

ANALISIS PENERAPAN METODE GAP FILLING UNTUK OPTIMALISASI PEROLEHAN DATA SUHU PERMUKAAN LAUT BEBAS AWAN DI SELAT BALI

(ANALYSIS OF THE APPLICATION GAP FILLING METHOD FOR OPTIMIZATION CLOUD FREE SEA SURFACE TEMPERATURE DATA IN BALI STRAIT)

Dinarika Jatisworo¹, Ari Murdimanto², Denny W. Kusuma¹, Bambang Sukresno¹, Dessy Berlianty¹

¹Balai Riset dan Observasi Laut-Kementerian Kelautan dan Perikanan

²Konsultan individual SIG dan Penginderaan Jauh

e-mail: dinajatisworo@gmail.com

Diterima 31 Mei 2018; Direvisi 13 November 2018; Disetujui 27 November 2018

ABSTRACT

Sea Surface Temperature (SST) sensed from infrared satellite sensors has a limitation caused by clouds cover. This limitation affects SST data to be not optimal because there are many empty areas without SST information. Gap Filling is a simple method for combining multitemporal satellite data to generate cloud free data. This research will apply Gap Filling method from two SST data, namely Himawari-8 and Multiscale Ultrahigh Resolution Sea Surface Temperature (MUR-SST). Cloud free daily SST data generated by this method has ~2 Km spatial resolution and daily temporal resolution. Validation of cloud-free SST data using in situ measurement data shows Mean Absolute Deviation (MAD) value 0.29 is smaller than MAD value from MUR-SST and Himawari-8 data. High correlation between cloud free SST data and insitu data is reflected from Kendall's Tau correlation value of 0.7966 or 79.66% and R^2 with 0.93 value. These results indicate that the cloud free daily SST data can be used as valid estimation of SST condition in Bali Strait.

Keywords: *Sea Surface Temperature, Cloud Free, Himawari-8, MUR-SST, Gap Filling*

ABSTRAK

Suhu Permukaan Laut (SPL) yang diindera dari sensor satelit inframerah mempunyai keterbatasan yang disebabkan oleh tutupan awan. Adanya keterbatasan ini menyebabkan data SPL tidak optimal karena banyak area yang kosong informasinya. *Gap Filling* merupakan metode yang sederhana untuk menggabungkan data satelit multitemporal sehingga menghasilkan data bebas awan. Penelitian ini akan menerapkan metode *gap filling* dari dua data SPL yaitu Himawari-8 dan *Multiscale Ultrahigh Resolution Sea Surface Temperature* (MUR-SST). Data SPL bebas awan harian yang dihasilkan mempunyai resolusi spasial ~2 km dan resolusi temporal 1 hari. Validasi dari data SPL bebas awan menggunakan data pengukuran insitu menunjukkan nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD) sebesar 0.29 lebih kecil dibandingkan nilai MAD dari data MUR-SST dan Himawari-8. Korelasi yang tinggi antara data SPL bebas awan dan data insitu dicerminkan oleh nilai korelasi Kendall's Tau yaitu 0.7966 atau 79.66% serta nilai R^2 dengan nilai 0.93. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa data SPL bebas awan harian dapat digunakan sebagai estimasi kondisi SPL yang valid di Selat Bali.

Kata kunci: *Suhu Permukaan Laut, Bebas Awan, Himawari-8, MUR-SST, Gap Filling*

1 PENDAHULUAN

Suhu Permukaan Laut (SPL) adalah variabel yang paling penting dalam kajian oseanografi. Suhu juga merupakan parameter penting untuk mengetahui variabilitas perubahan iklim dan produktivitas laut (Faye *et al.*, 2015). Perubahan suhu di laut menyebabkan pergerakan massa air dan sirkulasi global. Suhu juga merupakan faktor utama dalam interaksi udara-laut. Oleh karena itu, SPL merupakan variabel penting yang digunakan pada setiap penelitian oseanografi.

Satelit penginderaan jauh berkembang sangat pesat sehingga mampu menyediakan data SPL *near real time* dengan cakupan skala regional maupun global. Estimasi data SPL menggunakan satelit dengan radiometer inframerah dimulai sejak tahun 1970. Keunggulan sensor inframerah adalah mampu menghasilkan data SPL dengan resolusi spasial menengah hingga ~1 Km, tetapi di sisi lain juga memiliki keterbatasan informasi akibat dari pengaruh tutupan awan. Inframerah tidak mampu menembus awan, oleh karena itu dibutuhkan gelombang elektromagnetik lain yang dapat mengindera SPL dan mampu menembus awan. Pada tahun 1980 dikembangkan Radiometer dengan memanfaatkan panjang gelombang mikro untuk mendeteksi SPL. Gelombang ini mampu menembus awan meskipun datanya memiliki resolusi spasial yang lebih rendah yaitu ~25 Km.

Penggabungan dua data dari hasil perekaman Inframerah dan Gelombang Mikro dapat menghasilkan data SPL

yang bebas awan. França *et al.* (2014) menghasilkan data SPL bebas awan yang memiliki resolusi spasial 0.05° , dengan memadukan data SPL dari *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) dan TRMM Microwave Imager (TMI), menggunakan metode Interpolasi Analisis Objektif Barnes untuk menghasilkan data SPL baru. Barton (2007) mendapatkan data SPL bebas awan resolusi spasial 0.01° dengan menggabungkan data SPL dari multi satelit yaitu, *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), *European Remote Sensing Satellite-2* (ERS-2), *Along Track Scanning Radiometer-2* (ATSR-2), *Advanced Along Track Scanning Radiometer* (AATSR), *Global Imager* (GLI), *Multispectral Imager* (MSI), dan *Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS* (AMSR-E) yang divalidasi dengan data hasil pengukuran lapangan. Produk penggabungan multi satelit lain yang saat ini datanya tersedia secara kontinyu adalah *Multiscale Ultra Resolution Sea Surface Temperature* (MUR-SST). Chin *et al.* (2017) mengembangkan MUR-SST dengan menggunakan metode *Multi Resolution Variational Analysis* (MRVA) dan menghasilkan data SPL harian bebas awan dengan resolusi spasial sangat tinggi yaitu ~1 Km. Data input yang digunakan adalah *Group for High Resolution Sea Surface Temperature* GHRSSST Level 2 atau yang lebih umum disebut Level 2 Preprocessed (L2P) yang terdiri dari AVHRR, MODIS, AATSR,

AMSR-E, TMI, *Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) imager*, dan *Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI)*. Yang *et al.* (2017) juga menggabungkan Geo-Polar satelit yaitu MODIS, AVHRR, *Meteorological Imager-Communication Ocean and Meteorological Satellite (MICOMS)*, *Multifunctional Transport Satellite-2 (MTSAT-2)*, AMSR-2, dan WindSat dengan metode *Optimum Interpolation (OI)*. Data SPL yang dihasilkan adalah data SPL harian dan SPL setiap 8 jam dengan resolusi spasial ~1 Km.

Kendala dalam menggabungkan SST Inframerah dan Gelombang Mikro adalah perbedaan karakteristik kemampuan penetrasi vertikal atau kedalaman di kolom air. Kemampuan penetrasi vertikal dari pengukuran sensor dalam kolom air akan menghasilkan data SPL yang berbeda nilainya tergantung pada struktur temperatur vertikal. Donlon *et al.* (2002) membagi struktur vertikal SPL menjadi beberapa bagian yaitu SPL *interface*, SPL *Skin*, SPL *Subskin*, dan SPL *Subsurface*. Sensor Inframerah hanya dapat mengukur SPL pada lapisan tipis dari permukaan hingga ~500 μm sehingga hasil data SPL turunannya mewakili nilai SPL *Skin*. Gelombang Mikro dapat menembus lebih dalam ke kolom air daripada Inframerah, sehingga data SPL dari sensor Gelombang Mikro mewakili SPL *subskin* atau juga disebut SPL *bulk*. Perbedaan karakteristik penetrasi vertikal ini menyebabkan perlu adanya penyesuaian nilai SPL jika akan digabungkan keduanya. Beberapa penelitian juga mencatat bahwa penggabungan data SPL inframerah dan Gelombang Mikro yang memiliki resolusi spasial berbeda akan cenderung menghasilkan data SPL yang memiliki resolusi spasial yang kasar. Secara operasional dan penelitian, data SPL yang dibutuhkan adalah data yang bebas awan dengan resolusi temporal dan spasial yang tinggi.

Selat Bali merupakan perairan yang unik karena di dalamnya terdapat kegiatan penangkapan ikan dengan satu alat tangkap yang seragam (*monogear*) dan satu jenis spesies (*monospecies*) utama yaitu lemuru. Kegiatan penangkapan ikan ini diharapkan dapat didukung oleh adanya Peta Lokasi

Penangkapan Ikan (PELIKAN) Lemuru yang dioperasikan oleh Balai Riset dan Observasi Laut sejak tahun 2015. PELIKAN Lemuru merupakan peta prediksi lokasi ikan lemuru di Selat Bali berdasarkan data SPL, Klorofil-a, dan PAR (*Photosynthetically Available Radiation*) yang diekstraksi dari data satelit MODIS (Susilo, 2015). Data masukan dari PELIKAN memiliki resolusi spasial 1 km dengan resolusi temporal 1 hari. Kendala yang dihadapi adalah tingginya tutupan awan, sehingga banyak data yang tidak terdapat informasinya.

Peningkatan informasi PELIKAN Lemuru ini sangat memerlukan data SPL yang bebas awan. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Himawari-8 dan MUR-SST. Himawari-8 memiliki resolusi temporal sangat tinggi yaitu hingga 10 menit, oleh karena itu jika digabungkan menjadi data SPL harian akan ada lebih banyak area yang terdapat informasi suhunya dibandingkan dengan menggabungkan beberapa jenis satelit sensor optis dengan resolusi temporal harian. Data MUR-SST juga digunakan dalam penelitian ini karena data ini mudah diakses dan merupakan data bebas awan yang memiliki resolusi spasial tinggi. Vazquez-Cuervo *et al.* (2013) membandingkan beberapa data SPL bebas awan termasuk MUR-SST, dimana hasilnya berupa analisis gangguan (*noise*) piksel ke piksel pada MUR-SST berada pada level yang sama dengan dataset bebas awan lain yang lebih rendah resolusi spasialnya. Dengan kata lain, meskipun resolusi spasialnya tinggi namun informasi suhunya sama dengan data resolusi spasial rendah. Oleh karena itu data ini akan lebih valid jika digabungkan dengan data Himawari-8 yang resolusi temporalnya sangat tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan data SPL harian dengan meminimalkan area kosong karena tutupan awan dengan menggunakan metode Gap Filling. Metode yang umum digunakan untuk tujuan tersebut meliputi interpolasi, ekstrapolasi, dan peramalan (Henn *et al.*, 2013). Pada umumnya data SPL dari sensor inframerah seperti Aqua MODIS akan dikomposit secara 3 harian, 8 harian, atau bahkan bulanan untuk mendapatkan data SPL bebas tutupan

awan, namun cara ini perlu dipertimbangkan mengingat data SPL ini nantinya akan digunakan sebagai data masukan dalam pembuatan PELIKAN Lemuru yang diterbitkan setiap hari. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan diujicoba pembuatan data SPL bebas awan dengan mengkombinasikan data SPL Himawari-8 dan MUR-SST, yaitu dengan mengisi semua piksel *NoData* pada SPL Himawari-8 dengan data MUR-SST. Pengisian celah hanya diterapkan di area "*NoData*" pada data SPL Himawari-8, sehingga informasi SPL dari Himawari-8 bisa tetap dipertahankan. Data SPL yang dihasilkan mempunyai resolusi spasial ~2 Km mengikuti resolusi spasial dari data Himawari-8 dan resolusi temporal harian.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Penelitian dilakukan pada Bulan Januari - Desember 2017 dengan lokasi di Selat Bali. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data SPL Himawari-8 dan MUR-SST. Karakteristik dari kedua data tersebut tersaji dalam Tabel 2-1.

Data SPL dari Himawari-8 AHI yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang dikeluarkan oleh JAXA <http://www.eorc.jaxa.jp/ptree/index.html>. Level data yang digunakan adalah level 3 yaitu data 10 menitan yang sudah direrata menjadi data perjam selama satu hari perekaman, sehingga terdapat 24 data level 3 per hari. MUR-SST merupakan data turunan level 4 GHRSSST yang dapat diunduh secara gratis pada alamat website berikut <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST.html>.

Data SPL yang tersedia merupakan data global dengan resolusi

spasial ~1 Km. Berdasarkan Tabel 2-1, perbedaan antara Himawari-8 dan MUR-SST adalah tipe dari data SPL yang dihasilkan. MUR-SST merupakan data SPL *subskin* dan memiliki resolusi temporal yang lebih rendah dibandingkan dengan Himawari-8. MUR-SST merupakan data level 4 yaitu data SPL harian dari berbagai satelit sensor inframerah dan gelombang mikro yang digabungkan dan diinterpolasi sehingga bebas tutupan awan sehingga memiliki resolusi spasial yang tinggi. Pengukuran insitu dilakukan pada tanggal 22-26 Februari, 22-30 Agustus, dan 11-20, Oktober 2017. Pemilihan bulan diasumsikan dapat mewakili kondisi musim barat dan musim timur. Pengukuran dilakukan oleh peneliti Balai Riset dan Observasi Laut menggunakan Kapal Inka Mina. Alat *Conductivity Temperature Depth* (CTD) Sea-Bird SBE37SM-RS232 Serial Number 03707844 digunakan untuk mengukur SPL insitu. Sampel sebanyak 33 titik terdistribusi secara acak di Selat Bali. Data pengukuran SPL yang digunakan adalah data dengan kedalaman tidak lebih 1 meter di bawah permukaan laut, dengan asumsi mewakili nilai SPL *skin*. Dari 33 lokasi data sampel, terpilih 80 data SPL yang difilter berdasarkan kedalaman pengukuran.

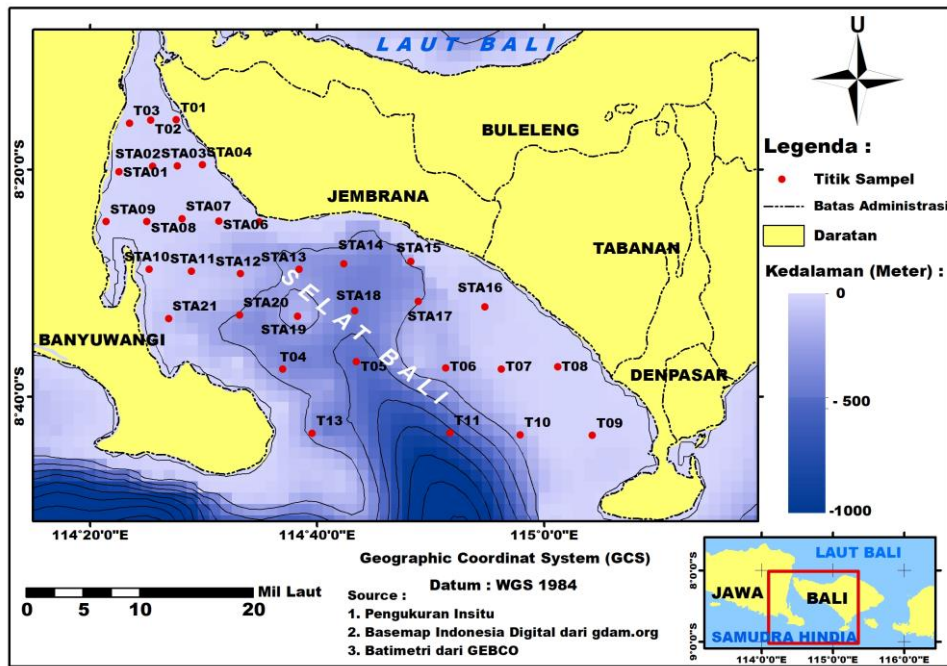
2.2 Metode Penelitian

Data SPL dari Himawari-8 termasuk data dengan temporal tinggi/spasial rendah, sedangkan SPL dari MUR-SST termasuk data temporal rendah/spasial tinggi. Metode penggabungan kedua data tersebut meliputi beberapa tahap yaitu interpolasi spasial, interpolasi temporal, dan fusi (Banzon *et al.*, 2016; Adesso *et al.*, 2017).

Tabel 2-1: SPESIFIKASI DATA MASUKAN

| Data SPL | Resolusi Spasial | Resolusi Temporal | Tipe SPL |
|------------|------------------|-------------------|----------|
| Himawari-8 | 2 Km | 1 Jam | Skin |
| MUR-SST | 1 Km | 1 hari | Subskin |

Sumber : Chin *et al.* (2017) and Kurihara *et al.* (2016)



Gambar 2-1: Sebaran pengukuran SPL

Perbedaan karakteristik SPL antara data Himawari-8 dengan MUR-SST seperti pada Tabel 2-1, menyebabkan perlu dilakukan penyesuaian nilai terlebih dahulu. Penyesuaian akan diterapkan terhadap data SPL MUR-SST yaitu nilai suhunya akan diubah menjadi nilai suhu *skin*. Menurut Kurihara *et al.* (2016) perbedaan SPL *skin* dan *bulk* adalah berkisar antara 0.14-0.16 K dengan kondisi SPL *bulk* akan lebih dingin dari SPL *skin*. Oleh karena itu penyesuaian nilai SPL MUR-SST dari suhu *bulk* ke suhu *skin* menggunakan kalkulasi beda suhu vertikal (ΔT) dengan persamaan yang berdasarkan pada Donlon *et al.*(2002) seperti berikut ini :

$$\Delta T_{subskin} = SPL_{skin} - SPL_{subskin} \dots\dots\dots(1)$$

$\Delta T_{subskin}$: Beda Suhu Vertikal (°C)
 SPL_{skin} : Nilai SPL *skin* (°C)
 $SPL_{subskin}$: Nilai SPL *subskin/bulk* (°C)

Jika kondisi suhu *bulk* yang lebih dingin, maka nilai suhu *skin* akan didapatkan dengan cara mengurangi nilai SPL *subskin* dengan nilai 0.14-0.16 K. Dengan substraksi nilai tersebut maka akan didapatkan data MUR-SST *skin*. Data Himawari-8 tiap jam akan digabungkan menjadi data rerata harian agar sesuai dengan resolusi temporal data MUR-SST. Data MUR-SST *skin* memiliki resolusi spasial 1 km, sehingga tidak dapat langsung digabungkan dengan data SPL dari Himawari-8

karena perbedaan resolusi. Resolusi kedua data tersebut akan disamakan dengan menggunakan metode *resampling* citra. *Resampling* adalah proses *rescaling* data raster yang menghasilkan grid sel raster baru dengan ukuran sel yang berbeda dari raster asli atau disebut juga operasi pengubahan ukuran sel (Wade dan Sommer, 2006). Proses ini akan mengecilkan resolusi spasial MUR-SST dari ~1 Km menjadi ~2 Km sesuai dengan resolusi spasial data Himawari-8.

Metode *resample* yang digunakan dalam penelitian ini adalah tetangga terdekat (*nearest neighbor*) karena merupakan satu-satunya metode yang tidak menyisipkan nilai-nilai baru ke dalam dataset sehingga nilai SPL keluaran cukup sama dengan data asli (Studley dan Weber, 2010). Data SPL Himawari-8 harian dan MUR-SST *skin resampling* kemudian digabungkan dengan cara mozaik. Area kosong pada data SPL Himawari-8 akan digantikan dengan MUR-SST *skin resampling*, sedangkan bagian SPL Himawari-8 yang terdapat data SPL akan tetap dipertahankan. Hasil penggabungan dua data tersebut adalah data SPL bebas awan dengan resolusi temporal harian dan resolusi spasial ~2 Km. Proses penggabungan dengan cara mozaik ini akan menghasilkan data SPL yang kasar terutama di tepi piksel yang

bertampalan antara data Himawari-8 dan MUR-SST *skin resampling*. Kekasaran piksel dihilangkan dengan menerapkan filter *lowpass*, filter ini akan menghaluskan data dengan cara menghilangkan data ekstrim. Filter *lowpass* yang digunakan dengan ukuran kernel 3x3. Filter ini akan memberikan efek halus, sehingga objek akan terlihat buram, terutama pada tepi objek (Kumar, 2003).

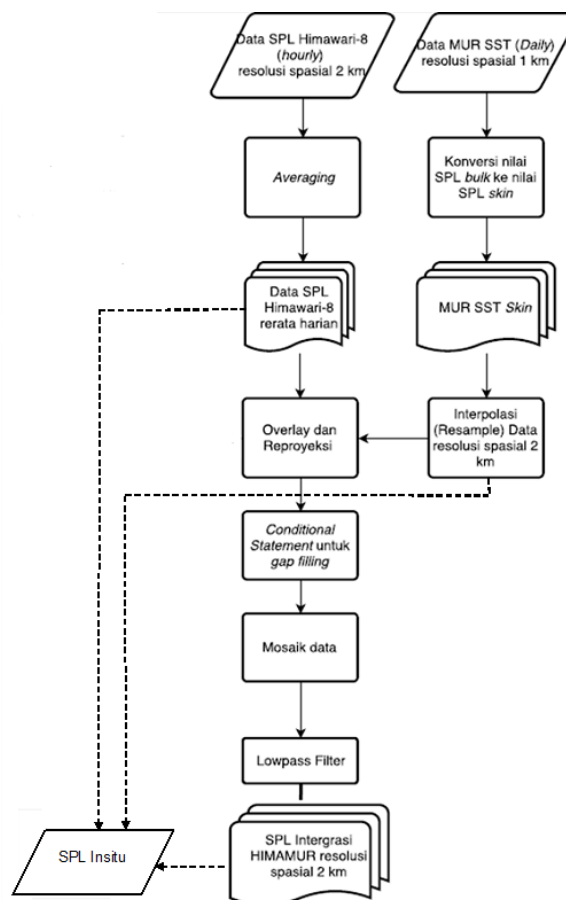
Validasi data SPL bebas awan dilakukan pada data yang sesuai dengan tanggal pengukuran insitu. Data SPL bebas awan resolusi temporalnya harian, sedangkan data insitu yang digunakan adalah data pengukuran sesaat yang diasumsikan mewakili data harian. Hal ini terkait dengan keterbatasan dan ketersediaan data insitu terutama pada wilayah perairan tertutup seperti Selat Bali sehingga data insitu yang digunakan tidak *timeseries*. Perbedaan waktu antara pengambilan data insitu dengan waktu perekaman data satelit disebut sebagai data yang tidak sinkron (Ditri *et al.*, 2018). Oleh karena itu jika terdapat data insitu pada lokasi dan tanggal yang sama tetapi jam

pengukuran berbeda, maka akan direrata. Data insitu dalam satu hari akan diinterpolasi agar sesuai dengan temporal data SPL bebas awan.

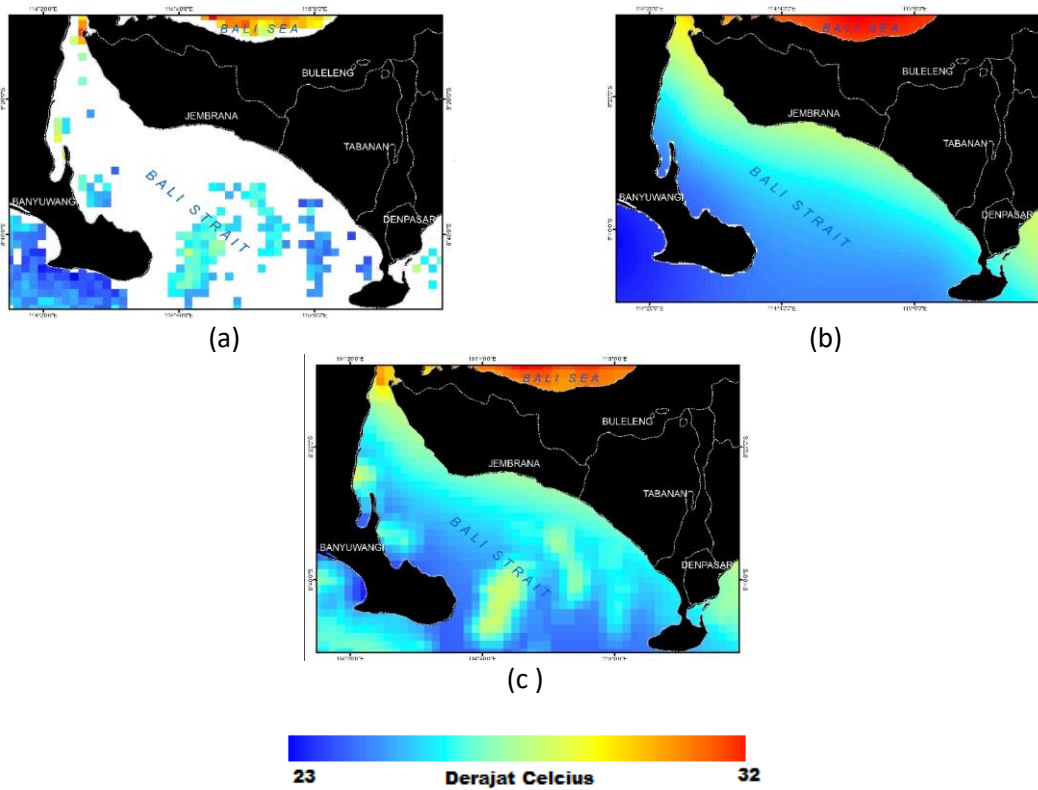
Kualitas data MUR-SST dan Himawari-8 ataupun data keluaran yaitu SPL bebas awan terhadap data insitu dapat direpresentasikan oleh nilai Standar Deviasi (STD) dan *Mean Absolute Deviation* (MAD). Kekuatan hubungan (korelasi) antara data insitu dengan SPL bebas awan juga akan dilihat dengan menggunakan metode Kendall's Tau dan regresi linier, sehingga akan didapatkan nilai *R Square* (R^2) untuk menjelaskan apakah data SPL bebas awan dapat merepresentasikan data insitu. Korelasi dan regresi dilakukan menggunakan perangkat lunak NCSS 12.0.6. Rumus untuk korelasi Kendall's Tau tersaji seperti dalam rumus berikut ini :

$$\tau = \frac{\Sigma A - \Sigma B}{\frac{N(N-1)}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

- N : Jumlah Sampel
- ΣA : Jumlah rangking atas
- ΣB : Jumlah rangking bawah
- τ : Koefisien korelasi Kendall's Tau



Gambar 2-2: Diagram alir penelitian



Gambar 3-1 : Perbandingan visual data SPL (a) SPL Himawari-8 Original (b) SPL Mur-SST Skin Resampling (c) SPL Integrasi Bebas Awan

3 HASIL PEMBAHASAN

3.1 Suhu Permukaan Laut Bebas Awan

Area “NoData” dalam data SPL Himawari-8 akan digantikan data SPL dari MUR-SST *skin resampling*. Wilayah yang tertutup awan terutama di perairan Indonesia mencapai 90-96%, terutama pada musim barat (Nababan, 2016). Tingkat liputan awan yang tinggi presentasenya ini menyebabkan data-data SPL dari sensor optis akan banyak area yang kosong informasinya. Gambar

Banyaknya jumlah informasi SPL yang hilang pada data tersebut akan menyebabkan tidak optimalnya data. Miyazawa *et al.* (2017) melakukan komposit temporal data SPL Himawari-8 untuk menghilangkan area tertutup awan dan hal ini lebih efektif menampilkan informasi SPL daripada produk SPL inframerah sebelumnya yang temporalnya lebih rendah dari Himawari-8. Jika dibandingkan dengan data SPL Aqua MODIS yang digunakan sebagai data masukan untuk PELIKAN Lemuru dimana perekamannya hanya satu kali dalam sehari, maka jumlah informasi SPL yang terdapat pada citra MODIS akan jauh lebih sedikit

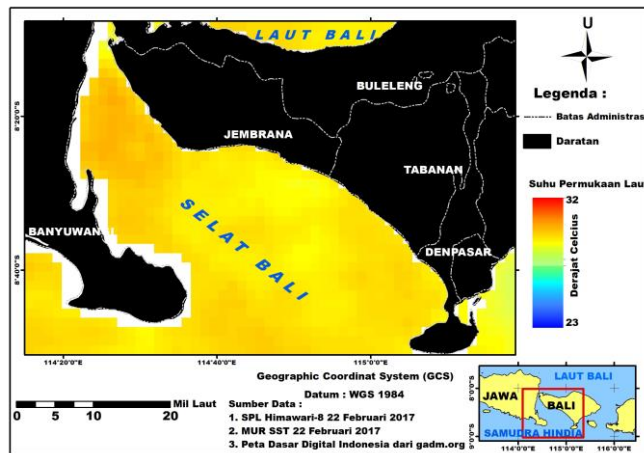
3-1 (a) yang merupakan contoh data SPL original dari Himawari-8 yang dikomposit harian. Data tersebut diakuisisi pada tanggal 31 Mei 2017, dimana hanya terdapat beberapa piksel saja yang ada informasinya. Total piksel pada data Himawari-8 tersebut 1.813 piksel, dengan 241 piksel terisi informasi SPL dan 1.572 piksel tanpa data. Dengan kata lain informasi SPL yang hilang akibat tutupan awan adalah sekitar 86.71% dan hanya 13.29% informasi SPL yang didapatkan, dibandingkan dari citra Himawari-8 yang di komposit menjadi data harian. Dampaknya adalah akan banyak data lokasi ikan pada PELIKAN Lemuru yang kosong juga. Oleh karena itu data SPL Himawari-8 komposit harian dapat menjadi alternatif sebagai data masukan untuk PELIKAN Lemuru.

Meskipun telah dilakukan komposit temporal, namun terkadang perairan Selat Bali masih terdapat area-area kosong yang tertutup awan. Untuk mendapatkan data harian bebas awan maka data harian SPL Himawari-8 tersebut kemudian digabungkan dengan MUR-SST. Data SPL gabungan pada Gambar 3-1(c) menunjukkan bahwa

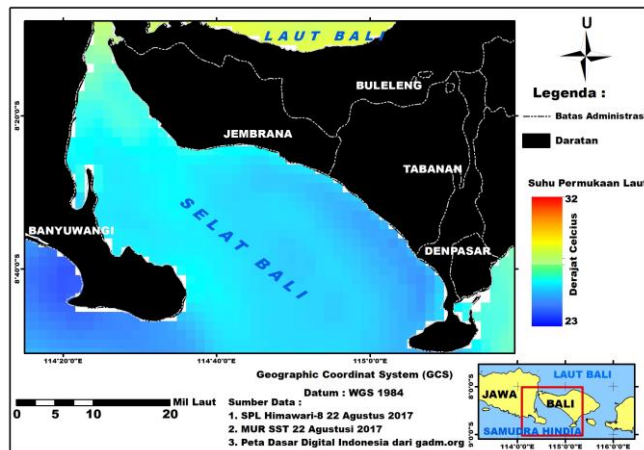
area tutupan awan (warna putih) pada Gambar 3-1(a) sudah terisi nilai SPL yang diperoleh dari data MUR-SST pada Gambar 3-1(b). Data MUR-SST juga dapat digunakan sebagai alternatif data masukan bagi PELIKAN Lemuru karena data SPL yang disajikan bebas awan, namun perlu menjadi catatan sesuai dengan hasil nilai statistik Tabel 3-1 MUR-SST memiliki bias yang sangat besar dibandingkan dengan data SPL dari Himawari-8. Hal ini sama seperti yang dijelaskan dalam penelitian Cuervo *et al.* (2013). Data SPL hasil penggabungan memiliki perbedaan dengan data MUR-SST. Hal ini terlihat antara Gambar 3-1(b) dan (c), dimana pada data MUR-SST nilai SPL yang dihasilkan cenderung homogen karena menggunakan metode interpolasi yang berdasarkan pada data global dengan resolusi yang kecil, tetapi pada data SPL bebas awan hasil gabungan masih terlihat fitur-fitur lokal oseanografi seperti bentuk membulat dengan nilai SPL yang tidak homogen di beberapa

lokasi yang mengindikasikan *front* atau *upwelling*. Kelemahan data hasil interpolasi menurut Thomson dan Emery (2014) proses dari optimum interpolasi akan menghasilkan data yang sangat halus dari data aslinya, sehingga nilainya akan cenderung berbeda jauh dari data aslinya. Oleh karena itu pada data MUR-SST fitur oseanografi lokal tidak terlihat.

Gambar 3-2 adalah contoh beberapa data SPL bebas awan yang telah diolah dalam penelitian ini. Dari hasil tersebut terlihat bahwa perairan Selat Bali dapat seluruhnya terliput data SPL, hanya ada bagian perairan terutama pesisir yang dekat dengan daratan terlihat masih kosong datanya. Hal ini dikarenakan masukan dari MUR-SST menggunakan data gelombang mikro yang mempunyai kelemahan yaitu daerah yang berada dekat dengan daratan, tidak ada nilainya karena bias dengan nilai daratan. Namun di bagian perairan lepas sepenuhnya terisi data SPL.



(a)



(b)

Gambar 3-2 : SPL Integrasi Bebas Awan (a) Tanggal 22 Februari 2017 dan (b) Tanggal 22 Agustus 2017

3.2 Validasi Data

Hasil perbandingan nilai SPL dari 80 sampel data pengukuran lapangan dengan citra satelit tersaji pada Tabel 3-

1. Perbandingan nilai SPL tidak hanya dilakukan pada data keluaran yaitu SPL bebas awan, namun juga pada data masukan yaitu MUR-SST dan Himawari-8.

Tabel 3-1 : PERBANDINGAN DATA SPL INSITU DAN CITRA SATELIT

| No | Stasiun | Koordinat | | SPL (°C) | | | |
|----|---------|-----------|---------|----------|------------|---------|------------|
| | | Bujur | Lintang | Insitu | Bebas Awan | MUR-SST | Himawari-8 |
| 1 | STA01 | 114.38 | -8.34 | 26.35 | 26.20 | 26.38 | Nodata |
| 2 | STA01 | 114.38 | -8.34 | 28.76 | 27.71 | 27.65 | Nodata |
| 3 | STA18 | 114.72 | -8.54 | 30.04 | 29.90 | 29.41 | 29.88 |
| 4 | STA19 | 114.64 | -8.55 | 30.06 | 30.02 | 29.42 | 30.02 |
| 5 | STA20 | 114.55 | -8.55 | 29.60 | 29.63 | 29.84 | 29.71 |
| 6 | STA21 | 114.45 | -8.55 | 30.54 | 29.95 | 29.92 | 30.07 |
| 7 | STA05 | 114.58 | -8.41 | 30.25 | 29.84 | 29.53 | Nodata |
| 8 | STA14 | 114.71 | -8.47 | 30.05 | 29.68 | 29.33 | 29.50 |
| 9 | STA15 | 114.80 | -8.47 | 30.10 | 30.07 | 29.44 | 30.44 |
| 10 | STA17 | 114.82 | -8.53 | 29.96 | 29.90 | 29.40 | 30.29 |
| 11 | STA07 | 114.47 | -8.41 | 30.47 | 29.73 | 29.71 | 30.13 |
| 12 | STA08 | 114.42 | -8.41 | 30.81 | 29.85 | 29.74 | 30.19 |
| 13 | STA11 | 114.48 | -8.48 | 29.98 | 29.71 | 29.57 | 29.80 |
| 14 | STA12 | 114.55 | -8.49 | 29.47 | 29.68 | 29.47 | 29.77 |
| 15 | STA13 | 114.64 | -8.48 | 30.17 | 29.75 | 29.34 | 29.72 |
| 16 | STA01 | 114.38 | -8.34 | 31.01 | 29.68 | 29.43 | 29.87 |
| 17 | STA02 | 114.43 | -8.33 | 30.73 | 29.91 | 29.44 | 29.98 |
| 18 | STA03 | 114.46 | -8.33 | 30.22 | 30.01 | 29.42 | 30.02 |
| 19 | STA04 | 114.50 | -8.33 | 29.95 | 29.55 | 29.37 | 29.30 |
| 20 | STA06 | 114.52 | -8.41 | 30.29 | 29.80 | 29.41 | 30.09 |
| 21 | STA17 | 114.82 | -8.53 | 26.06 | 25.78 | 26.07 | Nodata |
| 22 | STA18 | 114.72 | -8.54 | 26.08 | 26.23 | 26.10 | 26.02 |
| 23 | STA19 | 114.64 | -8.55 | 26.37 | 25.98 | 26.26 | 26.05 |
| 24 | T07 | 114.94 | -8.63 | 25.04 | 25.22 | 25.49 | 25.17 |
| 25 | T08 | 115.02 | -8.62 | 24.97 | 25.02 | 25.62 | 25.07 |
| 26 | T09 | 115.07 | -8.72 | 24.62 | 24.97 | 25.55 | 24.91 |
| 27 | T11 | 114.86 | -8.72 | 25.84 | 25.98 | 26.16 | 25.94 |
| 28 | T13 | 114.66 | -8.72 | 25.75 | 25.78 | 26.09 | 25.81 |
| 29 | T01 | 114.46 | -8.26 | 25.27 | 26.27 | 26.69 | Nodata |
| 30 | T05 | 114.72 | -8.62 | 26.49 | 26.16 | 25.70 | 26.19 |
| 31 | T06 | 114.86 | -8.62 | 26.12 | 25.94 | 26.11 | 26.14 |
| 32 | STA14 | 114.71 | -8.47 | 26.27 | 26.07 | 25.80 | 26.12 |
| 33 | STA20 | 114.55 | -8.55 | 26.23 | 25.86 | 25.82 | 25.90 |
| 34 | STA21 | 114.45 | -8.55 | 25.77 | 25.72 | 25.50 | 25.79 |
| 35 | STA15 | 114.80 | -8.47 | 25.97 | 25.75 | 25.49 | 25.75 |
| 36 | STA16 | 114.91 | -8.54 | 25.46 | 25.18 | 25.56 | 25.09 |
| 37 | STA11 | 114.48 | -8.48 | 25.83 | 25.73 | 25.80 | Nodata |
| 38 | STA13 | 114.64 | -8.48 | 26.13 | 26.06 | 26.22 | Nodata |
| 39 | STA06 | 114.52 | -8.41 | 25.79 | 25.89 | 26.45 | 25.88 |

| | | | | | | | |
|----|-------|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|
| 40 | STA08 | 114.42 | -8.41 | 26.19 | 25.93 | 26.29 | 25.80 |
| 41 | STA10 | 114.42 | -8.48 | 26.22 | 25.69 | 25.34 | 26.02 |
| 42 | STA12 | 114.55 | -8.49 | 25.60 | 25.61 | 25.25 | Nodata |
| 43 | STA03 | 114.46 | -8.33 | 26.01 | 26.04 | 26.45 | 26.15 |
| 44 | STA04 | 114.50 | -8.33 | 24.22 | 26.05 | 26.28 | 26.06 |
| 45 | STA05 | 114.58 | -8.41 | 26.80 | 26.04 | 25.90 | 26.17 |
| 46 | STA07 | 114.47 | -8.41 | 25.96 | 25.78 | 26.04 | 25.78 |
| 47 | STA09 | 114.36 | -8.41 | 26.75 | 26.40 | 25.94 | Nodata |
| 48 | STA02 | 114.43 | -8.33 | 26.32 | 25.99 | 26.61 | 25.88 |
| 49 | T02 | 114.42 | -8.26 | 26.23 | 26.33 | 26.64 | Nodata |
| 50 | T03 | 114.39 | -8.27 | 26.69 | 26.56 | 26.55 | Nodata |
| 51 | T04 | 114.62 | -8.63 | 25.92 | 25.93 | 25.84 | 25.90 |
| 52 | STA17 | 114.82 | -8.53 | 27.48 | 27.36 | 27.92 | 25.68 |
| 53 | T08 | 115.02 | -8.62 | 27.04 | 27.03 | 27.17 | 27.11 |
| 54 | T10 | 114.96 | -8.72 | 24.78 | 25.38 | 25.42 | 25.33 |
| 55 | T05 | 114.72 | -8.62 | 27.30 | 27.03 | 27.40 | 27.32 |
| 56 | T07 | 114.94 | -8.63 | 27.03 | 26.94 | 27.06 | 27.08 |
| 57 | STA18 | 114.72 | -8.54 | 27.42 | 27.11 | 27.72 | 26.68 |
| 58 | T06 | 114.86 | -8.62 | 27.34 | 27.22 | 27.53 | 27.21 |
| 59 | STA19 | 114.64 | -8.55 | 27.44 | 27.20 | 27.59 | 27.09 |
| 60 | STA20 | 114.55 | -8.55 | 27.47 | 27.27 | 27.89 | 27.31 |
| 61 | STA11 | 114.48 | -8.48 | 27.54 | 27.95 | 27.95 | 25.73 |
| 62 | STA21 | 114.45 | -8.55 | 27.73 | 27.84 | 27.75 | 27.78 |
| 63 | T01 | 114.46 | -8.26 | 27.33 | 27.79 | 28.47 | 27.48 |
| 64 | STA12 | 114.55 | -8.49 | 27.66 | 28.06 | 28.08 | 25.57 |
| 65 | STA13 | 114.64 | -8.48 | 27.62 | 28.27 | 28.23 | 26.02 |
| 66 | STA14 | 114.71 | -8.47 | 28.55 | 28.01 | 28.05 | 27.96 |
| 67 | STA15 | 114.80 | -8.47 | 28.14 | 27.94 | 28.32 | 27.82 |
| 68 | STA16 | 114.91 | -8.54 | 28.45 | 27.04 | 27.35 | 26.98 |
| 69 | STA06 | 114.52 | -8.41 | 27.66 | 27.75 | 27.78 | 27.75 |
| 70 | STA07 | 114.47 | -8.41 | 28.21 | 27.77 | 27.67 | 27.84 |
| 71 | STA08 | 114.42 | -8.41 | 27.76 | 27.79 | 27.59 | 27.85 |
| 72 | STA09 | 114.36 | -8.41 | 28.43 | 27.90 | 27.54 | Nodata |
| 73 | STA10 | 114.42 | -8.48 | 28.00 | 27.84 | 27.85 | 27.90 |
| 74 | STA02 | 114.43 | -8.33 | 28.50 | 27.67 | 27.78 | 27.74 |
| 75 | STA03 | 114.46 | -8.33 | 28.35 | 27.74 | 27.83 | 27.83 |
| 76 | STA04 | 114.50 | -8.33 | 27.46 | 27.71 | 27.90 | 27.68 |
| 77 | STA05 | 114.58 | -8.41 | 27.94 | 27.87 | 27.92 | 27.97 |
| 78 | T02 | 114.42 | -8.26 | 27.85 | 27.52 | 28.30 | 27.55 |
| 79 | T03 | 114.46 | -8.26 | 27.36 | 27.79 | 28.47 | 27.48 |
| 80 | T04 | 114.62 | -8.63 | 27.43 | 27.28 | 27.08 | 27.40 |
| | | | Rerata | 27.54 | 27.38 | 27.43 | 27.40 |

Sumber : Survey Insitu (2017) dan Pengolahan Data (2017)

Berdasarkan Tabel 3-1 Nilai rerata SPL harian dari hasil pengukuran insitu menunjukkan nilai 27.54°C, dimana hasil rerata SPL data satelit yang paling mendekati data insitu adalah MUR-SST yaitu sebesar 27.43°C. Untuk melihat

bias dari masing-masing data citra terhadap pengukuran lapangan, maka nilai statistik selisih suhu masing-masing data tersaji dalam Tabel 3-2. Secara berurutan nilai bias dari masing-masing data dari tertinggi ke terendah adalah

SPL bebas awan, Himawari-8, dan MUR-SST. Nilai bias dari data SPL bebas awan hasil integrasi menunjukkan nilai yaitu 0.16°C

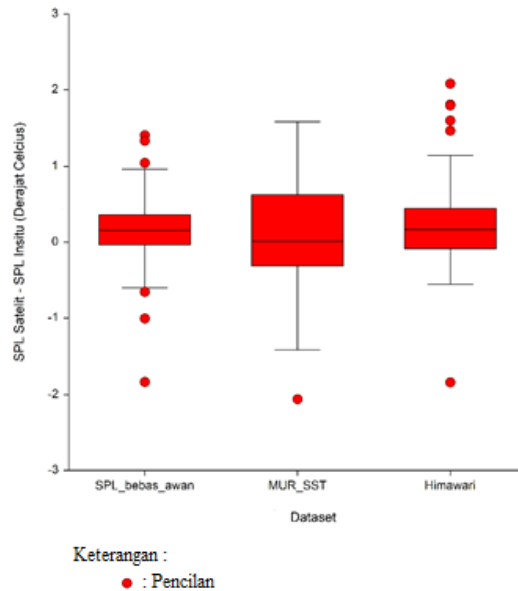
Nilai Standar Deviasi justru menunjukkan data SPL MUR-SST mempunyai simpangan yang paling besar diantara kedua data lainnya, sedangkan SPL bebas awan paling rendah nilai simpangannya. Perhitungan *Mean Absolute Deviation* (MAD) juga diterapkan untuk mengetahui skala penduga yang *robust*

atau tidak sensitif terhadap adanya pencilan (Iswari, 2017). Hal ini dilakukan karena pada Gambar 3-3 terlihat Box-Plot dari ketiga dataset yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pencilan yang cukup banyak, sehingga nilai Standar Deviasi biasa tidak dapat digunakan sebagai penduga. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MAD yang rendah yaitu 0.29 untuk data SPL bebas awan, sedangkan nilai MAD tertinggi 0.68 adalah MUR-SST.

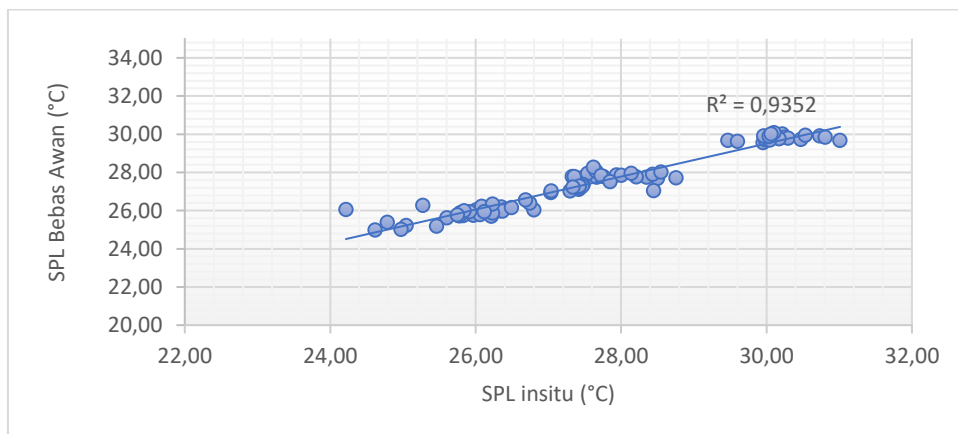
Tabel 3-2: STATISTIK SPL DATA SATELIT – SPL INSITU (°C).

| Dataset | N | Mean | Median | STD | MAD |
|--------------------------|----|------|--------|------|------|
| Himawari-8 | 68 | 0.13 | 0.16 | 0.58 | 0.38 |
| MUR-SST | 80 | 0.11 | 0.02 | 0.64 | 0.68 |
| SPL Integrasi Bebas Awan | 80 | 0.16 | 0.16 | 0.46 | 0.29 |

Sumber : Pengolahan Data (2018) *STD = Standar Deviasi,
*MAD = *Median Absolute Deviation*.



Gambar 3-3 : Box-plot dari selisih SPL antara dataset dengan data insitu



Gambar 3-4 : Scatterplot SPL bebas awan dan insitu

Batas kotak bagian tengah pada Box-Plot (Gambar 3-3) menunjukkan nilai median, batas kotak bawah dan atas mewakili kuartil pertama dan kuartil ketiga dari distribusi data. Whisker menunjukkan nilai minimum dan maksimum data. Pencilan untuk data SPL bebas awan cukup banyak baik dibagian atas maupun bawah, demikian juga dengan data Himawari-8. Meskipun menunjukkan gambar kotak dan whisker yang simetris pada dataset SPL bebas awan dan SPL Himawari-8, namun tidak dapat dikategorikan dalam data berdistribusi normal karena persentase pencilan lebih dari 1% dari total data. Data MUR-SST dari box-plot terlihat tidak simetris, karena nilai median tidak tepat ditengah kotak dan diikuti oleh pencilan bawah serta whisker dibagian bawah yang lebih panjang menunjukkan bahwa distribusi data cenderung menjulur ke arah kiri (*negative skewness*). Dengan kondisi data yang tidak berdistribusi normal, maka untuk mengetahui nilai korelasi digunakan Kendall's Tau, dimana metode ini tidak mensyaratkan data harus berdistribusi normal.

Nilai korelasi Kendall's Tau untuk data SPL bebas awan yang dihasilkan dalam penelitian ini dengan data insitu didapatkan nilai 0.7966 atau sebesar 79.66%. Korelasi ditunjukkan Gambar 3-4 menunjukkan hubungan antara data SPL insitu dan bebas awan memiliki hubungan kuat dan searah dengan nilai R^2 0.93.

4 KESIMPULAN

Metode penggabungan data untuk mendapatkan data bebas awan seperti dalam penelitian ini dapat diterapkan di wilayah Selat Bali, hal ini ditunjukkan dengan rendahnya nilai MAD data SPL bebas awan dibandingkan data MUR-SST dan Himawari-8. Data SPL bebas awan yang dihasilkan layak untuk digunakan dan memiliki performa yang baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih untuk dataset yang disediakan oleh NASA EOSDIS *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center*

(PO.DAAC) untuk *The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSSST) Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) SST* data di Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA (<http://dx.doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ01>). Terima kasih untuk Balai Riset dan Observasi Laut, dimana kegiatan penelitian ini sebagai bagian dari pendanaan DIPA 2017, serta Tim Redaksi Jurnal Penginderaan Jauh dan Mitra Bestari.

DAFTAR RUJUKAN

- Addesso, P., Longo, M., Montone, R., Restaino, R., & Vivone, G. (2017). *Interpolation and Combination Rules for the Temporal and Spatial Enhancement of SEVIRI and MODIS Thermal Image Sequences*. *International Journal of Remote Sensing*, 38(7), 1889–1911. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1283075>.
- Banzon, V., Smith, T. M., Chin, T. M., Liu, C., & Hankins, W. (2016). *A Long-Term Record of Blended Satellite and In Situ Sea-Surface Temperature For Climate Monitoring, Modeling and Environmental Studies*. *Earth System Science Data*, 8, 165–176. <https://doi.org/10.5194/essd-8-165-2016>.
- Barton, I. J. (2007). *Comparison of In Situ and Satellite-Derived Sea Surface Temperatures in the Gulf of Carpentaria*. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 24(10), 1773–1784. <https://doi.org/10.1175/JTECH2084.1>.
- Chin, T. M., Vazquez-Cuervo, J., & Armstrong, E. M. (2017). *A Multi-Scale High-Resolution Analysis of Global Sea Surface Temperature*. *Remote Sensing of Environment*, 200, 154–169. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.07.029>.
- Ditri, A., Minnett, P., Liu, Y., Kilpatrick, K., & Kumar, A. (2018). *The Accuracies of Himawari-8 and*

- MTSAT-2 Sea-Surface Temperatures in the Tropical Western Pacific Ocean. *Remote Sensing*, 10(2), 212. <https://doi.org/10.3390/rs10020212>.
- Donlon, C. J., Minnett, P. J., Gentemann, C., Nightingale, T. J., Barton, I. J., Ward, B., & Murray, M. J. (2002). *Toward Improved Validation of Satellite Sea Surface Skin Temperature Measurements for Climate Research*. *Journal of Climate*, 15(4), 353–369. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<0353:TIVOSS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<0353:TIVOSS>2.0.CO;2).
- Faye, S., Lazar, A., Sow, B. A., & Gaye, A. T. (2015). *A Model Study of the Seasonality of Sea Surface Temperature and Circulation in the Atlantic North-eastern Tropical Upwelling System*. *Frontiers in Physics*, 3, 76. <https://doi.org/10.3389/fphy.2015.00076>.
- França, G. B., Paes, R. C., Oliveira, A. N., Ruivo, B. C., & Neto, A. S. (2014). *Daily Blended Microwave and Infrared Sea Surface Temperature Composition*. *Revista Brasileira de Geofísica*, 31(2). <https://doi.org/10.22564/rbgf.v31i2.21>.
- Henn, B., Raleigh, M. S., Fisher, A., Lundquist, J. D., Henn, B., Raleigh, M. S., & Lundquist, J. D. (2013). *A Comparison of Methods for Filling Gaps in Hourly Near-Surface Air Temperature Data*. *Journal of Hydrometeorology*, 14(3), 929–945. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-027.1>.
- Iswari, P.Y. (2017). *Pendugaan Selang Kepercayaan Rata-Rata Populasi Dengan Kondisi Adanya Pencilan*. Skripsi Program Studi Matematika Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta. 140 hlm.
- Kumar, M. (2003). *Digital Image Processing*. In and S. K. S. M.V.K. Sivakumar, P.S. Roy, K. Harmsen (Ed.), *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology* (pp. 81–102). India: Agricultural Meteorology Programme (AgMP). Cited in <http://www.wamis.org/agm/pubs/agm8/Paper-5.pdf> [5 Maret 2018].
- Kurihara, Y., Murakami, H., & Kachi, M. (2016). *Sea surface temperature from the new Japanese Geostationary Meteorological Himawari-8 Satellite*. *Geophysical Research Letters*, 43(3), 1234–1240. <https://doi.org/10.1002/2015GL067159>.
- Nababan, B., (2016). *Variabilitas Suhu Permukaan Laut Dan Konsentrasi Klorofil-A di Perairan Teluk Jakarta dan Sekitarnya*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1), 385-402.
- Studley, H., & Weber, K. T. (2010). *Final Report: Assessing Post-Fire Recovery of Sagebrush-Steppe Rangelands in Southeastern Idaho Comparison of Image Resampling Techniques for Satellite Imagery*. Idaho. Cited in http://giscenter.isu.edu/research/Techpg/nasa_postfire/pdf/Ch15.pdf [5 Maret 2018].
- Susilo, E. (2015). *Variabilitas Faktor Lingkungan Pada Habitat Ikan Lemuru di Selat Bali Menggunakan Data Satelit Oseanografi dan Pengukuran Insitu*. Cited in <http://www.omniakuatika.net/10.20884/1.OA.2015.01002.pdf> [14 Mei 2018].
- Thompson, R.E., & Emery, W.J., (2014). *Data Analysis Methods In Physical Oceanography*. Elsevier.
- Vazquez-Cuervo, J., Dewitte, B., Chin, T. M., Armstrong, E. M., Purca, S., & Alburqueque, E. (2013). *An Analysis of SST Gradients off the Peruvian Coast: The impact of Going to Higher Resolution*. *Remote Sensing of Environment*, 131, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.010>.
- Wade, T., & Sommer, S. (2006). *A to Z GIS: An Illustrated Dictionary of Geographic Information Systems*. ESRI Press. Cited in <http://esripress.esri.com/display/index.cfm?fuseaction=display&moduleID=0&websiteID=102> [5 Maret 2018].

Yang, C.-S., Kim, S.-H., Ouchi, K., & Back, J.-H. (2015). *Generation of High Resolution Sea Surface Temperature Using Multi-Satellite Data for Operational Oceanography*.

Acta Oceanologica Sinica, 34(7), 74–88.

<https://doi.org/10.1007/s13131-015-0694-8>.