolusi spasial menghasilkan deteksi

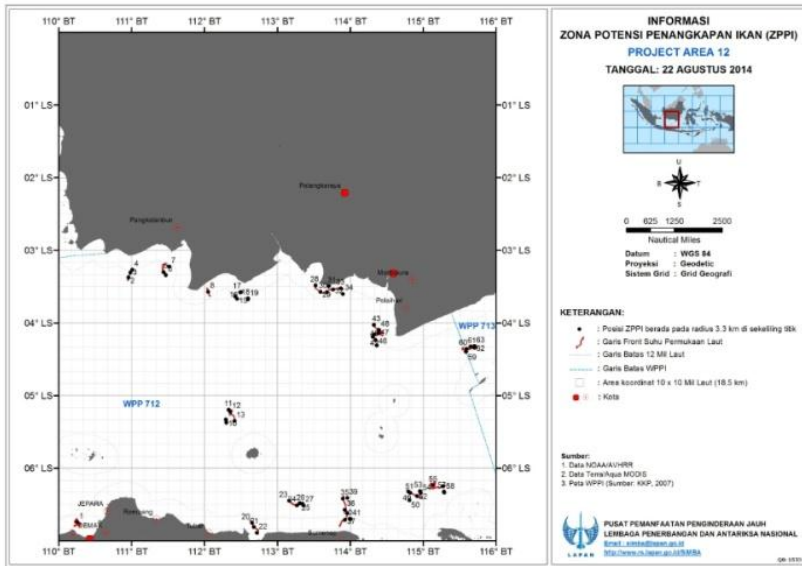
front yang lebih detail dibandingkan dengan data MODIS. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.3, hasil deteksi *front* antara data VIIRS dan data MODIS saling tumpang tindih di lokasi perairan yang bebas awan.



Gambar 3.3 Perbedaan hasil deteksi front data VIIRS dan data MODIS

Hasil identifikasi *fronts* dikonversi ke dalam format titik koordinat untuk memudahkan *user* dalam menggunakan informasi ZPPI. Proses konversi ini, yaitu mengubah format *fronts* hasil deteksi berupa raster, diubah menjadi vektor dan membagi *front* terdeteksi menjadi bagian-bagian kecil dengan area 10 mil. Titik koordinat *front* yang ditampilkan dalam peta informasi zona potensi penangkapan ikan disertai dengan tabel informasi koordinat lintang dan bujur, seperti dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Wilayah Pesisir dan Laut



DAFTAR KOORDINAT ZPPI TANGGAL 22 AGUSTUS 2014

POSISI ZPPI	BUJUR	LINTANG	POSISI ZPPI	BUJUR	LINTANG
1	110°15'13.33" BT	06°44'39.17" LS	33	113°52'16.55" BT	03°1'25.44" LS
2	110°57'22.70" BT	03°22'28.04" LS	34	113°53'53.90" BT	03°35'59.15" LS
3	110°59'05.40" BT	03°18'18.00" LS	35	113°55'55.66" BT	06°20'15.30" LS
4	111°00'36.24" BT	03°16'06.44" LS	36	113°55'23.26" BT	06°34'24.27" LS
5	111°26'21.68" BT	03°17'56.95" LS	37	113°55'38.17" BT	06°42'42.32" LS
6	111°28'12.02" BT	03°20'28.50" LS	38	113°57'34.11" BT	06°37'22.56" LS
7	111°30'55.75" BT	03°13'28.08" LS	39	113°57'38.06" BT	06°24'41.27" LS
8	112°02'56.96" BT	03°34'15.23" LS	40	113°59'33.09" BT	06°42'00.58" LS
9	112°17'42.45" BT	05°19'48.23" LS	41	114°00'13.92" BT	06°42'01.96" LS
10	112°17'58.01" BT	05°22'12.51" LS	42	114°18'35.61" BT	04°1'123.82" LS
11	112°19'55.41" BT	05°11'43.55" LS	43	114°19'27.03" BT	04°01'46.52" LS
12	112°21'18.67" BT	05°13'26.21" LS	44	114°19'33.77" BT	04°09'38.47" LS
13	112°24'38.41" BT	05°21'102.84" LS	45	114°20'47.90" BT	04°14'05.29" LS
14	112°25'22.51" BT	03°38'13.04" LS	46	114°21'48.92" BT	04°18'30.40" LS
15	112°26'52.09" BT	03°40'03.72" LS	47	114°23'23.68" BT	04°08'37.86" LS
16	112°29'23.48" BT	03°34'48.09" LS	48	114°23'31.23" BT	04°05'52.10" LS
17	112°30'08.16" BT	03°34'35.74" LS	49	114°47'55.52" BT	06°19'24.71" LS
18	112°35'51.33" BT	03°39'38.28" LS	50	114°48'39.15" BT	06°26'31.89" LS
19	112°35'54.10" BT	03°40'26.57" LS	51	114°49'52.52" BT	06°20'23.30" LS
20	112°36'11.75" BT	06°45'14.49" LS	52	114°50'45.73" BT	06°20'03.84" LS
21	112°40'45.18" BT	06°48'41.45" LS	53	114°57'23.03" BT	06°18'58.27" LS
22	112°43'07.31" BT	06°53'27.37" LS	54	114°57'54.69" BT	06°20'41.25" LS
23	113°06'41.82" BT	06°26'56.88" LS	55	115°06'01.66" BT	06°14'09.90" LS
24	113°16'06.70" BT	06°30'49.23" LS	56	115°16'26.09" BT	06°15'05.13" LS
25	113°18'26.73" BT	06°28'55.69" LS	57	115°17'10.48" BT	06°19'23.02" LS
26	113°20'44.09" BT	06°29'29.69" LS	58	115°17'19.84" BT	06°20'10.03" LS
27	113°21'20.31" BT	06°30'45.66" LS	59	115°35'10.55" BT	04°23'44.62" LS
28	113°31'29.18" BT	03°28'56.90" LS	60	115°35'48.88" BT	04°21'23.65" LS
29	113°35'23.03" BT	03°34'13.75" LS	61	115°39'00.54" BT	04°19'34.80" LS
30	113°40'52.60" BT	03°34'29.79" LS	62	115°42'09.68" BT	04°20'26.27" LS
31	113°42'27.49" BT	03°29'34.05" LS	63	115°42'10.00" BT	04°19'09.14" LS
32	113°45'50.13" BT	03°32'25.18" LS			

Gambar 3.4 Peta informasi ZPPI dari Data VIIRS

Titik koordinat *front* ditampilkan dalam peta informasi zona potensi penangkapan ikan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 biasa disebut sebagai informasi ZPPI. Lembar informasi tersebut sudah diujicobakan untuk dimanfaatkan oleh nelayan di Indramayu. Terdapat dua hal yang utama pada peta informasi ZPPI, yaitu titik-titik yang menggambarkan lokasi perairan yang potensial untuk penangkapan ikan dan daftar koordinat lokasi tersebut untuk memudahkan para nelayan membacanya.

4. Kesimpulan

Pada awalnya produksi informasi ZPPI didasarkan pada data satelit NOAA dan MODIS. Perolehan kedua jenis data tersebut sering mengalami kendala. Data VIIRS merupakan satu alternatif untuk mendukung produksi informasi ZPPI. Dalam memenuhi kebutuhan operasional produksi informasi ZPPI, pengolahan data VIIRS dimulai dari tahap koreksi geometri sampai dengan dihasilkan layout peta informasi ZPPI dilakukan oleh sistem otomatis tanpa perlu diproses oleh operator.

Secara operasional data Suomi NPP VIIRS bisa digunakan sebagai data tambahan dalam menghasilkan informasi ZPPI. Selain itu, data VIIRS perekaman malam pun dapat digunakan sebagai alternatif data dalam ekstraksi parameter suhu permukaan laut. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai koreksi untuk menghilangkan kesalahan deteksi front di pinggiran data awan, sehingga informasi yang dihasilkan bisa lebih akurat lagi.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Tim Operasional Zona Potensi Pemanfaatan Ikan (ZPPI) Pusfatja Lapan yang telah membantu dalam penyediaan beberapa jenis data untuk mendukung riset ini.

Daftar Pustaka

- Cao, C. dan Bai, Y. 2014. Quantitative Analysis of VIIRS DNB Nightlight Point Source for Light Power Estimation and Stability Monitoring. *Remote Sensing* 6/2014, pp. 11915–11935. doi: 10.3390/rs61211915.
- Cao, C., Xiong, X., Wolfe, R., DeLuccia, F., Liu, Q., Blonski, S., Lin, G., Nishihama, M., Pogorzala, D., Oudrari, H., dan Hillger, D. 2013. Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Sensor Data Record (SDR) User's Guide. U.S. Department Of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. Washington, D.C.
- Cayula, J.F. dan Cornillon, P. 1992. Edge Detection Algorithm for SST Images. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 9(1): 67–80.
- Exelis. 2014. GLT and Bowtie Correction Background. [http://exelisvis.de/docs/Background GLT Bowtie Correction.html](http://exelisvis.de/docs/Background%20GLT%20Bowtie%20Correction.html) (Tanggal unduh: 18 Desember 2014).
- Gordin, R. dan Gottshall, E. 2013. Joint Polar Satellite System (JPSS) VIIRS Sea Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Goddard Space Flight Center Greenbelt, Maryland.
- Hamzah, R., Prayogo, T., dan Harsanugraha, W.K. 2014. Identifikasi Thermal Front dari Data Satelit Terra/Aqua MODIS Menggunakan Metode Single Image Edge Detection (SIED) (Studi Kasus: Perairan Utara dan Selatan Pulau Jawa). *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*. Bogor.

- Kahru M., Hakansson B., dan Rud, O. 1995. Distributions of the Sea Surface Temperature Fronts in the Baltic Sea as Derived From Satellite Imagery. *Continental Shelf Research* 15(6): 663–679.
- Liang, X.M., Ignatov, A., dan Saha, K. 2013. Monitoring AVHRR-MODIS-VIIRS Radiometric Consistency Using MICROS Online Near Real Time System. *AIP Conf. Proc.* 1537. pp. 228–231. doi: 10.1061/1.4804748.
- Minnett, P.J., Evans, R.H., dan Ignatov, A. 2012. Sea-Surface Temperatures from the VIIRS on Suomi-NPP. *GHRSSST Tokyo*, June 4–8, 2012.
- Minnett, P.J., Evans, R.H., Turpie, K.R., dan Reynolds, R.M. 2013. Assessment of Suomi-NPP VIIRS Sea Surface Temperature Retrieval. University of Miami. Rosentiel School of Marine & Atmosphere Science.
- NOAA National Calibration Center. 2014. Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). U.S. Department of Commerce. <http://ncc.nesdis.noaa.gov/VIIRS/VIIRS.php> (Tanggal unduh: 18 Desember 2014).
- Souri, A.H. dan Azizi, A. 2013. Removing Bowtie Phenomenon by Correction of Panoramic Effect in MODIS Imagery. *International Journal of Computer Applications* Volume 68 No. 3:12–16.
- Walton, C.C. 1988. Nonlinear Multichannel Algorithms for Estimating Sea Surface Temperature with AVHRR Satellite Data. *Journal of Applied Meteorology*, 27, 115–124.