

APLIKASI CITRA ALOS AVNIR -2 UNTUK PEMETAAN DISTRIBUSI MUATAN PADATAN TERSUSPENSI (*TOTAL SUSPENDED SOLIDS*) DI MUARA SUNGAI OPAK YOGYAKARTA

Marindah Yulia Iswari
marindahyiswari@yahoo.com

Prof. Dr. Hartono. DEA., DESS.
hartonogeografi@yahoo.co.id

Abstract

ALOS AVNIR-2 is one of remote sensing images that can be used to monitor water quality. One of water quality that can be extracted from remote sensing is total suspended solids (TSS). This research aims to know TSS estimation use algorithms from previous researches, to test comparation between TSS from remote sensing estimation and in situ data, and to map TSS distribution in Opak Estuary. Three algorithms which used are Hendrawan and Asai (2008), Bhatti et.al (2011) and Alashloo et.al (2013). T-test that used to compare between estimation data and in situ data result that three algorithms can not be used because it does not match with in situ data. A new model to estimate TSS are made from regression between NDSSI and in situ data. NDSSI is a suspended sediment index that resulted from remote sensing. Accuracy of this new model has standard error estimation 18,9%. TSS distribution in Opak Estuary shows that TSS concentration between 3-100 mg/l.

Keywords : ALOS AVNIR-2, total suspended solids, t-test, regression, NDSSI

Abstrak

ALOS AVNIR-2 merupakan salah satu citra penginderaan jauh yang dapat dimanfaatkan untuk memonitoring kualitas perairan. Salah satu parameter kualitas perairan yang dapat diekstraksi dari penginderaan jauh adalah nilai muatan padatan tersuspensi (MPT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi MPT dengan menggunakan persamaan-persamaan yang diperoleh dari penelitian sebelumnya, menguji kecocokan hasil estimasi MPT dengan hasil lapangan dan memetakan distribusi MPT di muara Sungai Opak. Estimasi nilai MPT dari penginderaan jauh menggunakan tiga persamaan yaitu dari Hendrawan dan Asai (2008), Bhatti et.al (2011) dan Alashloo et.al (2013). Hasil uji t-test untuk menguji kecocokan hasil estimasi dengan lapangan menunjukkan bahwa ketiga persamaan tidak memenuhi standar kecocokan dengan hasil lapangan. Pembuatan model estimasi baru dilakukan dengan membuat regresi antara nilai NDSSI dengan hasil lapangan. NDSSI merupakan indeks sedimentasi tersuspensi yang diperoleh dari penginderaan jauh. Uji akurasi dari model yang dibuat menghasilkan nilai standar eror 18,9%. Distribusi nilai MPT di muara Sungai Opak mempunyai nilai antara 3-100 mg/l.

Kata kunci : ALOS AVNIR-2, muatan padatan tersuspensi, t-test, regresi, NDSSI

PENDAHULUAN

Sungai Opak mempunyai hulu sungai di Gunung Merapi dan bermuara di Laut Selatan Jawa. Anak-anak sungai Opak ini meliputi Sungai Winongo,

Sungai Boyong-Code, Sungai Gajahwong, Sungai Sembung, Sungai Kuning, Sungai Tepus dan Sungai Gendol. Sungai Opak merupakan salah satu sungai dengan sifat aliran perennial

meskipun di musim kemarau. Muara Sungai Opak sebagai daerah hilir sungai menampung material-material yang hanyut terbawa oleh aliran sungai. Banyak material-material tersebut diindapkan di sekitar muara. Namun banyak pula material yang masih hanyut dalam aliran sungai. Salah satu jenis material yang terbawa sungai adalah material yang proses terangkutnya dengan cara melayang pada perairan atau disebut muatan padatan tersuspensi atau MPT (total suspended solids/ TSS). Muara sungai sendiri sebagai pertemuan perairan darat dan perairan laut mempunyai dua tenaga yang bekerja sekaligus yaitu tenaga dari darat dan laut. Tenaga dari darat berupa pasokan sedimen yang dibawa oleh aliran sungai. Tenaga dari laut yang berupa proses hidrodinamika meliputi gelombang, pasang surut, dan arus sepanjang pantai.

Salah satu citra penginderaan jauh yang masih jarang digunakan dalam kajian distribusi muatan padatan tersuspensi adalah citra satelit ALOS (Advanced Land Observing Satelite). Citra satelit ALOS merupakan citra hasil perekaman dari satelit penginderaan jauh milik Jepang. Penelitian dengan menggunakan ALOS AVNIR-2 masih jarang digunakan tetapi terdapat beberapa peneliti yang menghasilkan persamaan untuk mengekstraksi nilai muatan padatan tersuspensi dari citra ALOS AVNIR-2. Beberapa diantaranya adalah Alashloo et al. (2013), Lim et al. (2009), Bhatti et al. (2011), Hendrawan dan Asai (2008). Penelitian Alashloo et al. (2013), Hendrawan dan Asai (2008) menggunakan saluran 1, 2, 3 karena saluran tampak dinilai cukup bagus untuk mengidentifikasi muatan padatan tersuspensi. Sedangkan penelitian Bhatti et al. (2011) menggunakan saluran 3, 4 karena nilai muatan padatan tersuspensi tinggi pada saluran tersebut. Penelitian

Lim et al. (2009) sendiri hampir sama dengan penelitian Alashloo et al. (2013) namun dalam penelitiannya tidak terdapat persamaan ekstraksi citra ALOS AVNIR-2 untuk muatan padatan tersuspensi.

Penelitian kali ini mencobakan tiga persamaan yang diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya untuk diujikan di daerah muara Sungai Opak. Hasil ekstraksi dari ketiga persamaan ini akan dibandingkan dengan data in situ melalui uji statistik. Jika hasil ekstraksi dari persamaan tersebut dan data in situ tidak ada perbedaan, maka persamaan tersebut dapat digunakan di muara Sungai Opak. Namun jika hasil perbandingan tersebut berbeda, maka perlu dibangun persamaan baru melalui analisis regresi. Hasil dari persamaan yang paling sesuai dapat dipetakan dan dianalisis dengan melihat faktor-faktor lain yang berpengaruh baik dari darat atau laut.

METODE PENELITIAN

Alat

1. Seperangkat komputer
2. Software ENVI 4.5
3. Software ArcGIS 10.1
4. Software SPSS
5. GPS
6. *Water sampler* dan botol sampel

Bahan

1. Citra ALOS AVNIR-2 perekaman 20 Juni 2009
2. Peta RBI skala 1 : 25.000 Lembar Bantul
3. Peta Geologi skala 1 : 100.000 Lembar Yogyakarta
4. Citra Google Earth perekaman 2013

Tahapan Persiapan

1. Koreksi citra

Koreksi radiometrik dilakukan untuk mengkoreksi nilai pada citra agar sesuai dengan pantulan obyek

sebenarnya dari bumi. Koreksi radiometrik sebenarnya sudah dilakukan oleh sensor secara langsung waktu perekaman. Citra ALOS AVNIR-2 yang didapatkan mempunyai level IB2 yang menyatakan bahwa gangguan-gangguan atmosferik sudah dikoreksi oleh sensor secara langsung saat perekaman.

Tahapan pengolahan citra yang akan dilakukan membutuhkan nilai reflektan dari citra ALOS AVNIR-2. Citra yang diperoleh mempunyai nilai DN (*digital number*) berupa nilai kecerahan. Nilai DN dapat dikonversi menjadi nilai radian. Nilai radian yang dihasilkan pada konversi sebelumnya dapat digunakan untuk menghitung konversi nilai menjadi reflektan. Tahapan ini merupakan tahapan untuk mendapatkan nilai pantulan sebenarnya dari obyek yang direkam oleh sensor.

Koreksi geometrik pada dasarnya adalah menyelaraskan koordinat pada citra dengan koordinat yang ada di bumi. Koreksi ini dapat menggunakan titik ikat yang didasarkan pada citra lain yang tergeoreferensi atau peta dengan daerah yang sama. Setelah koreksi geometrik dilakukan, maka citra yang digunakan akan mempunyai referensi sesuai dengan kenyataan di lapangan. Koreksi geometrik citra yang paling sederhana menggunakan referensi berupa peta Rupabumi Indonesia (RBI).

2. Estimasi Persamaan

Tiga persamaan yang digunakan untuk melakukan estimasi nilai MPT tersebut disimbolkan dengan

huruf A, B dan C dengan keterangan :

1. Persamaan A Hendrawan dan Asai (2008),
2. Persamaan B Bhatti et al. (2011)
3. Persamaan C Alashloo et al. (2013)

Persamaan Hendrawan dan Asai (2008) menggunakan nilai DN (*digital number*) sebagai input data dalam persamaannya. Persamaan tersebut hanya menggunakan nilai DN dari saluran 1 (*B1*), saluran 2 (*B2*) dan saluran 3 (*B3*) ALOS AVNIR-2 dengan rumus (1) :

$$TSS = -1.315B1 + 2.371B2 - 0.791B3 + 9.649 \dots\dots (1)$$

Persamaan Bhatti et al. (2011) menggunakan saluran 3 (*B3*) dan saluran 4 (*B4*) sebagai input nilai reflektan untuk persamaannya sebagaimana rumus (2) :

$$TSS = 4403[(B_4 + B_3)/(B_3/B_4)]^2 - 1492[(B_4 + B_3)/(B_3/B_4)] + 305 \dots\dots (2)$$

Sedangkan Alashloo et al. (2013) memakai nilai reflektan saluran 1 (*B1*), saluran 2 (*B2*) dan saluran 3 (*B3*) untuk persamaannya dengan rumus (3) :

$$TSS = -229787(B1) + 63736.5(B2) + 91583.7(B3) + 1692932(B1)^2 - 1662595(B2)^2 - 2718631(B3)^2 - 1945642(B1.B3) + 4326129(B2.B3) + 6321.197 \dots\dots (3)$$

3. Pengolahan NDSSI

NDSSI merupakan sebuah indeks yang dibentuk dari *band ratio*. Indeks yang dihasilkan -1 sampai +1. Nilai +1 merupakan indeks untuk air

jernih sedangkan -1 merupakan indeks untuk air bersedimen tersuspensi. NDSSI menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi nilai MPT di perairan sehingga diharapkan sampel dapat merata pada tingkat konsentrasi rendah ataupun tinggi. Persamaan NDSSI yang diperoleh dari pengolahan citra menggunakan rumus (6) :

$$NDSSI = \frac{\rho_B - \rho_{NIR}}{\rho_B + \rho_{NIR}} \dots(6)$$

Keterangan :

ρ_B = reflektan sal. biru

ρ_{NIR} = reflektan sal.inframerah dekat

Tahapan Lapangan dan Pengolahan data

1. Pengambilan Sampel

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.

Tabel 1. Klasifikasi MPT berdasarkan NDSSI

NDSSI	Klasifikasi Konsentrasi MPT
(-1) - (-0.67)	Sangat tinggi
(-0.66) - (-0.33)	Tinggi
(-0.32) - 0	Agak tinggi
0 - 0.33	Agak rendah
0.34 - 0.67	Rendah
0.68 - 1	Sangat rendah

Sumber : Pengolahan citra, 2013

Penentuan titik sampel juga mempertimbangkan garis transek. Garis transek dibuat untuk menghubungkan dua sisi sungai. Garis transek ini berguna untuk mengetahui konsentrasi MPT pada

daerah pinggir/tепi sungai dan daerah tengah sungai dalam satu garis lurus. Transek juga membantu pengambilan sampel dengan perahu agar lebih mengefisienkan waktu dan biaya. Total sampel air yang diambil sejumlah 35 buah yang menyebar di muara Sungai Opak.

Sampel diambil pada 2/3 dari kedalaman sungai. Proses pengambilan sampel menggunakan perahu yang mengikuti garis transek sampel. Pengambilan air dilakukan dengan menggunakan alat *water sampler*. *Water sampler* merupakan alat berbentuk tabung kaca dengan tutup besi sehingga dapat jatuh bebas ke dalam perairan. Alat ini mempunyai prinsip untuk mengambil air pada kedalaman tertentu dan menutupnya langsung sehingga air dalam tabung tidak tercemar oleh air yang berada di permukaan.

2. Uji T-test

Pengolahan data hasil lapangan dan data dari citra dilakukan untuk memperoleh persamaan yang paling sesuai. Hasil dari ketiga persamaan dan hasil lapangan akan diuji statistik t-test. Uji t-test dilakukan untuk membandingkan data interval atau rasio dengan melihat petunjuk pemilihan rumus t-test.

3. Regresi Linear Sederhana

Pembuatan model baru menggunakan analisis regresi linear. Data yang diregresikan berupa data hasil lapangan (*in situ*) dan nilai NDSSI dari citra penginderaan jauh. Sampel yang digunakan untuk melakukan regresi linear sebanyak 20 buah dari hasil lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil estimasi persamaan A, persamaan B dan persamaan C mempunyai rentang nilai yang berbeda-beda. Perbedaan ini dapat dimungkinkan karena jenis persamaan yang berbeda pada setiap penelitian. Persamaan A dan persamaan C menggunakan persamaan dari hasil regresi linear sedangkan persamaan B menggunakan hubungan polinomial. Selain itu ketiga persamaan ini diperoleh dari penelitian di tiga lokasi yang berbeda. Pada daerah yang berbeda maka faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai MPT juga berbeda-beda.

Salah satu uji statistika untuk mengetahui perbandingan hasil antara data satu dan data lainnya adalah dengan uji T-test. Uji T-test yang digunakan berupa uji T-test parametrik dengan sampel yang independen. Pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil estimasi nilai MPT dari persamaan-persamaan yang dipakai dengan hasil lapangan. Tiga persamaan yang digunakan antara lain persamaan A dari Hendrawan dan Asai (2008), persamaan B dari Bhatti et al. (2011) dan persamaan C dari Alashloo et al. (2013). Hasil lapangan dilakukan dengan mengambil sampel di lapangan secara langsung. Sampel yang diperoleh diuji di laboratorium menghasilkan nilai MPT berkisar antara 1-89 mg/l.

Hasil estimasi dari ke tiga persamaan dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai MPT hasil estimasi tidak bisa mewakili hasil penelitian lapangan. Hasil estimasi ini menunjukkan perbedaan yang cukup besar dengan hasil lapangan. Hasil yang paling mendekati adalah hasil estimasi dengan menggunakan persamaan Hendrawan dan Asai (2008). Sedangkan dua persamaan lainnya yaitu persamaan Bhatti et al. (2011) dan persamaan

Alashloo (2013) menunjukkan nilai yang cukup jauh dengan hasil lapangan.

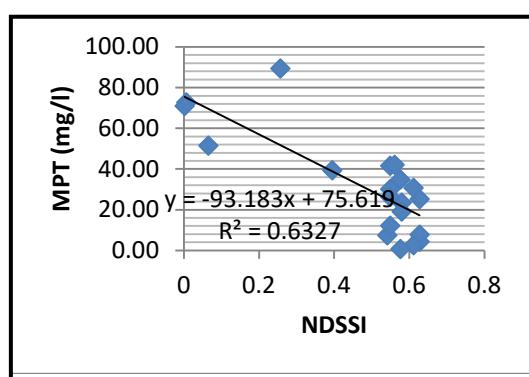
Pembuatan model estimasi baru mengacu pada penelitian dari Hossain et al. (2007). Persamaan diperoleh dengan cara meregresikan nilai NDSSI (*Normalize Difference Suspended Sediment Index*) dan data lapangan. NDSSI merupakan salah satu indeks sedimen tersuspensi yang mempunyai prinsip sama dengan NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*). NDSSI diperoleh dengan perbandingan nilai reflektan saluran biru dikurangi nilai reflektan saluran inframerah dekat dengan nilai reflektan saluran biru ditambah nilai reflektan saluran inframerah dekat. Indeks ini mempunyai nilai rentang -1 sampai +1. Nilai indeks yang lebih tinggi menunjukkan air yang lebih jernih sedangkan nilai indeks yang lebih rendah menunjukkan air yang lebih keruh. NDSSI dilakukan setelah citra mengalami koreksi karena input untuk NDSSI ini berupa nilai reflektan dari citra. Nilai NDSSI yang diperoleh dari pengolahan citra ALOS AVNIR-2 di muara Sungai Opak berkisar antara -0,558 sampai 0,830. Nilai terendah yaitu -0,558 terdapat pada daerah yang mempunyai kekeruhan tinggi. Sedangkan kondisi terjernih yang didapatkan dari perhitungan NDSSI di muara Sungai Opak ini berada pada nilai 0,830. Kondisi terjernih di sini bukan berarti kondisi air dengan kejernihan sempurna. Namun kondisi terjernih dalam konteks ini masih berupa air dengan kekeruhan sedang.

Nilai terendah -0,558 kemungkinan didapatkan pada daerah yang berupa sedimen pada musim kemarau dan perairan pada musim penghujan. Daerah ini biasanya berada pada daerah yang dangkal sehingga material yang berada di bawah perairan dapat terpantulkan dan diterjemahkan

sebagai konsentrasi MPT yang tinggi. Nilai tertinggi 0,830 merupakan kondisi di mana air tidak mempunyai banyak partikel terlarut. Air yang mempunyai nilai NDSSI seperti ini umumnya bersifat tenang.

Persebaran NDSSI pada daerah sampel di muara Sungai Opak lebih didominasi oleh nilai 0,5 sampai 0,6. Nilai menunjukkan bahwa kondisi perairan di muara Sungai Opak tidak terlalu keruh dengan kejernihan sedang. Hal ini wajar terjadi mengingat perekaman citra ALOS AVNIR-2 berada pada musim panas di mana air berada pada kondisi normal. Kondisi perairan akan berbeda saat musim hujan tiba dimana perairan akan mempunyai riak yang cukup besar dikarenakan oleh tetesan air hujan.

Regresi dilakukan antara nilai NDSSI dan hasil lapangan. Hasil regresi digunakan sebagai model persamaan baru untuk mengestimasi nilai MPT. Pembuatan regresi untuk model estimasi ini menggunakan *data in situ* yang didapatkan langsung dari lapangan. Sampel yang digunakan sejumlah 20 buah dari 35 sampel lapangan. Sampel sejumlah 20 buah tersebut dipilih merata pada bagian muara sungai. Persamaan yang didapatkan dari hasil regresi nilai NDSSI dan hasil lapangan adalah :



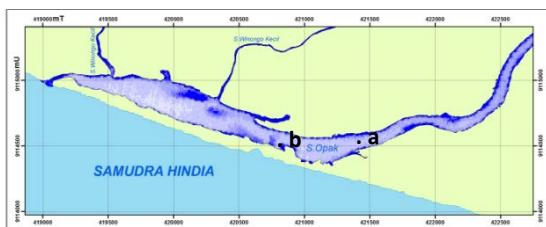
Gambar 1. Regresi NDSSI dan MPT

Hasil uji akurasi didapatkan nilai *standard error* sebesar 18,94%. Nilai ini menunjukkan bahwa nilai MPT hasil estimasi model dan hasil lapangan mempunyai perbedaan sejumlah 18,94%. Kemencengen nilai ini dapat dipengaruhi oleh jumlah sampel pembuatan model dan uji akurasi berbeda. Perhitungan uji akurasi ini idealnya menggunakan jumlah sampel yang sama.

Pembuatan peta distribusi MPT di muara Sungai Opak menggunakan hasil regresi yang telah diuji akurasi. Nilai MPT yang menyebar di sekitar muara ini mempunyai nilai antara 3-100 mg/l. Konsentrasi rendah cenderung banyak ditemukan di daerah tengah sungai. Daerah tengah sungai mempunyai dinamika tinggi karena daerah ini merupakan tali arus dari sebuah sungai. Aliran air yang paling kuat berada pada daerah tengah sehingga material-material di dalam air akan mudah terbawa aliran. Daerah pinggir sungai mempunyai konsentrasi nilai MPT yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya proses pengendapan pada daerah pinggiran sungai. Kondisi ini berlangsung pada daerah yang lebih atas di mana tenaga dari daratan belum terpengaruh oleh aktivitas laut.

Kecepatan gelombang pada permukaan air di muara Sungai Opak rata-rata \pm 20 m/s (Widayanti, 2013). Kecepatan gelombang di derah mulut sungai bagian paling barat mempunyai kecepatan gelombang 22,31 m/s. Daerah di bagian tengah muara mempunyai kecepatan gelombang lebih rendah yaitu 20,31 m/s sedangkan daerah di bagian hulu yang berada pada timur muara mempunyai kecepatan gelombang 18,44 m/s. Kecepatan gelombang ini berpengaruh terhadap angkutan sedimen yang berada di perairan. Daerah yang mempunyai kecepatan gelombang rendah cenderung

mempunyai konsentrasi MPT yang rendah. Kecepatan gelombang yang rendah ditemukan di bagian timur ke arah hulu. Pada bagian ini tenaga darat lebih tinggi dan belum terpengaruh oleh aktivitas laut. Nilai MPT terendah ekstrem ditemukan pada titik a pada gambar 2. Titik ini mempunyai nilai MPT 0,7 mg/l. Posisi titik ini berada di daerah atas di mana kecepatan gelombang belum terlalu tinggi.



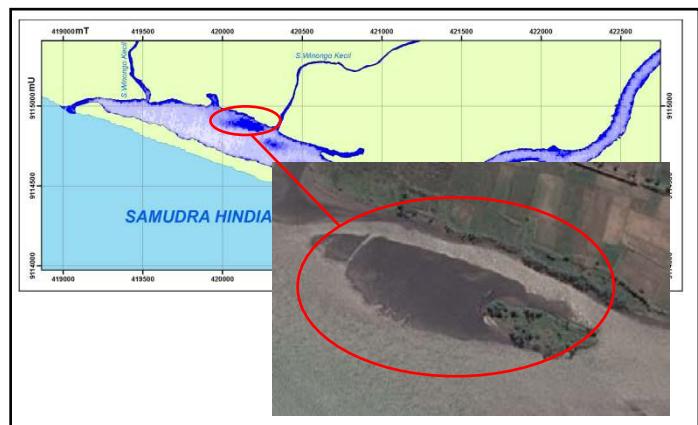
Gambar 2. Distribusi MPT muara S.Opak

Rata-rata kecepatan gelombang pada daerah barat yang mendekati mulut sungai lebih tinggi dibandingkan kedua titik lainnya. Titik pertama ini berada pada bagian barat dan mempunyai hubungan yang kuat dengan aktivitas laut. Tenaga dari darat mulai berkurang dan ditambah oleh tenaga dari laut. Dua aktivitas ini menyebabkan aktivitas perairan lebih dinamis sehingga pergerakan material didalamnya tidak stabil. Energi yang terlalu kuat juga menyebabkan tingkat pengikisan pada daerah sekitar mulut sungai lebih tinggi. Hantaman arus sungai dan gelombang laut ini mengakibatkan beberapa bangunan hanyut terkikis oleh aliran sungai. Material yang terkikis oleh sungai ini masuk ke dalam perairan yang menyebabkan konsentrasi sedimen dalam perairan tersebut tinggi. Konsentrasi tertinggi MPT berada pada titik b dengan nilai 89,4 mg/l. Titik b ini dekat dengan mulut sungai yang lama. Pertemuan antara dua tenaga menyebabkan kondisi perairan lebih dinamis. Proses ini menyebabkan

perairan lebih keruh yang mengindikasikan bahwa konsentrasi MPT juga tinggi.

Bagian meander sungai mempunyai konsentrasi MPT yang tinggi. Meander sungai berupa belokan aliran sungai yang mempunyai tekanan lebih tinggi dibandingkan pada aliran sungai yang lurus. Kondisi ini yang menyebabkan material-material yang terbawa oleh aliran mengelompok dan terjebak pada sisi meander. Material yang berkumpul pada daerah ini mengakibatkan konsentrasi MPT menjadi tinggi. Jika hal ini berlangsung lama maka tidak menutup kemungkinan jika pada bagian meander sungai terbentuk endapan baru.

Konsentrasi MPT yang tinggi pada muara Sungai Opak ini terlihat mempunyai pengelompokan pada satu daerah tertentu. Misalnya pada gambar 4.11 di daerah yang merupakan suatu endapan yang berada di tengah sungai atau gosong sungai. Gosong sungai tersebut pada musim kemarau akan terlihat kenampakannya seperti satu endapan yang cukup luas pada muara sungai. Namun pada musim penghujan maka air akan naik dan gosong sungai tersebut akan tertutup air dan hanya nampak sebagian saja.



Gambar 3. Gosong sungai di muara S.Opak

Muara Sungai Opak mendapatkan pasokan air dari Sungai Winongo Kecil. MPT pada Sungai Winongo Kecil tergolong cukup tinggi ditandai dengan warna yang lebih gelap. Penanaman pohon mangrove ditujukan agar tingkat pengikisan pada sisi-sisi sungai dapat diminimalisir. Pembuatan keramba-keramba pada aliran Sungai Winongo Kecil dapat menunjukkan bahwa terdapat efek positif dari penanaman pohon mangrove. Pohon mangrove dapat mengurangi proses erosi oleh air sehingga tingkat kekeruhan di sungai tersebut tidak terlalu tinggi. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup menyatakan bahwa konsentrasi MPT yang baik untuk sebuah perairan adalah <80 mg/l. Pohon mangrove juga memberikan nutrien bagi perairan yang baik untuk biota perairan yang hidup di dalamnya.



Gambar 4. Mangrove *Rhizophora sp* yang tumbuh di sekitar muara S.Opak

Ketiga persamaan dari penelitian sebelumnya digunakan sebagai alat untuk mengestimasi nilai MPT dari penginderaan jauh. Hasil estimasi dari ketiga persamaan tersebut belum cocok dengan data MPT lapangan di muara Sungai Opak. Pembuatan model baru dilakukan dengan melakuan regresi antara sampel data *in situ* dan nilai dari penginderaan jauh. Hasil regresi menunjukkan bahwa konsentrasi

MPT pada muara Sungai Opak berkisar antara 3-100 mg/l.

KESIMPULAN

1. Persamaan A yaitu persamaan dari Hendrawan dan Asai (2008) menghasilkan nilai MPT dengan rentang 0,329 mg/l sampai 113,079 mg/l. Persamaan B yaitu persamaan Bhatti et.al (2011) menghasilkan nilai MPT dengan rentang 178,605 mg/l sampai 1066,384 mg/l. Persamaan C yang merupakan hasil persamaan yang didapatkan oleh Alashloo et.al (2013) menghasilkan nilai MPT dengan rentang yaitu 0 mg/l sampai 108,839 mg/l.
2. Hasil yang diperoleh dari uji T-test ini menyatakan bahwa semua persamaan yang digunakan ditolak karena tidak memenuhi standar. Pengujian hasil lapangan terhadap persamaan A dan persamaan C menghasilkan nilai positif sedangkan persamaan B menghasilkan nilai yang negatif. Hasil estimasi persamaan A dan C mempunyai nilai lebih rendah dibandingkan hasil lapangan sedangkan persamaan B mempunyai nilai yang melebihi hasil lapangan.
3. Daerah yang mempunyai konsentrasi MPT yang mengelompok tersebut umumnya merupakan endapan sedimen yang akan muncul pada saat musim kemarau. Konsentrasi nilai MPT yang tinggi juga didapatkan di bagian pinggir sungai. Bagian pinggir sungai berbatasan langsung dengan daratan yang mengakibatkan tingkat erosi tanah di sekitarnya cenderung

tinggi. Bagian meander sungai juga mempunyai tingkat konsentrasi MPT yang tinggi. Bagian ini mempunyai tekanan energi yang lebih desar sehingga sedimen yang hanyut akan terkumpul dan mengendap.

DAFTAR PUSTAKA

- Alashloo, M. Moussavi, Hwee-San Lim, Robabeh Asadpour, dan Sahabeh Safarpour. 2013. Total Suspended Sediments Mapping by Using ALOS Imagery Over The Coastal Waters of Langkawi Island Malaysia. *Journal of The Indian Society of Remote Sensing 2013*. dieldit oleh : Springer
- BPDAS Serayu Opak Progo. 2009. *Statistik dan Informasi Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Serayu Opak Progo Tahun 2009*. Yogyakarta : Dep.Hut, Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial
- Bhatti, Asif M., Seigo Nasu dan Masataka Takagi. 2011. Multispectral Remotely Sensed Models for Monitoring Suspended Sediment: A Case Study of Indus River Pakistan. *International Journal of Water Resources and Arid Environment 1 (6) 2011*. hal 417-427
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : Andi Offset
- Earth Observation Research and Application Center. 2008. *ALOS Data Users Handbook*. Japan : Japan Aerospace Exploration Agency
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius
- Hendrawan, I Gede dan Koji Asai. 2008. Study of Suspended Sediment Distribution Using Numerical Model and Satellite Data in Benoa Bay-Bali, Indonesia. *International Journal of Remote Sensing and Earth Science Vol 5 2008*. hal 84-91
- 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, dalam : *International Symposium on Ecohydraulics 2010, Seoul Korea*
- Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 1988. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. KEP-02/MENKLH/I/1988 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup