

PENGEMBANGAN MODEL EKSTRAKSI SUHU PERMUKAAN LAUT MENGUNAKAN DATA SATELIT LANDSAT 8 STUDI KASUS: TELUK LAMPUNG (DEVELOPMENT MODEL OF SEA SURFACE TEMPERATURE EXTRACTION USING LANDSAT- 8 SATELLITE DATA, CASE STUDY: LAMPUNG BAY)

Muchlisin Arief ¹, Syifa W. Adawiah, Ety Parwati, Rossi Hamzah, Teguh Prayogo
dan Wawan K. Harsanugraha

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Kalisari Lapan No. 8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710, Indonesia

¹e-mail: muchlisin.arief@yahoo.com, muchlisin.arief@gmail.com

Diterima 23 November 2015; Dirivisi 29 Desember 2015; Disetujui 30 Desember 2015

ABSTRACT

Lampung Bay is an area that has many grouper fish cages, in which the quality and quantity of water become the major concerns. Water quality is determined by biological, chemical, and physical factors. One of the physical parameter is water temperature. Many methods of determining the Sea Surface Temperature (SST) are using medium spatial resolution satellite data derived from a single infrared band. Originality of this study is using the function obtained from the correlation between observation temperatures and brightness temperatures of two infrared bands. The purpose of this study is to develop a new algorithm modeling for estimating SST using band 10 and band 11 from Landsat-8 satellite data. SST extraction algorithm model is acquired through three stages: First is conducting geometric correction and converting the digital number value to the value of radiance. The second is calculating the value of brightness temperature and observing the temperature interval of which. Then, correlating the measurements temperature with brightness temperature of band 10 and band 11, then obtained 3rd (third-order) polynomial equation in two dimensions. The third is correlating the measurements temperature *in situ* with brightness temperature of band 10 and band 11 simultaneously (in three dimensions). And then it is obtained the equation of 3rd polynomial correlation function in three dimensions. The algorithm function for SST estimation is: $T(x_{10}, x_{11}) = \sum a_n X^n_{10} + b_n X^n_{11}$, in which the coefficients of each order are determined by multiplying the result of the comparison between the brightness temperature interval (band 10 and band 11) with the constant of every order of polynomial equations in two dimension. Based on the comparison between the temperatures of the calculation results with observation temperatures, this SST estimation method has an error of 21,15 % or has a precision/accuracy of 78,85 %.

Keywords: *Algorithm, Landsat-8, Extraction, Radiance, brightness temperature, Polynomial, Sea surface temperature, Teluk Betung*

ABSTRAK

Teluk Lampung merupakan daerah yang banyak memiliki keramba ikan kerapu, yang mana kualitas dan kuantitas airnya menjadi perhatian utama. Kualitas air ditentukan oleh faktor biologi, kimia, dan fisika. Salah satu parameter fisik adalah temperatur/suhu air. Banyak metode penentuan Suhu Permukaan Laut (SPL) menggunakan data satelit resolusi spasial menengah yang diturunkan dari satu band infra merah. *Originality* dari penelitian ini menggunakan fungsi yang diperoleh dari hasil korelasi antara temperatur pengamatan dengan temperatur kecerahan dari dua *band* infra merah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan pemodelan algoritma baru guna mengestimasi SPL menggunakan *band* 10 dan *band* 11 dari data satelit Landsat-8. Algoritma model ekstraksi SPL diperoleh melalui 3 tahapan, yaitu: Pertama melakukan koreksi geometrik dan mengkonversi nilai *digital number* ke nilai radiansi. Kedua adalah menghitung nilai temperatur kecerahan serta mengamati interval temperaturnya. Kemudian mengkorelasikan temperatur pengukuran dengan temperatur kecerahan dari *band* 10 dan *band* 11, maka diperoleh persamaan polinomial orde 3 dalam 2 dimensi. Ketiga mengkorelasikan temperatur pengamatan in situ dengan temperatur kecerahan dari *band* 10 dan *band* 11 secara bersamaan (dalam 3 dimensi). maka diperoleh persamaan fungsi korelasi polinomial orde 3 dalam 3 dimensi. Fungsi untuk estimasi SPL adalah: $T_{(X_{10}, X_{11})} = \sum a_n X_{10}^n + b_n X_{11}^n$, yang mana koefisien/konstanta dari setiap orde ditentukan dari perkalian antara hasil perbandingan interval temperatur kecerahan (*band* 10 dan *band* 11) dengan konstanta setiap orde dari persamaan polinomial dalam 2 dimensi. Berdasarkan perbandingan antara temperatur hasil perhitungan dengan temperatur pengamatan, model estimasi SPL ini mempunyai kesalahan (RMSE) sebesar 21,15 % atau mempunyai ketelitian/akurasi sebesar 78,85 %.

Kata-kunci: *Algoritma, Landsat-8, Ekstraksi, Radiansi, Kecerahan temperatur, Polinomial, Suhu permukaan laut, Teluk Betung*

1 PENDAHULUAN

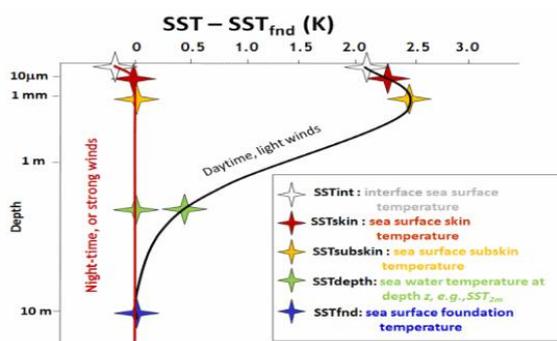
Temperatur adalah salah satu sifat fisik yang paling penting dari air laut dan terkait erat dengan ekosistem pantai (Bertram *et al.*, 2001). Salinitas dan temperatur bersama-sama mengontrol densitas air laut. Temperatur air laut mengontrol distribusi dari organisme laut dan ikan. Karena temperatur dapat mempengaruhi proses kimia (metabolisme), temperatur air laut memiliki efek yang besar pada proses kehidupan ikan. Perubahan temperatur air laut dapat mengakibatkan perubahan aktivitas tubuh pada ikan.

Suhu merupakan besaran fisika yang berhubungan dengan kandungan energi panas semakin tinggi energi panasnya semakin tinggi pula suhunya. Suhu air laut merupakan salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme di lautan karena suhu mempengaruhi baik aktifitas metabolisme maupun perkembang-

biakan dari suatu organism. Suhu Permukaan Laut (SPL) atau *Sea Surface Temperature* (SST) umumnya sering digunakan dalam bidang kelautan maupun perikanan yang merupakan bagian dari suhu perairan secara keseluruhan. SPL dipengaruhi oleh panas matahari, arus permukaan, keadaan awan, *upwelling*, divergensi, dan konvergensi terutama pada daerah muara dan sepanjang garis pantai.

Di samping itu, beberapa faktor meteorologi ikut berperan, yaitu: curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin, dan intensitas radiasi matahari.

Suhu air dipengaruhi oleh penetrasi sinar matahari dan tekanan, semakin dalam semakin tinggi tekanannya dan semakin berkurang penetrasi mataharnya sehingga suhunya akan menurun. Penurunan suhu tersebut dapat didefinisikan sebagai mana dapat dilihat pada Gambar 1-1.



Gambar 1-1: Hipotesis temperatur Profil laut (Sumber: <http://www.bing.com/images/search?q=profile&view=detailv2>)

Gambar 1-1 adalah temperatur profil sampai kedalaman 10 m, dalam kondisi kecepatan angin tinggi atau pada malam hari (warna merah) dan untuk kecepatan angin rendah selama siang hari (warna hitam). Pada gambar menunjukkan bahwa temperatur air laut terdiri dari:

- Interface temperature* (SST_{int}) adalah temperatur yang terjadi pada antar muka udara-permukaan air laut. Suhu ini tidak dapat diukur dengan menggunakan teknologi saat ini;
- Suhu permukaan laut kulit (SST_{skin}) didefinisikan sebagai suhu diukur oleh radiometer inframerah biasanya beroperasi pada panjang gelombang inframerah baik pada siang maupun malam hari;
- Suhu permukaan laut sub-kulit (SST_{sub-kulit}) merupakan suhu di bagian bawah dari lapisan sub-lapisan permukaan laut. Untuk tujuan praktis, SST_{subskin} dapat juga didekati untuk pengukuran suhu permukaan oleh radiometer *microwave* yang beroperasi di rentang frekuensi 6 - 11 GHz;
- Suhu permukaan dasar laut atau *foundation temperature* (SST_{fnd}) merupakan suhu bebas dari perubahan suhu harian. SST_{fnd} hanya dapat diukur dengan kontak termometri *in situ* SST_{fnd}.

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam penginderaan jauh (seperti *Landsat Data Continuity Mission/LDCM* biasa disebut *Landsat-8*,

WorldView) terutama bertambah baiknya resolusi spasial dan juga resolusi spektralnya, maka penggunaan data penginderaan jauh sudah berkembang dalam berbagai disiplin ilmu pengetahuan. Data Satelit *Landsat* membawa sensor pencitra *Operational Land Imager (OLI)* yang mempunyai *band 10 (thermal infrared-1)* dengan λ : 10.20 - 11.19 μm) dan *band 11 (thermal Infrared-2)* dengan λ : 11.50 - 12.51 μm) mempunyai resolusi spasial 100 meter yang *di-sampling* menjadi 30 meter. Kedua *band* tersebut, secara spasial memberikan informasi suhu permukaan laut atau suhu permukaan tanah yang lebih detail. Aplikasi data satelit penginderaan jauh dapat digunakan untuk memantau kualitas air seperti air danau, misalnya penentuan material tersuspensi total dan oksigen terlarut (Dekker, 1997, Gitelson *et al.*, 1993, Ritchie and Charles, 1996; Arief dan Lestari, 2006; Sudheer *et al.* 2006; Arief, 2012). Pemetaan SPL menggunakan data satelit resolusi menengah dan tinggi mempunyai banyak aplikasi dalam pengelolaan sumber daya alam pesisir (Fisher dan Mustard 2004).

Banyak makalah telah mengembangkan algoritma/model untuk mengekstraksi temperatur permukaan obyek di darat maupun laut menggunakan data satelit resolusi menengah (Emery *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2002). dan umumnya dilakukan dekat dengan pesisir atau pantai (Vargas-Yanez *et al.*, 2002), dan model masih mengandalkan pengukuran terbatas (Bertram *et al.*, 2001; Roundtree *et al.*, 2003; Schreiner *et al.*, 2002), dan kelemahannya kurang sesuai bila digunakan untuk daerah lainnya (Jimenez-Munoz dan Sobrino, 2003). juga model yang dikembangkan biasanya diturunkan dari satu *band* saja.

Originality dari penelitian ini adalah mengembangkan model estimasi suhu permukaan laut menggunakan dua *band* secara bersamaan yaitu: *band 10* dan *band 11* dari *Landsat-8*. Model tersebut diperoleh dari hasil korelasi

tiga dimensi antara temperatur pengukuran lapangan dengan temperatur kecerahan *band* 10 dan *band* 11 secara bersamaan.

Tujuan penelitian ini adalah membangun Model estimasi SPL ini dibangun dengan mentransformasikan nilai *digital number* ke nilai radiansi kemudian ke temperatur kecerahan (*brightness temperatur*), lalu mengkorelasikan antara temperatur hasil pengukuran *in situ* sebelum jam 12:00 WIB dengan masing-masing temperatur *band* 10 dan *band* 11. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bentuk fungsi korelasinya. Setelah itu, dilakukan korelasi antara temperatur pengukuran dengan temperatur kecerahan dari *band* 10 dan *band* 11 secara bersamaan. Fungsi korelasi digunakan untuk mengestimasi suhu permukaan laut dari *band* 10 dan *band* 11. Dengan menggabungkan kedua *band* tersebut untuk menurunkan menjadi produk temperatur permukaan laut diharapkan akan memperbaiki model estimasi temperatur permukaan laut yang sudah ada.

Daerah kajian adalah Teluk Lampung di provinsi Lampung. Terpilihnya teluk ini menjadi daerah kajian karena Teluk Lampung merupakan daerah yang tercemar oleh panas PLTU. Pencemaran ini disebabkan oleh antara lain: adanya limbah industri, aktivitas kapal-kapal pelabuhan, dan secara bersamaan tempat keramba ikan seperti di Kabupaten Pesawaran. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Landsat-8 yang direkam pada 3 Juni 2015 dan data pengukuran *in situ* di Teluk Lampung yang dilakukan pada 4 Juni 2015 dengan peralatan yang dibawa adalah GPS Garmin dan *water checker*.

2 SATELIT LANDSAT 8

Satelit LDCM diluncurkan pada 11 Februari 2013 oleh NASA dan sekarang disebut Landsat-8. Kemudian NASA menyerahkan satelit LDCM kepada USGS sebagai pengguna data, terhitung

30 Mei 2013. NASA melakukan peluncuran satelit ini mulai menyediakan produk citra *open access* sejak 30 Mei 2013 sedangkan pengelolaan arsip data citra masih ditangani oleh *Earth Resources Observation and Science (EROS) Center*. Landsat-8 hanya memerlukan waktu 99 menit untuk mengorbit bumi dan melakukan liputan pada area yang sama setiap 16 hari sekali. Resolusi temporal ini tidak berbeda dengan satelit Landsat versi sebelumnya (<http://geomatika.its.ac.id>).

Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang membawa sensor pencitra *Operational Land Imager (OLI)* yang mempunyai kanal-kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Sensor pencitra OLI ini mempunyai *band* tambahan (Irons, *et al.*, 2012), yaitu: *band1* (0.443 μm) untuk aerosol garis pantai dan *band9* (1.375 μm) untuk deteksi cirrus. Landsat-8 terdiri dari: *Band 1 - Coastal/Aerosol* (λ : 0.433 - 0.453 μm); *Band-2, Blue* (λ : 0.450 - 0.515 μm); *Band-3, Green* (λ : 0.525 - 0.600 μm); *Band-4, Red* (λ : 0.630 - 0.680 μm); *Band-5, Near Infrared* (λ : 0.845 - 0.885 μm); *Band-6, Short Wavelength Infrared* (λ : 1.560 - 1.660 μm); *Band-7, Short Wavelength Infrared* (λ : 2.100 - 2.300 μm); *Band-8, Pankromatik* (λ : 0.500 - 0.680 μm); *Band-9, Cirrus* (λ : 1.360 - 1.390 μm); *Band-10, Long Wavelength Infrared/Thermal Infrared-1* (λ : 10.20 - 11.19 μm); *Band-11, Long Wavelength Infrared/Thermal Infrared-2* (λ : 11.50 - 12.51 μm). *Band-1* sampai dengan *band 7* dan *band-9* resolusinya 30 m, sedangkan *band10* dan 11 resolusi spasialnya 100 m yang sudah diresampling menjadi 30 meter (<http://landsat.usgs.gov/>). Temperatur kecerahan (*brightness temperature*) didefinisikan sebagaimana dapat dilihat pada persamaan di bawah ini ([http:// grass. osgeo.org/grass64/ manuals/i.landsat.toar.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/i.landsat.toar.html)).

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2-1)$$

Dimana L_{λ} adalah nilai radiansi citra. K adalah konstanta, yang mana untuk 3 Juni 2015, nilai k_1 dan k_2 berturut turut untuk *band* 10 adalah 774.89 dan 1321.08 sedangkan untuk *band* 11 adalah 480.89 dan 1201.14.

3 METODOLOGI

3.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Landsat-8 pada 3 Juni 2015 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3-1. Pengukuran lapangan dilakukan pada 3 Juni sampai 9 Juni 2015. Hasil pengukuran temperatur pada kedalaman 30 cm, 50 cm, 1 meter, 2 meter, dan 3 meter dapat dilihat pada Lampiran 1. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran di lapangan adalah: *water checker* untuk mengukur temperatur, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, dan salinitas; alat pengukur kedalaman/*bathimetric* (*echosounder*), *Global Positioning System* (GPS) Garmin 12 XL Perangkat lunak untuk memproses citra adalah ENVI dan IDL versi 5.0, ERDAS, dan *software* lainnya.

3.2 Metode Pengolahan

Algoritma pemrosesan untuk mengestimasi atau mengekstraksi temperatur permukaan laut dari data Landsat-8 dapat dilihat pada Gambar 3-2. Proses ini secara umum dibagi dalam 3 tahapan, yaitu:

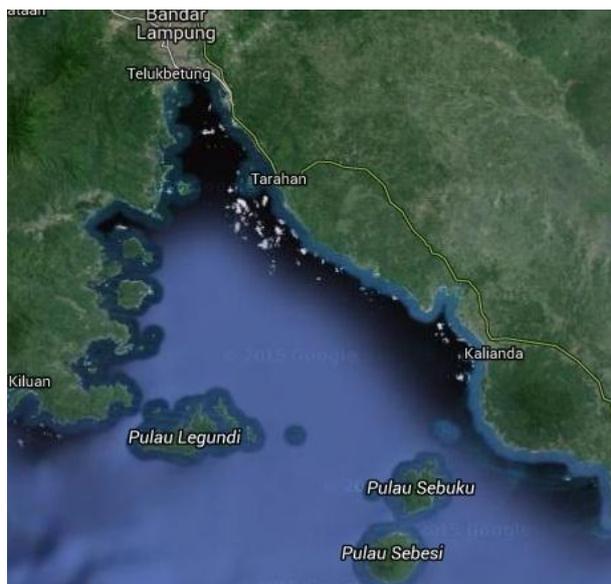
- a. Pengumpulan data, koreksi radiometrik, dan *resampling band* 10 dan *band* 11

dari resolusi spasial 100 meter ke resolusi spasial 30 meter. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data, baik data lapangan maupun data citra. Kemudian dilakukan koreksi geometrik citra, agar titik koordinat citra sesuai dengan koordinat lokasi hasil pengukuran lapangan (menggunakan GPS Garmin 12 XL);

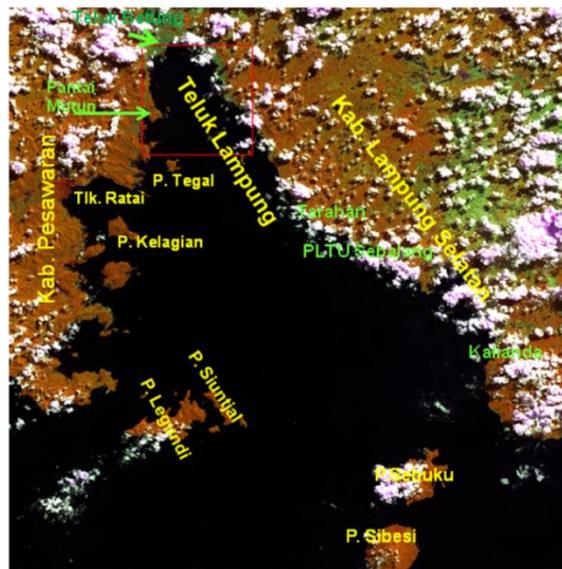
- b. Menghitung nilai radiansi citra yang dihitung menggunakan formula dari USGS yaitu: $L_{\lambda} = M_L \times Digital\ Number + A_L$, dimana: M_L adalah *radiance multiplier* atau *band-specific multiplicative rescaling factor* yang besarnya adalah $3,3420 \times 10^{-4}$ dan A_L adalah *band specific radiance additive rescaling factor band* diperoleh dari metadatanya yang besarnya 0.1;
- c. Penghitungan temperatur kecerahan (T_b) dari nilai radiansi menggunakan persamaan 2.1;
- d. Mengkorelasikan temperatur pengamatan (T_p) dengan T_b dari *band* 10 dan *band* 11. diperoleh fungsi korelasi polinomial dalam dua dimensi;
- e. Membangun Model estimasi SST yang didasarkan pada korelasi T_p dengan $T_{b(band10)}$ dan $T_{b(band11)}$ secara bersama sama;
- f. Diperoleh model estimasi SST yaitu: Model polinomial orde tiga dalam tiga dimensi yang dapat dituliskan berikut ini.

$$T_{(x_{10}, x_{11})} = \sum_{n=0}^3 a_n X_{10}^n + b_n X_{11}^n$$

dimana: a_n , dan b_n , adalah konstanta yang ditentukan secara empiris.

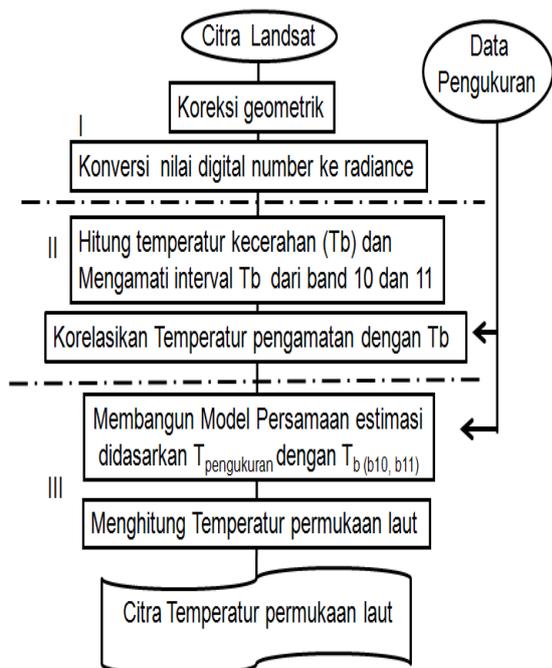


(a)
Citra Google



(b)
Citra RGB LDCM pada 3 Juni 2015

Gambar 3-1: Citra RGB LDCM pada 3 Juni 2015



Gambar 3-2: Diagram alir ekstraksi suhu permukaan laut dari data Landsat 8

Sebagai tahap akhir, untuk menentukan besarnya ketelitian hasil perhitungan, dilakukan pengecekan nilai temperatur dari tiap piksel dengan hasil pengukuran kemudian perhitungan standart deviasinya. Dengan menghitung standart deviasi,

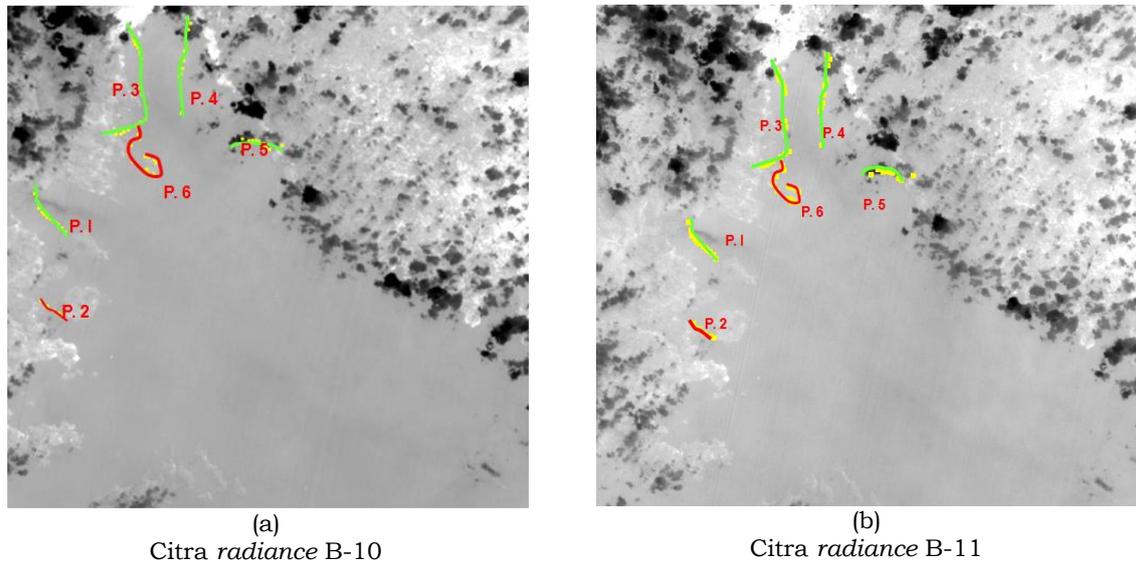
maka akurasi penelitian dapat ditentukan.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

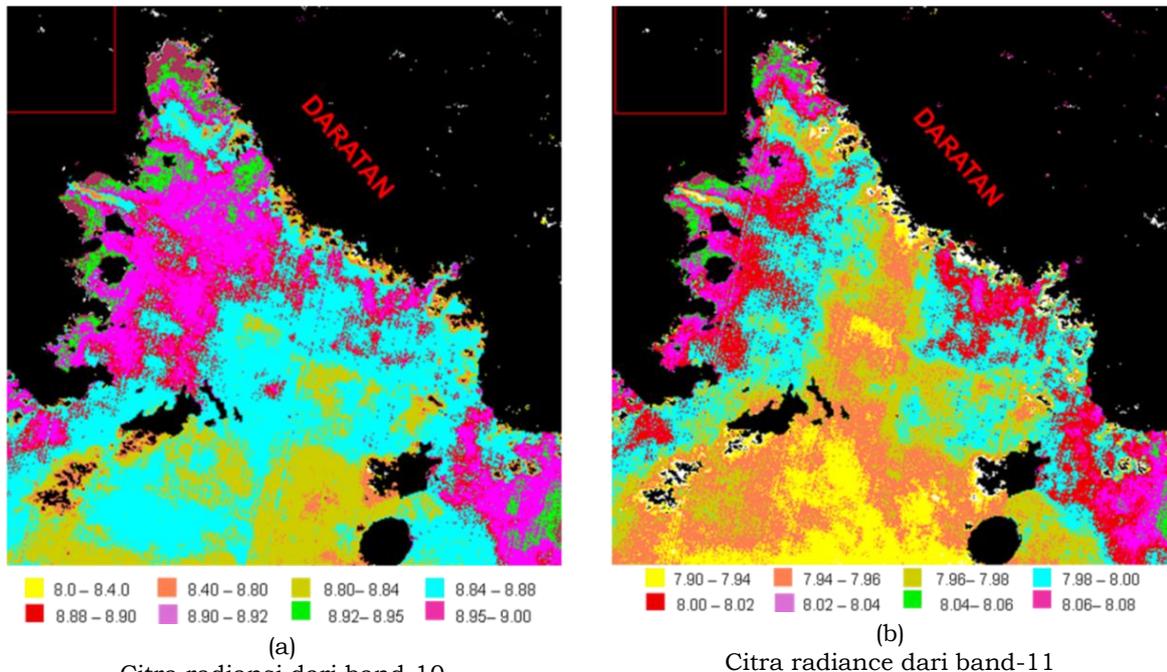
Setelah dilakukan koreksi geometrik, kemudian dihitung nilai radiansi dari *band* 10 dan *band* 11. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4-1a dan 4-1b, kemudian diintegrasikan dengan titik-titik pengamatan yang dilakukan pada 4 sampai dengan 9 Juni 2015. Hasil integrasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-1a dan 4-1b.

Gambar 4-1 adalah citra radiansi pada *band* 10 dan *band* 11 dari citra Landsat-8 yang diintegrasikan dengan titik-titik pengamatan. Pada Gambar 4-1a pengamatan P1, P3, P3, dan P5 dilakukan sebelum pukul 12:00 WIB, sedangkan pengamatan P2 dan P6 dilakukan pada sore hari sesudah jam 13:00 WIB.

Untuk lebih memperjelas serta memudahkan pengamatan distribusi spasial dari nilai radiansi dari tiap *band*, maka dilakukan visualisasi dengan menggunakan warna, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4-2a dan 4-2b.



Gambar 4-1: Integrasi titik-titik pengamatan dengan citra radiance dari Landsat, pada 3 Juni 2015 (warna merah dilakukan pada sore hari, hijau pada pagi hari)

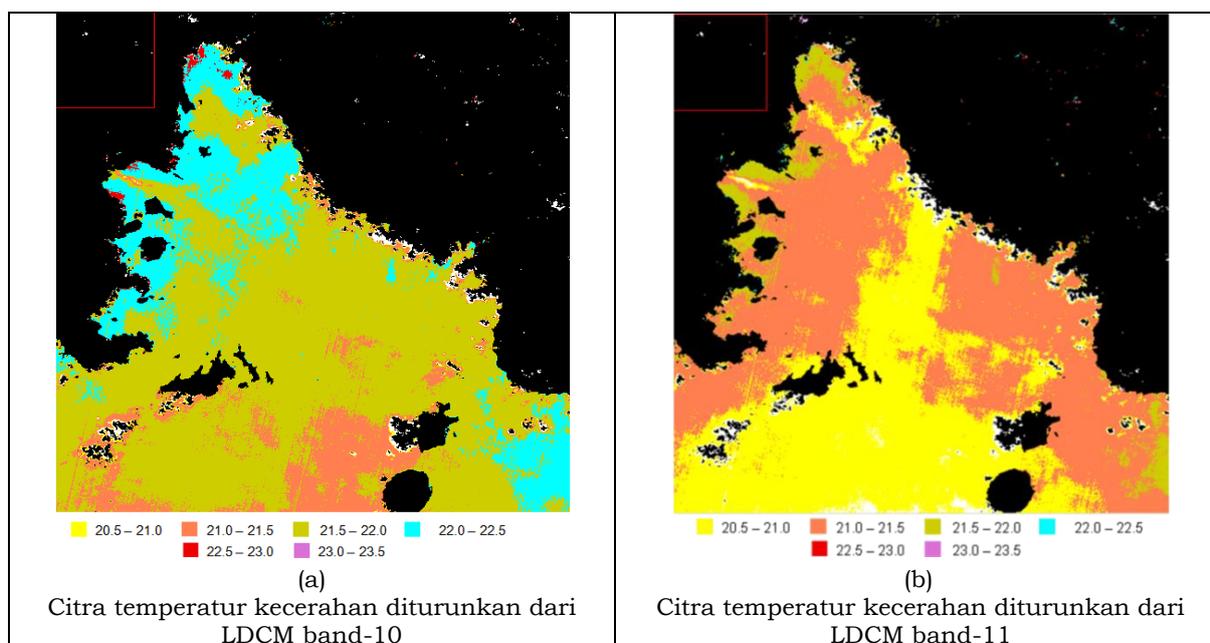


Gambar 4-2: Citra radiansi yang diturunkan dari LDCM pada 3 Juni 2015

Secara umum, Gambar 4-2 dapat dilihat jelas bahwa nilai radiansi *band* 10 berada pada interval 8,0 sampai dengan 9.0 watt/m² (Gambar 4-2a) lebih besar dari pada nilai radiansi dari *band* 11 berada pada interval 7,9 sampai dengan 8,08 watt/m² (Gambar 4-2b). Pada kedua gambar tersebut juga, tampak bahwa distribusi spasial nilai radiansi di daerah dekat pantai lebih besar dibandingkan dengan di tengah laut. Pada Gambar 4-2a nilai radiansi

dekat pantai berkisar maksimum (di Teluk Betung), yaitu berkisar 8,95-9.00 watt/ m². Begitu pada distribusi spasial radiansi *band* 11 terjadi di Teluk Betung berkisar 8,06-8.08 watt/m², akan tetapi dengan pola yang berbeda.

Setelah itu, nilai radiansi tersebut dikonversi ke nilai temperatur dengan menggunakan persamaan 2-1 dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4-3.



Gambar 4-3: Citra temperatur kecerahan diturunkan dari Landsat 8

Gambar 4-3a menunjukkan temperatur kecerahan di Teluk Lampung yang diturunkan dari *band* 10 berada pada kisaran 20,5 - 23,5 °C (interval temperatur 3 °C) dan yang diturunkan dari *band* 11 berada pada kisaran 20,5 - 22,5 °C (interval 2 °C). Pada Gambar 4-3a temperatur tertinggi terdapat di Teluk Betung, Teluk Ratai dan Pantai Mutun (23-23,5 °C), begitu pula pada Gambar 4-3b. temperatur tertinggi terjadi di daerah yang sama (21,5 - 22 °C).

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa temperatur yang diturunkan dari *band* 10 dan *band* 11 dengan menggunakan persamaan 2-1 jauh lebih kecil dibandingkan dengan temperatur hasil pengukuran (Lampiran-1). Untuk itu, perlu mengkorelasikan temperatur pengamatan dengan temperatur kecerahan dari citra. Hasil korelasi dapat dilihat pada Gambar 4-4.

Dalam mengkorelasikan kedua temperatur tersebut, data yang digunakan hanya data pengukuran temperatur pada kedalaman 30 cm dan dilakukan sebelum pukul 12:00 WIB yang digunakan, sedangkan pengukuran yang dilakukan pada waktu sore hari (sesudah pukul 13.00 WIB) tidak diikutsertakan dalam melakukan korelasi (data pengukuran P2 dan P6

tidak dikutsertakan) dengan alasan, karena satelit mengambil informasi sebelum pukul 12:00 WIB.

Beberapa fungsi hasil korelasi temperatur pengamatan dengan temperatur kecerahan yang diturunkan dari citra Landsat *band* 10 dan *band* 11 dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1: BEBERAPA FUNGSI KORELASI ANTARA TEMPERATUR PENGAMATAN DENGAN TEMPERATUR KECEHAHAN DARI BAND 10 DAN BAND 11

Band	Nama fungsi	Persamaan fungsi	Koef. Korelasi (R ²)
10	Exponensial	$y = 27.336e^{0.0053x}$	0.4647
10	Logarithmic	$y = 3.0547\ln(x) + 21.272$	0.428
10	Pangkat	$y = 22.55x^{0.0999}$	0.4286
10	Polinomial orde 2	$y = 0.073x^2 - 2.7271x + 55.403$	0.7852
10	Polinomial orde 3	$y = 0.0234x^3 - 1.3107x^2 + 24.335x - 119.68$	0.8518
11	Exponensial	$y = 26.955e^{0.0059x}$	0.3541
11	Logarithmic	$y = 3.5043\ln(x) + 19.88$	0.3349
11	Pangkat	$y = 21.54x^{0.1148}$	0.3357
11	Polinomial orde 2	$y = 0.0953x^2 - 3.611x + 64.233$	0.5403
11	Polinomial orde 3	$y = 0.0597x^3 - 3.4178x^2 + 65.056x - 381.21$	0.6023

Tabel 4-1, menunjukkan bahwa fungsi yang mempunyai koefisien korelasi terbesar adalah fungsi polinomial orde 3 (pangkat 3). Oleh karena itu, fungsi yang digunakan

untuk mengestimasi SPL adalah fungsi polinomial pangkat tiga. grafik fungsi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-4.

Gambar 4-4 adalah korelasi antara temperatur pengamatan pada kedalaman 30 cm dengan temperatur kecerahan dari *band* 10 dan *band* 11, Koefisien korelasi untuk *band* 10 adalah 0,8518 sedangkan untuk *band* 11 adalah 0,6023. Kedua persamaan tersebut dapat dituliskan seperti di bawah ini:

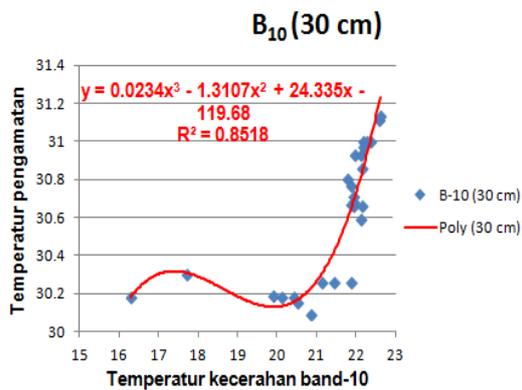
$$T_{(x_{10})} = 0.0234X_{10}^3 - 1.3107X_{10}^2 + 24.335X_{10} - 119.68, \text{ dengan } R^2 = 0.8518$$

$$T_{(x_{11})} = 0.0597X_{11}^3 - 3.4178X_{11}^2 + 65.056X_{11} - 381.21, \text{ dengan } R^2 = 0.6023$$

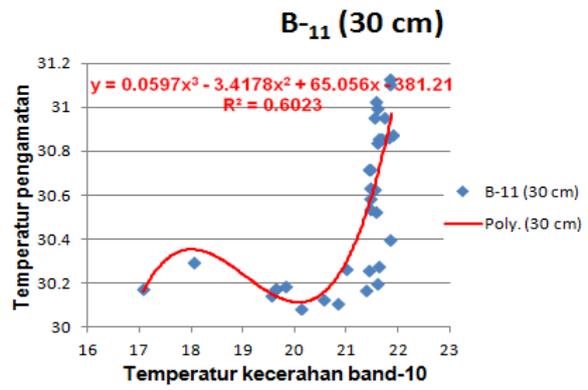
Kedua persamaan di atas, dapat disederhanakan menjadi:

$$\left. \begin{aligned} T_{(x_{10})} &= \sum_{n=0}^3 a_n X_{10}^n \\ T_{(x_{11})} &= \sum_{n=0}^3 b_n X_{11}^n \end{aligned} \right\} \quad (4-1)$$

Persamaan 4-1, bila diaplikasikan pada masing-masing *band* akan menghasilkan citra sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4-5a dan 4-5b.

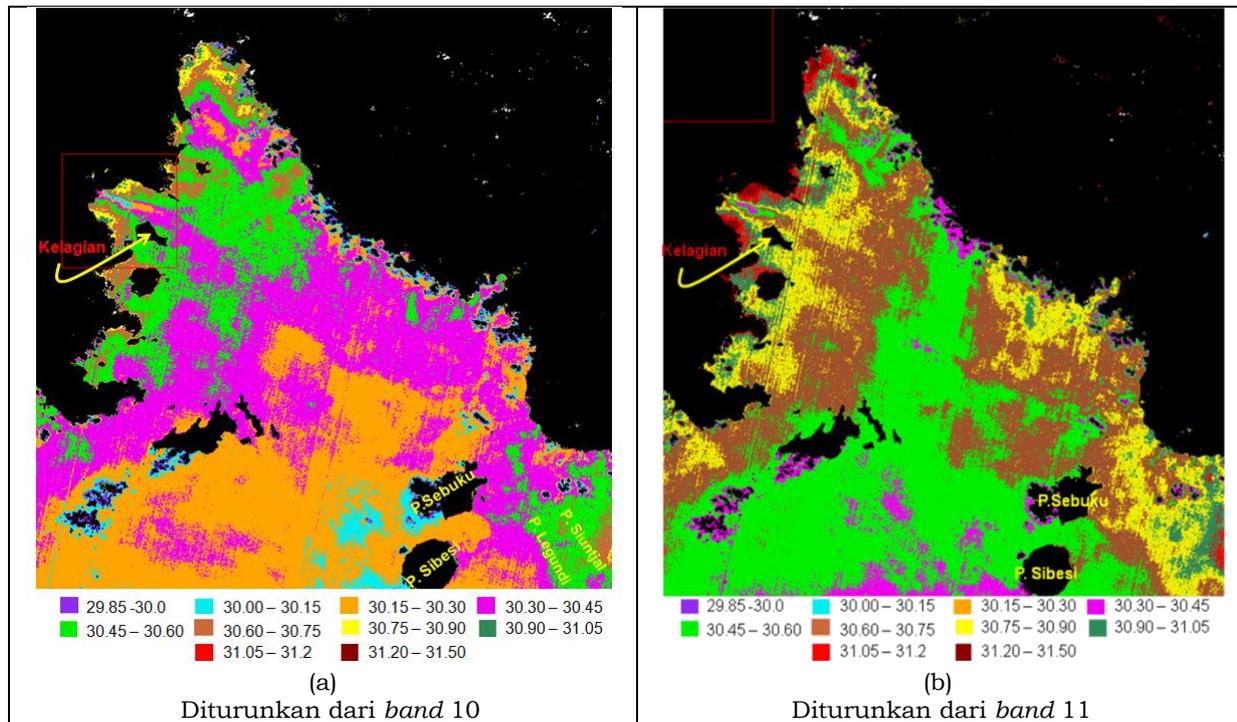


(a) Korelasi dengan *band*-10



(b) Korelasi dengan *band*-11

Gambar 4-4: Korelasi antara temperatur pengamatan dengan temperatur kecerahan



(a) Diturunkan dari *band* 10

(b) Diturunkan dari *band* 11

Gambar 4-5: Citra temperatur permukaan air laut yang diperoleh dari hasil korelasi antara temperatur pengamatan dengan temperatur kecerahan/*brightness*

Gambar 4-5 menunjukkan bahwa, nilai temperatur permukaan air laut yang diturunkan dari *band* 10 (baik distribusi spasial maupun intervalnya) tidak sama dengan temperatur air laut yang diturunkan dari *band* 11. Pada Gambar 4-5a menunjukkan bahwa temperatur di tengah laut (dekat P. legundi dan P. Sibesi) adalah 30,15 °C – 30,30 °C. lebih rendah dari pada Gambar 4-5b yaitu 30,30 °C – 30,45 °C. Juga distribusi *spasial* temperatur permukaan laut antara Gambar 4-5a dengan 4-5b berbeda. Oleh karena itu, perlu mengkorelasikan antara temperatur air laut yang diperoleh dari hasil survey dengan temperatur yang diturunkan dari *band*10 dan *band*11 secara bersamaan. Hasil korelasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-6.

Gambar 4-6a adalah *ploting* titik temperatur pengamatan dengan *band*10 dan *band*11, sedangkan Gambar 4-6b adalah garis fungsi yang diperoleh/ ditarik diantara titik pengamatan. Berdasarkan garis fungsi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa fungsi korelasinya adalah polinomial orde tiga (3), yang dapat dituliskan sebagai berikut ini:

$$T_{(X_{10},X_{11})} = a_3 X_{10}^3 + a_2 X_{10}^2 + a_1 X_{10} + a_0 + b_3 X_{11}^3 + b_2 X_{11}^2 + b_1 X_{11} + b_0$$

Persamaan dapat disederhanakan dengan formula series sebagai berikut:

$$T_{(X_{10},X_{11})} = \sum_{n=0}^3 a_n X_{10}^n + b_n X_{11}^n \tag{4-2}$$

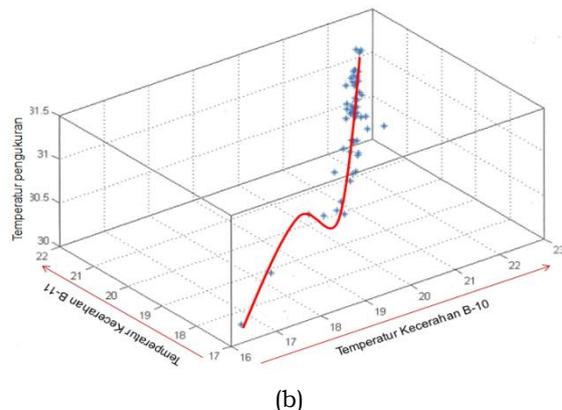
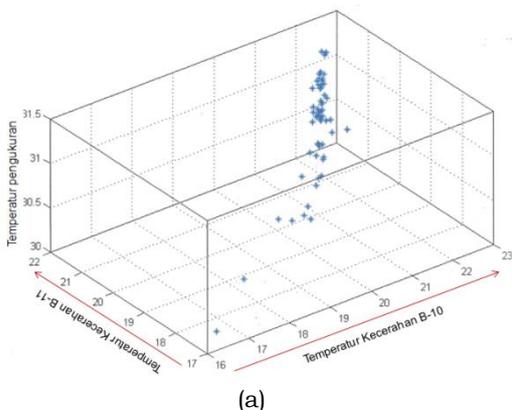
dimana: $a_0, a_1, a_2, a_3, b_0, b_1, b_2, b_3$ adalah konstanta yang ditentukan secara empiris.

Konstanta a_n dan b_n ditentukan melalui tahapan berikut:

- Membandingkan interval temperatur kecerahan antara *band* 10 dan *band* 11. Berdasarkan data di atas perbandingannya adalah 3:2;
- Hitung setiap konstanta a_n dengan cara mengalikan antara hasil perbandingan dengan konstanta dari masing-masing konstanta pada persamaan 4-1. Konstanta a_0, a_1, a_2, a_3 adalah: -119.68, 24.335, -1.3107, 0.0234, dan konstanta b_0, b_1, b_2, b_3 adalah: -381.21, 65.056, -3.4178, 0.0597, sedangkan konstanta $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, b_3, b_4$ ditentukan secara empiris melalui perbandingan interval temperatur dari *band* 10 dan *band* 11.

Berdasarkan perhitungan di atas, maka formulasi empirik yang digunakan untuk mengestimasi temperatur permukaan laut menggunakan data Landsat-8 adalah:

$$T_{(X_{10},X_{11})} = -119.68 + 24.335 X_{10} - 1.3107 X_{10}^2 + 0.0234 X_{10}^3 - 381.21 + 65.056 X_{11} - 3.4178 X_{11}^2 + 0.0597 X_{11}^3 \tag{4-3}$$



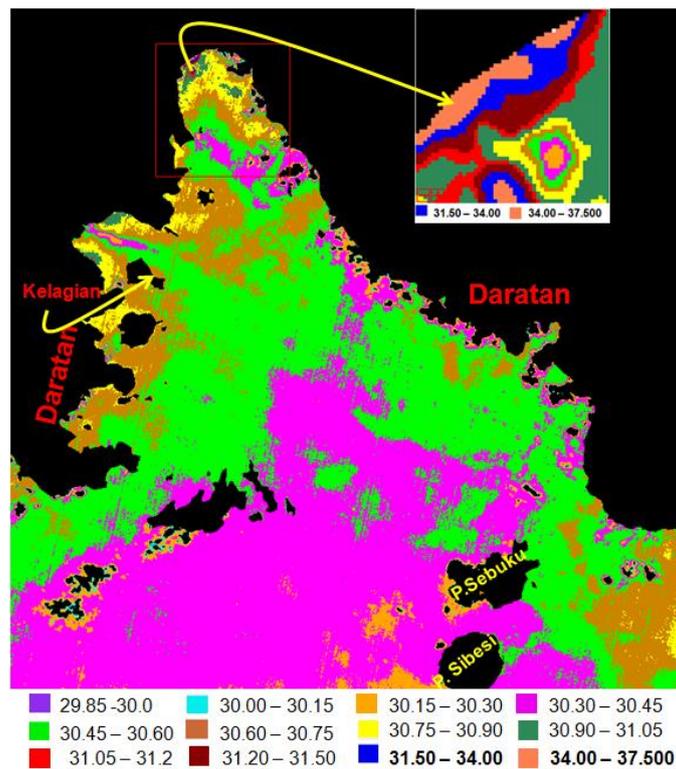
(a) Plot titik temperatur pengamatan
 (b) Grafik temperatur permukaan laut
 Gambar 4-6: Korelasi antara temperatur pengukuran dengan temperatur kecerahan dari band 10 dan 11 pada kedalaman 30 cm

Aplikasi Persamaan 4-3 di atas pada citra radiansi Landsat 8, 3 Juni 2015 (*band* 10 dan *band* 11) dapat dilihat pada Gambar 4-7.

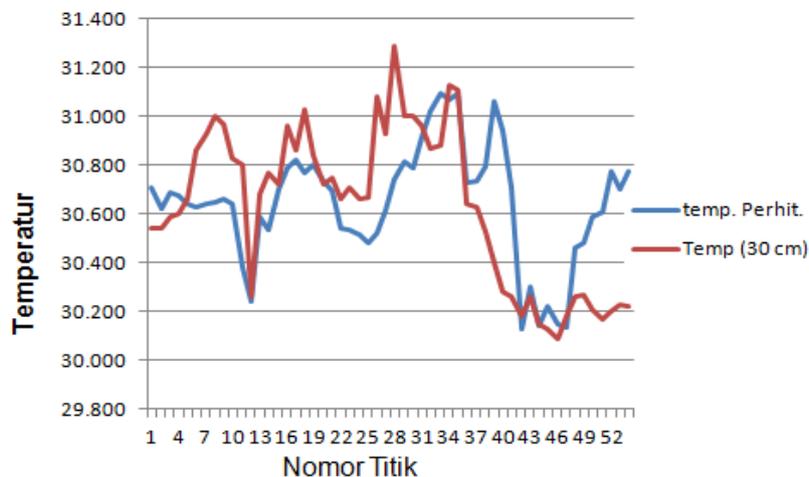
Gambar 4-7 memperlihatkan bahwa temperatur permukaan laut dari 29.85 °C sampai dengan 37.5 °C, Temperatur permukaan laut di tengah teluk Lampung berkisar (30.30 - 30.45 °C) lebih rendah dari pada temperatur di pesisir (30.45 - 30.60 °C). Temperatur yang paling tinggi berada di pesisir teluk

betung (34.00- 37.50 °C). Hal ini disebabkan, di pesisir tersebut terdapat banyak sampah yang diakibatkan oleh aktifitas masyarakat sekitarnya, airnya kotor (berwarna kehitam-hitaman) dan juga daerah ini tidak diamati temperaturnya.

Agar kesalahan hasil perhitungan dengan hasil pengamatan dapat diketahui, maka dilakukan *ploting* untuk seluruh tiap titik pengamatan. Hasil *ploting* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-8.



Gambar 4-7: Citra temperatur permukaan laut, diturunkan dari Landsat menggunakan *band* 10 dan *band* 11



Gambar 4-8: *Plotting* temperatur hasil pengukuran dan hasil perhitungan

Gambar 4-8 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara temperatur hasil perhitungan dengan hasil pengamatan. Kemudian dari perbedaan tersebut, dihitung nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) $= (\sum(X-X_{rata})^2/N)^{1/2}$, dimana N: adalah jumlah pengamatan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai RMSE adalah 0,21145. Artinya kesalahan antara pengamatan dengan perhitungan adalah 21,15 %. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ketelitian dalam mengestimasi temperatur permukaan laut dengan menggunakan data satelit Landsat-8 sebesar 78,85 %.

5 KESIMPULAN

Hasil analisis di atas, menunjukkan bahwa: temperatur kecerahan yang diturunkan dari *band* 10 lebih tinggi dari pada temperatur kecerahan dari *band* 11, begitu pula dengan intervalnya, untuk *band* 10 adalah 20,5 - 23,5 °C (interval temperatur 3 °C) lebih lebar dari *band* 11 yaitu 20,5 - 22,5 °C (interval 2 °C).

Model algoritma untuk estimasi SST dibangun dengan mengkorelasikan temperatur pengamatan dengan temperatur kecerahan dari *band* 10 dan *band* 11 secara bersamaan.

Persamaan fungsi korelasi yang diperoleh adalah fungsi polinomial orde tiga dalam tiga dimensi yang dapat dituliskan dengan $T_{(X_{10}, X_{11})} = \sum a_n X_{10}^n + \sum b_n X_{11}^n$. Koefisien/konstanta a_n dan b_n dari setiap orde ditentukan dari perkalian antara hasil perbandingan interval temperatur kecerahan (*band* 10 dan *band* 11) dengan konstanta setiap orde dari persamaan polinomial dalam 2 dimensi.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa, temperatur permukaan laut di tengah Teluk Lampung (berkisar 30.30 - 30.45 °C) lebih rendah dari pada temperatur di pesisir (30.45 - 30.60 °C). Temperatur yang paling tinggi berada di pesisir Teluk Betung (34.00 - 37.50 °C). Hal ini disebabkan, di pesisir terdapat

banyak sampah akibat aktifitas masyarakat sekitarnya, airnya kotor (berwarna kehitaman) dan juga daerah ini tidak diamati temperaturnya.

Berdasarkan hasil perhitungan RMSE, model estimasi temperatur permukaan laut menggunakan data satelit Landsat-8 mempunyai kesalahan 21,15 % atau mempunyai ketelitian 78,85 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan untuk Syarif Budiman M.Sc, sebagai kepala Bidang Sumber Daya Pesisir dan Laut, yang telah banyak membantu dalam mengerjakan penyelesaian kegiatan ini serta bapak H. Mahdi Kartasamita yang telah memberikan beberapa saran dalam penyelesaiannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Arief, M. dan Lestari L.W., 2006. *Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Ditinjau dari Nilai Klorofil-A, Temperatur Permulaan Perairan dan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Citra Satelit Landsat 7+*, Journal Penginderaan Jauh, Vol 3, Juni, 108-118.
- Arief, M., 2012. *Pemetaan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Satelit Landsat, Study kasus: Teluk Semangka*, Jurnal Penginderaan jauh dan Pengolahan Citra Digital ISSN- 1412-8098, Akreditasi: Nomor: 429/Akred-LIPI/04/2012. Vol. 9, No.1.
- Arief M., 2014. *Extraction Methods of Dissolved Oxygen Concentration using Landsat and Spot Remote Sensing Data. Case Study: Ringgung Coastal Waters*, Proceedings PORSEC: Ocean Remote Sensing for Sustainable Resources, November, Bali. 477-487.
- Bertram, D.F., Mackas, D. L., & McKinnell, S. M., 2001. *The Seasonal Cycle Revisited: Interannual Variation and Ecosystem Consequences*, Progress in Oceanography, 49, 283-307.
- Dekker, A.G., 1997. *Operational Tools for Remote Sensing of Water Quality: A Prototype*

- Tool Kit, Vrije Universiteit Amsterdam, Institute for Environmental Studies. BCRS Report 96-18.
- Emery, W. J., Castro, S., Wick, G. A., Schuessel, P., & Donlon, C., 2001. *Estimating Sea Surface Temperature from Infrared Satellite and In Situ Temperature Data*, Bulletin of the American Meteorological Society, 82, 2773–2785.
- Fisher I. J., Mustard F.J., 2004. *High Spatial Resolution Sea Surface Climatology from Landsat Thermal Infrared Data*, *ELSEVIER, Remote Sensing of Environment*, 90, 293–307.
- Gitelson, A., G. Garbuzov, F. Szilagyi, K.-H. Mittenzwey, K. Karnieli, and A. Kaiser, 1993. *Quantitative Remote Sensing Methods for Real-Time Monitoring of Inland Waters Quality*, *International Journal of Remote Sensing* 14:1269-1295.
- Irons J.R, Dwyer J.L, and Barsi J.A, 2012. *The next Landsat satellite: the Landsat Data Continuity Mission*, *Remote Sens. Environ*, vol. 122, 11–21, 2012.
- Jime´nez- Mun˜oz, J.C.dan Sobrino, J.A., 2003. *A Generalized Single-Channel Method for Retrieving Land Surface Temperature from Remote Sensing Data*, *Journal of Geophysical Research* 108 (D22).
- Wick, Gary A., 2002. *Infrared and Microwave Remote Sensing of Sea Surface Temperature*, Seminar at the University of Colorado at Boulder "Remote Sensing Seminar" graduate course, 9 October, 2002.
- Ritchie, J.C., dan Charles, M.C., 1996. *Comparison of Measured Suspended Sediment Concentration Estimated From Landsat MSS Data*. *Int J. Remote Sensing*, 9(3), 379-387.
- Shafique, N.A., B.C. Autrey, F. Fulk, and S.M. Cormier, 2001. *Hyperspectral Narrow Wavebands Selection for Optimizing Water Quality Monitoring on the Great Miami River, Ohio*, *Journal of Spatial Hydrology* 1(1):1-22.
- Sudheer, K. P.; Chaubey, I.; Garg, V., 2006. *Lake Water Quality Assessment from Landsat Thematic Mapper Data using Neural Network: An Approach to Optimal Band Combination Selection*, *J. Am. Water Resour. As.*, 42 (6), 1683–1695.
- Thomas A., Byrne D., Weatherbee R., 2002. *Coastal Sea Surface Temperature Variability From Landsat Infrared Data*, *ELSEVIER, Remote Sensing of Environment*, 81, 262-272.
- Vargas-Yanez, M., Plaza, F., Garcia-Lafuente, J., Sarhan, T., Vargas, J. M.,n& Velez-Belchi, P., 2002. *About the Seasonal Variability of the Alboran Sea Circulation*, *Journal of Marine Systems*, 35, 229– 248.
- Whitten T., Soeriaatmadja B.E., dan Afif S.A., 1999. *Ekologi Jawa-Bali*, Premhallindo. Jakarta.

Lampiran-1

BT		Reflektan	Suhu Lapangan (°C)					bath
B10	B11	NIR (B5)	30 cm	50 cm	1 m	2 m	3 m	(m)
22.16237068	21.4554615	0.032573968	30.54	30.48	30.41	30.39	30.37	21.9
21.98149109	21.4554615	0.033296996	30.54	30.49	30.41	30.38	30.26	22.5
22.11351776	21.45845222	0.033600729	30.59	30.59	30.51	30.41	30.29	21.7
22.15748596	21.36585999	0.034961186	30.6	30.61	30.53	30.42	30.31	21
22.11839867	21.36585999	0.036270306	30.66	30.68	30.61	30.45	30.44	22.5
22.13306046	21.25826645	0.035012525	30.86	30.83	30.58	30.42	30.36	20.4
22.10374069	21.344944	0.034678828	30.93	30.85	30.52	30.43	30.31	19.3
22.15015984	21.35391426	0.037271395	31	30.95	30.61	30.63	30.48	17.7
22.15504646	21.31506348	0.039786961	30.97	30.97	30.88	30.67	30.57	16.8
22.17214203	21.23733521	0.042764563	30.83	30.81	30.66	30.53	30.41	14.7
21.77826691	20.60792351	0.037476748	30.8	31.22	30.84	30.36	30.33	11.7
21.12205696	20.6709919	0.161663398	30.26	30.69	0	0	0	0.6
21.92521095	21.35689926	0.034293793	30.68	30.68	30.58	30.46	30.41	15.8
21.86890602	21.27619934	0.059038714	30.77	30.78	30.74	30.56	30.45	16.8
22.18435097	21.41963005	0.033472385	30.72	30.72	30.72	30.69	30.47	17.3
22.28198624	21.53904533	0.035936609	30.96	31.28	31.15	30.82	30.75	13.3
22.29907036	21.6076622	0.036989037	30.86	30.75	30.77	30.77	30.77	15.1
22.23806572	21.55396271	0.039915305	31.03	31.01	30.82	30.74	30.71	14
22.30150604	21.67028046	0.057472903	30.86	30.83	30.81	0	0	2.4
22.27466774	21.58677292	0.046563577	30.84	30.81	30.78	30.76	30.66	15.7
22.22830009	21.44949722	0.043457627	30.72	30.66	30.62	30.6	30.57	7.4
22.16481781	21.42858696	0.038888544	30.75	30.67	30.63	30.6	30.53	20.6
21.91541862	21.23434067	0.038811538	30.66	30.61	30.54	30.52	30.51	23.9
21.9276638	21.19545937	0.039324917	30.71	30.66	30.6	30.57	30.57	23
21.98149109	21.02485085	0.039658614	30.66	30.63	30.62	30.62	30.53	22
21.86400604	21.04281998	0.040377345	30.67	30.66	30.64	30.62	30.56	22.3
21.89338684	21.18947983	0.043175269	31.08	31.03	30.96	30.94	30.94	18.7
21.96192169	21.41664696	0.042636219	30.93	30.94	30.93	30.13	30.92	18
22.2258625	21.48233223	0.036809355	31.29	31.18	31.02	30.98	30.88	16
22.33321762	21.5450058	0.037040375	31	31.03	31.03	31.01	30.78	14.6
22.26003075	21.60467339	0.038426504	31	31	31.01	31.02	31.02	12.2
22.40635681	21.7328701	0.040146325	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	12.9
22.4307251	21.81329918	0.04022334	30.87	30.88	30.88	30.88	30.87	11.4
22.59143829	21.88178062	0.03922224	30.88	30.91	30.91	30.91	30.89	8.4
22.60603142	21.83415222	0.043303613	31.13	31.14	31.13	30.91	30.84	5.6
22.56222916	21.82819557	0.056908187	31.11	31.11	31.18	31.06	30.99	3.2
22.21853447	21.4465065	0.037861783	30.64	30.66	30.65	30.63	30.62	26.5
22.17946625	21.54799461	0.036526997	30.63	30.64	30.63	30.62	30.57	26.4
22.27711105	21.56888008	0.03665534	30.53	30.53	30.53	30.51	30.5	25.6
22.49893188	21.84010124	0.033010341	30.4	30.39	30.4	30.38	30.33	25.5
22.58657074	21.62257195	0.033985764	30.28	30.27	30.27	30.25	30.22	24.8
22.19167519	21.41963005	0.0332927	30.26	30.26	30.27	30.23	30.26	23.7
21.65076065	20.82104301	0.13987042	30.11	30.18	30.21	30.2	30.19	22.3
17.7010498	18.05814743	0.648322105	30.3	30.3	30.31	30.27	30.21	20.6
20.09698486	19.63120461	0.287236184	30.18	30.19	30.26	30.27	30.27	10.6
21.43465805	20.45764542	0.031701222	30.26	30.26	30.23	30.19	30.16	26
16.29424286	17.07836533	0.781929255	30.18	30.18	30.19	30.18	30.18	17.4

20.48682213	19.53738976	0.111506164	30.15	30.19	30.21	30.19	30.15	24.4
21.39778519	20.55684662	0.048206393	30.13	30.2	30.2	30.18	30.14	24.5
20.85059929	20.11138344	0.104986235	30.09	30.17	30.19	30.18	30.17	24
19.88785934	19.80957794	0.054495301	30.19	30.21	30.14	30.12	30.12	21.9
22.98010445	21.65536499	0.37697503	30.24	30.26	30.22	30.16	30.12	10.9
20.39258766	19.63423157	0.401386261	30.18	30.17	30.13	30.06	30.09	4.4
21.86156082	20.94995499	0.043457627	30.26	30.26	30.22	30.19	30.11	9.5
21.90073586	20.98291588	0.040993404	30.27	30.27	30.27	30.27	30.26	19.3
21.90563393	21.43157768	0.037733439	30.21	30.25	30.23	30.24	30.24	24.3
22.02062416	21.38378716	0.040608369	30.17	30.19	30.16	30.19	30.25	21.8
22.24050331	21.58081436	0.036449987	30.2	30.12	30.21	30.27	30.26	22.4
22.21121216	21.56888008	0.031059498	30.23	30.21	30.22	30.22	30.19	26.3
22.2258625	21.56589127	0.034499142	30.22	30.29	0	0	0	1.4
