

ANALISIS PERUBAHAN NILAI *TOTAL SUSPENDED SOLID* TAHUN 2016 DAN 2019 MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL 2A (STUDI KASUS : BANJIR KANAL TIMUR, SEMARANG)

Annisa Octaviana^{*)}, Yudo Prasetyo, Fauzi Janu Amarrohman
Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : octaviana99@gmail.com^{*)}

ABSTRAK

Banjir Kanal Timur merupakan salah satu saluran perairan di Kota Semarang dan merupakan hilir dari Kali Garang, Kali Kreo dan Sungai Kripik yang sumber airnya berasal dari Gunung Ungaran. Pada tahun 2010, pemerintah setempat telah melakukan normalisasi pada Perairan Banjir Kanal Timur. Selanjutnya, untuk mengetahui tingkat sedimen dan pencemaran perairan sungai, dilakukan uji kualitas air di perairan Banjir Kanal Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran serta perubahan kualitas perairan yang terjadi di perairan BKT, dengan menggunakan *Total Suspended Solid*(TSS) sebagai parameter indikator kualitas air dalam metode penginderaan.

Teknologi penginderaan jauh dapat memudahkan dalam penelitian terkait perairan serta pengambilan keputusan maupun pemantauan kondisi perairan dari waktu ke waktu secara efektif. Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2A pada tahun 2016 dan 2019, untuk mengetahui perubahan kualitas perairan yang terjadi di Banjir Kanal Timur dengan menggunakan metode algoritma TSS C2RCC. Kemudian, untuk mengetahui tingkat pencemaran dilakukan klasifikasi berdasarkan indeks pencemaran dari Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003.

Hasil dari algoritma C2RCC didapatkan perubahan kandungan TSS yang mengalami penurunan dari tahun 2016 dan 2019 pada daerah muara sungai. Secara analisis regresi, TSS tahun 2016 dan tahun 2019 mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai *R square* sebesar 0,127. Persentase pencemaran memenuhi baku mutu pada tahun 2016 sebesar 85,41% dan meningkat pada tahun 2019 sebesar 90,02% dan persentase tercemar ringan pada tahun 2016 sebesar 14,59% dan menurun pada tahun 2019 sebesar 9,98%.

Kata Kunci : Banjir Kanal Timur, Sentinel-2A, Indeks Pencemaran, *Total Suspended Solid*

ABSTRACT

Banjir Kanal Timur is one of the waterways in the city of Semarang which is downstream from the Garang River, Kreo River and the Kripik river whose source of water comes from Ungaran Mountain. In 2010, local governments normalized the Banjir Kanal Timur. Furthermore, to determine the level of sediment and river water pollution, water quality testing was conducted at Banjir Kanal Timur. This study aims to determine the level of pollution as well as changes in the quality of the water which occurs in BKT waters, using Total Suspended Solid (TSS) as an indicator of water quality indicators in the sensing method.

Remote sensing technology can facilitate the research related to water and effective decision making and monitoring of water conditions from time to time. This study uses the image of Sentinel-2A in 2016 and 2019, to determine changes in water quality that occurred in the East Flood Canal using the TSS C2RCC algorithm. Then, to determine the level of pollution, classification is based on the pollution index from the State Minister for the Environment No. 115 of 2003.

*Result from the algorithm used, the results of changes in TSS content have increased from 2016 and 2019. In regression analysis, TSS in 2016 and 2019 experienced significant changes with an *R square* value of 0.127. The percentage of pollution meets the quality standard in 2016 amounted to 85.41% and increased in 2019 by 90.02% and the percentage of light polluted in 2016 amounted to 14.59% and decreased in 2019 by 9.98%.*

Keywords: *Banjir Kanal Timur, Sentinel-2A, Pollution Index, Total Suspended Solid,*

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kota Semarang terletak di utara Pulau Jawa dan berbatasan langsung dengan laut sehingga memiliki dua kanal utama yaitu Banjir Kanal Timur (BKT) dan Banjir Kanal Barat (BKB). Kedua kanal tersebut berfungsi sebagai pengendali banjir di Kota Semarang, serta memiliki potensi yang cukup besar dalam sektor pariwisata apabila dikelola dengan baik. Namun, perairan Sungai BKT memiliki permasalahan pencemaran perairan karena terdapat banyaknya sedimentasi yang ada di aliran sungai. Sehingga, menyebabkan sungai mengalami beberapa kali banjir besar. Pada tahun 2010 pemerintah telah melakukan normalisasi pada Sungai BKT. Namun, pada tahun 2015 Sungai BKT kembali meluap dan menggenangi daerah pemukiman. Kondisi tersebut disebabkan karena kurangnya kapasitas Sungai BKT akibat dari tingginya sedimentasi disertai dengan banyaknya sampah yang terdapat di aliran Sungai BKT. Sampah-sampah tersebut berasal dari sampah industri dan limbah perumahan yang terletak di sepanjang aliran Sungai BKT.

Sampah-sampah tersebut menyebabkan kondisi perairan di Sungai BKT menjadi keruh dan berbau, serta tergolong sudah mengalami pencemaran atau terpolusi. Sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kualitas perairan sungai. Hal ini, disebabkan oleh kebiasaan buruk masyarakat yang membuang sampah di sekitar aliran sungai BKT. Upaya yang dilakukan pemerintah untuk memperbaiki Perairan Banjir Kanal Timur selain pada aspek infrastruktur juga harus fokus pada segi kondisi lingkungan terutama kondisi perairan guna menyadarkan kesadaran masyarakat akan lingkungan sekitar perairan. Kondisi lingkungan bisa dikaji dari segi kualitas air yang ada di perairan Banjir Kanal Timur melalui identifikasi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS).

Luasnya Banjir Kanal Timur menyebabkan sulitnya pemantauan secara konvensional yakni pengambilan sampel secara langsung di lapangan. Selain membutuhkan banyak waktu, pemantauan secara langsung juga tidak efisien karena membutuhkan biaya yang cukup besar. Proses pemantauan TSS dapat dipermudah dengan munculnya teknologi penginderaan jauh. Pemantauan penentuan kualitas air sungai dapat dilakukan secara rutin serta efisien, tanpa mengeluarkan banyak waktu dan biaya yang besar. Penginderaan jauh adalah sebuah metode solusi yang memberikan informasi mengenai permukaan bumi dengan cakupan spasial dan temporal yang terus berkembang. Aplikasi penginderaan jauh pada perairan telah digunakan sebagai alternatif yang efektif guna memantau kualitas perairan. Warna dari perairan yang ditangkap oleh aplikasi penginderaan jauh memberikan informasi mengenai sifat-sifat optik dari perairan (Liu, J., dkk., 2008)

Penelitian ini menggunakan data citra satelit penginderaan jauh Sentinel-2A sebagai data utama yang

diakuisi tahun 2016 dan tahun 2019. Citra tersebut digunakan untuk mengetahui nilai distribusi TSS di Sungai Banjir Kanal Timur meliputi area aliran sungai dan muara sungai menggunakan algoritma *Case 2 Regional Coast Colour Processor* (C2RCC). Nilai distribusi TSS divalidasi dengan data titik sampel hasil survei lapangan tahun 2016 oleh Hafidh (2016) dan tahun 2019. Selanjutnya, melakukan uji regresi linier untuk mengetahui kesesuaian sampel lapangan dengan nilai TSS hasil algoritma C2RCC. Nilai TSS tahun 2016 dan 2019 dibandingkan untuk mengetahui perubahan nilai TSS di Banjir Kanal Timur pada nilai piksel melalui kalkulasi nilai *raster*. Nilai perubahan juga dilakukan uji regresi linier untuk mengetahui besar perubahan nilai TSS yang terjadi. Hasil akhir dari nilai TSS tahun 2016 dan 2019 dikonversi dalam nilai indeks pencemaran sehingga diketahui tingkat pencemaran air tahun 2016 dan tahun 2019. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi patokan dalam mengetahui kualitas perairan khususnya pada Sungai Banjir Kanal Timur (BKT)

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana distribusi TSS di Banjir Kanal Timur menggunakan Citra Sentinel-2A?
2. Bagaimana perubahan kualitas perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2016 dan 2019?
3. Bagaimana Kesesuaian nilai TSS Sentinel-2A dengan nilai *in-situ*?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui distribusi TSS di perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2016 dan 2019.
2. Membandingkan kualitas distribusi TSS di perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2016 dan 2019 menggunakan citra Sentinel-2A.
3. Memetakan kualitas perairan Sungai Banjir Kanal Timur dari distribusi TSS pada tahun 2016 dan tahun 2019.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Aspek Keilmuan
Pada segi keilmuan penelitian ini dapat berkontribusi secara prosedur dan teknik bagi ilmu penginderaan jauh dalam melakukan identifikasi kualitas perairan melalui distribusi nilai *total suspended solid* (TSS).
2. Aspek Rekayasa
Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui dan sebagai acuan dalam identifikasi nilai TSS dan penilaian kualitas perairan khususnya di Sungai Banjir Kanal Timur (BKT).

I.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan yang akan dibahas agar tidak terlalu melebar dari topik utama, maka penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Nilai distribusi TSS citra dihitung dengan algoritma *Case 2 Regional Coast Color Processor (C2RCC)*.
2. Citra yang digunakan merupakan Citra Sentinel-2A *level 1C* yang telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik.
3. Kesesuaian nilai TSS algoritma C2RCC dan data *in-situ* dibandingkan menggunakan uji regresi linier.
4. Perubahan nilai TSS tahun 2016 dan 2019 diketahui dengan proses kalkulasi raster menggunakan nilai piksel.
5. Tingkat kualitas perairan ditentukan berdasarkan indeks pencemaran dari Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

1.5.1 Wilayah Penelitian

Area studi penelitian adalah wilayah perairan muara Sungai Banjir Kanal Timur di Kota Semarang, Jawa Tengah.

1.5.2 Data Penelitian dan Alat Penelitian

1. Data Penelitian dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Data Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
1.	Citra Sentinel-2A (2016 dan 2019)	Scihub.co pernicus.e u/dhus	Data merupakan citra Level-1C. (Terkoreksi geometrik dan radiometrik)
2.	Data TSS Lapangan (2016)	Data penelitian milik Aditya Hafidh Baktiar (2016)	Data Survei terdahulu yang diambil dari jurnal milik Hafidh (2016).
3.	Data TSS Lapangan (2019)	Survei Lapangan	Data diambil di lapangan dan diproses secara laboratorium.
4.	Peta Administrasi Kota Semarang (2010)	Bappeda Kota Semarang	Data batas wilayah dalam bentuk <i>shapefile</i> .

2. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yakni peralatan lapangan dan peralatan pengolahan data.
 - a. Peralatan Lapangan
 1. Botol air ukuran 600 mL.

2. Cooler box.
3. Ice pack
4. GPS *handheld* Garmin.
5. Perahu.
6. Kamera.
7. Alat tulis.
- b. Peralatan Pengolahan Data
 1. Laptop yang memiliki spesifikasi alat *intel core i3*, RAM 8 GB dengan tipe sistem operasi Windows 10 64 bit.
 2. Perangkat lunak SNAP DESKTOP.
 3. Perangkat lunak ArcMAP 10.5.
 4. Perangkat lunak Microsoft Office.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Pencemaran Air

Pencemaran air menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2010 No. 01 Pasal 11 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Kualitas perairan memberi gambaran umum keadaan air terutama secara fisik, kimia, suhu serta karakteristik biologis. Cukup sulit menentukan standar tunggal kualitas air yang meliputi setiap jenis penggunaan dan kebutuhan. Contohnya, parameter fisik, kimia, biologi dari air yang cocok untuk konsumsi manusia berbeda dengan parameter air yang cocok untuk perairan irigasi. Kualitas air dipengaruhi oleh material yang mengalir ke badan air dari sumber utama maupun bukan (Ritchie dkk., 2003)

II.2 Penentuan Indeks Pencemaran air

Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. IP mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independen dan bermakna (MNLH, 2003).

Konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* dari hasil uji laboratorium digunakan sebagai parameter perhitungan indeks pencemaran yang mengacu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 tentang Status Mutu Air sebagai pembandingan dengan baku mutu untuk mengetahui tingkat pencemaran di lokasi titik sampling tersebut.

Evaluasi terhadap nilai PI menurut MNLH tahun 2003 adalah:

- $0 \leq PI \leq 1,0$: Memenuhi baku mutu
- $1,0 \leq PI \leq 5,0$: Tercemar ringan
- $5,0 \leq PI \leq 10$: Tercemar sedang
- $PI \leq 10$: Tercemar berat.

Rumus untuk perhitungan indeks pencemaran menurut MNLH tahun 2003 seperti persamaan 1:

$$PI=Ci/Lij..... (1)$$

Keterangan:

Ci :Konsentrasi parameter kualitas air (TSS) yang diperoleh dari hasil uji laboratorium

Lij :Konsentrasi parameter kualitas air yang tercantum dalam Baku Mutu Peruntukkan Air.

II.3 Total Suspended Solid

Padatan tersuspensi merupakan massa (mg) atau konsentrasi (mgL⁻¹) dalam zat organik maupun anorganik yang dibawa oleh aliran air, sungai, danau atau pergolakan danau. Padatan tersuspensi biasanya terdiri dari partikel halus dengan diameter kurang dari 62µm (Waters, 1995 dalam Bilotta dan Brazier, 2008), meski demikian penelitian menunjukkan bahwa kebanyakan padatan yang berkumpul sering terbawa dalam akumulasi gumpalan yang besar (Droppo, 2001 dalam Bilotta dan Brazier, 2008). Setiap sungai memiliki kondisi alami yang membawa padatan tersuspensi (Ryan, 1991 dalam Bilotta dan Brazier, 2008).

Jika konsentrasinya terus meningkat, padatan tersuspensi dapat menyebabkan terjadinya perubahan fisik, biologis dan kimia dari air. Perubahan fisik oleh padatan tersuspensi beberapa diantaranya adalah kurangnya cahaya, perubahan suhu dan saluran waduk yang meningkat ketika zat padat terendap. Perubahan fisik ini dapat memicu perubahan estetis yang tidak diinginkan (Lloyd dkk, 1987 dalam Bilotta dan Brazier, 2008).

II.4 Algoritma C2RCC

Algoritma penentuan konsentrasi *Total Suspended Solid* dalam penelitian ini berupa algoritma *Case 2 Regional Coast Colour Processor (C2RCC)*, yang merupakan algoritma yang teruji menghasilkan deteksi *total suspended solid* yang baik untuk citra Sentinel-2A.

Processor C2RCC bergantung pada database besar dari simulasi reflektan pancaran-air dan radian dari ToA yang berkaitan. *Neural Networks* diuji dengan tujuan untuk melakukan inversi dari spektrum untuk koreksi atmosfer, yaitu penentuan dari radian pancaran-air dari radian ToA, serta pengambilan optik yang merekam sifat-sifat tubuh air.

Algoritma *C2RCC processor* dapat dilihat pada persamaan 2:

$$Tsm = btot_a_nn1 * 1.73 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

btot_a_nn1: hamburan oleh partikel.

II.5 Resampling

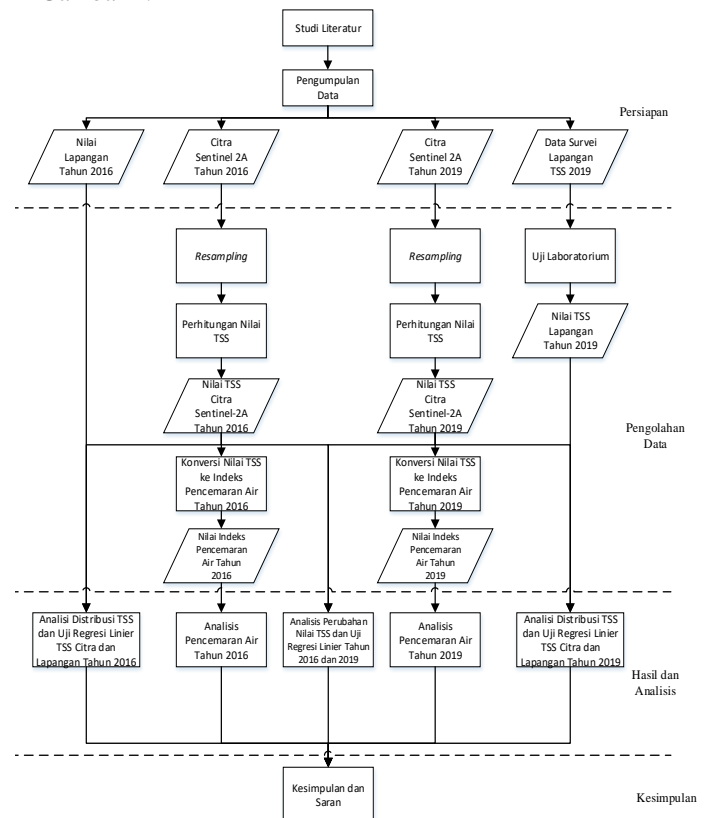
Resampling menurut Baboo dan Devi (2010) adalah mengkoreksi nilai digital pada setiap piksel yang diubah posisinya pada saat proses rektifikasi terjadi sehingga nilai yang ada dalam piksel kembali seperti semula. Metode *resampling* yang digunakan penelitian ini adalah metode *nearest neighbor*. Pada pemrosesan data produk L1C Sentinel koreksi geometrik tidak perlu dilakukan. Koreksi atmosfer dan penyatuan resolusi spasial yang diperlukan. Efek dari

atmosfer dapat dieliminasi dengan algoritma *Sen2Cor* (Muller-Wilm, 2013 dalam (Zheng dkk., 2017) Setelah proses *Sen2Cor*, nilai reflektan ToA L1C dikonversi menjadi nilai reflektan *BoA Level 2A* (Zheng dkk., 2017).

Resolusi spasial dapat disamakan dengan metode *upsampling* dan *six downscaling* atau biasa disebut proses *resampling*. Cara yang paling umum digunakan untuk *re-scaling* resolusi piksel adalah *resampling* dengan metode *nearest neighbor*. Metode *downscaling* yang digunakan adalah *nearest neighbor*, yang membagi satu piksel menjadi empat piksel berdampingan dengan nilai yang sama serta memberikan keuntungan dengan menjaga informasi asli dari piksel, mudah dan cepat (Parker, 1983 dalam Zheng dkk., 2017).

III. Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



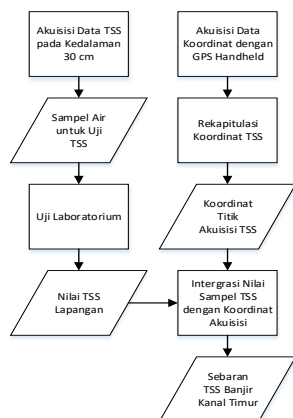
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.1 Tahapan Persiapan

Tahapan awal pada penulisan penelitian ini adalah persiapan. Dalam melakukan pemecahan masalah sangat perlu dilakukan suatu perencanaan yang baik sebagai persiapan sebelum memulai suatu penelitian, seperti mencari studi literatur, alat dan data yang diperlukan dalam penelitian.

III.2 Pengambilan dan Pengolahan Data TSS In situ

Diagram alir proses pengambilan dan pengolahan data TSS dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Diagram Proses Pengambilan Data TSS *in-situ*

Data TSS tahun 2019 diambil secara langsung di Banjir Kanal Timur pada tanggal 28 februari 2019. Pengambilan dilakukan dengan menggunakan peralatan lapangan yang dijelaskan pada sub 1.5.2 Data tss *in-situ* berupa sampel-sampel air yang diambil pada lokasi penelitian secara menyebar dan acak. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan standar nasional pengambilan air sampel. Setelah didapatkan sampel air kemudian di uji oleh Laboratorium untuk memperoleh nilai kandungan *Total Suspended Solid* diuji dengan metode gravimetri sesuai dengan rumusan pada SNI 06-6989.3-2004.

III.3 Tahapan Pengolahan

Pelaksanaan pengolahan data penelitian dimulai dari melakukan *resampling* data citra Sentinel-2A tahun 2016 dan 2019 kemudian data dilakukan proses C2RCC untuk mendapatkan nilai TSS hingga pengujian pada hasil nilai TSS citra dengan data *in-situ* sebagai validasi.

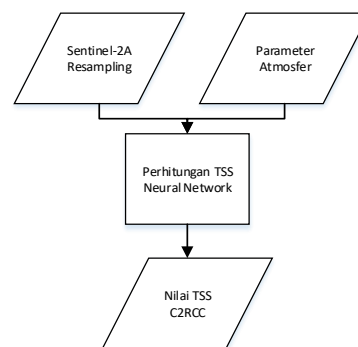
III.3.1 Resampling Citra

Proses *resampling* ini dilakukan dengan menyamakan resolusi spasial pada citra Sentinel-2A yang memiliki ukuran piksel spektral *band* yang berbeda. Menggunakan S2 *resampling processor* yang menghasilkan 10 m. Dengan metode *upsampling nearest neighbor* dan metode *downsampling mean*, untuk mendapatkan rata rata nilai dari tiap piksel.

III.3.2 Perhitungan TSS dengan algoritma C2RCC

Proses perhitungan dilakukan pada data Sentinel-2A yang sebelumnya telah di *resampling*. Tahapan perhitungan menggunakan perangkat lunak SNAP dengan parameter yang dimasukkan meliputi parameter salinitas, suhu, ozon, tekanan dan elevasi. Parameter salinitas, suhu, ozon dan tekanan yang dimasukkan secara *default* sesuai dengan kondisi normal sedangkan elevasi yang dimasukkan bernilai 0 m sesuai dengan elevasi pemisah daratan dengan lautan.

Hasil dari perhitungan TSS dengan C2RCC didapatkan nilai TSS dengan klasifikasi. Diagram alir proses perhitungan nilai TSS dapat dilihat pada Gambar 3.



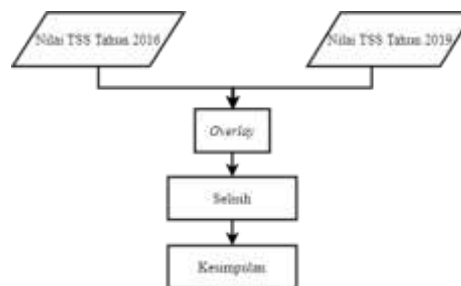
Gambar 3 Diagram Tahap Perhitungan Nilai TSS

III.3.3 Pemotongan Citra

Tahapan pemotongan dilakukan setelah kedua data citra Sentinel-2A telah dilakukan *resampling* dan terdapat nilai TSS dengan menggunakan C2RCC. Dalam penelitian ini teknik pemotongan dengan memfokuskan pada daerah penelitian. Setelah pemotongan citra akan dilakukan proses ekspor band ke *format* yang diinginkan. Ekspor dilakukan hanya pada band yang mengandung nilai konsentrasi *total suspended solid*.

III.4 Perbandingan Nilai TSS C2RCC dengan TSS *In-situ*

Pengujian nilai TSS citra dan *in-situ* dilakukan dengan cara menghitung regresi linier, pada masing masing tahun citra. Selanjutnya, melihat nilai koefisien determinan dan pola untuk mengetahui kesesuaian antar nilai TSS citra dan nilai TSS *in-situ*. Diagram alir proses perbandingan nilai TSS C2RCC dengan TSS *In-situ* dapat dilihat pada Gambar 4

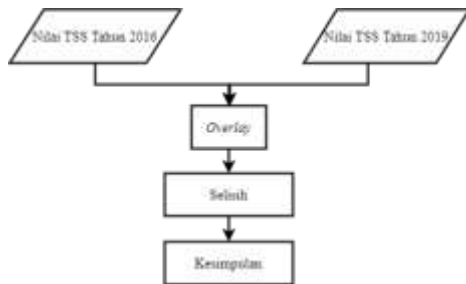


Gambar 4 Diagram Tahap Perbandingan Nilai TSS C2RCC dengan TSS *In-situ*

III.5 Perbandingan Nilai TSS tahun 2016 dan 2019

Perbandingan dilakukan secara visual dan statistik melalui nilai TSS dari titik-titik koordinat survei lapangan tahun 2016 dan tahun 2019. Secara visual dapat dilihat melalui warna dari rentang nilai yang dibuat sedangkan berdasarkan nilai dilakukan dengan mengurangi nilai TSS 2016 dengan TSS 2019 sekaligus menghitung nilai rerata dari selisih TSS 2016 dengan TSS 2019. Hal terakhir nilai TSS 2016 dan TSS 2019 dilakukan uji regresi untuk mengetahui nilai koefisien determinan dan pola kesesuaian secara statistik melalui hubungan antar variabel. Diagram alir proses

perbandingan nilai TSS tahun 2019 dengan 2019 dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Diagram Tahap Perbandingan Nilai TSS Tahun 2016 dan 2019

III.6 Klasifikasi Kandungan TSS dengan Indeks Pencemaran

Pada tahap selanjutnya, dilakukan pada hasil pengolahan algoritma *total suspended solid*. Hasil pengolahan data citra kemudian diklasifikasi berdasarkan indeks pencemaran air untuk menentukan distribusi kandungan *total suspended solid* perairan Banjir Kanal Timur Semarang. Proses reklasifikasi menggunakan indeks pencemaran seperti yang tertera dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 (MNLH, 2003) tentang Status Mutu Air sebagai pembanding dengan baku mutu untuk mencari tahu tingkat pencemaran di lokasi titik sampel.

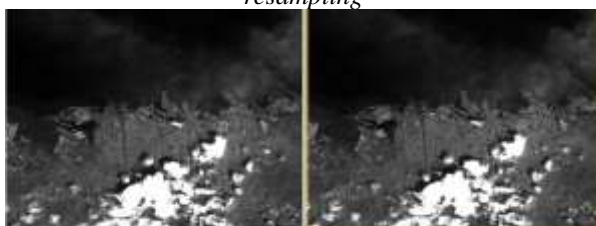
IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil dan Analisis *preprocessing* Sentinel-2A

Pada hasil *resampling* dapat terlihat secara visual pada band 1 yang memiliki resolusi 60 m tampak lebih keabuan tetapi daratan terlihat lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 6 dan band 5 dengan resolusi 20 m daerah daratan seperti pemukiman dapat terlihat lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6 Band 1 sebelum dan sesudah proses *resampling*



Gambar 7 Band 5 Sebelum dan sesudah proses *resampling*

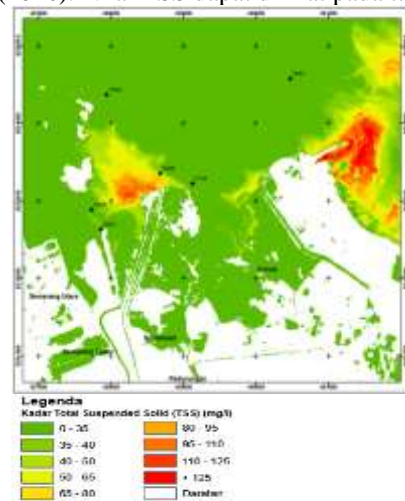
IV.2 Hasil dan Analisis algoritma C2RCC

Analisis Algoritma C2RCC dilakukan pada citra di tahun 2016 dan 2019. Dari algoritma C2RCC akan didapatkan hasil nilai TSS pada area studi penelitian di tahun 2016 dan 2019. Untuk mengetahui kesesuaian pada hasil TSS dilakukan analisis regresi pada nilai TSS algoritma dugaan dengan hasil nilai TSS *in-situ* validasi lapangan dengan mencari nilai korelasi, koefisien determinan dan pola kesesuaian.

IV.2.1 Hasil dan Analisis C2RCC 2016

Penggunaan Algoritma C2RCC untuk mendapatkan nilai TSS dilakukan pada Citra Sentinel 2-A tanggal akuisisi 24 April 2016. Nilai TSS telah diklasifikasi dalam 9 kelas dari rentang 0 sampai >125. Hasil pengolahan TSS dengan C2RCC dengan sebaran titik TSS *In-situ* dapat dilihat pada Gambar 8

Pada citra dapat mempresentasikan daerah dengan nilai TSS paling tinggi pada daerah aliran muara sungai Banjir Kanal Timur dan dengan Hasil TSS tersebut kemudian diuji dengan nilai data *in-situ* dari Hafidh (2016). Nilai TSS dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 8 Hasil TSS C2RCC Tahun 2016

Tabel 2 Nilai TSS C2RCC dengan TSS *In-situ* tahun 2016

Titik	X (m)	Y (m)	TSS (mg/l)	C2RCC (mg/l)	Selisih (mg/l)
TSS1	437862	9232628	460	21.64	438.37
TSS2	436624	9233616	500	10.94	489.06
TSS3	437733	9232880	580	30.95	549.05
TSS4	437941	9234370	520	23.21	496.79
TSS5	439123	9233220	420	25.16	394.84
TSS6	438675	9233356	760	42.04	717.96
TSS7	440472	9234578	460	19.98	440.02
TSS8	440182	9235726	420	14.74	405.26
Jumlah			4120	187.95	3930.05
Rerata			515	23.49	491.51
Standar Deviasi			112.50	9.58	104.85

Pada Tabel 2 selisih terbesar nilai *in-situ* dengan C2RCC pada TSS6 sebesar 717,96 mg/l dan

nilai selisih terkecil pada TSS5 sebesar 394,84 mg/l. Dari hasil *in-situ* dan C2RCC memiliki nilai yang relatif berbeda namun belum tentu salah secara hubungan. Hasil ini perlu diuji regresi untuk mengetahui C2RCC memiliki hubungan atau sesuai dengan kondisi di lapangan.

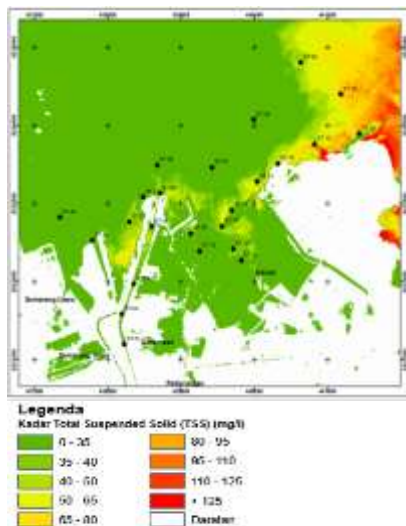
Tabel 3 Uji Regresi Linier tahun 2016

Regresi Statistik	
R	0,814
R Square	0,662
Standard Error	70,658
Observations	8

Pada Tabel 3 hasil uji regresi memiliki nilai R sebesar 0,8135 dan R Square (R^2) sebesar 0,662. Hasil nilai R^2 mendekati nilai 1 berarti korelasi *variable* antara hasil algoritma C2RCC dengan data *in-situ* tahun 2016 menunjukkan bahwa terdapat hubungan antar kedua hasil.

IV.3.2 Hasil dan Analisis C2RCC 2019

Algoritma C2RCC untuk mendapatkan nilai TSS dilakukan pada Citra Sentinel 2-A tanggal akuisisi 10 Maret 2019. Nilai TSS telah diklasifikasi dalam 9 kelas dari rentang 0 sampai >125. Hasil pengolahan TSS dengan C2RCC dengan sebaran titik TSS Insitu dapat dilihat pada Gambar 9 untuk. Nilai perbandingan TSS C2RCC dengan TSS *In-situ* dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 9 Hasil Perbandingan TSS C2RCC dengan TSS *In-situ* tahun 2019

Tabel 4 Nilai TSS C2RCC dengan TSS *In-situ* tahun 2019

Titik	X	Y	TSS (mg/l)	C2RCC (mg/l)	Selisih (mg/l)
ST01	438225	9231205	27.60	28.61	-1.01
ST02	438195	9231584	4.40	4.05	0.35
ST03	438355	9231974	2.81	2.81	0.00

ST04	438606	9232706	31.60	30.98	0.62
ST05	438715	9233136	2.40	2.34	0.06
ST07	438676	9233495	40.40	32.16	8.24
ST08	439425	9233467	39.60	15.38	24.22
ST09	439995	9234075	43.20	42.88	0.32
ST11	440636	9234807	37.20	37.08	0.12
ST12	441179	9234404	62.40	62.11	0.29
ST13	441434	9233895	24.80	19.92	4.88
ST14	440824	9233764	46.40	51.46	-5.06
ST15	440325	9233515	58.00	50.33	7.67
ST16	440038	9233281	46.80	43.33	3.47
ST17	439695	9232915	44.80	41.87	2.93
ST18	439560	9232713	42.00	38.33	3.67

Tabel 4 Nilai TSS C2RCC dengan TSS *In-situ* tahun 2019 (Lanjutan)

Titik	X	Y	TSS (mg/l)	C2RCC (mg/l)	Selisih (mg/l)
ST19	439714	9232425	44.80	37.34	7.46
ST20	439824	9232273	99.20	68.28	30.92
ST22	439254	9232397	52.80	46.25	6.55
ST23	439135	9232624	55.20	49.17	6.03
Jumlah			806.41	705.67	100.74
Rerata			40.32	35.28	5.04
Standar Deviasi			22.24	18.67	8.51

Pada Tabel 4 selisih terbesar nilai *in-situ* dengan C2RCC pada ST20 sebesar 30.92 dan nilai selisih terkecil pada ST03 sebesar 0.001. Hasil ini perlu diuji regresi untuk mengetahui C2RCC memiliki hubungan atau sesuai dengan kondisi di lapangan. Uji regresi linier dapat dilihat pada tabel 5

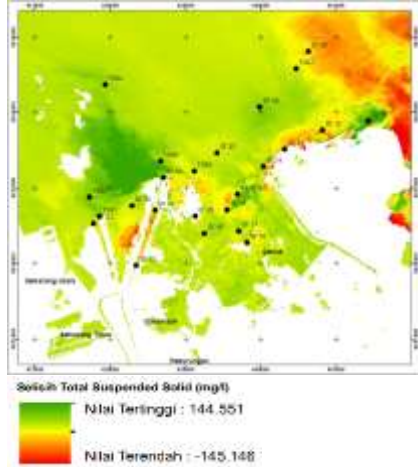
Tabel 5 Uji Regresi Linier tahun 2019

Regresi Statistik	
R	0.928
R Square	0.862
Standard Error	8.488
Observations	20

Pada Tabel 5 uji regresi linier memiliki nilai R sebesar 0.928 dan R Square (R^2) sebesar 0.862. Nilai R^2 mendekati nilai 1 berarti korelasi *variable* antara hasil algoritma C2RCC dengan data *in-situ* tahun 2019 menunjukkan bahwa terdapat hubungan kuat antar kedua hasil.

IV.3 Hasil dan Analisis Perbandingan Konsentrasi TSS tahun 2016 dan 2019

Hasil Perbandingan TSS tahun 2019 dengan 2016 dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10 Hasil Perbandingan TSS C2RCC tahun 2016 dan tahun 2019

Pada Gambar 10, perbandingan konsentrasi TSS tahun 2016 dan 2019 dilakukan dengan menggunakan keseluruhan titik sampel dari tahun 2016 dan 2019. Nilai TSS tahun 2016 dan 2019 dibandingkan secara nilai dan dilakukan selisih antar nilai, yang menunjukkan area aliran banjir kanal mengalami perubahan Nilai TSS dari rendah ke tinggi. sedangkan mengalami perubahan Nilai TSS tinggi ke rendah di area muara sungai hingga Laut Jawa.

Tabel 6 Perbandingan Nilai TSS 2019 dan TSS 2016

Titik	TSS2019 (mg/l)	TSS2016 (mg/l)	Selisih (mg/l)
ST 03	2.81	0.11	-2.70
ST 04	30.8	12.95	-18.03
ST 07	32.16	20.64	-11.52
ST 08	15.38	31.67	16.29
ST 09	42.88	17.20	-25.68
ST 11	37.08	106.05	68.97
ST 12	62.11	45.50	-16.61
ST 14	51.46	49.97	-1.49
ST 15	50.33	30.68	-19.65
ST 16	44.33	27.70	-16.63
ST 17	41.87	39.50	-2.36
ST 18	38.33	21.98	-16.35
ST 19	37.34	23.75	-13.59
ST 22	46.25	25.40	-20.85
ST 23	49.17	15.45	-33.72
TSS1	24.55	21.64	-2.91
TSS2	10.74	10.94	0.20
TSS3	12.89	30.95	18.07
TSS4	12.44	22.59	10.15
TSS5	32.78	25.49	-7.30
TSS6	32.43	42.05	9.62
TSS7	27.61	19.99	-7.62

TSS8	18.68	14.74	-3.94
Jumlah	754.61	656.93	-97.67
Rerata	32.81	28.56	-4.25
Standar Deviasi	15.30	20.49	20.63

Pada Tabel 6 menunjukkan nilai perubahan kadar TSS dari tinggi ke rendah terbesar pada ST11 sebesar 68.966 mg/l. sedangkan perubahan kadar TSS dari rendah ke tinggi terbesar pada ST23 sebesar -33.718 mg/l. Rerata perubahan TSS tahun 2016 dan 2019 sebesar -4.247 mg/l.

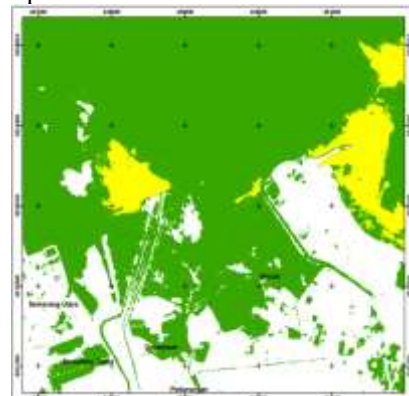
Tabel 7 Uji Regresi Linier Perubahan Tahun 2019 dengan tahun 2019

Regresi Statistik	
R	0.357
R Square	0.127
Adjusted R Square	0.092
Observations	27

Pada Tabel 7 Hasil regresi menunjukkan nilai TSS 2016 dan TSS 2019 memiliki nilai R sebesar 0.357 dan R Square (R^2) sebesar 0.127. Nilai R^2 yang berarti korelasi variable antara hasil algoritma C2RCC dengan data *in-situ* menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antar kedua hasil sehingga terjadi perubahan TSS tahun 2016 dan tahun 2019.

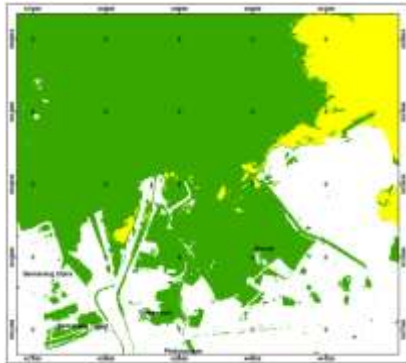
IV.4 Hasil dan Anaisis Klasifikasi Kandungan TSS dengan Indeks Pencemaran

Klasifikasi kandungan TSS dengan Indeks Pencemaran dilakukan pada hasil TSS Citra Sentinel-2A tahun 2016 dan 2019 sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan dapat dilihat pada sub babII.2. Nilai Ci merupakan nilai TSS masing-masing citra per tahun sedangkan Li sesuai dengan baku mutu bernilai 50 mg/l. Hasil konversi menunjukkan bahwa kedua citra menghasilkan dua kelas pencemaran air yakni memenuhi baku mutu ($0 < PI < 1.0$) dan Tercemar Ringan ($1.0 < PI < 5.0$). Hasil dari klasifikasi pencemran air berdasarkan indeks pencemaran pada tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 11 untuk tahun 2019 dapat dilihat pada Gambar 12.





Gambar 11 Klasifikasi TSS Berdasarkan Indeks Pencemaran Tahun 2016



Gambar 12 Klasifikasi TSS Berdasarkan Indeks Pencemaran Tahun 2019

Tahun 2016 di sepanjang aliran Sungai Banjir Kanal Timur memenuhi baku mutu sedangkan di muara mengalami pencemaran ringan. Pada tahun 2019 di sepanjang aliran mengalami pencemaran ringan sedangkan di area muara tidak mengalami pencemaran atau memenuhi baku mutu. Tabel 8 menunjukan perubahan, yaitu penurunan luasa area yang mengalami pencemaran.

Tabel 8 Luasan dari Indeks Pencemaran Air

Indek Pencemaran	Persentase 2019 (%)	Persentase 2016 (%)	Selisih Luas (ha)
Memenuhi Baku Mutu ($0 \leq PI \leq 1,0$)	90.02	85.41	161.122
Tercemar Ringan ($1,0 \leq PI \leq 5,0$)	9.98	14.59	-63.666
Jumlah	100	100	97.456

IV.5 Hasil dan Analisis Dampak Perubahan

Pada selang waktu 2016 sampai 2019 daerah tercemar pada bagian muara sungai mengalami penurunan, diketahui karena terjadinya perkembangan industri pada tahun 2016 disekitar DAS BKT. Dan penurunan nilai pencemaran pada tahun 2019 didaerah sekitar muara sungai dapat terjadi karena normalisasi yang sedang dilakukan pada daerah badan sungai BKT. Pembersihkan badan sungai dari sampah-sampah yang berada di sekitar badan sungai dapat mempengaruhi jumlah sedimen yang terlarut yang terbawa sampai lautan. Berdasarkan pada kualitas air laut di Semarang secara umum memenuhi baku mutu untuk kegiatan pembangunan pelabuhan, sedangkan untuk kegiatan wisata terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu terutama yang berada di dekat muara sungai.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa yang telah dipaparkan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada aliran sungai Banjir Kanal Timur Distribusi TSS tahun 2016 dan tahun 2019 mengalami perubahan. yang mengalami peningkatan kandungan TSS dari tahun 2016 ke 2019. Pembuktiannya terdapat pada titik sampel ST 03 dan ST 04 dengan selisih TSS secara berurutan sebesar -2.717 mg/l dan -18.030 mg/l. Perubahan signifikan lain terjadi pada muara Banjir Kanal Timur yang mengalami penurunan nilai TSS yang ditunjukkan pada titik sampel TSS 4 dan TSS 6 dengan selisih secara berurutan sebesar 10.146 mg/l dan 9.617 mg/l. Secara analisis regresi TSS tahun 2016 dan tahun 2019 mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai R square sebesar 0.127.
2. Kualitas air berdasarkan indeks pencemaran air menunjukkan Banjir Kanal Timur memiliki dua kelas indeks yakni memenuhi baku mutu ($0 \leq PI \leq 1,0$) dan tercemar ringan ($1,0 \leq PI \leq 5,0$). Tahun 2016. bagian muara Banjir Kanal Timur mengalami pencemaran ringan sedangkan pada tahun 2019 bagian aliran mengalami pencemaran ringan. Kelas memenuhi baku mutu seluas 1522,05 ha tahun 2016 menjadi 1360,925 ha di tahun 2019. Kelas tercemar ringan mengalami kenaikan luasan dari 168,799 ha tahun 2016 menjadi 232,465 ha di tahun 2019. Tahun 2016 dan tahun 2019 memiliki luasan total yang berbeda karena kondisi liputan awan yang menutup area penelitian.
3. Nilai TSS Sentinel-2A dengan data *in-situ* menunjukkan nilai kesesuaian dan hubungan (korelasi) yang sangat kuat satu sama lain pada tahun 2016 dan tahun 2019. Nilai R square tahun 2016 sebesar 0.662 dan nilai R square tahun 2019 sebesar 0.862. Hal ini menunjukkan bahwa algoritme TSS C2RCC pada Citra Sentinel-2A sudah sesuai dengan kondisi TSS di lapangan.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran agar penelitian berikutnya bisa lebih baik, yaitu:

1. Penelitian dapat dikembangkan menggunakan citra Sentinel-2A *level-2A* yang telah memiliki nilai *Bottom of Atmospheric*.

2. Algoritma TSS untuk Sentinel-2A dapat dikembangkan dengan persamaan matematis sederhana seperti algoritma Landsat 8.
3. Akuisisi data insitu dan citra Sentinel-2A hendaknya memiliki waktu yang bersamaan agar proses analisis kesesuaian dapat lebih akurat.
4. Perhitungan TSS secara insitu pada setiap muara sungai perlu dilakukan lebih lanjut.
5. Apabila penentuan kelas menggunakan interpretasi citra oleh peneliti, disarankan untuk menginterpretasi citra dengan teliti sehingga mengurangi kesalahan dalam pengkelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baboo. S.. & Devi. R. (2010). An Analysis of Different Resampling Methods in Coimbatore. District. Global Journal of Computer Science and Technology
- Bilotta. G. S.. dan Brazier. R. E. (2008): Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*. 42(12).2849–2861.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>
- Hafidh. A.(2016) Analisis Kesuburan dan Pencemaran Air Berdasarkan Kandungan Klorofil -A dan Konsentrasi *Total Suspended Solid* Secara Multi Temporal di Muara Banjir Kanal Timur. *Jurnal Universitas Diponegoro*.
- Jiangui Liu. Tom Hirose. Mark Kapfer. John Bennett. Greg McCullough. Klaus Hochheim. dan Michael Stainton (2008): Operational Water Quality Monitoring Over Lake Winnipeg Using Satellite Remote Sensing Data.
- MNLH (2003): Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 115 tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air. Jakarta.
- Ritchie. J. C.. Zimba. P. V.. dan Everitt. J. H. (2003): Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 69(6). 695–704.
<https://doi.org/10.14358/PERS.69.6.695>
- Zheng. H.. Du. P.. Chen. J.. Xia. J.. Li. E.. Xu. Z.. Li. X.. dan Yokoya. N. (2017): Performance Evaluation of Downscaling Sentinel-2 Imagery for Land Use and Land Cover Classification by Spectral-Spatial Features. *Remote Sensing*. 9(12). 1274. <https://doi.org/10.3390/rs9121274>