

# PEMANTAUAN DISTRIBUSI MUATAN PADATAN TERSUSPENSI MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 OLI DI MUARA CI TARUM, JAWA BARAT

Yan Nur Hidayat  
[yan.nur.h@mail.ugm.ac.id](mailto:yan.nur.h@mail.ugm.ac.id)  
Nurul Khakhim  
[nurulkhakhim@ugm.ac.id](mailto:nurulkhakhim@ugm.ac.id)

## *Abstract*

*Landsat 8 OLI can be used to monitor water quality. One parameter of water quality that can be extracted from remote sensing is total suspended solid (TSS) in the water. Ci Tarum has the problems of water pollution in the form of sedimentation in the estuary of the river. Confluence with the sea occur deposition of sediment silting an increasingly thick that it is difficult for boats often run aground. As a result of sedimentation, around eleven downriver on the north coast of Bekasi district have silting along the 2 km toward the sea. Aims of this study is to determine the ability of band visible on Landsat 8 OLI, determine the accuracy of the equation of previous reserch and analyzing the distribution spatially of the total suspended solid applied in the Ci Tarum estuary. Estimated value TSS of remote sensing using an equation created by Syarif Budiman (2004). Analysis distribution of the suspended solids in multitemporal used some imagery that is dated 12 June, 14 July, 15 August in 2015 and 13 May, 30 June in 2016 which is focused on the dry season. The Budhiman (2004) have very low accuracy. A new model made from regression between reflectance value and in situ data. Determinant value highest in red band of 0,56 with RMSE respectively are 99,2 mg/l, 89,7 mg/l, 97,8 mg/l, 128,4 mg/l, and 112 mg/l. Distribution of total suspended solids in the Ci Tarum estuary largely moving towards the north side of the estuary, the rest gathered in front and south side of the estuary.*

**Keywords :** *Landsat 8 OLI, Distribution, TSS, Ci Tarum Estuary, Dry Season*

## **Abstrak**

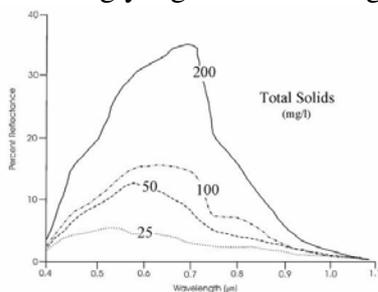
Landsat 8 OLI dapat dimanfaatkan untuk pemantauan kualitas perairan. Salah satu parameter kualitas perairan adalah muatan padatan tersuspensi (TSS). Ci Tarum memiliki masalah berupa polusi air berupa sedimentasi. Pertemuan sungai dengan laut lepas mengakibatkan terjadi pendangkalan di muara sungai akibat sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan band tampak pada citra Landsat 8 OLI, mengetahui keakuratan persamaan dari penelitian sebelumnya dan menganalisis secara spasial distribusi dari muatan padatan tersuspensi di muara Ci Tarum. Estimasi nilai TSS dari penginderaan jauh menggunakan persamaan yang dibuat oleh Syarif Budhiman (2004). Analisis distribusi TSS secara multitemporal menggunakan beberapa citra tanggal 12 Juni, 14 Juli, 15 Agustus pada tahun 2015 dan 13 Mei, 30 Juni pada tahun 2016 yang difokuskan pada musim kemarau. Hasil persamaan Budhiman (2004) mempunyai akurasi yang sangat kecil. Pembuatan model baru dilakukan dengan membuat regresi antara nilai reflektan band tampak dengan nilai TSS lapangan. Hasil nilai determinansi tertinggi terdapat pada band merah sebesar 0,56 dengan RMSE berturut-turut yaitu 99,2 mg/l, 89,7 mg/l, 97,8 mg/l, 128,4 mg/l, dan 112 mg/l. Distribusi muatan padatan tersuspensi di muara Ci Tarum sebagian besar bergerak kearah sisi utara muara, selebihnya berkumpul di depan dan sisi selatan muara sungai.

**Kata kunci :** *Landsat 8 OLI, Distribusi, TSS, muara Ci Tarum, Musim Kemarau*

## PENDAHULUAN

Penginderaan jauh dapat digunakan untuk kajian geologi, penggunaan/penutup lahan, pertanian, kehutanan, sumberdaya air, lahan basah, ekologi dan dampak lingkungan (Lillesand *et al.*, 1990). Salah satu kajian hidrologi adalah kualitas air. Menurut Effendi (2003), kualitas air dapat diukur dari dua parameter yaitu fisika dan kimia. Parameter fisika meliputi cahaya, suhu, kecerahan dan kekeruhan, warna, konduktivitas, salinitas, padatan total, terlarut dan tersuspensi. Parameter kimia berupa pH dan asiditas, potensi redoks, oksigen terlarut, karbondioksida, alkanitas, kesadahan dan bahan organik. Salah satu parameter yang dapat diukur dengan teknologi penginderaan jauh adalah muatan padatan tersuspensi.

Martin (2004) menyatakan bahwa hamburan dalam kolom air dapat dimanfaatkan untuk menentukan distribusi partikel suspensi dengan melihat pola warna. Resolusi spektral panjang gelombang pada spektrum elektromagnetik yang ada pada sensor penginderaan jauh mempunyai perbedaan kepekaan disetiap benda yang dikenainya. Konsentrasi muatan padatan tersuspensi yang semakin besar akan memberikan respon pantulan yang tinggi pada panjang gelombang 700 nm. Panjang gelombang akan turun pada panjang gelombang 750 nm hingga panjang gelombang yang lebih besar lagi.



Gambar 1.1. Kurva Spektral untuk Konsentrasi Padatan Tersuspensi (Farooq, 2011)

Penelitian mengenai teknologi penginderaan jauh dalam mengidentifikasi muatan padatan tersuspensi sudah banyak dilakukan. Di Indonesia, sebagai contoh Lemigas (1997) mengembangkan algoritma untuk penentuan sedimen dengan menggunakan pendekatan berupa nilai *Digital Number* (DN). Ambarwulan (2010) menggunakan citra MERIS untuk estimasi suspensi sedimen di perairan tropis. Penelitian ini dilakukan di Berau, Kalimantan Barat. Penelitian ini menggunakan membangun algoritma dengan menggunakan pendekatan empiris dan semi-empiris. Hasil yang didapat adalah panjang gelombang dengan rentang sekitar 620nm memberikan akurasi yang cukup tinggi di kedua pendekatan tersebut.

Budhiman (2004) juga meneliti tentang *Total Suspended Matter* (TSM) di Delta Mahakam, Indonesia. Penelitian ini menggunakan pendekatan analitik (*analytical approach*) dengan menggunakan R(0-) Model yang diterapkan pada citra Landsat TM, ETM+, SPOT HRV, dan ASTER. Selain didalam negeri, penelitian di beberapa luar negeri mengenai muatan padatan tersuspensi dengan teknologi penginderaan jauh juga telah dilakukan oleh banyak peneliti. Hossain *et al.* (2007) membangun rumus dengan menggunakan pendekatan indeks yaitu NDSSI (*Normalized Difference Suspended Sediment Index*). Penelitian ini menggunakan perbandingan antara band biru dan band NIR. Penelitian ini membedakan antara air jernih dan air keruh. Hossain membangun persamaan ini dengan menggunakan citra Landsat 5 dan 7 pada sungai Mississippi. Persamaan ini dapat diterapkan pada citra Landsat yang lainnya.

Persamaan untuk estimasi kandungan muatan padatan tersuspensi dalam kolom air yang dibuat tersebut sangat berkaitan dengan kondisi lapangan pada wilayah tersebut, panjang gelombang yang dipakai dan metode yang digunakan dalam pembuatan persamaan estimasi, sehingga apabila diterapkan pada sembarang situasi dan kondisi lapangan yang berbeda maka akan menghasilkan respon hasil dan akurasi yang berbeda pula. Dari berbagai macam persamaan estimasi yang telah ada, penelitian ini menggunakan satu persamaan yaitu persamaan yang dibangun oleh Syarif Budhiman (2004) karena pembuatan persamaan ini berada di lokasi dengan karakteristik yang diasumsikan sama dengan kondisi wilayah di muara Ci Tarum. Panjang gelombang band merah digunakan dalam penelitian ini dikarenakan kemampuan band tersebut mampu menginterpretasi material padatan tersuspensi dibandingkan panjang gelombang yang lain.

Muara sungai merupakan salah satu bentukan geomorfologi yang disebut pula dengan *river mouth* atau *inlet*. Muara sungai merupakan tempat pertemuan antara sungai dengan cekungan (*basin*) yang berupa laut atau tubuh air lainnya, yang berukuran jauh lebih besar dari sungai tersebut (Ongkosongo, 2010). Perkembangan delta mencapai lebih dari 3 km antara tahun 1873 sampai 1938 dan menambah garis pantai pada sisi timur Teluk Jakarta lebih dari 145 m. Perkembangan Delta Ci Tarum ini disebabkan oleh besarnya akumulasi sedimen yang terdeposisi di muara sungai sehingga menyebabkan akresi atau perubahan garis pantai dimana garis pantai

tersebut mengalami perubahan maju dari keadaan semula.

Faktor alami seperti arus laut dan faktor manusia memengaruhi laju sedimentasi di muara Ci Tarum. Perbedaan musim antara kemarau dan penghujan secara langsung akan mempengaruhi faktor alam sehingga akan berdampak pada distribusi sedimen tersuspensi yang berbeda antara kedua musim tersebut. Pemantauan terhadap distribusi sedimentasi dengan menggunakan data citra penginderaan jauh seperti citra Landsat 8 OLI dan didukung dengan data-data sekunder lainnya dapat membantu menghemat dari segi waktu, biaya dan tenaga serta mampu dalam memberikan informasi secara *up to date*. Pemantauan distribusi muatan padatan tersuspensi sangat penting untuk melihat pergerakan muatan padatan tersuspensi dalam proses sedimentasi dan informasi yang dihasilkan dapat digunakan bagi pengelolaan wilayah pesisir di masa yang akan datang.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Memanfaatkan citra Landsat 8 OLI untuk ekstraksi muatan padatan tersuspensi di muara Ci Tarum
- b. Menganalisis secara spasial distribusi muatan padatan tersuspensi pada musim kemarau di muara Ci Tarum

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada musim kemarau bulan Juni. Waktu ini diambil mengingat kondisi citra yang bersih dari awan dan memungkinkan untuk melakukan pengambilan sampel di lapangan. Untuk pengolahan data konsentrasi muatan padatan tersuspensi dan pengolahan citra dilakukan di laboratorium. Analisis pemantauan distribusi muatan padatan tersuspensi dilakukan dengan citra penginderaan jauh secara multitemporal pada kondisi musim kemarau dalam kurun waktu selama 2 tahun. Bulan yang memiliki musim kemarau dipilih berdasarkan jumlah curah hujandalam satu dasarian (10 hari) kurang dari 50 milimeter dalam rata-rata tahun 1981-2010 yaitu jatuh padat Bulan April dasarian II sampai November dasarian III.

### Tahap Persiapan Data

Data sekunder berupa Citra landsat 8 OLI didapat dengan cara mendownload dari sebuah laman website yaitu <http://earthexplorer.usgs.gov/> secara gratis. Citra Landsat 8 OLI yang digunakan terdiri dari beberapa tanggal dalam kurun waktu 2 tahun antara lain tanggal 12 Juni, 14 Juli, 15 Agustus pada tahun 2015 dan 13 Mei, 30 Juni pada tahun 2016. Data sekunder lainnya meliputi

peta RBI skala 1:25.000 dan data arus. Peta RBI skala 1:25.000 didapatkan dengan cara download secara gratis diwebsite BIG. Data arus didapat dengan mengajukan surat permintaan data ke dinas atau penyedia terkait atau mendownload pada website yang disediakan dinas.

Data primer yang digunakan dalam penelitian berasal dari data lapangan berupa data muatan padatan tersuspensi pada muara Ci Tarum. Data ini diperoleh dengan mengambil sampel air menggunakan water sampler. Sampel air tersebut kemudian dilakukan uji laboratorium untuk mendapatkan nilai muatan padatan tersuspensi dalam satuan mg/l.

### Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik adalah kegiatan yang dilakukan bila terjadi distorsi geometrik antara citra dengan objek di permukaan bumi. Kesalahan geometrik citra terjadi karena posisi, orbit dan sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi (Danoedoro, 2012).

### Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual dan memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Danoedoro, 2012). Koreksi Landsat 8 OLI untuk penelitian dilakukan konversi nilai DN (Digital Number) ke TOA reflektan terkoreksi sudut matahari. Berikut adalah persamaan koreksi radiometrik:

- a. Konversi nilai radian ke TOA Reflektan

$$\rho\lambda' = M\rho * Q_{cal} + A\rho$$

Keterangan:

$\rho\lambda'$  = *Top of Atmosphere* spektral reflektan, tanpa koreksi sudut matahari

$M\rho$  = konstanta rescalling

$A\rho$  = konstanta penambah

$Q_{cal}$  = nilai piksel DN

- b. TOA Reflektan dengan koreksi sudut penyinaran matahari (*sun angle*)

$$\rho\lambda = \rho\lambda' / \cos(\theta SZ) = \rho\lambda' / \sin(\theta SE)$$

Keterangan:

$\rho\lambda$  = TOA *planetary reflectance*

$\theta SE$  = *Local sun elevation angle*

$\theta SZ$  = *Local solar zenith angle*;

$\theta SZ = 90^\circ - \theta SE$

### Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer dilakukan dengan menggunakan Dark Object Substraction (DOS). Koreksi DOS menggunakan pendekatan nilai tergelap dalam citra sebagai acuan pengurangan

dari nilai reflektan seluruh piksel citra. Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan efek gangguan atmosfer. Selain itu, koreksi ini dilakukan agar nilai pantulan yang diterima oleh sensor ini dapat menjadi nilai pantulan permukaan objek (*at-surface reflectance*), apabila nilai radiansi spektral  $L\lambda$  yang menjadi masukan telah dikoreksi dengan cara mengurangkannya dengan minimal objek air jernih dalam (Danoedoro, 2012).

### Kalibrasi Antar Citra

Kalibrasi antar citra dilakukan untuk analisis multitemporal yang melibatkan dua macam citra digital dengan menggunakan informasi spektral. Kalibrasi antar citra dilakukan karena data radiometrik pada saat perekaman tidak tersedia secara lengkap. Kalibrasi antar citra dilakukan dengan membuat regresi nilai pada objek yang sama pada perekaman yang berbeda. Objek yang diambil terdiri dari tanah, vegetasi dan air. Citra yang digunakan sebagai acuan yaitu citra dengan kondisi perekaman yang paling baik dengan memilih citra yang mempunyai tutupan awan paling bersih.

### Masking Citra

Masking citra adalah proses pemisahan antara area yang dikaji dan area yang tidak dikaji. Pada Citra Landsat 8 OLI mencakup area daratan dan perairan. Masking citra dilakukan dengan tujuan nilai reflektan pada tubuh air saja yang diperhitungkan. Proses masking dilakukan dengan menggunakan data shapefile untuk membatasi antara tubuh air dengan daratan. Penggunaan *training sampel* dengan menggunakan region of Interest (ROI) untuk membedakan air dengan objek diatas tubuh air seperti kapal ataupun objek awan.

### Penentuan Sampel Lapangan

Penentuan titik sampel menggunakan metode *stratified random sampling*. Setiap daerah dengan klasifikasi berbeda mempunyai sampel yang dapat mewakili keseluruhan daerah tersebut. Klasifikasi dibuat dengan nilai dari hasil pengolahan NDSSI (*Normalized Difference Suspended Sediment Index*). NDSSI merupakan sebuah indeks dari band ratio. Indeks ini menghasilkan nilai antara rentang 1 sampai -1. Nilai 1 merupakan indeks untuk air jernih sedangkan -1 merupakan indeks untuk air keruh atau tersuspensi.

$$NDSSI = \frac{\rho_B - \rho_{NIR}}{\rho_B + \rho_{NIR}}$$

Keterangan:

$\rho_B$  = nilai reflektan pada band biru

$\rho_{NIR}$  = nilai reflektan pada band NIR

### Uji Laboratorium

Pengujian dilakukan dengan metode gravimetri. Prinsip kerja metode ini adalah menghitung material kering yang berada pada satu liter air. Material yang berada pada sampel air di saring dengan saringan milipore kemudian dikeringkan dengan cara dipanaskan sampai material tersebut kembali kedalam bentuk padatan atau *solid*. Metode ini mengacu pada SNI 06-6989.3-2004 tentang Air dan Limbah-Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspendedn Solid, TSS*) secara gravimetri.

### Pemanfaatan Citra Landsat 8 OLI untuk ekstraksi TSS

Pemanfaatan citra Landsat 8 untuk ekstraksi muatan padatan tersuspensi menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Syarif Budhiman tahun 2004. Syarif Budhiman membangun sebuah rumus memanfaatkan band merah untuk mengetahui konsentrasi sedimen di perairan Delta Mahakam menggunakan nilai irradiance reflectance.

$$TSS \text{ (mg/l)} = 8.1429 * \text{Exp}^{(23.704 * \text{Band merah})}$$

Keterangan:

Band merah = nilai reflektan band 4 pada citra Landsat 8

### Uji Akurasi

Uji akurasi menggunakan perbandingan antara nilai muatan padatan tersuspensi hasil estimasi dan nilai muatan padatan tersuspensi hasil pengukuran lapangan. Penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Uji akurasi menggunakan RMSE dari Congalton dan Green (2009) yang digunakan dalam uji akurasi antara hasil penelitian dan data observasi lapangan.

$$RMSE = \sqrt{\sum_i^n (e_i - \bar{e})^2 / (n - 1)}$$

Keterangan:

RMSE = *Root Mean Square Error*

$e_i$  = konsentrasi TSS hasil lapangan

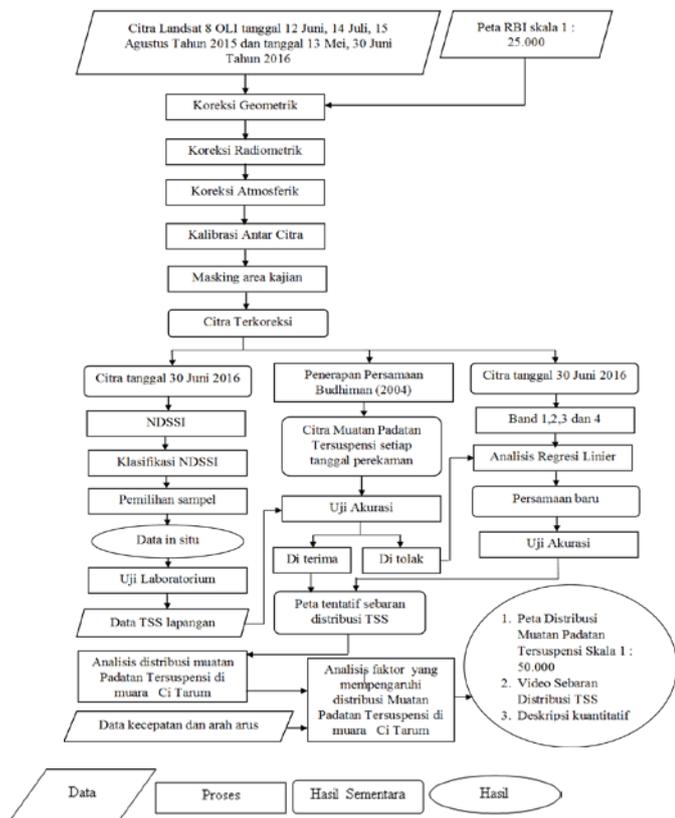
$e$  = konsentrasi TSS hasil penelitian

$n$  = jumlah sampel

### Analisis Deskriptif Distribusi TSS

Analisis ini menggunakan data multitemporal dengan 5 tanggal perekaman yang berbeda yaitu tanggal 12 Juni, 14 Juli, 15 Agustus tahun 2015 dan tanggal 13 Mei serta 30 Juni tahun 2016. Analisis ini meliputi penjelasan dari distribusi muatan padatan tersuspensi pada data multitemporal. Penjelasan dilakukan dengan menganalisis lokasi-lokasi, arah pergerakan dan bentuk dari akumulasi sedimen yang memiliki

konsentrasi muatan padatan tersuspensi yang berbeda dari satu waktu dengan waktu yang lain dengan bantuan data arus laut.



Gambar 1.2. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik citra Landsat 8 dilakukan dengan menggunakan peta RBI sebagai peta acuan. Koreksi ini menggunakan GCP (*Ground Control Point*) pada citra dan peta. Jumlah titik GCP yang digunakan pada koreksi geometrik menggunakan metode *image to map* dengan peta RBI yang telah dilakukan georeferencing sebanyak 15 titik pada perekaman tanggal 30 Juni 2016. Koreksi geometrik juga menggunakan metode *image to image* pada citra yang lain dengan jumlah GCP sebanyak 10 titik.

Tabel 1.1. Nilai RMS Error Hasil Koreksi Geometrik

Tanggal Perekaman	RMSE
12 Juni 2015	0,38
14 Juli 2015	0,42
15 Agustus 2015	0,30
13 Mei 2016	0,44
30 Juni 2016	0,44

Sumber : Pengolahan citra, 2016

### Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan mengubah nilai piksel suatu citra yang disimpan dalam bentuk DN (*Digital Number*) menjadi nilai radian dan reflektan. Tahap pertama yaitu nilai DN dikonversi menjadi nilai TOA reflektan. Nilai yang didapat bukan merupakan nilai TOA

reflektan yang asli karena belum terkoreksi sudut elevasi matahari sehingga perlu dikoreksi sudut elevasi matahari.

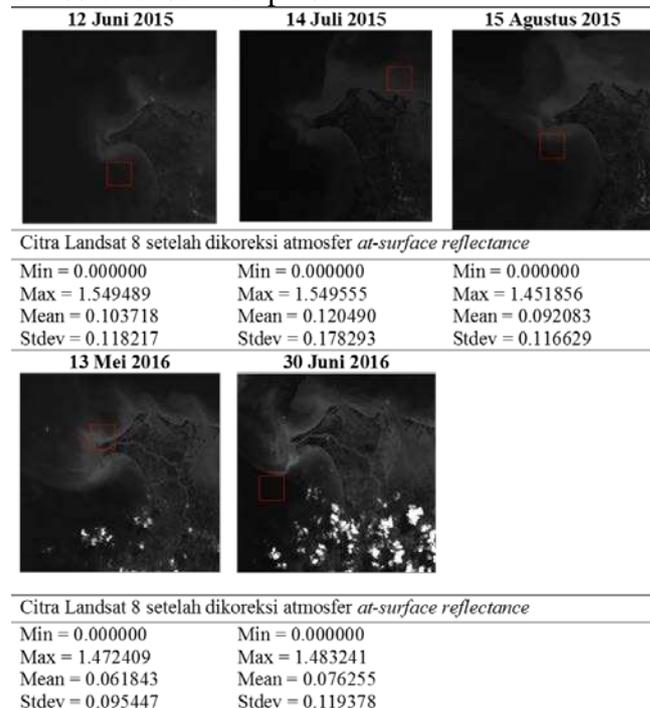
Tabel 1.2. Persamaan Koreksi Radiometrik *Top of Atmosphere Reflectance*

Tanggal Perekaman	Persamaan
12 Juni 2015	$(0.00002 * \text{Band} + (-0.10000)) / 0.7693502215283$
14 Juli 2015	$(0.00002 * \text{Band} + (-0.10000)) / 0.7685046012193$
15 Agustus 2015	$(0.00002 * \text{Band} + (-0.10000)) / 0.8193512897906$
13 Mei 2016	$(0.00002 * \text{Band} + (-0.10000)) / 0.8092590516927$
30 Juni 2016	$(0.00002 * \text{Band} + (-0.10000)) / 0.7628563422425$

Sumber : Pengolahan citra, 2016

### Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer dengan cara penyesuaian histogram dipilih karena tidak diketahuinya parameter data lapangan tentang efek atmosfer yang dapat mengasumsikan kondisi lapangan saat data citra merekam. Asumsi metode ini yaitu perairan laut dalam merupakan area perairan yang bebas dari keberadaan sedimen tersuspensi sehingga semua energi yang mengenai area ini akan terserap sepenuhnya. Nilai pantulan dari laut dalam yang terekam sensor ternyata  $>0$  menunjukkan besarnya pengaruh gangguan oleh atmosfer atau *offset*, sehingga nilai ini digunakan sebagai acuan untuk mengoreksi gangguan atmosfer di seluruh piksel.



Gambar 1.3. Statistik Nilai *at-Surface Reflectance* Band Merah (Sumber : Pengolahan citra, 2016)

## Kalibrasi Antar Citra

Kalibrasi antar citra dilakukan dengan membuat regresi nilai pada objek yang sama pada perekaman yang berbeda. Objek yang diambil terdiri dari tanah, vegetasi dan air. Citra yang digunakan sebagai acuan yaitu citra dengan kondisi perekaman yang paling baik dengan memilih citra yang mempunyai tutupan awan paling bersih. Citra perekaman tanggal 13 Mei 2015 digunakan sebagai citra acuan karena memiliki kondisi citra yang lebih baik dibandingkan citra lainnya. Citra acuan digunakan sebagai variabel dependent dan citra yang akan dikalibrasi sebagai variabel independent.

Tabel 1.3. Persamaan Regresi untuk Kalibrasi Antar Citra

Tanggal Perekaman	Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>
12 Juni 2015	$Y=0,9254*X-0,159$	0,90
14 Juli 2015	$Y=0,9111*X-0,1461$	0,80
15 Agustus 2015	$Y=1,1453*X-0,1903$	0,83
30 Juni 2016	$Y=0,6801*X+0,0171$	0,80

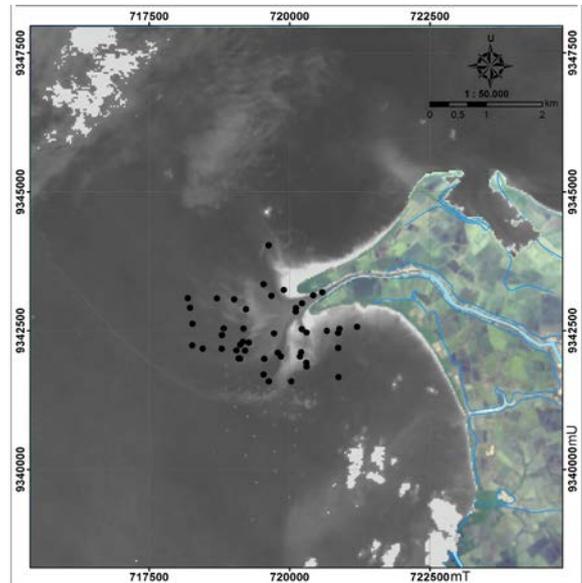
Sumber : Pengolahan citra, 2016

## Masking Citra

Masking ini dilakukan agar nilai reflektan pada air saja yang dilakukan perhitungan sementara wilayah daratan diabaikan. Proses masking dilakukan dengan membuat batas secara digitasi on screen antara perairan dan daratan. Hasil citra yang telah dimasking antara perairan dan daratan perlu dilakukan masking yang bertujuan agar menghilangkan awan yang masih ada di area perairan. Proses masking untuk memisahkan awan dan perairan menggunakan klasifikasi multispektral menggunakan ROI (*Region of Interest*).

## Sampel Lapangan

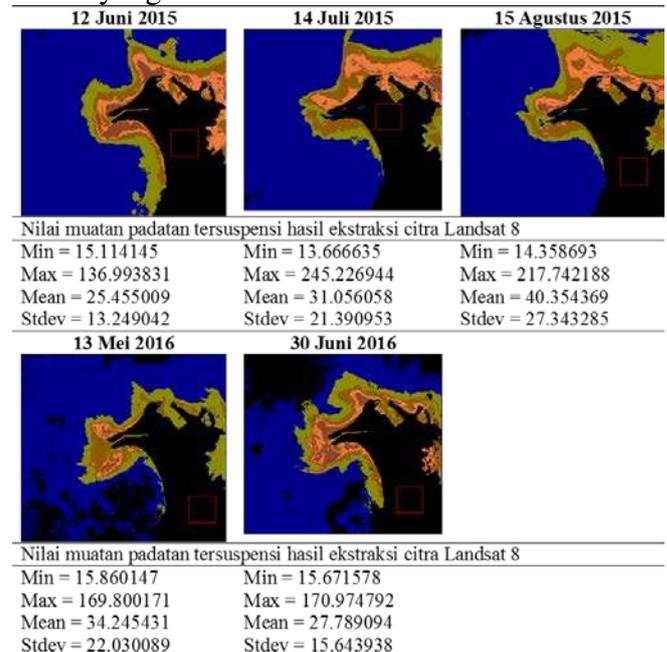
Citra Landsat yang digunakan sebagai acuan dalam pengambilan sampel adalah citra perekaman tanggal 30 Juni 2016. Penggunaan citra pada perekaman ini dipakai sebagai acuan dengan pertimbangan rentang perekaman yang tidak jauh berbeda dengan pengambilan sampel yang dilakukan pada perekaman selanjutnya. Penentuan sampel lapangan menggunakan hasil indeks dari NDSSI dengan rentang nilai antara -1 sampai 1 yang telah dikelaskan. Pengkelasan dilakukan dengan melihat distribusi histogram citra. Proses transformasi indeks menghasilkan 12 kelas berdasarkan histogram menggunakan *density slice*. Pemotongan histogram menjadi beberapa bagian kecil sangat dipengaruhi oleh kemampuan masing masing peneliti dan sangat subjektif. Pemotongan histogram ini dilakukan pada bagian lembah dan tekuk garis.



Gambar 1.4. Peta NDSSI  
(Sumber : Pengolahan citra, 2016)

## TSS di Muara Ci Tarum

Syarif Budhiman mengembangkan sebuah persamaan untuk mengekstrak informasi muatan padatan tersuspensi dengan menggunakan model  $R(0-)$  irradiance reflectance. Rumus ini memanfaatkan band merah pada citra landsat 8 yang berada di saluran 4. Hasil yang didapat dari pemanfaatan rumus ini di muara Ci Tarum memiliki konsentrasi yang bermacam-macam di waktu yang berbeda.



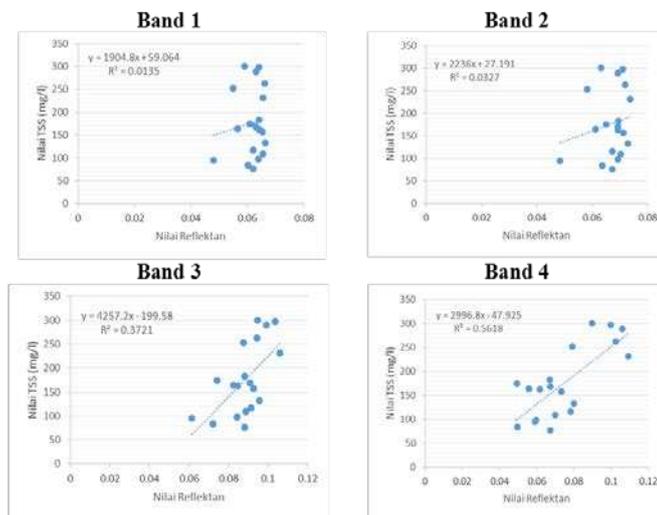
Gambar 1.5. Hasil *Density Slice* Persamaan Budhiman (2004)  
(Sumber : Pengolahan citra, 2016)

Tabel 1.4. Hasil Uji Akurasi Budhiman (2004)

Tanggal Perekaman	Nilai RMSE	Persentase Akurasi
13 Mei 2016	110,8 mg/l	38,7%
30 Juni 2016	129,6 mg/l	28,3%
12 Juni 2015	142 mg/l	24,4%
14 Juli 2015	126,9 mg/l	22,0%

Algoritma dari Syarif Budhiman (2004) yang digunakan untuk penelitian ini merupakan algoritma yang dibangun dengan lokasi penelitian di Delta Mahakam menggunakan spektrometri pada sampel air. Persamaan ini masih kurang tepat dilihat pada nilai RMSE yang tinggi. Meskipun asumsi yang digunakan dalam pemilihan algoritma ini yaitu kondisi iklim, musim yang sama dengan penelitian, kesamaan pada citra yang digunakan yaitu Landsat, akan tetapi masih kurang sesuai jika diterapkan di muara Ci Tarum. Persamaan ini merupakan persamaan empiris yang dibangun antara nilai TSS di perairan Delta Mahakam dengan respon spektral yang dihasilkan oleh objek tersebut sehingga penerapan untuk lokasi yang berbeda akan menghasilkan keakuratan yang berbeda.

Pembuatan persamaan baru dilakukan karena persamaan Budhiman (2004) kurang sesuai jika diterapkan di muara Ci Tarum. Pembuatan persamaan baru dibuat dengan pendekatan empiris. Persamaan dibuat dengan meregresikan antara nilai reflektan dan nilai muatan padatan tersuspensi di lapangan. Nilai reflektan pada band tampak telah dilakukan koreksi atmosfer sehingga menghasilkan nilai minimum 0 sebagai objek air dalam. Hasil dari nilai reflektan ini akan dicocokkan dengan koordinat sampel lapangan untuk dilakukan regresi. Jumlah sampel untuk pembuatan regresi ini adalah 19 dari 37 sampel lapangan. Regresi yang digunakan adalah regresi linier karena tingkat konsentrasi dengan kekeruhan mempunyai hubungan yang berbanding lurus. Regresi dengan nilai determinansi yang tinggi akan digunakan sebagai model untuk ekstraksi muatan padatan tersuspensi.



Gambar 1.6. Density Slice Hasil Regresi Band 4 (Sumber : Pengolahan citra, 2016)

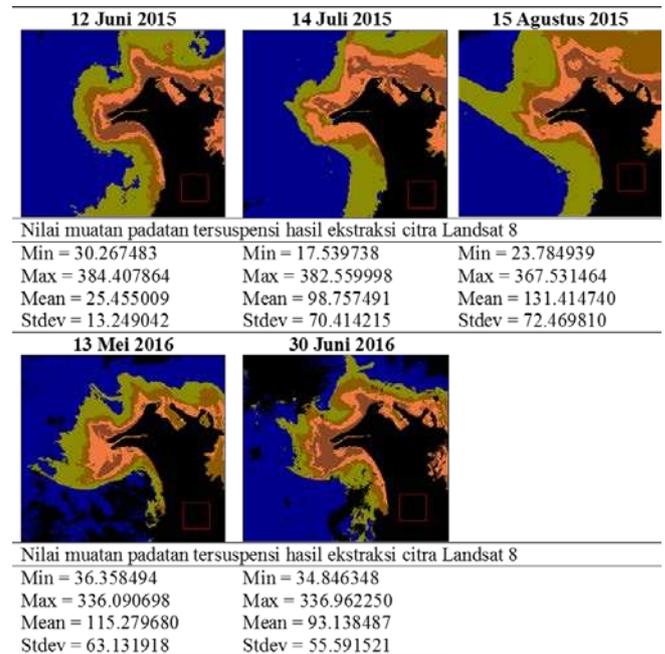
Regresi yang dihasilkan memiliki nilai determinansi yang berbeda. Band 1 memiliki nilai determinansi sebesar 0,0135, band 2 sebesar 0,0327, band 3 sebesar 0,3721 dan band 4 sebesar 0,5618. Nilai determinansi paling tinggi berada pada regresi band 4 atau merah. Band merah memiliki nilai reflektan yang cukup tinggi untuk objek perairan.

Tabel 1.5. Hasil Uji Akurasi Persamaan Band 3 dan 4

Saluran	Regresi	Nilai RMSE
Band 3	$Y=(4257,2*Band\ 3)-199,58$	119,2 mg/l
Band 4	$Y=(2996,8*Band\ 4)-47,925$	112 mg/l

Sumber : Pengolahan data, 2016

Persamaan band hijau dan merah perlu dilakukan uji akurasi untuk mengetahui seberapa besar kemencengan nilai piksel terhadap data lapangan. Hasil yang didapatkan nilai akurasi terbaik berada pada persamaan band merah sebesar 112 mg/l sedangkan untuk band hijau hanya mempunyai selisih yang kecil yaitu 119,2 mg/l. Dari hasil akurasi nilai determinansi tertinggi dengan akurasi terbaik berada pada band merah. Persamaan band merah digunakan dalam mengekstraksi muatan padatan tersuspensi di muara Ci Tarum.



Gambar 1.7. Density Slice Hasil Regresi Band 4

(Sumber : Pengolahan citra, 2016)

Hasil density slice dibagi ke dalam 5 kelas. Hasil yang ditampilkan memperlihatkan tingkat konsentrasi yang sama dengan lokasi yang hampir mirip. Nilai minimal konsentrasi muatan padatan tersuspensi hasil persamaan baru mempunyai rata-rata sebesar 28 mg/l dan nilai maksimal rata-rata diatas 361 mg/l. Nilai muatan padatan tersuspensi

tinggi tersebar di sekitar muara sungai yaitu sisi sebelah utara dan selatan serta sebagian kecil berada didepan muara sungai. Nilai muatan padatan tersuspensi rendah berada di laut lepas menjauhi daratan. Citra tahun 2015 sebagian besar terakumulasi di sisi utara muara sedangkan di tahun 2016 sebaran muatan padatan tersuspensi seimbang di depan muara sungai.

### Akurasi

Uji akurasi ini menggunakan *conviden level* 95% dengan jumlah sampel sebanyak 30 sampel. Keseluruhan hasil uji akurasi menunjukkan nilai RMSE yang dapat dikategorikan tinggi dan masih jauh dari hasil muatan padatan tersuspensi dilapangan. Tingginya nilai RMSE ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Perbedaan waktu antara citra yang digunakan dengan tanggal lapangan salah satu penyebabnya. Selain itu, tingginya nilai RMSE dipengaruhi oleh teknis pengambilan sampel dilapangan. Material yang diambil adalah muatan padatan tersuspensi atau *suspended load*. Dalam kolom air terdapat tiga material yaitu material paling atas bernama *wash load*, tengah adalah *suspended load* dan material paling bawah adalah *bed load*. Faktor oseanografi seperti arus dan gelombang menyulitkan dalam mengambil material pada posisi yang benar. Kemungkinan terbesar nilai akurasi kurang baik adalah material yang diambil tidak hanya *suspended load* akan tetapi sampel juga mengangkut material *bed load*.

Tabel 1.6. Hasil Uji Akurasi

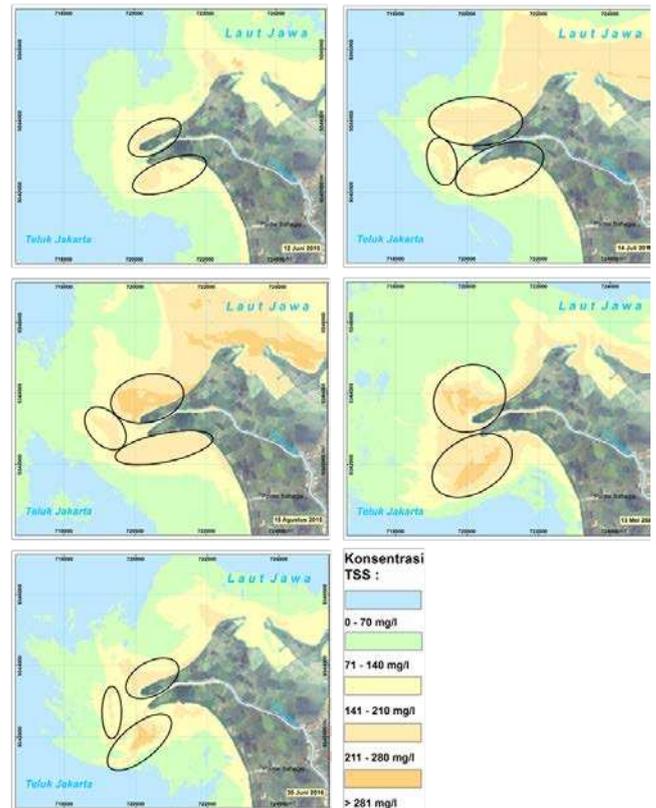
Tanggal Perekaman	Nilai RMSE	Persentase Akurasi
13 Mei 2016	128,4 mg/l	22.6%
30 Juni 2016	112 mg/l	32.4%
12 Juni 2015	99,2 mg/l	40.1%
14 Juli 2015	89,7 mg/l	45.9%
15 Agustus 2015	97,8 mg/l	41%

Sumber : Pengolahan data, 2016

### Analisis Distribusi TSS

Distribusi muatan padatan tersuspensi diketahui melalui lokasi dan besaran dari sedimen tersebut. Dari segi lokasi, sedimen dipengaruhi oleh faktor laut berupa arus laut. Faktor arus laut akan memberikan pengaruh terhadap sebaran sedimen tersebut. Arus yang berpengaruh diwilayah muara tersebut berasal dari Teluk Jakarta dan Laut Jawa. Kondisi wilayah yang memiliki musim tropis memiliki dua musim yang berbeda yaitu kemarau dan penghujan. Musim yang berbeda memiliki perbedaan arus yang berbeda pula. Besaran muatan padatan tersuspensi

dapat digunakan sebagai dugaan untuk mengamati proses sedimentasi atau pendangkalan suatu perairan. Konsentrasi muatan padatan tersuspensi yang tinggi dapat mengindikasikan proses sedimentasi yang tinggi dan sebaliknya.

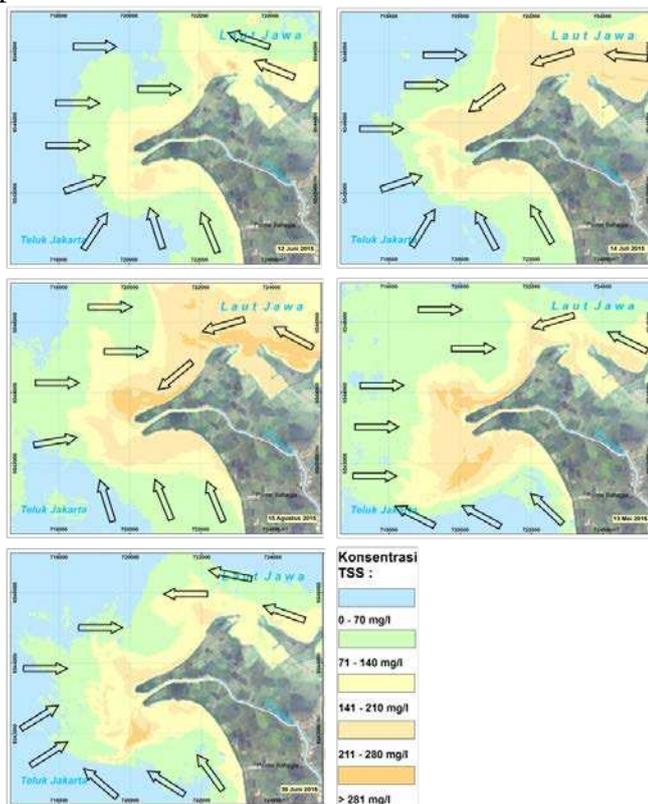


Gambar 1.8. Distribusi TSS Pada Musim Kemarau Tahun 2015 dan 2016

(Sumber : Pengolahan citra, 2016)

Pola arus permukaan mempunyai pengaruh dalam distribusi muatan padatan tersuspensi yang terjadi di muara Ci Tarum. Wilayah ini termasuk kedalam Teluk Jakarta yang berada di sebelah timur. Perairan ini dipengaruhi oleh arus yang datang dari Laut Jawa. Arus yang datang masuk kedalam teluk dan berputar ke utara melalui Kabupaten Bekasi. Arus yang berada di perairan utara Kabupaten Karawang bergerak ke arah barat. Arus yang datang dari kedua sisi yang berbeda akan memberikan dampak terhadap lokasi terakumulasinya muatan padatan tersuspensi. Gambar 1.8 dapat dilihat bahwa dibagian muara sungai, konsentrasi muatan padatan tersuspensi sangat rendah. Konsentrasi muatan padatan tersuspensi tinggi berada di sebelah sisi muara sungai dan berkurang menuju perairan bebas. Konsentrasi muatan padatan tersuspensi rendah di muara sungai diakibatkan oleh konsentrasi sedimen tersuspensi yang rendah. Konsentrasi yang semakin tinggi diakibatkan hasil pendangkalan sedimen atau tempat sedimentasi. Pada musim kemarau konsentrasi sedimen terlokasi di depan muara, sebelah sisi utara dan selatan sungai.

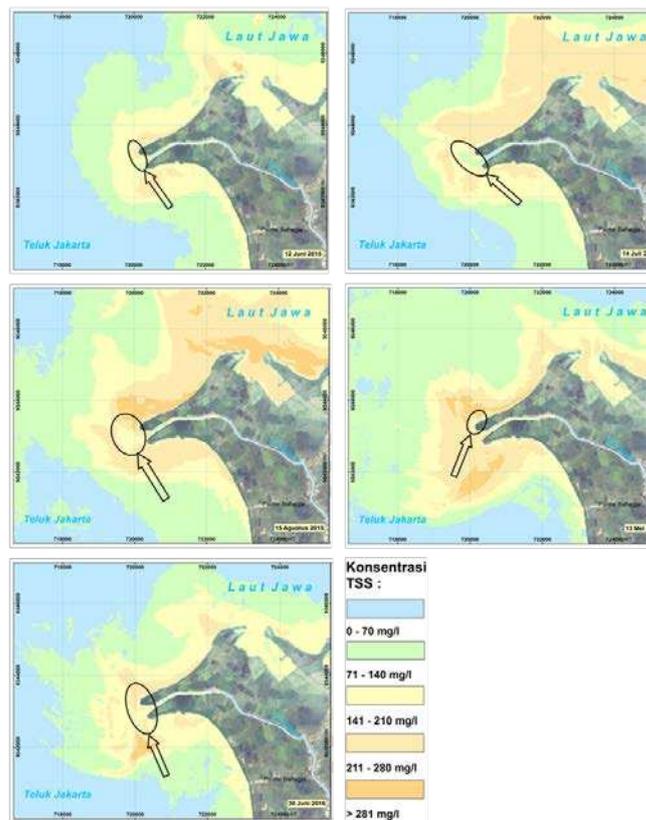
Tahun 2015, perekaman pertama memberikan gambaran konsentrasi sedimen berada di sekitar sisi utara dan selatan muara sungai. Perekaman selanjutnya konsentrasi meningkat pada lokasi yang sama dengan luas yang semakin besar, ditambah dengan konsentrasi muatan padatan tersuspensi yang meningkat di depan muara sungai. Perekaman terakhir tahun 2015 meningkat lebih tinggi di lokasi yang sama dengan luasan yang lebih besar lagi. Tahun 2016, perekaman pertama memberi gambaran konsentrasi sedimen terakumulasi di sekitar muara sungai, tepatnya sebelah utara, selatan dan depan muara sungai. Perekaman selanjutnya memberi gambaran bahwa akumulasi sedimen masih di lokasi yang sama dengan perekaman sebelumnya akan tetapi konsentrasi muatan padatan tersuspensi mengalami penurunan. Hal ini dapat diakibatkan kondisi perairan yang mengakibatkan konsentrasi muatan padatan tersuspensi menjadi rendah seperti arus dan pasokan sedimen dari darat.



Gambar 1.9. Arah Arus Terhadap Distribusi Konsentrasi TSS (Sumber : Pengolahan citra, 2016)

Arus permukaan di muara Ci Tarum pada musim kemarau memiliki pola yang hampir sama. Terdapat dua arus yang mengendalikan distribusi konsentrasi muatan padatan tersuspensi di muara tersebut yaitu arus yang berasal dari dalam Teluk Jakarta dan arus yang berasal dari Laut Jawa. Arus yang berasal dari dalam teluk bergerak menuju ke arah selatan sedangkan arus yang berasal dari Laut Jawa bergerak ke arah timur. Hal ini menyebabkan

konsentrasi muatan padatan tersuspensi yang keluar dari sungai akan terakumulasi disekitar muara. Berdasarkan gambar diatas akumulasi muatan padatan tersuspensi tertinggi berada di sisi utara dan selatan muara sungai. Selain itu, konsentrasi muatan padatan tersuspensi tinggi juga terakumulasi di bagian timur muara sungai. Peta tersebut memberikan gambaran bahwa pergerakan muatan padatan tersuspensi sebagian besar menuju kearah utara muara didasarkan oleh semakin tingginya muatan padatan tersuspensi dari waktu ke waktu. Sebagian muatan padatan tersuspensi juga bergerak menuju sisi selatan dan depan muara sungai.



Gambar 1.10. Arah Distribusi Konsentrasi TSS (Sumber : Pengolahan citra, 2016)

Berdasarkan bentuk area konsentrasi muatan padatan tersuspensi, area konsentrasi mempunyai bentuk yang meruncing kearah utara. Hal ini dapat membuktikan bahwa akibat arah arus tersebut memberikan pergerakan terhadap muatan padatan tersuspensi menuju sisi utara. Tahun 2015, pergerakan muatan padatan tersuspensi dari waktu ke waktu dapat diamati dengan jelas sementara tahun 2016 terdapat perbedaan akumulasi konsentrasi. Tahun 2016, konsentrasi sebagian besar terakumulasi seimbang dibagian utara dan selatan. Hal ini dapat diakibatkan energi yang berasal dari darat lebih tinggi dari energi yang berasal dari laut, sehingga energi yang berasal dari laut tidak begitu besar mengontrol konsentrasi muatan padatan tersuspensi untuk menggerakkan

material menuju sisi utara. Sementara tahun 2015, energi dari laut memberi pengaruh sangat besar untuk menggerakkan material menuju sisi utara muara.

## KESIMPULAN

1. Uji akurasi yang didapatkan memiliki nilai yang sangat kecil yaitu 110,8 mg/l, 129,6 mg/l, 142 mg/l, 126,9 mg/l, dan 150 mg/l terhadap hasil lapangan.
2. Distribusi muatan padatan tersuspensi sebagian besar bergerak ke arah sisi utara muara, selebihnya berkumpul di depan dan sisi selatan muara sungai. Arus pada musim kemarau memiliki perbedaan dibandingkan dengan musim penghujan. Pada musim kemarau arah arus dari Teluk Jakarta bergerak memutar dari arah selatan ke utara menyusuri sisi timur teluk, sedangkan arus yang berasal dari Laut Jawa bergerak dari arah timur menuju barat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwulan, Wiwin. 2010. *Remote Sensing of Tropical Coastal Water: Study of The Berau Estuary, East Kalimantan, Indonesia*. Disertasi. Netherlands: ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation
- Asdak, Chay. 2007. *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Budhiman, Syarif. 2004. *Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta-Indonesia*. Tesis. Netherlands: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Andi Offset
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius
- Farooq, S. 2011. *Spectral Reflectance of Land Cover*. Departement of Geology: Aligahr Muslim University.
- Hossain, A.K.M. Azad, Xiaobo Chao, dan Yafei Jia. 2007. Development of Remote Sensing Based Index for Estimating/Mapping Suspended Sediment Concentration in River and Lake Environments. Proceedings of 8<sup>th</sup> *International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2010)*: 578-585.
- Lemigas. 1997. Evaluasi Penginderaan Jauh Untuk Studi Dasar Lingkungan Wilayah Kerja Unocal Indonesia Company Kalimantan Timur. *Laporan Akhir*. Pusat

Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi

- Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Martin, Seelye. 2004. *An Introduction to Ocean Remote Sensing*. Cambridge: Cambridge University Press
- Ongkosongo, Otto S.R. 2010. *Kuala, Muara Sungai, dan Delta*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia