

ALGORITMA DUA DIMENSI UNTUK ESTIMASI MUATAN PADATAN TERSUSPENSI MENGGUNAKAN DATA SATELIT LANDSAT-8, STUDI KASUS: TELUK LAMPUNG (TWO DIMENSIONAL ALGORITHM FOR ESTIMATING TOTAL SUSPENDED SOLIDS USING LANDSAT-8 SATELLITE DATA CASE STUDY: LAMPUNG BAY)

Muchlisin Arief, Syifa W. Adawiah, Maryani Hartuti, dan Ety Parwati

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

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

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

Diterima 22 Juni 2016; Direvisi 25 November 2016; Disetujui 13 Desember 2016

ABSTRACT

Remote sensing technique is a powerful tool for monitoring the coastal zone. Optical sensors can be used to measure water quality parameters Total Suspended Matter (MPT). In order to be able to extract information MPT, the satellite data need to be validated with in situ measurements that make the relationship between the reflectance band with concentration MPT measurement results. In this model, do the correlation between the measurement results with the reflectance values band 3 and band 4. then obtained a linear equation, then calculated using the argument of a ratio of 60:75 to each of the correlation coefficient, the obtained linear equation two Dimension $T(x_3, x_4) = 2313.77 X_3 + 4741.11 X_4 + 314.95$. Based on the concentration MPT of dated June 3, 2015 was lower than in the west to the east. this is because the east is already contaminated with the plant, effluent solids by humans, while the west for still many floating net fish, and mangrove. Based on the results of measurement and calculation results, is still far from perfect (accuracy 60%), one factor is the value thresholding, when determining the boundary between: clouds, sea, and land. Generally indicates that the model is still in need for repair.

Keywords: Landsat-8, Extraction, Reflectances, Total suspended matter, Two dimensional, Lampung Bay

ABSTRAK

Penginderaan jauh adalah alat yang ampuh untuk memantau zona pesisir. Sensor optik dapat digunakan untuk mengukur parameter kualitas air *Total Suspended Solid/Muatan Padatan Tersuspensi* (MPT). Agar supaya dapat mengekstraksi informasi MPT, maka, data satelit perlu divalidasi dengan pengukuran *in situ* yaitu membuat hubungan antara reflektansi *band* dengan konsentrasi MPT hasil pengukuran. Pada model ini, dilakukan korelasi antara hasil pengukuran dengan nilai reflektansi *band3* dan *band4*, maka diperoleh persamaan linier, kemudian dihitung dengan menggunakan dalil perbandingan 60 : 75, untuk masing-masing koefisien korelasinya, maka diperoleh persamaan linier dua dimensi $T_{(X_3, X_4)} = 2313.77 X_3 + 4741,11 X_4 + 314.95$. Berdasarkan konsentrasi MPT pada 3 Juni 2015 di sebelah barat lebih rendah dibandingkan sebelah timur. Hal ini dikarenakan sebelah timur sudah terkontaminasi dengan pabrik, buangan benda padat oleh manusia, sedangkan sebelah barat karena masih banyak keramba jaring apung ikan dan *mangrove*. Berdasarkan hasilnya antara pengukuran dan hasil perhitungan, masih jauh dari sempurna (ketelitiannya 60 %), salah satu faktornya adalah dalam menentukan nilai *thresholding*, pada saat menentukan batas antara: awan, laut dan darat. Secara umum menunjukkan bahwa model yang masih membutuhkan perbaikan.

Kata kunci: *Landsat-8, Ekstraksi, Reflektansi, Padatan tersuspensi total, Dua dimensi, Teluk Lampung*

1 PENDAHULUAN

Zona pesisir merupakan sistem yang sangat produktif dan sangat beragam, dengan berbagai ekosistem yang meliputi bagian dari darat pantai hingga ke arah laut meliputi bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar.

Teluk Lampung adalah sebuah teluk di perairan Selat Sunda yang terletak di selatan Lampung dengan luas sekitar 1.888 km². Teluk ini, bermuara dua sungai besar yang membelah Kota Bandar Lampung, dan diapit oleh Kota Bandar Lampung, Kabupaten Lampung Selatan, dan Kabupaten Pesawaran. Teluk Lampung ini merupakan wilayah perairan dangkal dengan kedalaman rata-rata mencapai 20 meter. Berbagai industri seperti industri perikanan, pariwisata, sumber energi listrik, dan juga potensi sumber daya alam terumbu karang tergantung sepenuhnya terhadap potensi air laut ini. Pentingnya potensi air yang mampu menopang berbagai kebutuhan menjadikan perhatian sendiri untuk kualitas air. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling berharga dan sumber kehidupan untuk pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Oleh karena itu, peman-

tauan/pendeteksian/pengukuran kualitas air di Teluk Lampung harus selalu dilakukan (Arief, 2012), karena hal ini berkaitan dengan kehidupan berbagai jenis makhluk hidup dan juga demi terwujudnya pembangunan berkelanjutan serta berwawasan lingkungan.

Ada beberapa parameter yang dijadikan acuan untuk menentukan kualitas air, di antara parameter-parameter tersebut adalah kandungan Muatan Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid* atau *matter* biasa disebut TSS atau MPT) adalah salah satu faktor kunci yang menentukan kualitas air permukaan, baik dari laut dan air sungai, dan menentukan sifat optik air (Aldabash dan Şanlı, 2016). TSM mengangkut nutrisi dan kontaminan, mengurangi transmisi cahaya melalui kolom air, dan berpengaruh terhadap seluruh ekosistem air (Dihkan *et al.*, 2011). Oleh karena itu, *monitoring* dinamika partikel tersuspensi yang diekspor oleh sungai ke pesisir laut sangat diperlukan untuk melacak transportasi dan nasib polutan dan menentukan dampak pada ketersediaan cahaya dalam kolom air, yang merupakan salah satu parameter dalam menentukan pertumbuhan fitoplankton dan produksi primer (Tang

et al., 1998). Parameter TSM mempengaruhi kepadatan, komposisi jenis, produktivitas, dan kondisi fisiologis populasi organisme akuatik (Michael, 1995). Besarnya nilai MPT selalu bervariasi dengan perubahan sifat partikel seperti ukuran butir, komposisi, dan indeks bias (Wozniak dan Stramski, 2004; Binding, et al., 2005). Pola distribusi sedimen memainkan peran penting dalam memantau perubahan lingkungan laut, terutama di daerah pesisir (Min et al., 2012).

Salah satu teknik dengan biaya murah dan cakupannya luas dan efisien untuk mengestimasi MPT yaitu adalah teknologi penginderaan jauh satelit (*remote sensing satellite*). Teknologi satelit penginderaan jauh merupakan alat yang efisien untuk memantau angkutan *sediment transport*, menganalisis distribusi spasial material padat yang diekspor oleh sungai ke laut (Doxaran et al., 2002; Zhang et al., 2003; Wang et al., 2007). Penggunaan data satelit penginderaan jauh guna memantau kualitas air seperti air danau, misalnya penentuan MPT dan oksigen terlarut (Dekker, 1997; Ritchie et al. 1990; Dekker et al., 2002).

Telah banyak model untuk mengestimasi MPT digunakan dari yang paling sederhana melalui pendekatan memanfaatkan satu *band* spektrum merah, misalnya, Landsat TM *band* 3 atau MODIS *Band* 1 (Shi dan Wang, 2009; Miller dan McKee, 2004; Islam et al., 2001; Hellweger et al., 2006). Metode menggunakan relasi antara nilai konsentrasi MPT dengan *band* hijau dan *band* merah dari Landsat TM (Tassan, 1997). Penentuan MPT dengan menggunakan persamaan empiris dari Landsat (Arief dan Lestari, 2006; Arief, 2012). Menentukan MPT dengan cara mengkorelasikan konsentrasi MPT dan *Chlorophyll-a in situ* dengan Nilai reflektansi Landsat (Song et al., 2012, Lailia et al., 2015). Membangun model untuk mengestimasi antara pengamatan *in situ* dengan *band* infra-merah dekat (Zheng et al., 2015), membangun hubungan

non linier antara nilai reflektansi dengan nilai MPT hasil pengamatan (Mao et al., 2012), hubungan empiris yang menghubungkan parameter kualitas air dengan radian sensor (Deutsch et al., 2014), membangun *multivariate* regresi model antara data *remote sensing* dengan akuisisi data lapangan untuk analisis hubungan kualitas air di Guangzhou (Fan et al., 2012). Estimasi menggunakan dua persamaan empiris polinomial pangkat tiga dan persamaan linier yang dipisahkan dengan *thresholding* menggunakan tiga panjang gelombang (Rrs: 412, 620 and 681 nm) dari data MERIS (Ouillon et al., 2008). Walaupun faktanya bahwa tidak ada algoritma generik untuk mengukur di wilayah suatu pesisir, belum pernah diusulkan merupakan pokok permasalahan untuk pengembangan pemetaan dengan penginderaan jauh (Acker et al., 2006).

Pada *paper* ini, dibangun mengikuti metode menggunakan relasi antara nilai konsentrasi MPT dengan *band* hijau dan *band* merah dari Landsat TM-8 (Tassan, 1997). Metode ini dibangun dengan mentransformasikan nilai *digital number* ke nilai reflektansi, lalu mengkorelasikan antara hasil pengukuran *in situ* sebelum pukul 12.⁰⁰ WIB dengan masing-masing *band* 3 dan 4. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bentuk fungsi korelasinya. Setelah itu, dilakukan korelasi antara pengukuran dengan nilai reflektansi dari *band*3 dan *band*4 secara bersamaan. Fungsi korelasi digunakan untuk menurunkan MPT dari *band*3 dan *band*4. Dengan menggabungkan dari kedua *band* tersebut diharapkan akan memperbaiki estimasi MPT yang sudah ada.

Daerah kajian adalah Teluk Lampung di provinsi Lampung. Terpilihnya teluk ini menjadi daerah kajian, karena Teluk Lampung merupakan salah satu daerah yang tercemar oleh pelabuhan, limbah pabrik, masyarakat, dan keramba ikan. 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 tanggal 3 sampai 9 Juni 2015 dengan peralatan yang dibawa adalah GPS Garmin dan *water checker*.

2 TOTAL SUSPENDED MATTER/SOLID

Wilayah pesisir merupakan ekosistem yang unik mengingat di kawasan ini terjadi interaksi antara ekosistem daratan dan ekosistem lautan. Secara sosio-ekonomis, kawasan pantai merupakan kawasan yang sangat potensial ditinjau dari segi kandungan sumber daya alamnya baik yang bersifat biotik (ikan dan hutan *mangrove*) maupun abiotik (lahan). Perairan Teluk Lampung merupakan salah satu contoh daerah yang wilayah pesisirnya digunakan untuk berbagai kegiatan seperti perikanan tangkap, budidaya mutiara, pariwisata, pelayaran, pelabuhan, permukiman, maupun kegiatan perdagangan sehingga apabila tidak terkendali, aktivitas ini secara ekologis dapat menyebabkan berbagai kerusakan sumber daya alam dan lingkungan yang akan berakibat terhadap penurunan kualitas lingkungan di kawasan pantai. Bahkan diindikasikan tingkat pencemaran akibat limbah organik dan logam berat sudah melampaui ambang batas, sejak 1972 dan cenderung meningkat (Dahuri, 2006). Muatan Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Matter*) adalah semua zat padat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) dan partikel-partikel anorganik.

Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi

kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak berlangsung efektif akibat terhalang oleh zat pada tersuspensi sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna. Sebaran zat padat tersuspensi di laut antara lain dipengaruhi oleh masukan yang berasal dari darat melalui aliran sungai, ataupun dari udara dan perpindahan karena resuspensi endapan akibat pengikisan. Analisis zat-zat padat tersuspensi sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap. Total zat padat terlarut mencerminkan jumlah kepekatan padatan dalam suatu sampel air lebih kecil dibandingkan padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri atas senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral, dan garam.

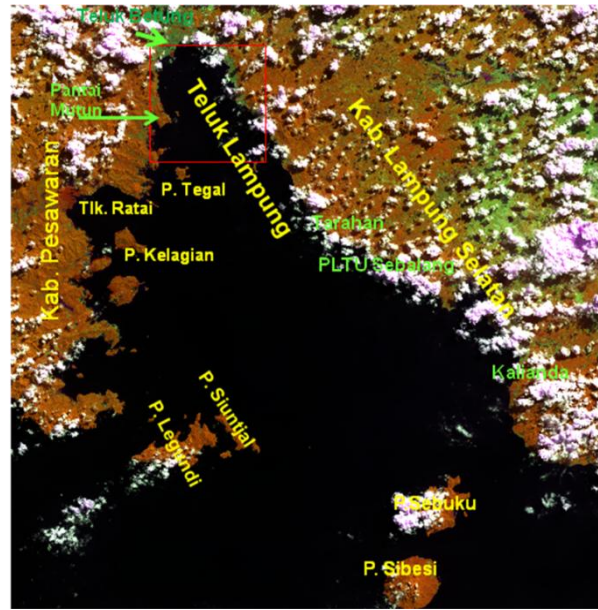
3 DATA DAN METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Landsat 8 tanggal 3 Juni 2015 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3-1. Pengukuran lapangan dilakukan pada 3 Juni sampai 9 Juni 2015. Hasil pengukuran MPT dapat dilihat pada Lampiran 1 sedangkan peralatan yang digunakan dalam pengukuran di lapangan adalah: *water checker* untuk mengukur temperatur, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, dan salinitas; *Global Positioning System* (GPS) Garmin 12 XL; perangkat lunak untuk memproses citra adalah ENVI dan IDL versi 5.0, ERDAS, dan *software* lainnya.



(a)

Citra batas administrasi Provinsi Lampung



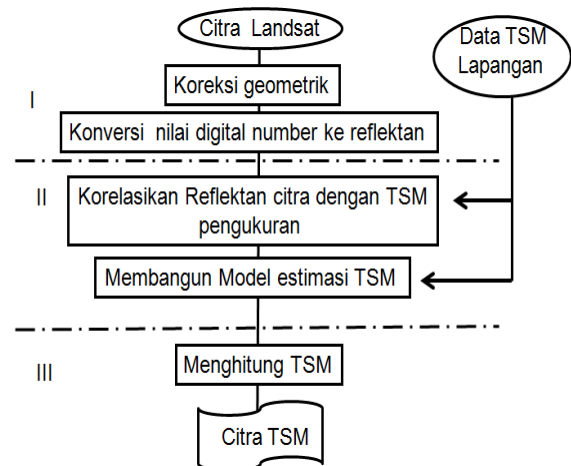
(b)

Citra RGB Landsat-8 pada 3 Juni 2015

Gambar 3-1: Citra RGB Landsat-8 pada 3 Juni 2015

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

- a. Pengumpulan data, koreksi radiometrik, dan *resampling band* 2 dan 3 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,
- b. Menghitung nilai reflektansi tiap piksel menggunakan formulasi $\rho\lambda = M\rho * Q_{cal} + A\rho$, dimana Q_{cal} adalah nilai *digital number*, $M\rho$ adalah konstanta reflektansi multi kanal dengan nilai 0,00002, dan $A\rho$ adalah konstanta dengan nilai -0,1,
- c. Mengkorelasikan antara nilai hasil pengukuran di lapangan dengan nilai reflektansi *band3* dan *band4*, didapat fungsi korelasi orde 3,
- d. Melalui dalil perbandingan 60:75, untuk menentukan koefisien polinomial a_0 , a_1 , dan b_0, b_1 .
- e. Menghitung MPT dengan fungsi korelasi untuk *band3* dan *band4*.

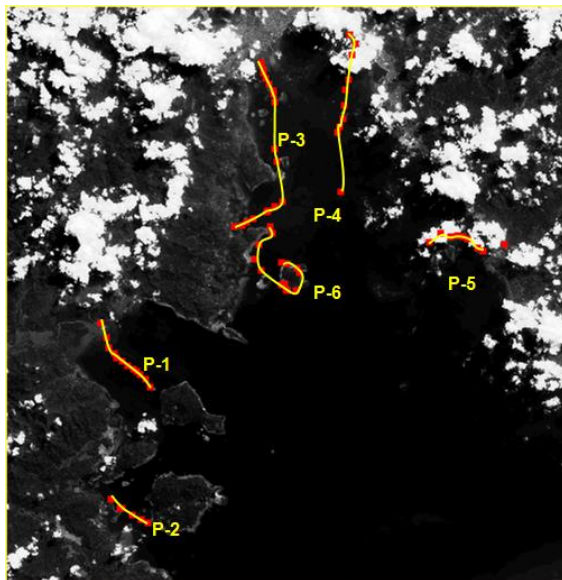


Gambar 3-2: Diagram alir ekstraksi dari data Landsat 8

4 PEMBAHASAN DAN DISKUSI

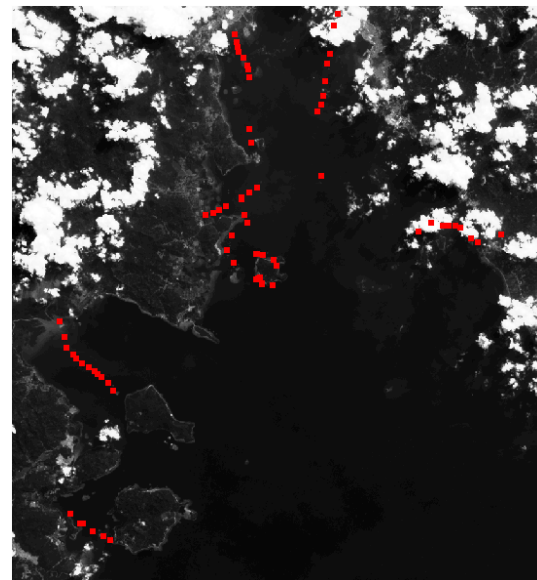
Setelah dilakukan koreksi geometrik, kemudian dihitung nilai reflektansi dari *band3* dan *band4*. Hasil perhitungan reflektansi yang diintegrasikan dengan titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4-1a dan 4-1b.

Gambar 4-1 adalah citra reflektansi pada *band-3* dan *band-4* dari citra Landsat 8 yang diintegrasikan dengan titik-titik pengamatan. Pada Gambar 4-1a pengamatan P1, P3, P4, dan P5 dilakukan sebelum pukul 12.00 WIB, sedangkan pengamatan P2 dan P6 dilakukan sesudah pukul 13.00 WIB.



(a)

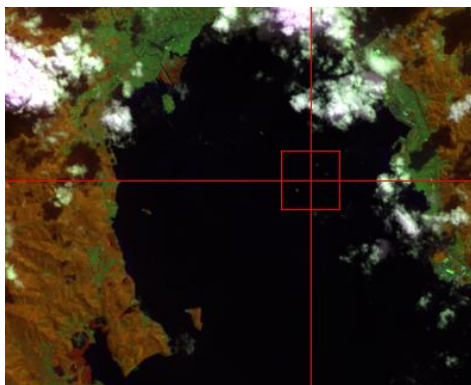
Citra Reflektansi B-3



(b)

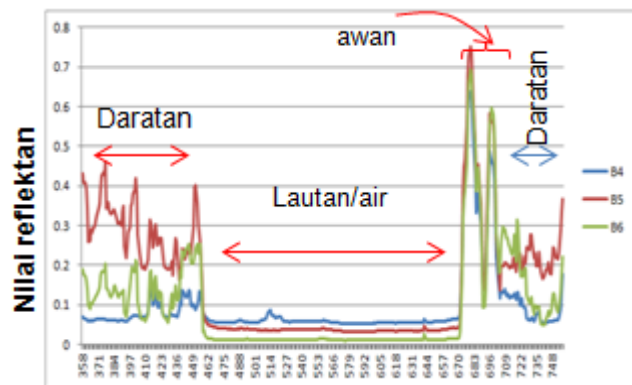
Citra Reflektansi B-4

Gambar 4-1: Integrasi titik-titik pengamatan dengan citra reflektansi dari Landsat 8, 3 Juni 2015



(a)

Citra Landsat-8 dan tracing line



(b)

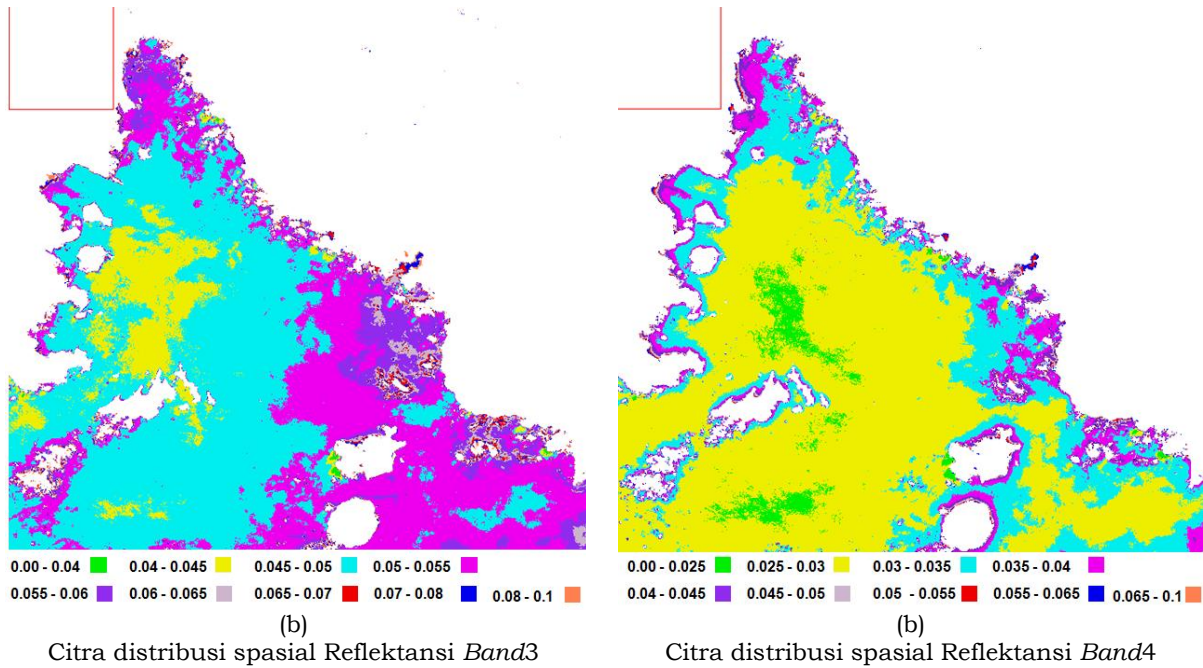
Citra distribusi reflektansi dari tracing line

Gambar 4-2: Citra reflektansi RGB-564 dan frekuensi nilai reflektansi dari tracing line

Untuk lebih memperjelas serta memudahkan pengamatan distribusi spasial dari nilai reflektansi dari *band3* dan *band4*, maka dilakukan visualisasi hanya bagian lautnya saja, berarti bagian daratan dan awan bisa dianggap nol, untuk itu, dilakukan pengurangan antara *band* untuk dapat melakukan hal tersebut, maka perlu pengamatan frekuensi reflektansi dari tiap objek seperti terlihat pada Gambar 4-2.

Gambar 4-2a adalah citra RGB-564 dengan *tracing line* yang melintasi objek daratan, awan, dan laut. Gambar 4-2b adalah frekuensi nilai reflektansi

objek yang dilintasi oleh *tracing line*. Gambar 4-2b menunjukkan bahwa untuk obyek daratan atau awan nilai reflektansi *band5* lebih besar dari *band4* ($R_{b5} > R_{b4}$) sedangkan untuk laut/air terjadi sebaliknya ($R_{b5} < R_{b4}$). Maka dari grafik tersebut dapat disimpulkan apabila *band5* dikurangi *band4* bernilai positif ($R_{b5} - R_{b4} \geq -0.01$), maka *band3* ataupun *band4* bernilai nol, bila tidak maka *band3* ataupun *band4* sesuai dengan masing-masing nilai reflektansinya. Hasil proses tersebut dan visualisasi dengan menggunakan *density slicing* pada Gambar 4-3.



Gambar 4-3: Citra distribusi reflektansi dari Landsat 8, 3 Juni 2015

Secara umum, Gambar 4-3, dapat dilihat jelas bahwa nilai reflektansi *band3* berada pada interval 0,04 sampai dengan 0.1 mg l^{-1} (lihat Gambar 4-3a) lebih sempit dari pada nilai reflektansi dari *band4* berada pada interval 0,025 sampai dengan 0,1 mg l^{-1} (Gambar 4-3b). Pada kedua gambar tersebut juga, nampak bahwa distribusi spasial nilai reflektansi di daerah dekat pantai lebih besar dibandingkan dengan di tengah laut. Pada Gambar 4-3a dan Gambar 4-3b nilai reflektansi dekat pantai berkisar maksimum (di Teluk Bandar Lampung) dan Kabupaten Lampung Selatan. Kedua gambar tersebut di atas menunjukkan bahwa perbandingan interval nilai reflektansi antara *band-3* dan *band-4* adalah 6:7,5 atau 60:75.

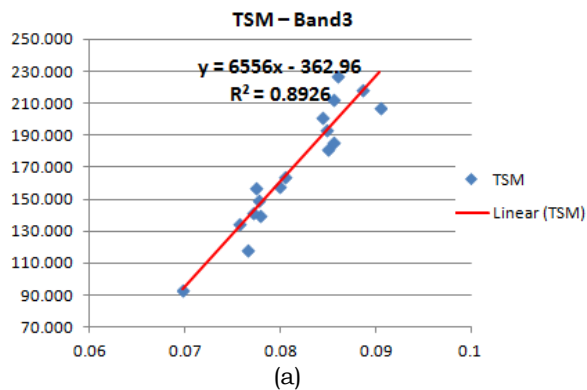
Model untuk mengekstraksi dari data Landsat-8 ditentukan dari fungsi korelasi antara pengamatan dengan

nilai reflektansi dari Landsat 8. Nilai pengamatan dan nilai reflektansi dari Landsat 8, yang mana dalam mengkorelasikan kedua nilai tersebut, hanya data pengukuran yang dilakukan sebelum pukul 12.00 WIB yang digunakan, sedangkan pengukuran yang dilakukan pada waktu sore hari (sesudah pukul 13.00 WIB) tidak diikutsertakan, dengan alasan, karena satelit mengambil informasi sebelum pukul 12.00 WIB atau waktu pukul 10.00 WIB. Beberapa fungsi korelasi telah dicoba, dan yang mempunyai fungsi korelasi terbesar adalah fungsi korelasi linier sebagai mana terlihat pada Gambar 4-4.

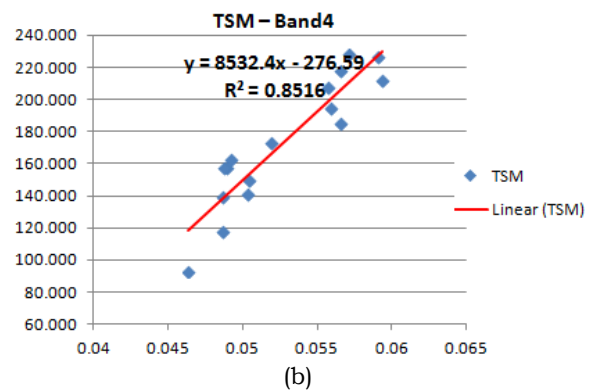
Fungsi korelasi untuk *band3* dan *band4* berturut-turut adalah:

$$Y = 6556 X - 362.95 \tag{4-1}$$

$$Y = 8532.4 X - 276.59$$



(a) Korelasi antara TSM dengan Band3



(b) Korelasi antara TSM dengan Band4

Gambar 4-4: Grafik korelasi antara pengamatan dengan band3 dan 4

Fungsi korelasi gabungan diperoleh dengan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$TSS_{(x_3,x_4)} = a X_3 + b X_4 + c \quad (4-2)$$

Konstanta a_n dan b_n ditentukan melalui tahapan berikut:

- Membandingkan interval-interval reflektansi antara band3 dan band4. Berdasarkan data di atas, perbandingannya adalah 60:75.
- Hitung setiap konstanta A,B,C dengan cara mengalikan antara hasil perbandingan dengan konstanta dari masing-masing konstanta. Jadi konstantanya berturut-turut adalah: 2313.77, 4741,11 dan 314.95.

Aplikasi formula di atas pada citra satelit Landsat dapat dilihat pada Gambar 4-5.

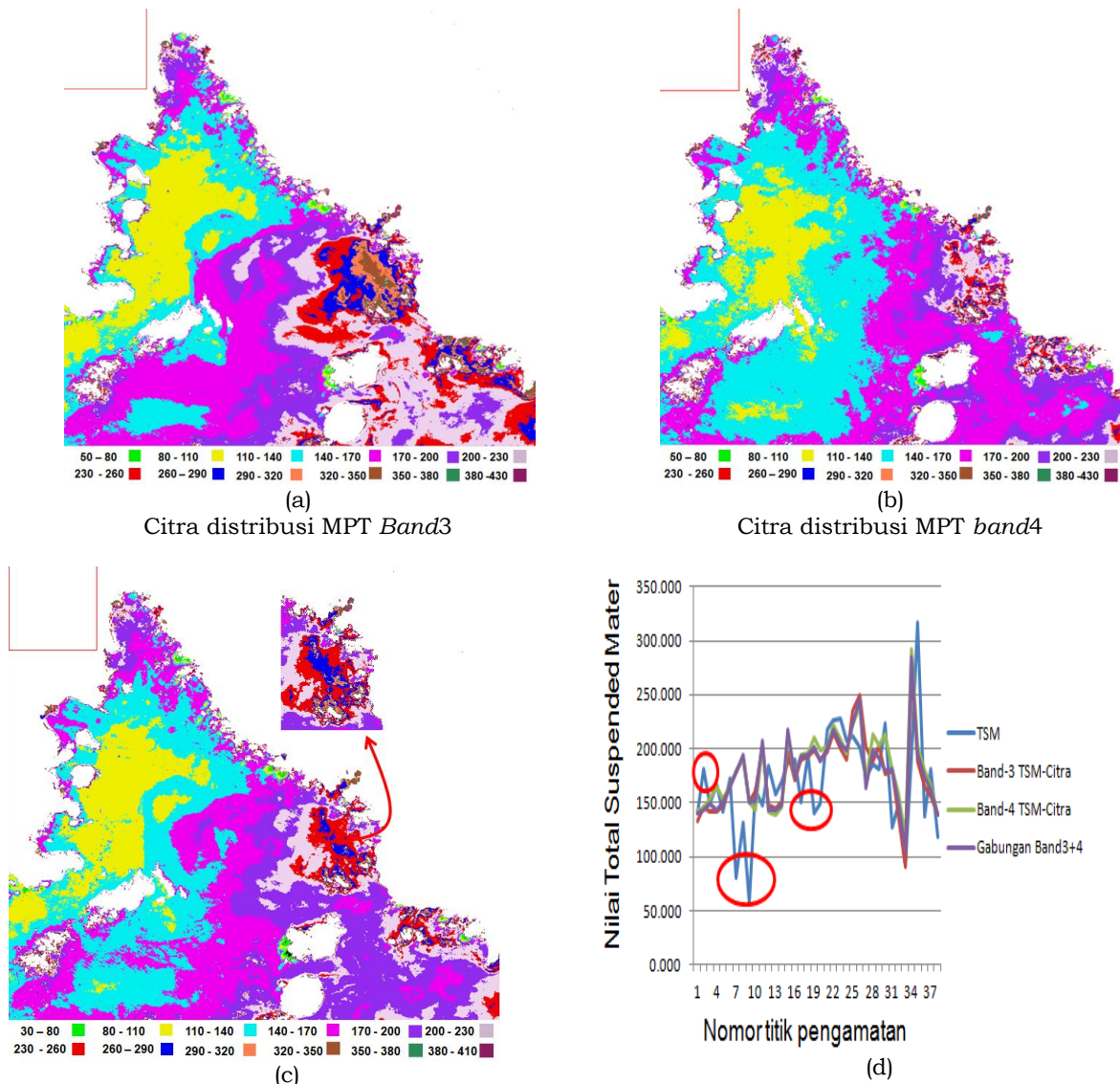
Gambar 4-5a dan 4-5b adalah citra distribusi spasial dari band3 dan band4 sedangkan Gambar 4-5c adalah citra distribusi spasial gabungan dan 4-5d adalah citra titik pengamatan antara pengamatan dengan hasil perhitungan band3, band4 dan band gabungan.

Gambar 4-5a memperlihatkan bahwa MPT minimum terdapat di bagian barat (50-80 $mg\ l^{-1}$) sedangkan di bagian timur (380-410 $mg\ l^{-1}$), Gambar 4-5b memperlihatkan bahwa paling rendah (50-80) $mg\ l^{-1}$ dan paling tinggi (260-300) $mg\ l^{-1}$. Gambar 4-4c memperlihatkan bahwa paling rendah (30-80) $mg\ l^{-1}$ terdapat di sebelah barat sedangkan paling tinggi (380-410) $mg\ l^{-1}$ terdapat di

sebelah timur. Secara keseluruhan, ini menunjukkan bahwa sebelah barat airnya relatif lebih jernih karena banyak keramba jaring apung dan disebelah timur banyak sekali buangan pabrik dan limbah perkotaan serta limbah industri. TSM di pesisir dengan di tengah laut menunjukkan variasi yang sangat signifikan karena konsentrasi MPT berhubungan dengan kekeruhan. Jika konsentrasi tinggi dapat mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam tubuh air, makin tinggi konsentrasi makin tambah kekeruhan air. MPT dapat dipantau setiap saat menggunakan satelit penginderaan jauh.

Gambar 4-5d adalah hasil pengukuran lapangan/laboratorium dengan hasil perhitungan citra. Dalam hal ini bisa dilihat bahwa hasil perhitungan pada titik pertama dan titik terakhir yang hampir sama sedangkan titik pengamatan di lain tempat ke 3, ke 8, ke 11, ke18, dan ke 19) terdapat perbedaan yang mencolok sekali (terdapat selisih yang cukup besar sekali). Hal ini dimungkinkan karena citra tidak 100% clear sehingga mempengaruhi hasil perhitungan (perhitungan menjadi lebih tinggi dari sebenarnya). Keakuratan dalam perhitungan masih tinggi 30% sampai dengan 40%.

Secara umum, pendekatan model yang dibuat dapat digunakan untuk mendeteksi pola distribusi MPT hingga beberapa dekade di Teluk Lampung.



Gambar 4-5: Distribusi spasial MPT di Teluk Lampung dan nilai pengamatan tiap titik

5 KESIMPULAN

Penggunaan penginderaan jauh memberikan kesempatan untuk mendeteksi/mengekstraksi MPT di perairan dangkal. Pengamatan berbasis Landsat 8 dapat memberikan gambaran spasial secara umum. Namun, satelit Landsat 8 mempunyai resolusi temporal setiap 16 hari sehingga agak sulit untuk dapat melihat distribusi *spatial* MPT secara harian.

Konsentrasi MPT untuk 3 Juni 2015 adalah bagian barat (50-80 mg/l) sedangkan di bagian timur (380-410 mg/l). berarti konsentrasi sebelah barat lebih rendah dibandingkan sebelah timur. Hal ini dikarenakan sebelah timur sudah terkontaminasi dengan pabrik, buangan benda padat oleh manusia, sedangkan

sebelah barat karena banyak keramba jaring apung ikan, dan *magrove*.

Berdasarkan hasilnya antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan, masih jauh dari sempurna, salah satu faktornya adalah dalam menentukan nilai *thresholding* pada saat menentukan batas antara awan, laut, dan darat (akurasi 60%). Hal ini menunjukkan bahwa model ini masih membutuhkan perbaikan.

Secara umum, model yang dibuat dapat digunakan untuk memantau pola distribusi spasial hingga beberapa dekade di Teluk Lampung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Syarif Budhiman M.Sc, sebagai Kepala Bidang Sumber Daya Pesisir dan Laut

dan kepada Tim Riset Sumber Daya Pesisir, yang telah banyak membantu dalam mengerjakan penyelesaian kegiatan ini; serta Bapak H. Mahdi Kartasasmita yang telah memberikan beberapa saran dalam penyelesaiannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Acker J., 2006. *Toward a working (and workable) definition of Total Suspended Matter*, Total Suspended Matters, 1 (3), 1-2.
- Aldabash D.I.M., Şanlı B.F., 2016. *Analysis of Multi Temporal Satellite Imagery for Total Suspended Sediments in a Wave-Active Coastal Area-Gaza Strip Coastal Water, Palestine*, International Journal of Environment and Geoinformatics, Vol. 3 No.1.
- 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., Lestari L.W., 2006. *Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Ditinjau dari Nilai Klorofil-A, Suhu Permulaan Periran dan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Citra Satelit Landsat 7+*, Jurnal Penginderaan Jauh, Vol 3, Juni, 108-118.
- Binding, C.E.; Bowers, D.G.; Mitchelson-Jacob, E.G., 2005. *Estimating Suspended Sediment Concentrations from Ocean Colour Measurements in Moderately Turbid Waters; the Impact of Variable Particle Scattering Properties*, Remote Sensing Env.2005, 94(3), 373-383.
- Dahuri, R., 2006. *Akar Permasalahan Pencemaran Teluk Jakarta dan Strategi Penanggulangannya*, LSM-B2M dan PPLH-IPB, Jakarta, 31 Maret 2005.
- 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.
- Dekker, A.G., Vos, R.J., and Peters, S.W.M., 2002. *Analytical Algorithms for Lake Water Estimation for Retrospective Analyses of TM and SPOT Sensor Data*, Int. J. of Remote Sensing, 23, 15-35.
- Deutsch E., Alameddine I., El-Fadel M., 2014. *Developing Landsat Based Algorithms to Augment in Situ Monitoring of Freshwater Lakes and Reservoirs*, 11th International Conference on Hydroinformatics, New York City, USA.
- Dihkan, M.; Karsli, F.; Guneroglu, A., 2011. *Mapping Total Suspended Matter Concentrations in the Black Sea using Landsat TM Multispectral Satellite Imagery*, Fresenius Environ. Bull., 20, 262-269.
- Doxaran, D.; Froidefond, J.M.; Lavender, S.; Castaing, P., 2002. *Spectral Signature of Highly Turbid Waters: Application with SPOT Data to Quantify Suspended Particulate Matter Concentrations*. Remote Sensing Env., 81 (1), 149-161.
- Fan F., Qiu M., Ma Y., Fan W., 2012. *Monitoring and Analyzing Water Pollution of the Pearl River Inguangzhou Section by using Remote Sensing Images and Fieldacquisition Data*, Advances in information Sciences and Service Sciences (AISS)Vol.4, NO.8, May 2012, doi: 10.4156/AISS.vol4. issue 8.9.
- Hellweger, F. L., W. Miller, and K. S. Oshodi, 2006. *Mapping Turbidity in the Charles River, Boston using a High Resolution Satellite*, Environ, Monit. Assess., 132, 311-320, doi:10.1007/s10661-006-9535-8.
- Islam, M. R., Y. Yamaguchi, and K. Ogawa, 2001. *Suspended Sediment in the Ganges and Brahmaputra Rivers in Bangladesh: Observation from Tmand AVHRR Data*, Hydrol. Processes, 15, 493- 509, doi:10.1002/hyp.165.
- Lailia N., Arafaha F., Jaelania L.M., Subehie L., Pamungkas A., Koenhardonoc E.S., Sulisetyonod A., 2015. *Development of Water Quality Parameter Retrieval Algorithms for Estimating Total Suspended Solids and Chlorophyll-a Concentration using Landsat-8 Imagery at Poteran Island Water ISPRS Annals of the Photogrammetry*, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-2/W2, Joint International

- Geoinformation, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Mao Z. Chen J., Pan D., Tao B., Zhu Q., 2012. *A Regional Remote Sensing Algorithm For Total Suspended Matter in the East China Sea*, *ELSEVIER, Remote Sensing of Environment*, 124, 819-831.
- Michael, P., 1995. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan dan Laboratorium*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Miller, R. L., and B. A. McKee, 2004. *Using MODIS Terra 250 M Imagery to Map Concentrations of Total Suspended Matter in Coastal Waters*, *Remote Sens. Environ*, 93, 259-266, doi: 10.1016/j.rse.2004.07.012.
- Min J.E., Ryu J.H., Lee S. & Son S., 2012. *Monitoring of Suspended Sediment Variation using Landsat Andmodis in the Saemangeum Coastal Area of Korea*, *Marine Pollution Bulletin* 64: 382-390.
- Ouillon S., Douillet P., Petrenko A., Neveux J., Dupouy C., Froidefond J-M., Andréfouët S. and Muñoz-Caravaca A., 2008. *Optical Algorithms at Satellite Wavelengths for Total Suspended Matter in Tropical Coastal Waters*, *Sensors*, Vol.8, 4165-4185; DOI: 10.3390/s8074165.
- Ritchie, J.C., M.C. Charles and F.R. Schiebe, 1990. *The Relation-Ship of MSS and TM Digital Data with Suspended Sediments, Chlorophyll, and Temperature in Moon Lake, Mississippi*, *Remote Sens. Environ*, 33:137-148.
- Shi, W., dan Wang M., 2009. *Satellite Observations of Flood-Driven Mississippi River Plume in the Spring of 2008*, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L07607, doi: 10.1029/2009GL037210.
- Song K., Li L., Wang Z., Liu D., Zhang B, Xu J., Du J., Li L., Li S., 2012. *Retrieval of Total Suspended Matter and Chlorophyll-A Concentration from Remote-Sensing Data for Drinking Water Resources*, *Environmental Monitoring and Assessment*, Mrch, Vol. 184, issue 3, 1449 -1470.
- Tang, D. L., Ni, I. -H., Muller-Karger, F. E., & Liu, Z. J., 1998. *Analysis of Annual and Spatial Patterns of CZCS-Derived Pigment Concentration on the Continental Shelf of China*, *Continental Shelf Research*, 18, 1493-1515.
- Tassan, S., 1997. *A Numerical Model for the Detection of Sediment Concentration in Stratified River Plumes using Thematic Mapper Data*, *Int. J. Remote Sens.*, 18(12), 2699-2705.
- Wang, Y.J.; Yan, F.; Zhang, P.Q.; Dong, W.J., 2007. *Experimental Research on Quantitative Inversion Model of Suspended Sediment Concentration using Remote Sensing Technology*, *Chinese geographical science*, 17 (3), 243-249.
- Wozniak, S.B.; dan Stramski, D., 2004. *Modeling the Optical Properties of Mineral Particles Suspended in Seawater and their Influence on Ocean Reflectance and Chlorophyll Estimation from Remote Sensing Algorithms*, *Applied Optics*, 43 (17), 3489-3503.
- Zhang, Y.Z.; Pulliainen, J.T.; Koponen, S.S.; Hallikainen, M.T., 2003. *Water Quality Retrievals from Combined Landsat TM Data and ERS-2 SAR Data, in the Gulf of Finland*, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2003, 41 (3), 622-629.
- Zheng Z., Li Y., Guo Y., Xu Y., Liu G. and Du C., 2015. *Landsat-Based Long-Term Monitoring of Total Suspended Matter Concentration Pattern Change in the Wet Season for Dongting Lake, China*, *Remote Sensing*, 7, 13975- 13999. doi:10.3390/rs710139.

Lampiran-1

TSM	Biru Band 2	Green Band 3	merah Band 4	NIR Band 5	SWIR Band 6	SWIR Band 7
139.539	0.117282	0.075544	0.048591	0.033297	0.010319	0.005262
181.380	0.117641	0.077469	0.049361	0.033601	0.011166	0.00575
149.440	0.118514	0.076981	0.050363	0.03627	0.012655	0.006483
165.810	0.117359	0.076853	0.049567	0.035013	0.01209	0.006238
141.220	0.118693	0.077726	0.050311	0.034679	0.011808	0.005904
173.040	0.119926	0.08037	0.051826	0.037271	0.013476	0.007213
80.290	0.121209	0.082346	0.054187	0.039787	0.015554	0.008702
131.910	0.128422	0.087968	0.057627	0.042765	0.012064	0.006263
57.160	0.12891	0.091484	0.060117	0.037477	0.010704	0.00498
221.560	0.160688	0.135738	0.112533	0.161663	0.056395	0.031214
162.864	0.119027	0.079728	0.049182	0.034294	0.009138	0.003619
148.288	0.129089	0.091176	0.059629	0.059039	0.016608	0.008317
184.008	0.118385	0.077828	0.049028	0.033472	0.009703	0.004389
157.624	0.117025	0.077341	0.048668	0.035937	0.009421	0.004261
169.428	0.117436	0.07829	0.049207	0.036989	0.009626	0.004261
157.304	0.115973	0.077546	0.048874	0.039915	0.010165	0.004389
158.323	0.128295	0.090894	0.062658	0.057473	0.015093	0.006982
119.696	0.122621	0.083039	0.054726	0.046564	0.012526	0.00575
186.544	0.124264	0.085452	0.055779	0.043458	0.012347	0.005596
189.708	0.121337	0.081294	0.053161	0.038889	0.011243	0.005185
150.004	0.126394	0.084169	0.055548	0.038812	0.012218	0.00593
194.924	0.126728	0.084682	0.055881	0.039325	0.011756	0.005647
139.996	0.128088	0.085734	0.057678	0.039659	0.01304	0.006212
148.591	0.125881	0.084143	0.055984	0.043175	0.012886	0.006417
218.164	0.123417	0.085478	0.056523	0.03704	0.011602	0.005545
226.740	0.128319	0.088532	0.059013	0.040146	0.012706	0.005981
227.980	0.126805	0.085863	0.057088	0.040223	0.012295	0.005724
207.672	0.125162	0.08422	0.055702	0.039222	0.012706	0.006084
212.296	0.129474	0.090381	0.059347	0.043304	0.014708	0.007341
201.132	0.143515	0.10745	0.072361	0.056908	0.018841	0.009164
173.532	0.126908	0.086787	0.059039	0.037862	0.013348	0.006648
185.540	0.12393	0.08481	0.056497	0.036527	0.01209	0.005853
181.540	0.125213	0.086274	0.058448	0.036655	0.013682	0.007085
224.048	0.119643	0.082166	0.05411	0.03301	0.010576	0.005159
126.596	0.121389	0.082321	0.054624	0.033986	0.011525	0.005288
147.592	0.118308	0.076417	0.050748	0.033293	0.010319	0.005005
134.540	0.161894	0.12606	0.10111	0.13987	0.076083	0.041763
177.860	0.490355	0.488533	0.507066	0.648322	0.541334	0.422383
220.392	0.352461	0.331541	0.330514	0.287236	0.353873	0.270551
92.808	0.111814	0.069691	0.046333	0.031701	0.011551	0.006956
142.456	0.685568	0.691908	0.736854	0.781929	0.621447	0.427466
164.028	0.176064	0.133967	0.108631	0.111506	0.06294	0.041045
185.936	0.140486	0.096669	0.066842	0.048206	0.019945	0.012321
175.584	0.167773	0.138587	0.111301	0.104986	0.099442	0.081114
193.528	0.13774	0.099031	0.07023	0.054495	0.04107	0.030854
145.276	0.1314	0.104576	0.078034	0.376975	0.188385	0.080883
126.696	0.362369	0.3367	0.338035	0.401386	0.365963	0.28775
317.332	0.125188	0.083989	0.056651	0.043458	0.014092	0.006802
137.760	0.12257	0.079779	0.053315	0.037733	0.011602	0.005313
181.384	0.121568	0.079394	0.052493	0.040608	0.011448	0.005134
118.208	0.118591	0.076417	0.048566	0.031059	0.009652	0.004723
Minimum			0.069691	0.046333	0.031059	0.009138
Maximum			0.691908	0.736854	0.781929	0.621447
max - Min			0.622217	0.690522	0.75087	0.612308
skala = B4:b3 adalah		1.109777				