

PEMANTAUAN TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) WADUK GAJAH MUNGKUR PERIODE 2013-2017 DENGAN CITRA SATELIT LANDSAT-8

Abdi Sukmono¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-75123 Telp./Faks: (024) 736834, e-mail: sukmono35@gmail.com

(Diterima 21 Mei 2018, Disetujui 8 Juni 2018)

ABSTRAK

Sedimentasi merupakan masalah utama bagi waduk di Indonesia. Salah satu waduk yang mengalami masalah serius terhadap sedimentasi adalah waduk Gajah Mungkur. Sedimentasi tinggi pada waduk Gajah Mungkur mengakibatkan pendangkalan yang menyebabkan waduk tidak dapat berfungsi secara optimal. Besarnya tingkat sedimentasi ini dapat dilihat dari nilai *Total Suspended Solid* (TSS). Pemantauan perkembangan TSS sangat dibutuhkan dalam penanganan sedimentasi waduk. Data ini dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan strategi dan area prioritas penanganan pendangkalan waduk. Perkembangan teknologi penginderaan jauh memungkinkan TSS dihitung menggunakan data citra satelit. Salah satunya citra satelit Landsat-8. Dalam penelitian ini digunakan citra satelit Landsat-8 untuk pemantauan TSS di waduk Gajah Mungkur periode 2013-2017. Algoritma TSS yang digunakan adalah algoritma Syarief Budiman. Untuk memastikan akurasi dari pengolahan TSS dari citra dilakukan uji akurasi menggunakan pengukuran TSS in situ sebanyak 26 titik sampel. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai TSS kelas tinggi (50-100 mg/L) dan kelas sangat tinggi (>100 mg/L) mengalami kenaikan yang signifikan dari tahun 2013 ke tahun 2017. Kenaikan TSS terjadi terutama pada muara Sub Das Keduang dan Sub Das Wiroko. Hasil uji akurasi menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,92 dimana hasil ini menunjukkan bahwa metode algoritma citra ini cukup akurat untuk pemantauan TSS.

Kata kunci : Waduk, Gajah Mungkur, Sedimentasi, TSS, Landsat-8, .

ABSTRACT

Sedimentation is a major problem for reservoirs in Indonesia. One of the reservoirs that is experiencing serious problems with sedimentation is the Gajah Mungkur reservoir. The high sedimentation of the Gajah Mungkur reservoir causes siltation which causes the reservoir to not function optimally. The amount of sedimentation can be seen from the value of Total Suspended Solid (TSS). Monitoring the development of TSS is needed in the handling of reservoir sedimentation. This data can be used as a reference in determining the strategy and priority areas for handling of reservoir reservoirs. The development of remote sensing technology allows TSS to be calculated using satellite image data. One is the Landsat-8 satellite image. In this study used Landsat-8 satellite images for monitoring TSS in Gajah Mungkur reservoir period 2013-2017. TSS algorithm used is Syarief Budiman algorithm. To ensure the accuracy of the TSS processing from the image, an accuracy test was conducted using in situ TSS measurements of 26 sample points. The results of this study indicate that high grade TSS (50-100 mg / L) and very high grade (> 100 mg / L) increased significantly from 2013 to 2017. Increase in TSS occurs mainly at Sub Das Keduang and Sub Das Wiroko. The results of the accuracy test show the value of determination coefficient of 0,92 where these results indicate that this image algorithm method is accurate for TSS monitoring.

Keywords : Reservoir, Gajah Mungkur, Sedimentation, TSS, Landsat-8

1. PENDAHULUAN

Sedimentasi merupakan masalah yang umum terjadi pada waduk di Indonesia. Iklim tropis dan curah hujan yang tinggi menjadikan erosi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) cukup besar. Muatan erosi ini berupa sedimen TSS akan terbawa oleh aliran sungai dan akan bermuara di waduk. Akibatnya waduk-waduk di Indonesia banyak mengalami sedimentasi yang berdampak terhadap pendangkalan waduk.

Pendangkalan ini menyebabkan waduk tidak dapat berfungsi secara optimal.

Salah satu waduk yang mengalami masalah serius terhadap sedimentasi adalah waduk Gajah Mungkur. Data Kementerian Lingkungan Hidup (2010) menyebutkan bahwa waduk Gajah Mungkur mengalami penyusutan air hingga 45,34 % dari volume air normal. Data ini mempertegas Data Kementerian Pekerjaan Umum per Februari 2008 yang

menyatakan volume ketersediaan air di waduk Gajah Mungkur hanya setengah dari yang direncanakan.

Analisis tingkat kualitas perairan waduk Gajah Mungkur saat ini masih dilakukan dengan pengamatan sampel kualitas air secara uji laboratorium pada beberapa stasiun pengamatan. Teknik ini untuk bentangan wilayah yang cukup luas memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar. Teknologi penginderaan jauh dapat memberikan solusi untuk pengamatan kualitas air pada bentangan daerah yang luas karena menggunakan citra satelit memiliki cara pemrosesan yang tidak rumit dan biaya yang cukup murah. Teknologi penginderaan jauh dapat mengidentifikasi dan menganalisis hasil perekaman karakteristik spektral air dengan parameter-parameter kualitas air. Dimana dengan menggunakan metode-metode yang tepat nantinya mampu menampilkan kualitas air waduk Gajah Mungkur sesuai dengan yang diharapkan terutama parameter TSS. Kajian oleh Heriza (2017) berhasil memanfaatkan data citra satelit Landsat 8 untuk pemantauan kualitas air di Danau Rawa Pening. Hasil studi yang dilakukan menunjukkan bahwa Landsat 8 mampu memberikan ketelitian yang baik untuk estimasi TSS dan klorofil-a di danau.

Penelitian ini mencoba memanfaatkan teknologi citra satelit Landsat-8 untuk pemantauan perkembangan TSS di waduk Gajah Mungkur periode 2013-2017. Hasil pengolahan data citra satelit ini dilakukan uji validasi TSS *in situ* pada 26 titik sampel lapangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu proses pengapungan, penggelindingan, penyeretan atau pemercikan jarak-jarah tanah hasil pemecahan dan telah terlepas dari satuan tubuh tanahnya, menempuh rentang jarak tertentu sampai tertahan di tempat pengendapan (Yang, 1996; Wulandari, 1999 dalam Wirosodarmo, 2011). Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Sedangkan hasil sedimen (sediment yield) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu (Asdak, 2004; Chow, 1997 dalam Wirosodarmo, 2011).

Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri. Pada alur sungai yang curam, daerah mana merupakan objek dari pekerjaan

bangunan pengendali sedimen ada dua fenomena dari gerak sedimen.

Sedimentasi terjadi apabila banyaknya sedimen yang terangkut lebih besar daripada kapasitas sedimen yang ada. Sungai selalu berubah-ubah baik bentuk, aliran, pengangkutan sedimen dan kekasaran dasar sungai, hal ini disebabkan karena faktor sifat-sifat aliran air, sifat-sifat sedimen, dan pengaruh timbal balik (interaction). Faktor-faktor tersebut selalu berubah secara terus menerus sejalan dengan kondisi curah hujan yang terjadi. Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat aliran tetapi juga tergantung pada sifat-sifat sedimen itu sendiri (Priyantoro, 1987 dalam Wirosodarmo, 2011).

2.2 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya (Nasution, M.I, 2008).

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 (Tarigan dan Edward, 2003). TSS berhubungan erat dengan erosi tanah dan erosi dari saluran sungai. TSS sangat bervariasi, mulai kurang dari 5 mg/l yang yang paling ekstrem 30.000 mg/l di beberapa sungai. TSS tidak hanya menjadi ukuran penting erosi di alur sungai, juga berhubungan erat dengan transportasi melalui sistem sungai nutrisi (terutama fosfor), logam, dan berbagai bahan kimia industri dan pertanian.

Estimasi nilai TSS diperoleh dengan cara menghitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total menggunakan rumus :

$$TSS \text{ (mg/l)} = (A-B) \times 1000 / V \dots \dots \dots (1)$$

Dengan pengertian

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

V = volume contoh (ml)

2.3 Citra Landsat-8

Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang menggunakan suatu platform dengan pengarahannya titik nadir yang distabilkan tiga-sumbu. Satelit LDCM (Landsat-8) ini diorbitkan pada pada

ketinggian :705 km, dengan inklinasi : 98.2°, periode : 99 menit, waktu liput ulang (resolusi temporal):16 hari yang mendekati lingkaran sikron matahari.

Satelit Landsat-8 juga dilengkapi dengan sensor pencitra yang dinamakan OLI (Operational Land Imager). Sensor pencitra sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu : kanal-1: 443 nm untuk aerosol garis pantai dan kanal 9 : 1375 nm untuk deteksi cirrus, tetapi tidak dilengkapi dengan kanal inframerah termal. Baru Pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) mengalami pengembangan, yaitu Sensor pencitra TIRS (Thermal Infrared Sensor) ditetapkan sebagai pilihan (optional) pada misi LDCM (Landsat-8) yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI.

Satelit landsat 8 memiliki kaal yang mirip dengan landsat-7 sensor Onboard Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 2 kanal berada pada TIRS (band 10 dan 11) dan 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat-7.

Sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) pada LDCM (Landsat-8) yang mempunyai 1 kanal inframerah dekat dan 7 kanal tampak reflektif, akan meliputi panjang gelombang elektromagnetik yang direfleksikan oleh objek pada permukaan Bumi, dengan resolusi spasial 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kemampuan resolusi spasial dan resolusi spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Akan tetapi sensor pencitra OLI tidak mempunyai kanal termal. Namun demikian, sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu : kanal-1: 443 nm untuk deteksi aerosol garis pantai dan kanal 9 : 1375 nm untuk deteksi *cirrus*. Ketersediaan kanal-kanal spektral reflektif dari sensor pencitra OLI pada LDCM (Landsat-8) yang menyerupai kanal-kanal spektral reflektif ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, memastikan kontinuitas data untuk deteksi dan pemantauan perubahan objek-objek pada permukaan Bumi global. Untuk mengatasi kontinuitas data Landsat-7 pada kanal inframerah termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) menetapkan sensor pencitra TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) ditetapkan sebagai pilihan (optional), yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI (USGS, 2013).

2.4 Algoritma TSS pada Citra Landsat-8

Perhitungan nilai konsentrasi TSS dengan citra Landsat-8 dapat menggunakan beberapa algoritma TSS dari beberapa studi terdahulu. Salah satu algoritma TSS citra Landsat-8 yang sering digunakan adalah algoritma TSS Syarif Budiman. Algoritma ini dikembangkan di wilayah perairan Delta Mahakam dengan metode yang dikembangkan *bio optical modelling* untuk menganalisis suatu distribusi dan materi yang tersuspensi teknologi penginderaan jauh.

$$TSS (mg/L) = ((8.1429 * (\exp(23.704 * 0.94 * Red Band))) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

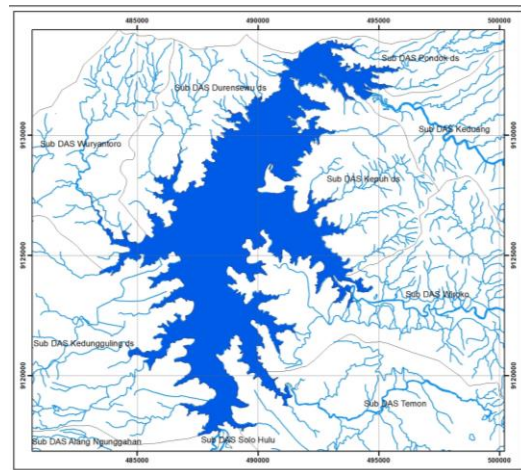
Red Band = reflektansi band 4

exp = eksponen (pangkat)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian tugas akhir ini mengambil daerah studi di Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Adapun lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Waduk Gajah Mungkur dan 10 Sub DAS di sekitarnya

Kondisi secara umum Waduk Gajah Mungkur adalah sebagai berikut :

1. Luas daerah tangkapan air seluas kurang lebih 1.350 km²
2. Waduk Gajah Mungkur memiliki 10 (sepuluh) Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) seluas 1.260 km² yaitu Sub DAS Keduang, Temon, Bengawan Solo Hulu, Alang, Pondok, Wiroko, Wuryantoro, Kedungguling, Durensewu

3. 74 % daerah tangkapan air masuk wilayah Kabupaten Wonogiri
4. Daerah pasang surut seluas kurang lebih 6.000 Ha, dan yang digunakan oleh masyarakat untuk budidaya pertanian seluas kurang lebih 804 Ha;
5. Luas daerah sabuk hijau atau *Green Belt* kurang lebih 996 Ha;

Berbagai manfaat yang diperoleh dari Pembangunan Waduk Gajah Mungkur antara lain :

1. Pengendalian banjir (*flood control*) sungai Bengawan Solo, dari 4000 m³/detik menjadi 400 m³/detik, sesuai kapasitas maksimum alur sungai di hilir bendungan;
2. Penyediaan air irigasi untuk kurang lebih 23.600 ha di daerah Kabupaten Klaten, Sukoharjo, Karanganyar, dan Sragen.
3. Penyediaan tenaga listrik untuk daerah Kabupaten Wonogiri dengan kapasitas maksimum 12,4 MW;
4. Obyek pariwisata disekeliling Waduk Gajah Mungkur. Objek wisata yang paling terkenal adalah Objek Wisata Sendang Asri Wonogiri yang menyediakan berbagai fasilitas sarana rekreasi;
5. Budidaya perikanan air tawar, terutama untuk budidaya Karamba Jala Apung Ikan Nila.

3.2 Metodologi

3.2.1 Preprocessing Citra Landsat-8

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari tiga citra secara multitemporal pada Mei 2013, Mei 2015 dan April 2017. Sebelum diproses dalam perhitungan algoritma TSS, ketiga citra Landsat-8 ini terlebih dahulu dilakukan tahap preprocessing citra. Pada Tahap ini citra Landsat-8 dilakukan pengolahan tahap awal yang terdiri dari cropping wilayah penelitian, cloud removal, dan koreksi radiometrik dan atmosferik.

Citra Landsat-8 dilakukan pemotongan sesuai daerah penilian yaitu area waduk Gajah Mungkur. Hasil *cropping* ini kemudian dilanjutkan ke proses *cloud removal* untuk memisahkan awan. Teknik *cloud removal* yang digunakan dengan memanfaatkan B1 dari citra Landsat-8 untuk deteksi awan.

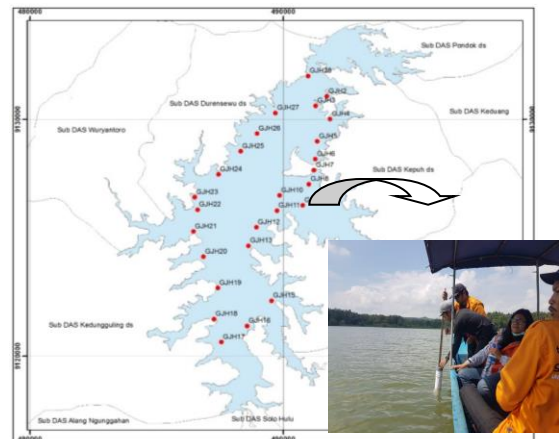
Setelah dilakukan *cloud removal* kemudian dilakukan pengolahan koreksi radiometrik dan atmosferik untuk memperoleh *surface reflectance*. Metode koreksi atmosferik yang digunakan adalah dengan 6SV. Hasil dari koreksi atmosferik ini berupa reflektan BOA (*Bottom of Atmosfer*)

3.2.2 Perhitungan TSS

Perhitungan TSS menggunakan algoritma Syarief Budiman seperti yang ditunjukkan oleh persamaan 2. Data input berupa reflektan BOA band merah. Hasil dari algoritma ini berupa TSS (mg/L).

3.2.3 Validasi TSS

Validasi nilai TSS hasil citra satelit dilakukan dengan pengukuran nilai TSS secara in situ pada 26 titik sampel. Hasil TSS in situ ini dilakukan perbandingan dengan hasil olahan citra satelit. Tujuan validasi ini adalah untuk menunjukkan tingkat akurasi dari algoritma. Teknik analisis data hasil validasi adalah dengan melakukan regresi untuk melihat keterhubungan antara TSS hasil citra dan TSS in situ. Adapun sebaran titik sampel pengamatan TSS in situ ditunjukkan pada Gambar 2.

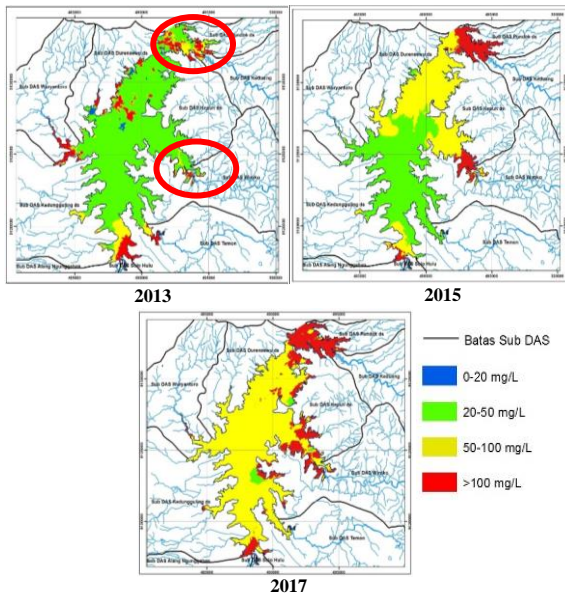


Gambar 2. Sebaran titik sampel uji validasi TSS *in situ*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

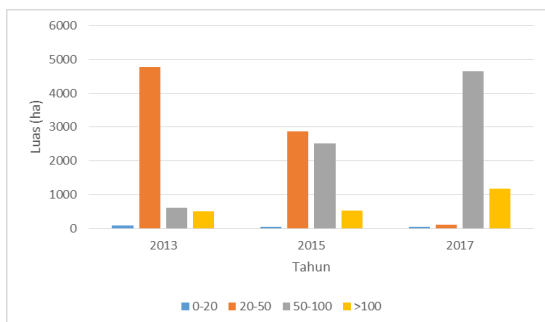
4.1 Hasil dan Pembahasan Perkembangan TSS

Hasil pengolahan TSS secara multitemporal (2013, 2015 dan 2017) ditunjukkan pada Gambar 3. Dari hasil olahan ini tingkat TSS diklasifikasikan ke 4 kelas yang terdiri dari kelas 0-20 mg/L (Normal), kelas 20-50 mg/L (Tercemar ringan), kelas 50-100 mg/L (Tercemar Sedang) dan Kelas >100 mg/L (Tercemar Berat). Dari hasil pengolahan TSS dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa pola kandungan TSS di waduk Gajah Mungkur mengalami peningkatan dari tahun ke tahunnya. Ini dapat dilihat peningkatan nilai TSS pada kelas 50-100 mg/L dan kelas >100 mg/L yang cukup signifikan dari tahun 2013 ke 2015 dan dari tahun 2015-2017.



Gambar 3. Distribusi spasial perkembangan nilai TSS periode 2013-2017

Pola peningkatan nilai TSS terlihat secara jelas dan terutama terjadi di muara-muara sub DAS. Pada muara Sub DAS Keduang dan Sub DAS Wiroko yang ditandai lingkaran merah, terlihat nilai TSS Kelas >100 mg/L terus meningkat drastis dari tahun 2013 ke 2017. Pola ini diikuti juga pada daerah selain muara Sub DAS, terlihat terjadi peningkatan kelas 50-100 mg/L. Adapun secara grafik perkembangan nilai TSS waduk Gajah mungkur ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 1.



Gambar 4. Grafik perbandingan luas sebaran TSS tahun 2013, 2015, dan 2017

Tabel 1. Perbandingan luas TSS tahun 2013, 2015 dan 2017

No	Tahun	Luas (ha)			
		0-20 mg/l	20-50 mg/l	50-100 mg/l	>100 mg/l
1	2013	97,956	4.779,848	616,404	503,78
2	2015	51,521	2.880,392	2.526,905	539,171
3	2017	51,521	103,573	4.656,853	1.186,042

Berdasarkan hasil estimasi TSS di perairan waduk Gajah Mungkur pada Tabel 1, pada tahun 2013 luasan sebaran tersebar terdapat pada kelas 20-50 mg/L yaitu seluas 4.779,848 ha atau sebesar 79,690%. Diikuti kelas 50-100 mg/L memiliki luas sebesar 616,404 ha. Kelas >100 mg/l memiliki luas sebesar 503,780 ha. Kelas 0-20 mg/l memiliki luas sebesar 97,956 ha.

Pada tahun 2015 luasan terbesar terdapat pada kelas 20-50 mg/L seluas 2.880,392 ha atau sebesar 48,022%. Kelas 50-100 mg/l memiliki luas 2.526,905 ha atau sebesar 42,129%. Kelas >100 mg/L memiliki luas 539,171 ha dan kelas 0-20 mg/L memiliki luas 51,521 ha.

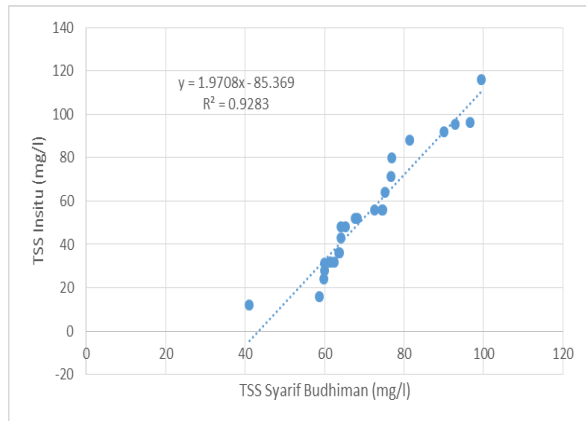
Pada tahun 2017 luasan terbesar terdapat pada kelas 50-100 mg/l yaitu seluas 4.656,853 ha atau sebesar 77,640%. Diikuti kelas >100 seluas 1.186,042 ha. Kelas 20-50 mg/l memiliki luas sebesar 103,573 ha. Kelas 0-20 mg/l memiliki luas sebesar 51,521 ha.

Dari grafik pada Gambar 4 dapat terlihat luas dari setiap kelas konsentrasi TSS di Waduk Gajah Mungkur tahun 2013, 2015, dan 2017. Pada kelas 0-20 mg/l luasnya relatif sama, tetapi mengalami sedikit penurunan jumlah luasannya. Pada kelas 20-50 mg/l terjadi penurunan jumlah luas. Pada kelas 20-50 mg/l terjadi peningkatan jumlah luas, serta pada tahun 2015 jumlah luasnya sama dengan jumlah luas kelas 20-50 mg/l. Pada kelas >100 mg/l dari tahun 2013 ke 2015 hanya terjadi sedikit peningkatan dan jumlah luasannya relatif sama. Dari tahun 2015 ke 2017 terjadi peningkatan jumlah luasan yang sangat signifikan dibandingkan pada tahun sebelumnya.

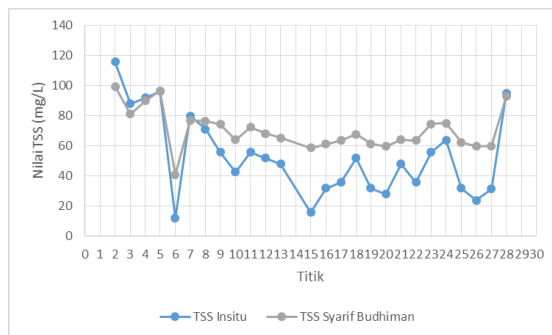
Hal ini dapat dikatakan sebaran nilai TSS di perairan Waduk Gajah Mungkur dari tahun 2013-2017 terjadi peningkatan dari tahun ke tahunnya. Hal tersebut disebabkan karena pada kelas 50-100 mg/l dan >100 mg/l terjadi peningkatan jumlah luas. Sedangkan kelas 0-20 mg/l dan kelas 20-50 mg/l terjadi penurunan jumlah luasannya.

4.1 Hasil dan Pembahasan Uji Validasi

Proses uji validasi dilakukan perbandingan antara TSS hasil citra dan TSS *in situ* pada 26 titik sampel. Perbandingan dilakukan dengan metode uji regresi. Adapun hasil regresi dapat dilihat pada Gambar 5. Dapat dilihat bahwa nilai TSS memiliki hubungan persamaan positif yang searah atau berbanding lurus. Nilai koefisien determinasi sebesar 0.9283 yang artinya antara nilai TSS hasil citra dan TSS *in situ* memiliki keterhubungan sangat kuat. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa algoritma TSS Syarief Budiman pada citra satelit Landsat-8 cukup akurat dalam perhitungan nilai TSS di Waduk Gajah Mungkur. Untuk memperjelas hasil perbandingan setiap titiknya dapat juga dilihat pada grafik yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Hasil regresi antara TSS *in situ* dan TSS hasil citra.



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai TSS algoritma Syarif Budhiman dan TSS *in situ*

Dari Gambar 6 terlihat nilai TSS hasil citra dan TSS *in situ* memiliki pola yang sama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Terjadi pola peningkatan TSS yang sangat signifikan pada Waduk Gajah Mungkur pada periode 2013-2017. Peningkatan ini terjadi pada kelas tercemar sedang (50-100 mg/L) dan kelas tercemar berat (>100 mg/L).
- Peningkatan kelas tercemar berat (>100 mg/L) cukup signifikan di muara Sub DAS Keduang dan Sub DAS Wiroko.
- Algoritma TSS syarief Budiman cukup akurat dalam perhitungan TSS di Waduk Gajah Mungkur.

Kemudian dari penelitian ini dapat diberikan saran sebagai berikut :

- Perlu dilakukan kajian perkembangan TSS Waduk Gajah Mungkur pada periode

selanjutnya agar dapat digunakan sebagai masukkan dalam pengelolaan waduk dan Sub DAS sekitarnya.

- Perlu kajian lebih lanjut untuk pengelolaan Sub DAS Keduang dan Sub DAS Wiroko.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Balai Pengujian dan Peralatan-BLH Provinsi Jawa Tengah atas bantuan pengolahan TSS *in situ*.

DAFTAR PUSTAKA

- Heriza, Dewinta. 2017. Analisis Pemantauan TSS di Danau Rawa Pening Dengan Citra Landsat-8 Multitemporal. *Skripsi*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Kementerian Lingkungan Hidup.2010. *Laporan Pengelolaan DAS Bengawan Solo*. Jakarta
- Nasution, MI. 2008. *Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangkir*. Universitas Sumatera Utara
- Tarigan, M.S dan Edward. 2003. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) Di Perairan Raha,Sulawesi Tenggara. *Makara*, Sains, Vol. 7, No. 3.
- USGS.2013. *Landsat-8 Handbook Operation*. Reston: USA
- Wirosoedarmo, Ruslan. 2011. *Perilaku Sedimentasi dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Saluran Pada Jaringan Irigasi Waru _ Turi Kanan Kediri*. Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya