



TUGAS AKHIR RM-184831

**ANALISIS PENGGUNAAN *TOOLBOX CASE 2*
REGIONAL COAST COLOUR - SNAP UNTUK
ESTIMASI *TOTAL SUSPENDED SOLIDS* PADA
CITRA LANDSAT 8**

ANDIN GANGSAR RIZQULLOH
NRP 033 1 16 4000 0078

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR RM-184831

**ANALISIS PENGGUNAAN *TOOLBOX CASE 2*
REGIONAL COAST COLOUR - SNAP UNTUK
ESTIMASI *TOTAL SUSPENDED SOLIDS* PADA
CITRA LANDSAT 8**

ANDIN GANGSAR RIZQULLOH
NRP 033 1 16 4000 0078

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT RM-184831

ANALYSIS OF SNAP - CASE 2 REGIONAL COAST COLOR TOOLBOX FOR TOTAL SUSPENDED SOLIDS ESTIMATION USING LANDSAT 8 IMAGES

ANDIN GANGSAR RIZQULLOH
NRP 033 1 16 4000 0078

Supervisor
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analisis Penggunaan Toolbox Case 2 Regional Coast Colour - SNAP untuk Estimasi Total Suspended Solids Pada Citra Landsat 8

Nama Mahasiswa : Andin Gangsar Rizqulloh
NRP : 033 1 16 40000 078
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Kebutuhan akan pemantauan kualitas perairan di lingkungan pesisir yang lebih efisien telah menuntun pada kemajuan penting dalam perkembangan teknologi satelit penginderaan jauh dan algoritma penelitian. Teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk memantau kadar TSS maupun Chl-a yang merupakan beberapa parameter penentu kualitas perairan. Berdasarkan hal tersebut, berbagai macam algoritma telah dikembangkan agar dapat digunakan untuk menghitung kadar TSS maupun Chl-a secara efektif serta akurat. Salah satunya adalah C2RCC atau Case 2 Regional Coast Colour. C2RCC merupakan salah satu perangkat yang ada pada perangkat lunak SNAP dan dikembangkan oleh Doerffer dan Schiller menggunakan database dari simulasi inversi transfer radiatif untuk mengubah TOA radiance (top of atmosphere radiance) menjadi radiansi pancaran-air "water-leaving radiance" dengan memanfaatkan teknologi jaringan syaraf untuk mendapatkan komponen optikal air atau IOP (Inherent Optical Properties). Konsentrasi TSS dan Chl-a yang dihasilkan, dihitung berdasarkan nilai IOP tersebut.

Seperti algoritma penginderaan jauh pada umumnya, C2RCC juga memiliki keterbatasan akurasi pada hasil perhitungan datanya, sehingga pada penelitian ini dilakukan pendugaan nilai TSS dari citra Landsat 8 menggunakan perangkat tersebut. Data hasil estimasi TSS dari C2RCC selanjutnya dibandingkan dengan data in-situ TSS (dilakukan match-up data) dan diplot pada diagram pencar (scatter plot) untuk mengetahui seberapa akurat data estimasi TSS yang dihasilkan. Perbedaan nilai antara hasil estimasi TSS dari C2RCC

dengan data in situ TSS dievaluasi menggunakan NMAE (Normalized Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Square Error), dan korelasi pearson—kekuatan hubungan linier antara 2 variabel.

Dari 8 citra Landsat 8 dengan tanggal akuisisi 28 September 2014 hingga 28 Juni 2018 di wilayah perairan sekitar Brisbane, dan Hobart didapatkan titik match-up sebanyak 131 titik match-up. Berdasarkan hasil uji statistik data match-up, didapatkan nilai r^2 0,037, RMSE 24,28 mg/L dan NMAE 198,75% untuk keseluruhan data. Dari perhitungan NMAE dapat dilihat bahwa semua hasil estimasi TSS menggunakan C2RCC memiliki nilai di bawah standar NMAE yaitu lebih dari 30% yang menunjukkan bahwa data hasil estimasi TSS dari C2RCC tidak sesuai dengan nilai konsentrasi TSS di lapangan.

Kata Kunci— C2RCC, Landsat 8, NMAE, TSS

Analysis of SNAP Case 2 Regional Coast Color Toolbox for Total Suspended Solids Estimation Using Landsat 8 Images

Name : Andin Gangsar Rizqulloh
ID : 033 1 16 40000 078
Department : Geomatics Engineering
Supervisor : Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M. Sc, Ph. D

ABSTRACT

The needs for more efficient monitoring of water quality in coastal environments has led to important advances in the development of remote sensing satellite technology and bio-optical algorithms. Remote sensing technology can be used to monitor TSS and Chl-a levels which are some parameters for determining water quality. Therefore, various algorithms have been developed to estimate TSS and Chl-a levels effectively and accurately. C2RCC or Case 2 Regional Coast Color is one of the tools available in the SNAP software and was developed by Doerffer and Schiller using a large database of radiative transfer inversion simulations to convert TOA radiance (top of atmosphere radiance) to water-leaving radiance. The inversion between TOA radiance and water-leaving radiance is performed by neural networks as basic technology to get optical components of water or IOP (Inherent Optical Properties). The resulting TSS and Chl-a concentrations are calculated based on the value of the IOP.

Like the remote sensing algorithm in general, C2RCC also has limited accuracy in the results of data estimation. Hence, in this study TSS value were calculated using C2RCC tool for Landsat 8. TSS estimation data from C2RCC then compared with in-situ data (match-up data) and plotted on scatter plots to find out how accurate TSS estimation data is generated. The discrepancies between in situ data and TSS estimation derived from C2RCC were evaluated using NMAE (Normalized Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Square Error), and Pearson correlation (strength of linear relationships between 2 variables).

From 8 Landsat 8 images with the acquisition date of 28 September 2014 to 28 June 2018 in the coastal waters over Brisbane and Hobart, there were 131 match-up points. The results of the statistical evaluation match-up data, r^2 is 0.037, RMSE 24.28 mg / L and NMAE 198.75% for the entire data. From the NMAE calculation it can be seen that all TSS estimation results using C2RCC have values below the NMAE standard that is more than 30% which indicates that TSS estimation results from C2RCC cannot represent TSS concentration values in the field.

Keywords— C2RCC, Landsat 8, NMAE, TSS

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Penggunaan Toolbox Case 2 Regional Coast Colour - SNAP untuk Estimasi Total Suspended Solids Pada Citra Landsat 8

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANDIN GANGSAR RIZQULLOH

NRP. 033 1 16 40000 078

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D



SURABAYA, JULI 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat, karunia-Nya serta segala kekuatan, kesabaran, dan kesehatan yang diberikan pada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ditengah masa pandemi COVID-19 dengan judul “**Analisis Penggunaan Toolbox Case 2 Regional Coast Colour - SNAP untuk Estimasi Total Suspended Solids Pada Citra Landsat 8**” dengan tepat waktu.

Laporan ini disusun sebagai wadah untuk menuangkan hasil penelitian Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Sarjana pada Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Ucapan terima kasih tak henti-hentinya penulis haturkan kepada pihak-pihak yang telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir ini sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, khususnya kepada:

1. Kepada Bapak Priyo Utomo dan Ibu Ana Meigitati, selaku kedua orang tua penulis beserta keluarga besar di Pacitan yang selalu mendukung penulis, memberikan doa, dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan kegiatan penelitian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dinar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya serta segenap jajarannya yang telah memberikan kemudahan dan dukungan selama mengikuti pendidikan di Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir atas waktu,

saran dan arahan serta kesabaran yang telah diberikan selama membimbing penulis.

4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di Departemen Teknik Geomatika atas ilmu, kritik dan saran yang diberikan kepada penulis.
5. *Mas* dan *Mbak* senior serta rekan-rekan di Laboratorium Pusat Studi Kebumian, Bencana dan Perubahan Iklim (PSKBI) – ITS atas saran, arahan semangat serta bimbingannya.
6. Teman-teman angkatan 2016 yang senantiasa membantu dan mendukung penulis.

Penulis berharap, penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada banyak pihak serta dapat memperkaya literatur penelitian-penelitian sejenis yang akan dilakukan pada masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf sebesar-besarnya. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan ke depannya. Semoga laporan ini bisa memberikan manfaat kepada pembaca.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | ix |
| KATA PENGANTAR | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR, GRAFIK, DAN DIAGRAM..... | xv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Landsat 8 | 7 |
| 2.1.1 Sensor Landsat 8 | 8 |
| 2.1.2 Orbit dan Akuisisi Data Landsat 8 | 9 |
| 2.1.3 Produk Data Landsat 8 | 10 |
| 2.2 Total Suspended Solid (TSS) | 12 |
| 2.3 Koreksi Radiometrik | 14 |
| 2.3.1 Kalibrasi Radiometrik | 15 |
| 2.3.3 Koreksi Atmosfer | 16 |
| 2.4 C2RCC (<i>Case 2 Regional Coast Colour</i>)..... | 17 |
| 2.4.1 Deskripsi Prosesor C2RCC | 17 |
| 2.4.2 <i>I/O Parameters</i> C2RCC | 18 |
| 2.4.3 Parameter Pemrosesan Landsat 8 | 19 |
| 2.4.4 Algoritma Utama pada C2RCC | 19 |
| 2.5 AODN (<i>Australian Ocean Data Network</i>)..... | 23 |
| 2.5.1 <i>National Outfall Database</i> | 24 |
| 2.6 Uji Statistika..... | 25 |
| 2.6.1 Korelasi Pearson | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.6.2 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> | 26 |
| 2.6.3 <i>Normalized Mean Absolute Error (NMAE)</i> | 26 |
| 2.7 Penelitian Terdahulu..... | 27 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 31 |
| 3.1 Lokasi Penelitian | 31 |
| 3.2 Peralatan dan Data..... | 32 |
| 3.2.1 Peralatan | 33 |
| 3.2.2 Data | 33 |
| 3.3 Metode Penelitian..... | 35 |
| BAB IV HASIL DAN ANALISIS | 41 |
| 4.1 Data..... | 41 |
| 4.1.1 Data Citra Landsat 8 | 41 |
| 4.1.2 Data In Situ TSS | 42 |
| 4.2 Nilai Reflektan Permukaan Citra Landsat 8 | 42 |
| 4.3 Hasil Estimasi TSS | 44 |
| 4.3.1 Estimasi TSS Citra 28 September 2014 | 45 |
| 4.3.2 Estimasi TSS Citra 02 Januari 2015 | 46 |
| 4.3.3 Estimasi TSS Citra 29 Desember 2015 | 47 |
| 4.3.4 Estimasi TSS Citra 31 Juli 2016 | 49 |
| 4.3.5 Estimasi TSS Citra 31 Desember 2016 | 50 |
| 4.3.6 Estimasi TSS Citra 29 April 2017 | 52 |
| 4.3.7 Estimasi TSS Citra 31 Oktober 2017 | 53 |
| 4.3.8 Estimasi TSS Citra 28 Juni 2018 | 55 |
| 4.2 Hasil Uji Statistik..... | 56 |
| 4.3 Analisa Hasil Penelitian..... | 62 |
| BAB V PENUTUP | 67 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 67 |
| 5.2 Saran | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 69 |
| LAMPIRAN | 73 |

DAFTAR GAMBAR, GRAFIK, DAN DIAGRAM

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Pengaruh Atmosfer Terhadap Citra..... | 16 |
| Gambar 2.2 Tampilan antarmuka C2RCC pada Landsat 8 | 18 |
| Gambar 3.1 Lokasi penelitian pertama pada Brisbane, Queensland, Australia | 31 |
| Gambar 3.2 Lokasi penelitan kedua pada wilayah Hobart, Tasmania, Australia..... | 32 |
| Gambar 3.3 Diagram alir tahapan penelitian tugas akhir | 35 |
| Gambar 3.4 Diagram alir proses pengolahan data | 37 |
| Gambar 4.1 Grafik nilai reflektan pancaran-air (C2RCC) | 42 |
| Gambar 4.2 Grafik nilai reflektan permukaan (USGS)..... | 43 |
| Gambar 4.3 Grafik nilai reflektan pancaran-air (C2RCC) | 43 |
| Gambar 4.4 Grafik nilai reflektan permukaan (USGS)..... | 44 |
| Gambar 4.5 Plot TSS citra 28/09/14 dan in-situ 30/09/14 | 56 |
| Gambar 4.6 Plot TSS citra 02/01/15 dan in-situ 31/12/14 | 57 |
| Gambar 4.7 Plot TSS citra 29/01/15 dan in-situ 31/12/15 ... | 58 |
| Gambar 4.8 Plot TSS citra 31/07/16 dan in-situ 31/07/16 | 58 |
| Gambar 4.9 Plot TSS citra 31/12/16 dan in-situ 31/12/16 | 59 |
| Gambar 4.10 Plot TSS citra 29/04/17 dan in-situ 30/04/17 ... | 60 |
| Gambar 4.11 Plot TSS citra 31/10/17 dan in-situ 31/10/17 ... | 60 |
| Gambar 4.12 Plot TSS citra 28/06/18 dan in-situ 30/06/18 ... | 61 |
| Gambar 4.13 Plot TSS semua data match-up TSS citra dan in situ | 62 |
| Gambar 4.14 Plot TSS semua citra dan in situ berdasarkan selisih waktu akuisisi data..... | 64 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Perbandingan Kanal Landsat 8 OLI – TIRS dengan Kanal Landsat 7 ETM+ | 8 |
| Tabel 2.2 Level pemrosesan untuk data Landsat 8 Collection 1 Level-1..... | 11 |
| Tabel 2.3 Koefisien penyerapan ozon, a_{ozone} [cm-1], untuk MERIS | 21 |
| Tabel 3.1 Data Citra Landsat 8 dan Jumlah Titik Pengamatan pada wilayah Brisbane, Queensland, Australia. | 34 |
| Tabel 3.2 Data Citra Landsat 8 dan Jumlah Titik Pengamatan pada wilayah Hobart, Tasmania. Australia..... | 34 |
| Tabel 4.1 Data Citra Landsat 8..... | 41 |
| Tabel 4.2 Hasil Estimasi TSS Citra 28 September 2014..... | 45 |
| Tabel 4.3 Hasil Estimasi TSS Citra 02 Januari 2015..... | 46 |
| Tabel 4.4 Hasil Estimasi TSS Citra 29 Desember 2015..... | 48 |
| Tabel 4.5 Hasil Estimasi TSS Citra 31 Juli 2016 | 49 |
| Tabel 4.6 Hasil Estimasi TSS Citra 31 Desember 2016..... | 51 |
| Tabel 4.7 Hasil Estimasi TSS Citra 29 April 2017..... | 52 |
| Tabel 4.8 Hasil Estimasi TSS Citra 31 Oktober 2017 | 54 |
| Tabel 4.9 Hasil Estimasi TSS Citra 28 Juni 2018 | 55 |
| Tabel 4.10 Hasil uji statistik masing-masing citra..... | 63 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1 Peta Persebaran TSS Wilayah Hobart. | 73 |
| Lampiran 2 Tampilan scene citra Landsat 8 pada wilayah penelitian Brisbane dan Hobart. | 74 |
| Lampiran 3 Metadata National Outfall Database..... | 75 |
| Lampiran 4 Data in situ TSS - National Outfall Database | 77 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang penting ditinjau dari berbagai sudut pandang perencanaan dan pengelolaan. Transisi antara daratan dan lautan di wilayah pesisir telah membentuk ekosistem yang beragam, sangat produktif dan sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia (Hamuna, B, dkk., 2018). Sehingga, mengetahui kualitas perairan sangat penting bagi kehidupan manusia. Kebutuhan akan pemantauan kualitas perairan di lingkungan pesisir laut yang lebih efisien baru-baru ini telah menuntun pada kemajuan penting dalam perkembangan teknologi satelit penginderaan jauh dan algoritma penelitian (Blondeau-Patissier, dkk., 2014). Dalam kegiatan pemantauan kualitas perairan di lingkungan pesisir laut, teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk memantau kadar *Total Suspended Solid* (TSS) maupun klorofil-a (Chl-a) yang merupakan beberapa parameter penentu kualitas perairan (Karondia & Jaelani, 2015)., sehingga mengetahui kualitas air pantai sangat penting dari perspektif penggunaan dan pengelolaan sumber daya pesisir.

Berdasarkan hal tersebut, berbagai macam algoritma telah dikembangkan agar dapat digunakan untuk menghitung kadar *Total Suspended Solid* maupun Chl-a secara efektif serta akurat dengan memanfaatkan teknologi satelit penginderaan jauh. Salah satunya adalah *C2RCC* atau *Case 2 Regional Coast Colour*. *C2RCC* merupakan salah satu perangkat yang ada pada perangkat lunak SNAP dan dikembangkan oleh Doerffer dan Schiller menggunakan basis data dari simulasi inversi transfer radiatif untuk mengubah *TOA radiancance (top of atmosphere radiancance)* ke radiancance pancaran-air “*water-leaving radiancance*” (sinyal air) menggunakan teknologi jaringan syaraf (*neural*

network) untuk mendapatkan komponen optikal air atau *IOP* (*Inherent Optical Properties*) (Brockman, C, dkk., 2016). Konsentrasi TSS dan Chl-a yang dihasilkan dihitung berdasarkan *IOP* tersebut.

C2RCC dapat digunakan pada beberapa sensor, mulai dari Sentinel-3 OLCI (*Ocean and Land Colour Instrument*), Sentinel-2 MSI (*Multispectral Instrument*) hingga Landsat-8 OLI (*Operational Land Imager*) dan sensor turunan MERIS. C2RCC Juga didukung oleh citra MODIS, VIIRS dan SeaWiFS. Di Indonesia, citra satelit Landsat 8 merupakan salah satu sumber data penginderaan jauh yang sangat populer. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Sitanggang, G (2010) dalam “Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8)”, citra satelit landsat 8 dengan pemilihan kanal spektral yang tepat untuk suatu aplikasi tertentu, penentuan teknik serta metode pengolahan dan analisis digital yang tepat, data citra satelit LDCM (Landsat-8) akan efektif dan efisien digunakan dalam peramalan pertanian, eksplorasi energi, pemantauan ekosistem, pengelolaan sumber alam, pemetaan penggunaan lahan/penutup lahan, pengumpulan intelijen militer, mitigasi bencana dan pemantauan lingkungan.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu terkait penggunaan perangkat C2RCC ini, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Govindaraj, S dan Saravanakumar, A (2019) tentang validasi klorofil dan TSM dengan menggunakan sentinel-2 MSI di Sungai Vellar pesisir tenggara India Tamil Nadu. Konsentrasi klorofil-a dan TSM yang didapatkan melalui C2RCC kemudian dibandingkan dengan data *in-situ*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma C2RCC secara konstan memperkirakan nilai Chl-a dan TSM lebih tinggi atau lebih rendah, sehingga estimasi klorofil-a dan TSM sentinel-2 menggunakan C2RCC perlu diuji lebih lanjut dengan data in-

situ yang lebih luas untuk meningkatkan akurasi algoritma pengukuran klorofil dan TSM.

Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa seperti algoritma penginderaan jauh pada umumnya, C2RCC juga memiliki keterbatasan akurasi pada hasil perhitungan datanya. Sehingga, diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan perangkat C2RCC untuk estimasi TSS dan Chl-a. Pada penelitian ini dilakukan pendugaan nilai TSS menggunakan perangkat C2RCC dengan citra satelit yang digunakan adalah Landsat 8. Studi kasus atau wilayah pada penelitian adalah Brisbane dan Hobart, Australia. Hasil estimasi TSS kemudian dilakukan analisis perbandingan dan *match-up* terhadap data in-situ kadar TSS yang diperoleh dari situs web AODN (*Australian Ocean Data Network*) dan diplot pada diagram pencar (*scatter plot*) untuk mengetahui seberapa akurat data estimasi TSS yang dihasilkan. Perbedaan nilai antara hasil estimasi TSS dari C2RCC dengan data in situ TSS dievaluasi menggunakan uji statistik NMAE (Normalized Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Square Error), dan korelasi pearson—kekuatan hubungan linier antara 2 variabel.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana penggunaan perangkat C2RCC untuk estimasi TSS menggunakan citra satelit Landsat 8?
2. Bagaimana hasil perbandingan dan uji statistik antara data estimasi TSS menggunakan perangkat C2RCC pada citra satelit Landsat 8 dengan data *in-situ* TSS?
3. Bagaimana persebaran TSS yang ada pada perairan Brisbane dan Hobart?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tugas akhir ini dapat lebih fokus dan pembahasannya tidak terlalu melebar ke aspek-aspek yang jauh dari relevansi, untuk itu perlu dilakukan pembatasan ruang lingkup masalah. Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Citra yang digunakan untuk mengestimasi nilai (*Total Suspended Solid*) TSS adalah citra satelit Landsat 8 OLI L1TP dengan tahun akuisisi data 2014-2018 yang telah disesuaikan dengan data *in-situ*.
2. Wilayah penelitian adalah Brisbane dan Hobart, Australia.
3. Algoritma yang digunakan untuk mengestimasi nilai (*total suspended solid*) TSS adalah algoritma pada perangkat C2RCC.
4. Metode perbandingan nilai (*total suspended solid*) TSS dilakukan dengan uji-uji statistika r^2 , RMSE dan NMAE.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis penggunaan perangkat C2RCC untuk estimasi TSS menggunakan citra satelit Landsat 8.
2. Menganalisis korelasi antara data estimasi TSS menggunakan perangkat C2RCC pada citra satelit Landsat 8 dengan data *in-situ* TSS.
3. Pembuatan peta persebaran (*total suspended solid*) TSS perairan Brisbane dan Hobart.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui korelasi antara data estimasi *TSS* menggunakan perangkat C2RCC pada citra satelit Landsat 8 dengan data *in situ TSS*, berdasarkan uji-uji statistik yang telah dilakukan. Dari korelasi tersebut dapat digunakan sebagai indikator keakuratan perangkat C2RCC untuk pendugaan *TSS*. Selain itu, manfaat lain dari penelitian ini adalah mengetahui persebaran *TSS* yang ada pada perairan Brisbane dan Hobart.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landsat 8

Landsat 8 adalah sebuah satelit observasi bumi buatan Amerika yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013. Tujuan utama misi Landsat 8 adalah untuk memperluas catatan Landsat ke masa depan dan menjaga kesinambungan pengamatan sehingga data Landsat 8 konsisten dan dapat dibandingkan dengan yang ada di sistem Landsat sebelumnya (Roy dkk., 2014). Landsat 8 memiliki beberapa tujuan dalam operasinya, antara lain:

- a) Mengumpulkan dan mengarsipkan data citra resolusi menengah, multispektral reflektif dengan cakupan musiman massa lahan global untuk jangka waktu tidak kurang dari lima tahun.
- b) mengumpulkan dan mengarsipkan data gambar termal multispektral resolusi-sedang dengan cakupan musiman dari massa daratan global untuk jangka waktu tidak kurang dari tiga tahun.
- c) memastikan bahwa data cukup konsisten dengan data dari misi Landsat sebelumnya, dalam hal geometri akuisisi, kalibrasi, karakteristik cakupan, karakteristik spektral dan spasial, kualitas produk output, dan ketersediaan data, untuk memungkinkan studi tutupan lahan dan perubahan penggunaan lahan selama periode multi-dekade.
- d) mendistribusikan produk data standar dengan dasar nondiskriminatif dan tanpa biaya kepada pengguna.

2.1.1 Sensor Landsat 8

Satelit Landsat 8 membawa muatan dua sensor, *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), yang dijelaskan secara rinci dalam (Irons dkk. 2012) dan dirangkum dalam Tabel 2.1. kanal spektral OLI dan TIRS tetap sama dengan kanal Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper plus* (ETM+) (Roy dkk., 2014).

Tabel 2.1 Perbandingan Kanal Landsat 8 OLI – TIRS dengan Kanal Landsat 7 ETM+

| Landsat 8 | | Landsat 7 | |
|--|-----------------------------|---|-----------------------------|
| Deskripsi kanal | λ (μm) | Deskripsi kanal | λ (μm) |
| Kanal 1 – biru (30 m) | 0,43-0,45 | | |
| Kanal 2 – biru (30 m) | 0,45-0,51 | Kanal 1 – biru (30 m) | 0,45-0,52 |
| Kanal 3 – hijau (30 m) | 0,53-0,59 | Kanal 2 – biru (30 m) | 0,52-0,60 |
| Kanal 4 – merah (30 m) | 0,64-0,67 | Kanal 3 – hijau (30 m) | 0,63-0,69 |
| Kanal 5 – inframerah-dekat (30 m) | 0,85-0,88 | Kanal 4 – merah (30 m) | 0,77-0,90 |
| Kanal 6 – inframerah-gelombang pendek (30 m) | 1,57-1,69 | Kanal 5 - inframerah-gelombang pendek (30m) | 1,55-1,75 |
| Kanal 7 – inframerah-gelombang pendek (30 m) | 2,11-2,29 | Kanal 7 - inframerah-gelombang pendek (30m) | 2,09-2,35 |
| Kanal 8 – <i>panchromatic</i> (15 m) | 0,50-0,68 | Kanal 8 – <i>panchromatic</i> (15 m) | 0,52-0,90 |

| Landsat 8 | | Landsat 7 | |
|---|-----------------------------|---|---|
| Deskripsi kanal | λ (μm) | Deskripsi kanal | λ (μm) |
| Kanal 9 – <i>cirrus</i> (30 m) | 1,36-1,38 | | |
| Kanal 10 – <i>thermal-</i> inframerah (100m) | 10,60- 11,19 | Kanal 10 – <i>thermal-</i> inframerah (60 m) | 10,40- 12,50 (<i>high</i> <i>gain</i>) |
| Kanal 11 – <i>thermal-</i> inframerah (100m) | 11,50- 12,51 | Kanal 11 – <i>thermal-</i> inframerah (60 m) | 10,40- 12,50 (<i>low</i> <i>gain</i>) |

(Sumber: P. Roy dkk, 2014)

Dibandingkan dengan ETM+, sensor OLI memiliki dua kanal dengan panjang gelombang reflektif tambahan: kanal biru dengan panjang gelombang baru yang lebih pendek (0,43-0,45 μm) yang dimaksudkan untuk meningkatkan kepekaan terhadap klorofil dan bahan tersuspensi lainnya di perairan pantai dan untuk mendapatkan sifat *aerosol* pada atmosfer, dan kanal inframerah-gelombang pendek baru (1,36–1,39 μm) untuk deteksi awan *cirrus* (Roy dkk., 2014).

2.1.2 Orbit dan Akuisisi Data Landsat 8

Satelit Landsat 8 berada dalam orbit *near-polar, sun-synchronous*, dengan keliling orbit sejauh 705 km, posisi yang sama dengan Landsat 5 yang baru saja dinonaktifkan. Data Landsat 8 diambil dalam petak 185 km dan dibagi menjadi area 185 km \times 180 km. Landsat 8 memiliki siklus kunjungan berulang selama 16 hari dengan waktu pengambilan data pada jam 10 pagi \pm 15 menit waktu setempat. Landsat 8 mengambil sekitar 740 *scene* tiap

harinya pada sistem *path/row Worldwide Reference System-2 (WRS-2)*, dengan bagian yang *overlap/sidelap* bervariasi dari 7% di ekuator hingga maksimum rata-rata 85% pada latitude ekstrem (USGS, 2013).

2.1.3 Produk Data Landsat 8

Produk data *Landsat Collection 1 Level-1* diproduksi oleh *Landsat Product Generation System (LPGS)* dengan menggunakan parameter standar. LPGS juga menghasilkan 16-bit *Quality Assessment Band (QA)* dan sebuah file koefisien sudut yang termasuk dalam produk level-1 dan dibuat menggunakan tingkat pemrosesan terbaik yang tersedia untuk setiap *scene* tertentu. Tingkat pemrosesan yang digunakan ditentukan dengan berdasarkan keberadaan *ground control point (GCP)*, data ketinggian yang pada *Digital Elevation Model (DEM)*, dan / atau data yang dikumpulkan oleh pesawat ruang angkasa dan sensor *Payload Correction Data (PCD)* (USGS, 2013). Berikut ini merupakan beberapa spesifikasi mengenai produk data landsat 8:

- Format keluaran *GeoTIFF*
- Metode resampling *Cubic Convolution (CC)*
- Resolusi spasial: 30-meter (TM, ETM+) and 60-meter (MSS)
- Sistem koordinat: *Universal Transverse Mercator (UTM)*, proyeksi peta (*Polar Stereographic projection* untuk *scene* dengan latitude tengah lebih besar atau sama dengan -63.0 derajat)
- Datum: *World Geodetic System (WGS) 84*
- Orientasi peta: atas-utara

Level pemrosesan untuk data Landsat Collection 1 Level-1 ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Level pemrosesan untuk data Landsat Collection 1 Level-1

| Level Proses | Deskripsi |
|--|---|
| Terrain Precision Correction (L1TP) | Terkalibrasi radiometrik dan orthorektifikasi menggunakan <i>ground control points</i> (GCPs) dan data <i>digital elevation model</i> (DEM) data untuk mengoreksi <i>relief displacement</i> . Produk Level-1 kualitas tertinggi yang cocok untuk analisis <i>time series</i> level-pixel. |
| Systematic Terrain Correction (L1GT) | Dikalibrasi secara radiometrik dengan koreksi geometrik sistematis yang diterapkan menggunakan data pesawat ruang angkasa ephemeris dan data DEM untuk mengoreksi <i>relief displacement</i> . Catatan: L1GT adalah tingkat kalibrasi radiometrik tertinggi dan koreksi sistematis yang mungkin untuk <i>scene</i> Landsat 7 dan Landsat 8 yang dikumpulkan di Antartika. Produk L1GT menggunakan <i>Radarsat Antarctic Mapping Project</i> (RAMP) versi 2 resolusi tinggi sebagai sumber koreksi ketinggian. |
| Geometric Systematic Correction (L1GS) | Tekalibrasi radiometrik dengan hanya menerapkan koreksi geometrik sistematis dari pesawat. |

(Sumber: USGS, 2013)

2.2 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau muatan padatan tersuspensi adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1 \mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan miliopore dengan diameter pori $0,45 \mu\text{m}$. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis (Effendi, 2000). Penentuan muatan padat tersuspensi (TSS) berguna untuk mengetahui tingkatan pencemaran air limbah domestik di suatu perairan, dan juga berguna untuk penentuan efisiensi unit pengolahan air. Pengukuran TSS dapat dilakukan secara langsung (pengukuran laboratorium) dan menggunakan metode penginderaan jauh.

Untuk pengukuran secara langsung (laboratorium) (Jaelani, 2018), berikut ini merupakan tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan:

- a) Tahap pertama gunakan peralatan vakum untuk melakukan penyaringan kemudian siram dengan sedikit air suling untuk membasahi.
- b) Selanjutnya gunakan pengaduk magnetik dan aduk sampel air agar dihasilkan sampel air yang lebih homogen.
- c) Pada saat proses pengadukan, ambil sampel air menggunakan pipet dengan volume tertentu.
- d) Cuci kertas saring dengan air suling 10 ml sebanyak 3 kali dan biarkan kering sempurna, kemudian lanjutkan proses penyaringan dengan peralatan vakum selama 3 menit agar diperoleh tingkat penyaringan yang

sempurna. Sampel air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan proses pencucian yang berulang.

- e) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f) Kemudian keringkan saringan menggunakan oven kurang lebih selama 1 jam pada suhu 103°C - 105°C , selanjutnya dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu.
- g) Kemudian timbang saringan.
- h) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

Selain pengukuran secara langsung, metode penginderaan jauh dapat digunakan untuk menghitung kadar TSS di suatu perairan. Dengan memanfaatkan citra satelit, kadar TSS dapat dihitung menggunakan algoritma-algoritma yang ada. Berikut ini merupakan beberapa algoritma-algoritma yang digunakan untuk menghitung kadar TSS:

- a) Algoritma Jaelani (2015)
Algoritma tersebut menggunakan perbandingan kanal 2 (kanal biru) dan kanal 3 (kanal hijau) dalam format *remote sensing reflectance* atau $Rrs(\lambda)$ (Jaelani, Setiawan, & Matsushita, 2015).

$$\log TSS (mg/l) = 1,5212 \frac{\log Rrs(\lambda_2)}{\log Rrs(\lambda_3)} - 0,3698 \quad (1)$$

b) Algoritma Laili (2015).

Algoritma tersebut menggunakan perbandingan kanal 2 (kanal biru) dan kanal 4 (kanal merah) dalam format *remote sensing reflectance* (Rrs) (Laili, N dkk., 2015).

$$TSS (mg/l) = 31,420 \frac{\log Rrs(\lambda 2)}{\log Rrs(\lambda 4)} - 12,719 \quad (2)$$

c) Algoritma Parwati (2014).

Algoritma tersebut menggunakan kanal 4 (kanal merah) dengan format data reflektan yang sudah terkoreksi efek atmosfer (Parwati & Purwanto, 2014).

$$TSS (mg/l) = 3,3238 \times \exp(34,099) \times \rho(BoA) \quad (3)$$

2.3 Koreksi Radiometrik

Tahap awal dalam pengolahan citra (*image processing*) adalah melakukan koreksi radiometrik, atmosferik dan geometrik. Koreksi radiometrik meliputi kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel agar sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama (Soenarmo, 2009), dan juga untuk menghilangkan atau meminimalisir kesalahan radiometrik akibat aspek eksternal berupa gangguan atmosfer pada saat proses perekaman.

Gangguan atmosfer ini dapat berupa serapan, hamburan, dan pantulan yang menyebabkan nilai piksel pada citra hasil perekaman tidak sesuai dengan nilai piksel obyek sebenarnya di lapangan. Kesalahan radiometrik pada citra dapat menyebabkan kesalahan interpretasi terutama jika interpretasi dilakukan secara digital yang mendasarkan pada nilai piksel (Fawzi,

2016). Koreksi radiometrik ini sangat penting untuk dilakukan agar hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan (Chander, dkk, 2007).

2.3.1 Kalibrasi Radiometrik

Sebelum melakukan koreksi atmosfer, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi radiometrik (Muchsin, Fibriawati, & Pradhono, 2018). Kalibrasi radiometrik merupakan langkah pertama yang harus dilakukan saat akan mengolah data citra satelit. Tujuan utama dari kalibrasi radiometrik ini adalah untuk mengubah data pada citra yang (pada umumnya) disimpan dalam bentuk *Digital Number (DN)* menjadi *radiance* dan/atau *reflectance*, atau ke *brightness temperature* (untuk kanal *Thermal Infrared*) (Jaelani, 2013).

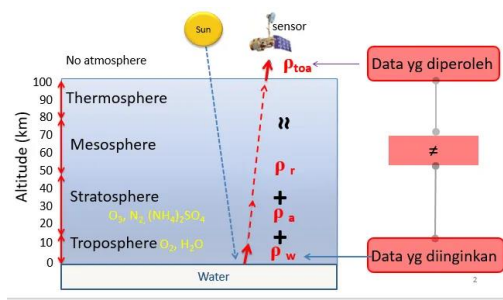
Koreksi ini dilakukan untuk memperbaiki kesalahan atau distorsi yang diakibatkan oleh tidak sempurnanya operasi dan sensor, adanya atenuasi gelombang elektromagnetik oleh atmosfer, variasi sudut pengambilan data, variasi sudut eliminasi, sudut pantul dan lain-lain yang dapat terjadi selama pengambilan, pengiriman serta perekaman data (Tarihoran, 2019). Spesifikasi kesalahan radiometrik adalah:

- a) Kesalahan satuan akibat pemakaian multi detektor dalam mengindra garis citra.
- b) Kesalahan pengamatan detektor yang berubah sesuai perubahan waktu.
- c) Kesalahan berbentuk nilai digital yang mempunyai hubungan linier dengan tingkat radiasi dan panjang gelombang elektromagnetik.
- d) Kesalahan yang dapat dikoreksi otomatis adalah kesalahan sistematik dan tetap, yang tetap diperkirakan sebelumnya.

- e) Kesalahan garis scan dapat dikoreksi dengan penyesuaian histogram tiap detektor pada daerahdaerah homogenitas misalnya diatas badan air, apabilaada penyimpangan dapat diperbaiki.
- f) Kesalahan bias atau pengaturan kembali detektor apabila *mean* dan *median* detektor berbeda.

2.3.3 Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer merupakan salah satu algoritma koreksi radiometrik yang relatif baru. Koreksi ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai parameter atmosfer dalam proses koreksi. termasuk faktor musim, dan kondisi iklim di lokasi perekaman citra (misalnya tropis, sub-tropis, dan lainnya). Kelebihannya ada pada kemampuannya untuk memperbaiki gangguan atmosfer seperti kabut tipis, asap, dan lain-lain (Kristianingsih, Wijaya, & Sukmono, 2016).



Gambar 2.1 Pengaruh Atmosfer Terhadap Citra
(Sumber: Jaelani, 2016)

Gambar 2.1 di atas memperlihatkan bahwa atmosfer mampu mempengaruhi gelombang elektromagnetik dari matahari ke objek dan dari objek ke sensor yang

menyebabkan terjadinya kesalahan pada data citra, di mana data citra yang diperoleh dengan data yang diinginkan tidak sama. kesalahan tersebut dapat diminimalkan dengan melakukan koreksi atmosfer. Pengaruh atmosfer (*noise*) menurut Jaelani (2016), secara umum dibagi menjadi dua yaitu pengaruh yang disebabkan oleh: molekul yang disebut sebagai *rayleigh scattering* dan partikel yang disebut sebagai *mie scattering* atau *aerosol scattering*.

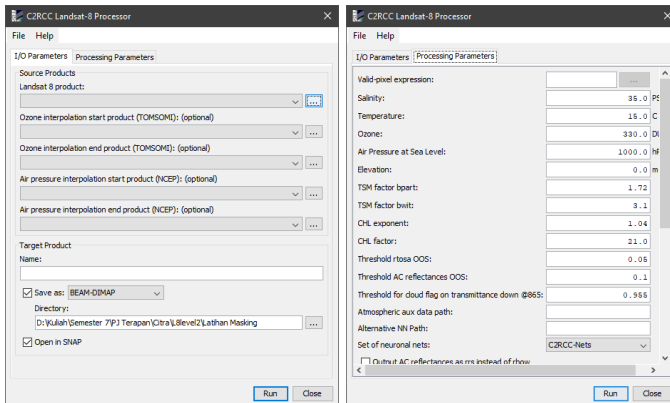
2.4 C2RCC (Case 2 Regional Coast Colour)

Case 2 Regional Processor pada SNAP yang dikembangkan oleh Doerffer dan Schiller menggunakan database simulasi transfer radiatif dari radiansi pancaran-air (*water-leaving*) atau sinyal air juga radian *top of atmosphere* atau sinyal satelit. Inversi dari sinyal satelit serta sinyal air dilakukan dengan *neural network* sebagai teknologi dasar (Brockman dkk., 2016). Menurut Brockman dkk., (2016) konsep ini pertama dikenalkan pada akhir 1990-an di MERIS *ground segment* yang kemudian dikembangkan secara publik sebagai prosesor *open source* yang terdapat di perangkat pemroses data pada BEAM EO (C2RCC). Prosesor C2RCC digunakan untuk untuk mengambil nilai konstituen air di zona pesisir. C2RCC mendukung beberapa sensor, mulai dari Sentinel-3 OLCI, Sentinel-2 MSI hingga Landsat-8 OLI dan sensor turunan MERIS serta MODIS, VIIRS dan SeaWiFS. Hasil untuk sensor yang lebih baru diturunkan oleh versi model bio-optik yang lebih lama sehingga struktur dan variabel *output* yang mungkin berbeda.

2.4.1 Deskripsi Prosesor C2RCC

Tampilan antarmuka pengguna dari C2RCC terdiri atas menu dan grup tombol di bagian bawah (*button*

group). Penggunaanya umum untuk semua jenis sensor dengan prosesor-prosesor (prosesor disini dimaksudkan pada perangkat untuk mengolah masing-masing jenis citra seperti OLCI, Sentinel-2, Landsat 8 dan lainnya) yang spesifik. Pada *I/O Parameters* juga umum untuk semua prosesor. Pada bagian *menu* terdapat 2 sub-menu yaitu *File* dimana merupakan tempat membuka, menyimpan dan menampilkan parameter-parameter yang digunakan serta *Help* yang merupakan panduan untuk mengoperasikan prosesor ini. Grup tombol terdiri atas *Run*, tombol yang digunakan untuk memproses citra dan *Close*.



Gambar 2.2 Tampilan antarmuka C2RCC pada Landsat 8
Sumber: (Software SNAP)

2.4.2 I/O Parameters C2RCC

I/O Parameters (dapat dilihat pada gambar 2.2) menentukan sumber-sumber data mana yang akan digunakan dan dimana hasilnya akan disimpan. Parameter-parameter ini bersifat umum untuk semua operator C2RCC terlepas dari sensor tertentu. *I/O Parameters* terdiri atas

sumber produk (*Source Product*), data produk tambahan (*Ancillary data product*), dan target produk.

Parameter pertama adalah sensor dari sumber produk (*source product*), validasi dilakukan apakah produk tertentu cocok dengan prosesor yang digunakan saat ini. Sederhananya, pada bagian ini citra yang akan diolah dimasukkan. Pada data produk tambahan (*Ancillary data product*) terdapat 4 data tambahan yang terdiri atas 2 untuk ozon dan 2 untuk tekanan udara. Data tambahan tersebut merupakan pilihan, apakah ingin dimasukkan dalam parameter atau tidak. Data tambahan tersebut dapat diunduh pada situs web (<https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/Ancillary/Meteorological>).

2.4.3 Parameter Pemrosesan Landsat 8

Terdapat beberapa parameter pemrosesan yang digunakan antara lain *valid-pixel expression* (ekspresi aritmatika menentukan piksel yang valid untuk diproses. Piksel yang tidak valid akan ditandai sebagai tidak ada data di produk target), salinitas, temperatur, ozon, tekanan udara, elevasi, *TSM factor bpart* (faktor konversi bpart), *TSM factor bwit* (faktor konversi bwit), *CHL exponent*, *CHL factor*, *Threshold for cloud flag on down transmittance @865*, *Atmospheric aux data path*, *Alternative NN Path*, *Set of neuronal nets*, dan lain-lain serta beberapa pilihan keluaran produk.

2.4.4 Algoritma Utama pada C2RCC

Berdasarkan Doerffer, R. (2015) pada dokumen basis teori algoritma (*Algorithm Theoretical Bases Document-ATBD*), algoritma dan simulasi jaringan syaraf dibagi menjadi 2 bagian:

1. Pengambilan reflektan pancaran-air (R_w) dari *top of atmosphere (toa) reflectance*. Reflektan pada band 9 (708 nm) dikoreksi karena efek pengaruh uap air menggunakan reflektan pada band 15 (900 nm) dan band 14 (885 nm) menurut standar koreksi uap air pada MERIS yang diterapkan di *MEGS*.

$$X2 = R_{toa}(15)/R_{toa}(14) \quad (4)$$

dimana:

$X2$ = variable $X2$

$R_{toa}(15)$ = reflektan *toa* pada band 15 MERIS

$R_{toa}(14)$ = reflektan *toa* pada band 14 MERIS

Selanjutnya transmittan karena efek uap air pada band 9 (708 nm) dihitung menggunakan:

$$\begin{aligned} trans(708) = h2o_corpoly(1) & \quad (5) \\ & + h2o_corpoly(2) * X2 \\ & + h2o_corpoly(3) * X2^2 \\ & + h2o_corpoly(4) * X2^3 \end{aligned}$$

dengan koefisien $h2o_corpoly$ (1), (2), (3), (4) yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h2o_cor_poly(1) &= 0,3832989 \\ h2o_cor_poly(2) &= 1,6527957 \\ h2o_cor_poly(3) &= -1,5635101 \\ h2o_cor_poly(4) &= 0,5311913 \end{aligned}$$

dimana:

$trans(708)$ = transmittan pada panjang gelombang
708 nm

$h2o_corpoly$ = polinomial untuk koreksi uap air

sehingga reflektan permukaan pada band 9 yang telah terkoreksi dengan uap air adalah:

$$R_{toa}(9) = R_{toa}(9)/trans(708) \quad (6)$$

dimana:

$R_{toa}(9)$ = reflektan TOSA pada band 9

$R_{toa}(9)$ = reflektan di atas permukaan atmosfer pada band 9

Penyerapan oleh ozon pada *downwelling irradiance* dan *upwelling radiance* yang disesuaikan arah sensor dihitung menggunakan konten kolom ozon dari atmosfer dalam unit Dobson. Koefisien yang digunakan pada penyerapan ozon untuk band MERIS dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.3 Koefisien penyerapan ozon, a_{ozone} [cm^{-1}], untuk MERIS

| | | | | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| kanal | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A [cm^{-1}] | 8,20E-4 | 2,82E-3 | 2,08E-2 | 3,96E-2 | 1,02E-1 | 1,06E-1 |
| kanal | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 1 |
| A [cm^{-1}] | 5,31E-2 | 3,55E-2 | 1,90E-2 | 8,38E-3 | 7,20E-4 | 0,0 |

(Sumber: Doerffer, R., 2015)

kemudian transmittan dihitung dengan:

$$trans_{ozone} = \exp(-(a_{ozone} * c_{oz}/1000)/\cos_{sun} + a_{ozone} * c_{oz}/1000)/\cos_{view} \quad (7)$$

dimana:

trans_ozone = transmittan dari total ozon
 a_ozone = koefisien penyerapan ozon
 c_oz = konsentrasi ozon pada unit Dobson (DU)
 cos_sun = solar flux pada atas atmosfer
 cos_view = cosinus sudut zenith matahari

sehingga didapatkan reflektan permukaan:

$$R_{tosa} = R_{tosa_h20} / \text{trans_ozone} \quad (8)$$

dimana:

R_{tosa} = reflektan di atas atmosfer standar (1013,2 hPa, tanpa ozon)
 R_{tosa_h20} = reflektan TOSA yang terkoreksi terhadap efek uap air
 trans_ozone = transmittan dari total ozon

akhirnya didapatkan reflektan pancaran-air menggunakan persamaan:

$$R_w = L_w / E_{dboa} * \pi \quad (9)$$

dimana:

R_w = *water-leaving reflectance* (reflektan pancaran-air)
 L_w = *water-leaving radiance* (radian pancaran-air)
 E_{dboa} = *downwelling irradiance* di bawah atmosfer

2. Pengambilan *inherent optical properties (IOPs)* atau komponen optik air dari reflektan pancaran-air R_w. Simulasi jaringan syaraf digunakan untuk melakukan inversi dari reflektan pancaran-air R_w ke *inherent optical properties (IOPs)*. Semuanya dilakukan pada Panjang gelombang 443 nm.

3. Pendugaan konsentrasi TSS

Berikut ini merupakan algoritma yang digunakan untuk menentukan TSS pada perangkat *C2RCC*:

$$tsm_a_nn1 = btot_a_nn1 * 1,73 \quad (10)$$

dimana:

tsm_a_nn1 = konsentrasi TSS ($g\ m^{-3}$)

$btot_a_nn1$ = hamburan oleh partikel pada panjang gelombang 443 nm

2.5 AODN (Australian Ocean Data Network)

Australian Ocean Data Network (AODN) adalah jaringan online sumber data kelautan dan iklim yang dapat dioperasikan. AODN adalah kolaborasi antara enam lembaga utama persemakmuran Australia, Sistem Pengamatan Kelautan Terpadu atau *Integrated Marine Observing System* (IMOS), beberapa universitas, kantor pemerintah negara bagian, dan organisasi lain yang ada di Australia, Selandia Baru, dan Pasifik. Koleksi data AODN mencakup area geografis yang luas (dari pantai hingga lautan terbuka, dari khatulistiwa hingga antartika). Ada berbagai parameter yang diamati (fisik, kimia, biologis) dan diperoleh dengan menggunakan berbagai platform serta teknologi (misalnya kapal, wahana autonomus, glider, tambatan, satelit, tanda binatang, radar pantai). Pengguna akhir termasuk peneliti, manajer, pembuat kebijakan, konsultan, pelaut, dan nelayan. Semua produk data yang dikontribusikan ke AODN disediakan secara bebas dan terbuka untuk umum melalui Portal AODN (<https://portal.aodn.org.au/>) (Hidas, M dkk., 2018).

2.5.1 National Outfall Database

Proyek *National Outfall Database* (NOD) membahas kebutuhan pemerintah dan masyarakat untuk memahami dampak pada kesehatan dan lingkungan laut yang terjadi dari pembuangan air limbah di sekitar Australia. Dataset ini adalah bagian dari penilaian dan pemetaan dampak kelautan dari pembuangan air limbah ke laut dan perairan muara di Australia. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk digunakan dalam membantu pengambil keputusan memahami risiko dan memprioritaskan investasi, untuk membantu masyarakat memahami pengelolaan air dan air limbah dan membuat keputusan saat memilih lokasi rekreasi, dan operator swasta yang ingin menggunakan kembali air limbah atau produk yang ditemukan dalam air limbah (IMAS, 2016).

National Outfall Database adalah sumber online yang melacak 29 indikator di 178 lokasi pemantauan. Data juga tersedia untuk diunduh dalam format CSV di bagian "sumber daya online" dari catatan ini, dan akan terus diperbarui ketika data baru tersedia. Dengan lokasi pengamatan yang terletak di antara $9,87896^{\circ}$ - $44,81065^{\circ}$ LS dan $112,54688^{\circ}$ - $155,43750^{\circ}$ BT.

Data kualitas air limbah dikumpulkan dari situs web pemerintah daerah dan melalui permintaan informasi dari personel kunci otoritas pengelolaan air. Sampel data kualitas air dianalisis di laboratorium menggunakan metode yang disetujui oleh Otoritas Perlindungan Lingkungan atau *Environmental Protection Authority* (EPA) 2015. Rentang data pemantauan yang dikumpulkan dari masing-masing instalasi pengolahan air limbah adalah antara April 2012 dan Maret 2016 untuk New South Wales dan Januari 2015 dan Desember 2015 untuk Victoria, Australia Barat, Australia Selatan, Queensland, Wilayah Utara, dan

Tasmania. Basis data ini menyediakan parameter kualitas air limbah yang harus dikumpulkan oleh otoritas pengelola air berdasarkan persyaratan lisensi EPA. Parameter meliputi tetapi tidak terbatas pada pH, amonia (NH₃) mg / L, total nitrogen (TN) mg / L, total fosfor (TP) mg / L, kebutuhan oksigen biokimia 5 hari (BOD₅) mg / L, bakteri coliform faecal cfu / 100ml, total padatan tersuspensi mg / L, dan minyak dan lemak mg / L. Catatan ini dipandu oleh Institut Ilmu Kelautan (IMAS), Universitas Tasmania (UTAS) atas nama *Clean Ocean Foundation Inc.*

2.6 Uji Statistika

2.6.1 Korelasi Pearson

Secara sederhana, korelasi dapat diartikan sebagai hubungan. Namun ketika dikembangkan lebih jauh, korelasi tidak hanya dapat dipahami sebatas pengertian tersebut. Korelasi merupakan salah satu teknik analisis dalam statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel yang bersifat kuantitatif. Korelasi Pearson merupakan salah satu ukuran korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier dari dua variabel. Hubungan dua variabel tersebut dapat terjadi karena adanya hubungan sebab akibat atau dapat pula terjadi karena kebetulan saja. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada variabel yang satu akan diikuti perubahan pada variabel yang lain secara teratur dengan arah yang sama (korelasi positif) atau berlawanan (korelasi negatif) (Laura, 2016).

Korelasi pearson dapat ditentukan menggunakan persamaan dibawah ini (Sugiyono, 2017):

$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2][n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2]}} \quad (11)$$

dimana r adalah koefisien korelasi pearson, n adalah jumlah pengamatan, x dan y adalah dua variabel yang ingin diketahui korelasinya.

2.6.2 Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE atau akar kesalahan kuadrat rata-rata adalah salah satu uji statistik yang digunakan untuk mengukur kesalahan berdasarkan pada selisih antara dua variabel yang bersesuaian. Semakin kecil nilai RMSE antara 2 variabel maka semakin baik kesesuaian antara 2 variabel tersebut. RMSE sering sekali dipakai untuk mencari perbedaan antara nilai prediksi pada model atau estimator dan nilai yang benar-benar diamati (pengukuran lapangan). Secara umum RMSE dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut ini (Jaelani, dkk., 2015):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TSS_{esti,i} - TSS_{in situ,i})^2}{n}} \quad (12)$$

2.6.3 Normalized Mean Absolute Error (NMAE)

Ukuran paling sederhana dari akurasi perkiraan disebut *Mean Absolute Error (MAE)*. Seperti namanya, MAE berarti kesalahan absolut. Kesalahan absolut adalah nilai absolut dari selisih antara nilai perkiraan dan nilai aktual. MAE mengukur akurasi untuk variabel kontinu. MAE

memberi tahu kita seberapa besar kesalahan yang bisa kita perhitungkan dari estimasi rata-rata. MAE mengukur besarnya rata-rata kesalahan dalam serangkaian prediksi, tanpa mempertimbangkan arahnya. MAE adalah rata-rata di atas sampel uji perbedaan absolut antara prediksi dan pengamatan aktual di mana semua perbedaan individu memiliki bobot yang sama (Agrimesoft, 2019).

Sehingga NMAE sendiri merupakan normalisasi rata-rata kesalahan absolut pada rata-rata nilai aktual. Beberapa indikator uji statistik yang telah diuraikan di atas seperti korelasi pearson dan RMSE tidak dapat digunakan untuk membandingkan model jika diterapkan pada daerah kajian yang berbeda atau pada 2 dataset yang berbeda.

Nilai NMAE dapat ditentukan menggunakan persamaan di bawah ini (Jaelani, dkk., 2015):

$$NMAE(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{TSS_{C2RCC,i} - TSS_{In Situ,i}}{TSS_{In Situ,i}} \right| \times 100\% \quad (13)$$

Menurut Jaelani, dkk., (2015) pada Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang, nilai standar NMAE yang digunakan pada penginderaan jauh perairan adalah $\leq 30\%$.

2.7 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang juga menggunakan metode C2RCC untuk pendugaan kadar TSS perairan. Penelitian tersebut merupakan referensi penulis untuk menambah dasar teori serta panduan dalam melakukan penelitian ini. Beberapa penelitian tersebut antara lain:

A. Validasi Klorofil dan TSM di Sungai Vellar dengan Menggunakan Sentinel 2 MSI Pesisir Tenggara India Tamil Nadu

Penelitian yang dilakukan oleh Suthagar Govindaraj dan Ayyappan Saravanakumar (2019). Penelitian ini berjudul “Validasi Klorofil dan TSM di Sungai Vellar dengan Menggunakan Sentinel 2 MSI Pesisir Tenggara India Tamil Nadu”. Pada penelitian tersebut parameter TSM dan klorofil-a diambil dari Sentinel-2 dan nilainya dibandingkan menggunakan pengukuran data *in-situ* yang dilakukan di muara velar selama bulan Januari. Pengukuran *in situ* TSM berkisar antara 7,05 hingga 27,159 (mg/l). Nilai klorofil-a (Chl-a) dan nilai TSM yang didapatkan dari sentinel masing-masing berkisar antara (1,52 hingga 17,10 mg m⁻³) dan (7,05 hingga 30,26 mg m⁻³). Hasilnya koefisien korelasi antara C2RCC dan data *in situ* untuk Chl-a adalah $r^2 = 0,649$ dan TSM $r^2 = 0,7$. Algoritma C2RCC secara konstan memperkirakan nilai chl-a dan TSM lebih tinggi atau lebih rendah. Oleh karena itu studi saat ini mengungkapkan bahwa pengambilan klorofil-a dan TSM sentinel-2 dari C2RCC perlu diuji lebih lanjut dengan data *in-situ* yang luas di dekat muara vellar untuk meningkatkan akurasi algoritma pengukuran klorofil dan TSM di wilayah ini.

B. Evaluasi Produk Sentinel-3A OLCI yang Diperoleh Menggunakan Prosesor C2RCC di atas Laut Baltik

Penelitian dengan judul “Evaluasi Produk Sentinel-3A OLCI yang Diperoleh Menggunakan Prosesor C2RCC di atas Laut Baltik” yang dilakukan oleh Dmytro Kyryliuk dan Susanne Kratzer (2019) ini

meneliti mengenai nilai konstituen dan parameter kualitas perairan seperti *water-leaving irradiance*, *secchi depth*, *TSM*, *CDOM* dan *Chl-a* yang dihasilkan dari proses C2RCC pada citra Sentinel-3A. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut adalah Dmytro Kyrlyuk dan Susanne Kratzer merekomendasikan penggunaan SNAP C2RCC dengan hamburan spesifik TSM yang disesuaikan secara regional untuk pengambilan produk air karena perangkat tersebut dapat bekerja sebaik algoritma untuk pemantauan kekeruhan regional wilayah Laut Baltik. Hal ini dikarenakan produk *Chl-a* yang dihasilkan menunjukkan peningkatan yang substansial (MNB 21%, RMSE 88%, APD 96%, $n = 27$) dibandingkan dengan nilai *chl-a* yang dihasilkan dari MERIS dengan hasil perkiraan yang lebih tinggi. TSM dihasilkan pada tingkat kesalahan yang sebanding dengandata MERIS dengan ((MNB) 25%, (RMSE) 73%, (APD) 63% $n = 23$). Untuk CDOM (MNB 8%, RMSE 56%, APD 54%, $n = 18$). Untuk *Secchi Depth* (MNB 6%, RMSE 62%, APD 60%, $n = 35$) dan kekeruhan (MNB 3%, RMSE 35%, APD 34%, $n = 29$). Nilai tersebut mengingikasikan bahwa algoritma C2RCC menghasilkan data yang bagus terhadap data *in situ*. Selain mendokumentasikan evaluasi prosesor C2RCC, makalah tersebut juga dapat bertindak sebagai buku pegangan tentang validasi data *Ocean Color*.

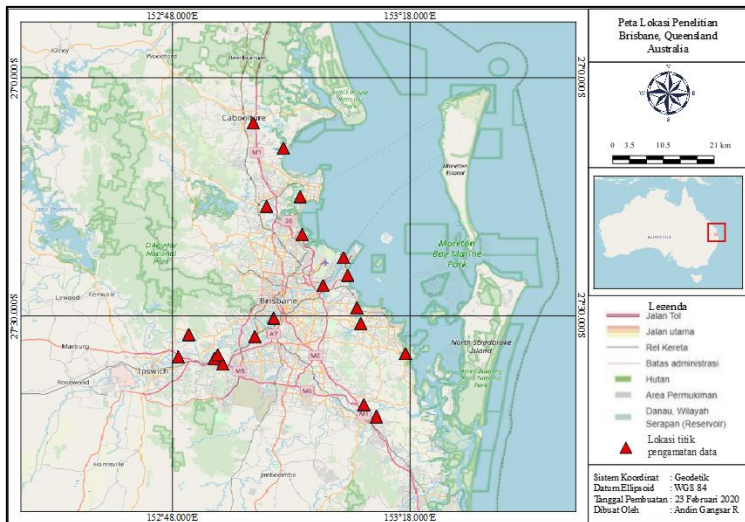
Perbedaan antara penelitian yang dilakukan penulis dengan penelitian yang ada sebelumnya adalah pada citra satelit yang digunakan. Penulis di sini menggunakan citra satelit landsat 8 untuk menghitung kadar TSS dan juga wilayah penelitian yang digunakan pada penelitian ini berbeda dengan wilayah penelitian yang ada sebelumnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

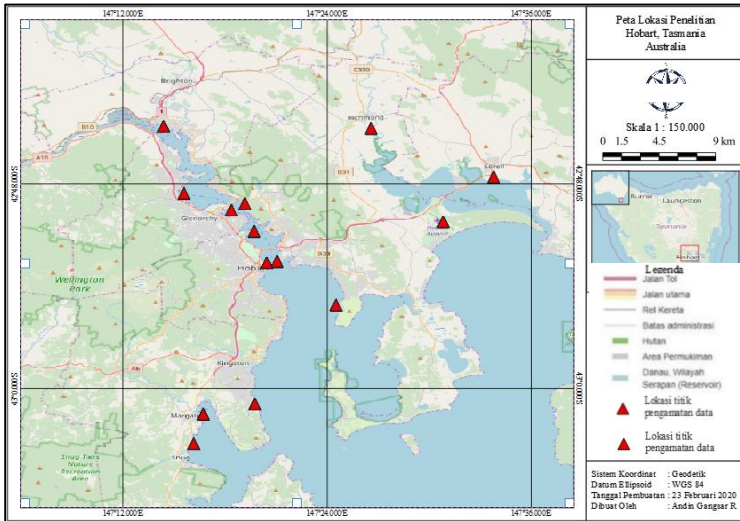
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Wilayah penelitian pada tugas akhir ini ditentukan berdasarkan ketersediaan data *in situ* dari situs web AODN (*Australia Ocean Data Network*). Sehingga terdapat beberapa lokasi penelitian, yang pertama berada di Brisbane, Queensland, Australia dan secara geografis terletak pada koordinat antara $27^{\circ}18' - 27^{\circ}43' \text{ LS}$ dan $152^{\circ}30' - 153^{\circ}30' \text{ BT}$.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian pertama pada Brisbane, Queensland, Australia
(Sumber: Open Street Map, 2020)



Gambar 3.2 Lokasi penelitan kedua pada wilayah Hobart, Tasmania, Australia
(Sumber: Open Street Map, 2020)

Lokasi penelitian kedua terletak di Hobart, Tasmania, Australia yang secara geografis terletak pada koordinat diantara $42^{\circ}43' - 43^{\circ}13' \text{ LS}$ dan $147^{\circ}15' - 147^{\circ}36' \text{ BT}$. Pemilihan kedua lokasi tersebut dilakukan untuk menambah jumlah titik pengamatan, sehingga semakin banyak titik sampel (titik pengamatan) maka data yang dihasilkan akan semakin akurat. Titik-titik segitiga pada gambar 3.1 dan 3.2 merupakan titik *match-up* yang akan dilakukan penelitian.

3.2 Peralatan dan Data

Sebelum melakukan kegiatan penelitian, terlebih dahulu dilakukan perencanaan dan pemilihan peralatan serta data-data

yang nantinya akan digunakan. Berikut ini adalah peralatan dan data yang nantinya akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini.

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

Perangkat Keras
(*Hardware*)

- Laptop
- Mouse

Perangkat Lunak (*Software*)

- SNAP 7.0.0
- ArcMap 10.4.1
- Google Earth
- Perangkat lunak pengolah kata dan angka.

3.2.2 Data

Bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

- Citra satelit Landsat 8 level 1 dan 2 wilayah Brisbane dan Hobart dengan tahun akuisisi data 2014-2018, tahun akuisisi citra tersebut dipilih dengan menyesuaikan ketersediaan data *in situ* TSS.
- Data *in situ* TSS Brisbane atau Hobart yang diambil dari tahun 2014-2018 yang telah disesuaikan dengan waktu akuisisi citra landsat 8 dan nantinya akan digunakan sebagai *match-up* data estimasi TSS dari citra.

Berikut ini merupakan informasi lebih detail mengenai data citra satelit landsat 8 dan jumlah data *in situ* yang dapat digunakan untuk analisis:

Tabel 3.1 Data Citra Landsat 8 dan Jumlah Titik Pengamatan pada wilayah Brisbane, Queensland, Australia.

| No | ID Citra | Tanggal Akuisisi Citra | Lokasi Data | Tanggal Akuisisi Data <i>In Situ</i> | Jumlah Titik awal | Titik tertutup awan | Titik teramati | Δt (Hari) Citra terhadap data <i>in situ</i> |
|--------------|--|------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------|--|
| 1 | LC08_L1TP_089079_20151229_20170331_01_T1 | 29/12/2015 | Brisbane | 31/12/2015 | 27 | 8 | 19 | -2 |
| 2 | LC08_L1TP_089079_20161231_20170314_01_T1 | 31/12/2016 | Brisbane | 31/12/2016 | 27 | 3 | 24 | 0 |
| 3 | LC08_L1TP_089079_20171031_20171109_01_T1 | 31/10/2017 | Brisbane | 31/10/2017 | 27 | 18 | 9 | 0 |
| 4 | LC08_L1TP_089079_20180628_20180716_01_T1 | 28/06/2018 | Brisbane | 30/06/2018 | 27 | 17 | 10 | -2 |
| Jumlah Titik | | | | | | | 62 | |

(Sumber: Hasil *overlay* data titik stasiun pengamatan dengan citra Landsat 8)

Tabel 3.2 Data Citra Landsat 8 dan Jumlah Titik Pengamatan pada wilayah Hobart, Tasmania. Australia.

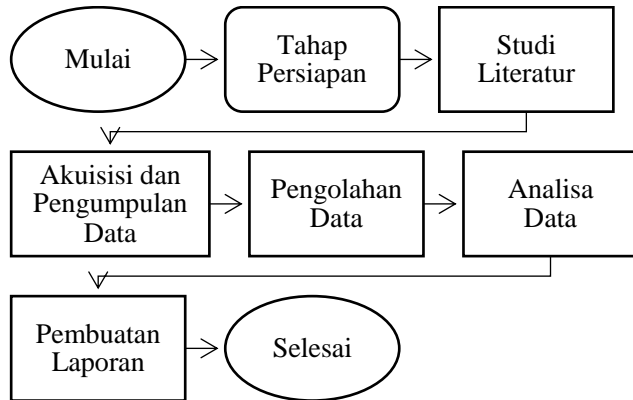
| No | ID Citra | Tanggal Akuisisi Citra | Lokasi Data | Tanggal Akuisisi Data <i>In Situ</i> | Jumlah Titik awal | Titik tertutup awan | Titik teramati | Δt (Hari) Citra terhadap data <i>in situ</i> |
|--------------|--|------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------|--|
| 1 | LC08_L1TP_090090_20140928_20170419_01_T1 | 28/09/2014 | Hobart | 30/09/2014 | 20 | 6 | 14 | -2 |
| 2 | LC08_L1TP_090090_20150102_20170415_01_T1 | 02/01/2015 | Hobart | 31/12/2014 | 20 | 5 | 15 | 2 |
| 3 | LC08_L1TP_090090_20160731_20170322_01_T1 | 31/07/2016 | Hobart | 31/07/2016 | 20 | 0 | 20 | 0 |
| 4 | LC08_L1TP_090090_20170429_20170515_01_T1 | 29/04/2017 | Hobart | 30/04/2017 | 20 | 0 | 20 | -1 |
| Jumlah Titik | | | | | | | 69 | |

(Sumber: Hasil *overlay* data titik stasiun pengamatan dengan citra Landsat 8)

Untuk tampilan area *scene* citra Landsat 8 dengan wilayah penelitian dapat dilihat pada lampiran 2.

3.3 Metode Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilaksanakan pada penelitian tugas akhir dapat dilihat pada gambar diagram alir dibawah ini:



Gambar 3.3 Diagram alir tahapan penelitian tugas akhir

Kemudian berikut ini merupakan penjelasan dari gambar 3.3 diagram alir tahapan penelitian tugas akhir:

A. Tahap persiapan

Tahap Persiapan adalah kegiatan yang dilakukan sebelum memulai penelitian. Pada tahap persiapan ini dilakukan pemilihan topik, identifikasi masalah serta penyusunan rangkaian atau kerangka kegiatan yang akan dilakukan saat penelitian. Adapun permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah apakah perangkat *C2RCC* pada perangkat lunak *SNAP* dapat menghasilkan estimasi nilai *TSS* yang akurat pada citra Landsat 8. Pada tahap ini juga dilakukan pencarian data-data untuk memastikan apakah data-data yang nantinya akan diolah tersebut benar-benar ada dan

dapat diunakan, serta dilakukan pemilihan data *in situ* dan citra agar waktu pengambilan data *in situ* sama atau berselisih ± 3 hari. Tahap persiapan bertujuan agar waktu dan pekerjaan yang akan dilakukan dapat berjalan secara efektif dan efisien.

B. Studi Literatur

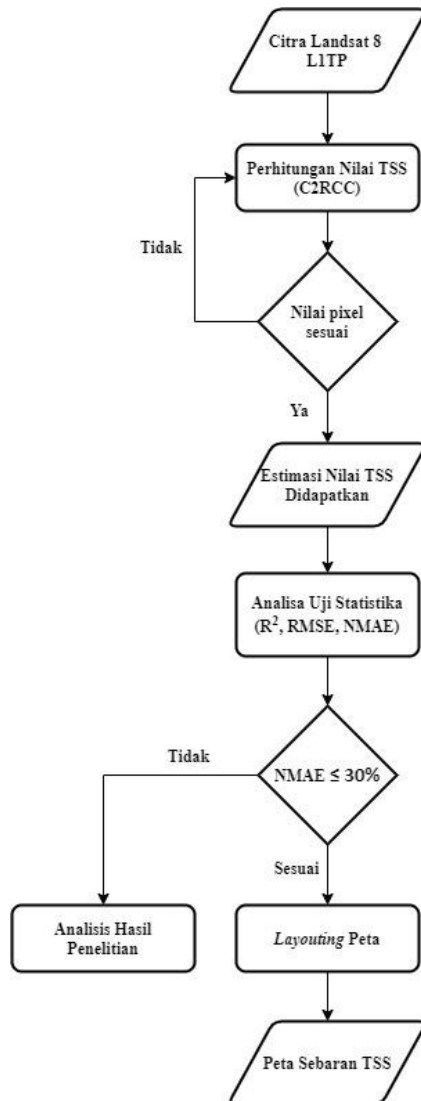
Pada tahap studi literatur, dilakukan pencarian teori-teori yang mendukung penelitian. Literatur dapat bersumber dari internet, buku, jurnal, *proceeding* dan sebagainya. Teori yang dicari berkaitan dengan pengolahan data citra satelit landsat 8 menggunakan perangkat lunak *SNAP* dengan perangkat *C2RCC*, metode pendugaan atau algoritma yang digunakan, dan sebagainya.

C. Pengumpulan Data

Data-data yang nantinya akan diolah dikumpulkan terlebih dahulu. Data citra satelit Landsat 8 didapatkan dengan cara mengunduh melalui situs web penyedia data citra satelit seperti *earthexplorer.usgs.gov* atau *google earth engine* (katalog citra). Untuk data *in situ* TSS didapatkan melalui *website AODN (Australia Ocean Data Network)*.

D. Pengolahan Data

Data yang diperoleh kemudian diproses untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Proses pengolahan data yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 3.4 Diagram alir proses pengolahan data

Berikut ini merupakan penjelasan dari gambar 3.4 Diagram alir proses pengolahan data:

1. Persiapan Data

Data citra satelit Landsat 8 dan data in situ konsentrasi TSS yang telah didapatkan kemudian disortir agar selisih waktu antara tanggal akuisisi citra dengan tanggal pengambilan sampel lapangan tidak lebih dari ± 3 hari.

2. Pendugaan nilai TSS dengan perangkat C2RCC. Citra satelit Landsat 8 yang telah disortir kemudian dibuka menggunakan perangkat lunak SNAP dan dilakukan estimasi nilai TSS menggunakan perangkat C2RCC.

3. Pengecekan citra.

Setelah proses pendugaan nilai TSS selesai, kemudian dilakukan pengecekan pada citra tersebut untuk memastikan bahwa penggunaan perangkat C2RCC sudah dilakukan dengan benar. Ketika tidak terdapat masalah pada citra hasil pengolahan perangkat C2RCC, maka estimasi nilai TSS didapatkan. Jika citra yang dihasilkan masih memiliki masalah (citra yang dihasilkan tidak bergambar, kosong atau lainnya) maka dilakukan pemrosesan ulang pada perangkat C2RCC.

4. Uji Statistik Data *Match-up*.

Data hasil estimasi TSS dari C2RCC selanjutnya dibandingkan dengan data in situ TSS (dilakukan *match-up* data) dan diplot pada diagram pencar (*scatter plot*) untuk mengetahui seberapa akurat data estimasi TSS yang dihasilkan. Perbedaan nilai antara hasil estimasi TSS dari C2RCC dengan data in situ TSS dievaluasi menggunakan NMAE (*Normalized Mean Absolute Error*) yang

menunjukkan off-set dari garis 1:1, RMSE (*Root Mean Square Error*)—ukuran kesalahan relatif pada diagram pencar, dan korelasi pearson—kekuatan hubungan linier antara 2 variabel.

5. Pembuatan Peta Persebaran TSS.

Data estimasi TSS yang sesuai dengan standar nilai $NMAE \leq 30\%$ kemudian akan disajikan dalam bentuk peta untuk memudahkan visualisasi sebaran TSS di perairan. Analisis mengenai kondisi perairan kemudian ditambahkan.

6. Analisa Hasil Penelitian

Untuk data estimasi TSS yang tidak memenuhi standar nilai NMAE, maka akan dilakukan analisis pada hasil estimasi TSS, *perangkat* C2RCC, reflektan permukaan hasil koreksi atmosfer.

E. Analisa Data

Pada tahapan ini data yang telah diolah selanjutnya dibandingkan dengan data in situ TSS (dilakukan match-up data) dan diplot pada diagram pencar (*scatter plot*) untuk mengetahui seberapa akurat data estimasi TSS yang dihasilkan. Perbedaan nilai antara hasil estimasi TSS dari C2RCC dengan data in situ TSS dievaluasi menggunakan NMAE (*Normalized Mean Absolute Error*) yang menunjukkan off-set dari garis 1:1, RMSE (*Root Mean Square Error*)—ukuran kesalahan relatif pada diagram pencar, dan korelasi pearson—kekuatan hubungan linier antara 2 variabel. Data hasil analisa ini kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Data estimasi TSS yang sesuai dengan standar nilai $NMAE \leq 30\%$ kemudian akan disajikan dalam bentuk peta untuk memudahkan

visualisasi sebaran TSS di perairan. Analisis mengenai kondisi perairan kemudian ditambahkan.

Untuk data estimasi TSS yang tidak memenuhi standar nilai $NMAE \leq 30\%$, maka akan dilakukan analisis analisis pada hasil estimasi TSS, perangkat C2RCC, reflektan permukaan hasil koreksi atmosfer, analisis pengaruh waktu dan kondisi perairan.

F. Pembuatan Laporan

Tahap akhir pada penelitian ini adalah pembuatan laporan. Laporan penelitian ini berisikan tentang hal-hal yang dilakukan saat penelitian mulai dari latar belakang masalah, tujuan, manfaat metode penelitian hingga kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1 Data

4.1.1 Data Citra Landsat 8

Pada penelitian ini digunakan data citra satelit Landsat 8 level 1 dimana dalam hal ini telah terkoreksi geometrik, sehingga tidak perlu dilakukan proses koreksi geometrik ulang. Informasi lebih detail mengenai data citra satelit Landsat 8 dan Δt (selisih hari antara akuisisi citra dengan data *in situ*) dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Data Citra Landsat 8

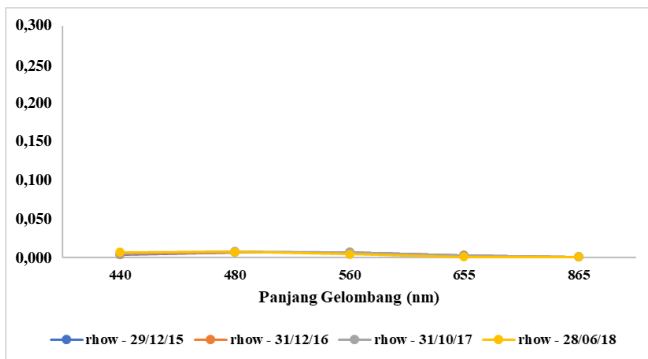
| No | ID Citra | Tanggal | Δt (hari) |
|----|--|----------------|-------------------|
| 1 | LC08_L1TP_090090_ 20140928_20170419_01_T1 | 28 Sep 2014 | -2 |
| 2 | LC08_L1TP_090090_ 20150102_20170415_01_T1 | 02 Jan 2015 | 2 |
| 3 | LC08_L1TP_089079_2 0151229_20170331_01_T1 | 29 Des 2015 | -2 |
| 4 | LC08_L1TP_090090_ 20160731_20170322_01_T1 | 31 Jul 2016 | 0 |
| 5 | LC08_L1TP_089079_ 20161231_20170314_01_T1 | 31 Des 2016 | 0 |
| 6 | LC08_L1TP_090090_ 20170429_20170515_01_T1 | 29 Apr 2017 | -1 |
| 7 | LC08_L1TP_089079_ 20171031_20171109_01_T1 | 31 Okt 2017 | 0 |
| 8 | LC08_L1TP_089079_ 20180628_20180716_01_T1 | 28 Jun 2018 | -2 |

4.1.2 Data In Situ TSS

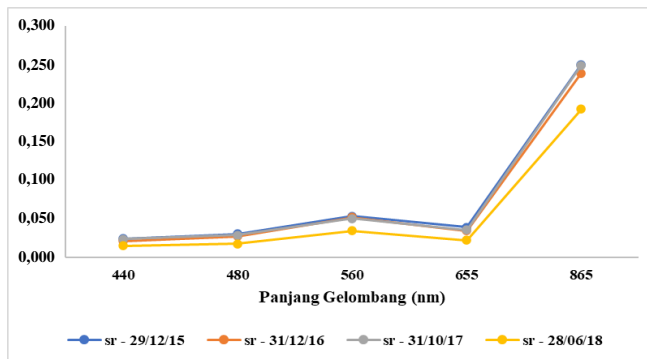
Data in situ *TSS* didapatkan dari dari situs web *AODN* (*Australian Ocean Data Network*) dengan nama data *NOD* (*National Outfall Database*) tahun 2014-2018 dan telah disesuaikan wilayahnya dengan area cakupan citra Landsat 8 yang digunakan pada penelitian ini. Adapun data in situ tersebut merupakan hasil pengukuran di stasiun-stasiun pemantauan kualitas air oleh pihak-pihak yang berwenang di Australia. Informasi lebih detail mengenai data in situ *TSS* dapat dilihat pada lampiran 3 dan 4.

4.2 Nilai Reflektan Permukaan Citra Landsat 8

Reflektan permukaan citra merupakan produk yang dihasilkan dari proses koreksi atmosfer. Pada perangkat C2RCC ini didapatkan parameter reflektan permukaan berupa *rho_w* (*water-leaving reflectance*) atau reflektan pancaran-air. Data tersebut kemudian diplot pada kanal 1 hingga kanal 5 dan dibandingkan dengan data reflektan permukaan Landsat 8 level 2 (sesuai citra yang sama) yang didapatkan dari situs *earthexplorer.usgs.gov*.

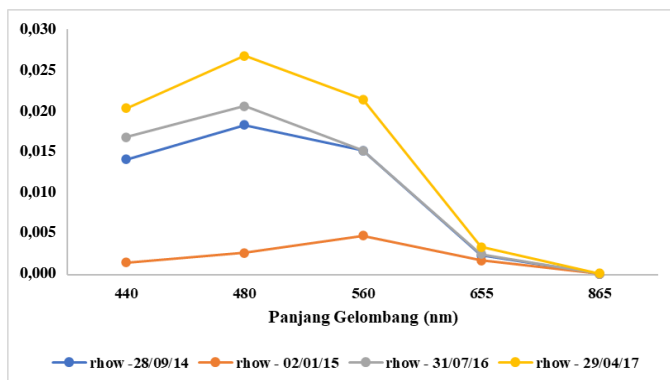


Gambar 4.1 Grafik nilai reflektan pancaran-air (C2RCC)

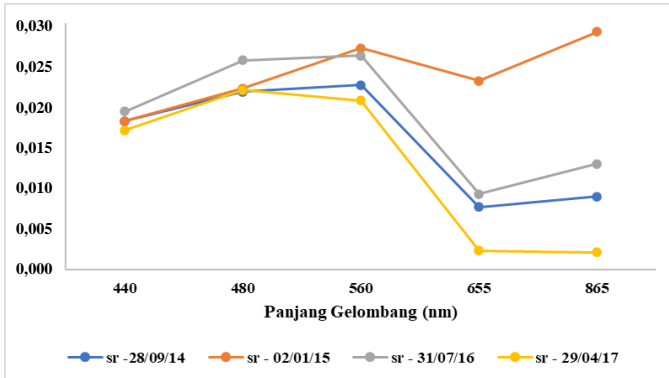


Gambar 4.2 Grafik nilai reflektan permukaan (USGS)

Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan grafik nilai reflektan permukaan citra landsat 8 dengan wilayah cakupan Brisbane dan tanggal akuisisi citra tertera pada gambar. Dapat kita lihat perbedaan nilai reflektan hasil koreksi atmosfer pada perangkat C2RCC dan reflektan yang didapatkan dari *usgs*, dimana nilai reflektan pancaran-air (C2RCC) berada dibawah 0,05 untuk semua kanal sedangkan pada reflektan permukaan (*usgs*) pada kanal 5 memiliki nilai 0,2 hingga 0,5.



Gambar 4.3 Grafik nilai reflektan pancaran-air (C2RCC)



Gambar 4.4 Grafik nilai reflektan permukaan (USGS)

Gambar 4.3 dan 4.4 merupakan grafik nilai reflektan permukaan citra landsat 8 dengan wilayah cakupan Hobart dan tanggal akuisisi citra tertera pada gambar. Dapat kita lihat perbedaan nilai reflektan hasil koreksi atmosfer pada perangkat C2RCC dan reflektan yang didapatkan dari *usgs*, dimana nilai reflektan pancaran-air (C2RCC) cenderung sama pada kanal 5 dan beragam pada kanal 1 sedangkan pada reflektan permukaan (*usgs*) memiliki grafik yang berkebalikan, dimana nilai yang cenderung sama terdapat pada kanal 1 dan beragam pada kanal 5.

4.3 Hasil Estimasi TSS

Estimasi *TSS* didapatkan dari pengolahan citra satelit Landsat 8 menggunakan perangkat *C2RCC*, pada perangkat lunak SNAP. Estimasi tersebut memanfaatkan metode *inversi* untuk mendapatkan komponen optikal air (IOP) melalui reflektan pancaran-air (*water-leaving reflectance*). Sehingga secara langsung, nilai reflektan pancaran-air akan sangat berpengaruh terhadap estimasi nilai *TSS*. Data estimasi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk tabel bersama dengan data

in situ yang didapatkan dari *NOD (national outfall database)*. Berikut ini merupakan hasil estimasi *TSS* menggunakan perangkat *C2RCC*.

4.3.1 Estimasi TSS Citra 28 September 2014

Dari hasil estimasi *TSS* pada citra satelit landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 28 September 2014 didapatkan titik pengamatan sebanyak 14 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ *TSS* tanggal 30 september 2014.

Tabel 4.2 Hasil Estimasi TSS Citra 28 September 2014

| No | Koordinat Geodetik WGS84 | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 30/09/2014 | Landsat 8- 28/09/2014 |
| 1 | -43,0158 | 147,3296 | 24,20 | 0,91 |
| 2 | -42,8376 | 147,514 | 5,60 | 2,95 |
| 3 | -42,8089 | 147,2593 | 33,00 | 4,93 |
| 4 | -43,1686 | 147,0916 | 4,50 | 0,95 |
| 5 | -43,3159 | 147,0334 | 6,90 | 2,53 |
| 6 | -42,8777 | 147,3412 | 21,07 | 0,33 |
| 7 | -43,0258 | 147,2782 | 57,00 | 1,21 |
| 8 | -42,7931 | 147,5637 | 4,00 | 26,43 |
| 9 | -42,5713 | 147,9091 | 10,40 | 1,80 |
| 10 | -42,819 | 147,3199 | 10,40 | 13,04 |
| 11 | -42,9191 | 147,409 | 4,00 | 1,92 |
| 12 | -42,8764 | 147,3513 | 12,80 | 0,09 |
| 13 | -42,8469 | 147,3289 | 4,32 | 1,64 |
| 14 | -42,7931 | 147,5637 | 17,90 | 26,43 |

Pada tabel 4.2 dapat dilihat nilai 14 titik estimasi *TSS* menggunakan *C2RCC* berada antara 0,09 mg/L hingga

26,43 mg/L dengan rata-rata 6,08 mg/L, hal ini berbeda dengan nilai TSS pada data in situ yang berada antara 4,00 mg/L hingga 57,00 mg/L dengan rata-rata 15,44 mg/L. Perbedaan nilai estimasi yang sangat jauh ditunjukkan pada titik no 7 dengan selisih antara data estimasi C2RCC dengan data in situ sebanyak -55,79 mg/L. Hanya 4 dari 15 titik pengamatan (titik no: 2, 10, 11 dan 13) memiliki nilai yang mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari ± 3 mg/L.

4.3.2 Estimasi TSS Citra 02 Januari 2015

Dari hasil estimasi TSS pada citra satelit landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 02 Januari 2015 didapatkan titik pengamatan sebanyak 15 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ TSS tanggal 31 Desember 2014.

Tabel 4.3 Hasil Estimasi TSS Citra 02 Januari 2015

| No | Koordinat Geodetik WGS84 | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 31/12/2014 | Landsat 8- 02/01/2015 |
| 1 | -42,7433 | 147,2392 | 5,00 | 0,87 |
| 2 | -42,8376 | 147,514 | 3,80 | 2,26 |
| 3 | -42,8089 | 147,2593 | 6,40 | 3,15 |
| 4 | -43,1686 | 147,0916 | 17,40 | 1,30 |
| 5 | -43,3159 | 147,0334 | 24,30 | 3,16 |
| 6 | -42,8777 | 147,3412 | 24,60 | 2,15 |
| 7 | -43,0258 | 147,2782 | 21,90 | 0,74 |
| 8 | -42,7931 | 147,5637 | 6,20 | 31,73 |

| No | Koordinat Geodetik WGS84 | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 31/12/2014 | Landsat 8- 02/01/2015 |
| 9 | -42,5713 | 147,9091 | 16,70 | 1,65 |
| 10 | -42,8256 | 147,3066 | 16,80 | 1,79 |
| 11 | -42,819 | 147,3199 | 6,50 | 5,25 |
| 12 | -42,9191 | 147,409 | 4,00 | 1,86 |
| 13 | -42,8764 | 147,3513 | 11,40 | 1,65 |
| 14 | -42,8469 | 147,3289 | 3,98 | 2,77 |
| 15 | -42,7931 | 147,5637 | 11,50 | 31,73 |

Pada tabel 4.3 dapat dilihat nilai 15 titik estimasi *TSS* menggunakan C2RCC berada antara 0,74 mg/L hingga 31,73 mg/L dengan rata-rata 6,14 mg/L, hal ini berbeda dengan nilai *TSS* pada data in situ yang berada antara 3,80 mg/L hingga 24,60 mg/L dengan rata-rata 12,03 mg/L. Perbedaan nilai estimasi yang sangat jauh ditunjukkan pada titik no 8 dengan selisih antara data estimasi C2RCC dengan data in situ sebanyak 25,53 mg/L. Hanya 4 dari 15 titik pengamatan (titik no: 2, 11, 12 dan 14) memiliki nilai yang mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari ± 3 mg/L.

4.3.3 Estimasi TSS Citra 29 Desember 2015

Dari hasil estimasi *TSS* pada citra satelit Landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 29 Desember 2015 kemudian didapatkan titik pengamatan sebanyak 19 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ *TSS* tanggal 31 Desember 2015.

Tabel 4.4 Hasil Estimasi TSS Citra 29 Desember 2015

| No | Koordinat Geodetik WGS84 | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 31/12/2015 | Landsat 8- 29/12/2015 |
| 1 | -27,5869 | 152,8123 | 3,00 | 55,44 |
| 2 | -27,1485 | 153,0336 | 2,20 | 6,97 |
| 3 | -27,0953 | 152,9701 | 2,20 | 2,11 |
| 4 | -27,517 | 153,1968 | 5,00 | 2,03 |
| 5 | -27,602 | 152,906 | 7,60 | 0,75 |
| 6 | -26,5788 | 153,067 | 2,40 | 1,26 |
| 7 | -27,934 | 153,4263 | 2,60 | 2,67 |
| 8 | -27,936 | 153,4295 | 10,60 | 8,04 |
| 9 | -27,5053 | 153,0134 | 2,50 | 51,95 |
| 10 | -27,5907 | 152,8883 | 3,00 | 0,69 |
| 11 | -27,5401 | 152,8345 | 3,00 | 2,04 |
| 12 | -27,378 | 153,1603 | 6,23 | 24,14 |
| 13 | -27,936 | 153,4295 | 3,00 | 8,04 |
| 14 | -27,2706 | 152,9981 | 2,80 | 6,05 |
| 15 | -26,6396 | 153,0608 | 2,00 | 2,35 |
| 16 | -27,5446 | 152,9736 | 4,00 | 24,90 |
| 17 | -27,58 | 153,2909 | 4,00 | 2,12 |
| 18 | -27,5828 | 152,8956 | 3,00 | 113,72 |
| 19 | -27,4153 | 153,169 | 14,94 | 2,09 |

Pada tabel 4.4 dapat dilihat nilai 19 titik estimasi *TSS* menggunakan C2RCC berada antara 2,03 mg/L hingga 113,72 mg/L dengan rata-rata 16,70 mg/L, hal ini berbeda dengan nilai *TSS* pada data in situ yang berada antara 2,00 mg/L hingga 14,94 mg/L dengan rata-rata 4,42 mg/L. Perbedaan nilai estimasi yang sangat jauh ditunjukkan pada titik no 18 dengan selisih antara data estimasi C2RCC dengan data in situ sebanyak 110,72 mg/L. Pada 10 dari 19

titik pengamatan (titik no: 3, 4, 6, 7, 8 10, 11, 14, 15 17) memiliki nilai yang paling mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari $\pm 3,00$ mg/L.

4.3.4 Estimasi TSS Citra 31 Juli 2016

Dari hasil estimasi TSS pada citra satelit landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 31 Juli 2016 kemudian didapatkan titik pengamatan sebanyak 20 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ TSS tanggal 31 Juli 2016.

Tabel 4.5 Hasil Estimasi TSS Citra 31 Juli 2016

| No | Koordinat | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 31/07/2016 | Landsat 8- 31/07/2016 |
| 1 | -43,0158 | 147,3296 | 21,00 | 0,17 |
| 2 | -42,7433 | 147,2392 | 22,00 | 5,71 |
| 3 | -42,8376 | 147,514 | 4,00 | 16,99 |
| 4 | -42,8089 | 147,2593 | 4,00 | 1,87 |
| 5 | -43,1686 | 147,0916 | 4,00 | 7,11 |
| 6 | -43,3159 | 147,0334 | 5,00 | 0,86 |
| 7 | -43,0546 | 147,2688 | 29,00 | 3,07 |
| 8 | -42,8777 | 147,3412 | 21,00 | 48,29 |
| 9 | -43,0258 | 147,2782 | 15,00 | 0,88 |
| 10 | -42,7931 | 147,5637 | 9,00 | 21,64 |
| 11 | -42,5713 | 147,9091 | 8,00 | 2,31 |
| 12 | -43,1443 | 147,8584 | 34,00 | 0,62 |
| 13 | -42,8256 | 147,3066 | 17,00 | 13,92 |
| 14 | -42,7453 | 147,4435 | 95,00 | 3,28 |

| No | Koordinat | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 31/07/2016 | Landsat 8- 31/07/2016 |
| 15 | -42,819 | 147,3199 | 4,00 | 3,59 |
| 16 | -42,9191 | 147,409 | 4,00 | 6,79 |
| 17 | -42,8764 | 147,3513 | 6,00 | 31,46 |
| 18 | -42,8469 | 147,3289 | 4,00 | 7,51 |
| 19 | -42,7931 | 147,5637 | 15,00 | 21,64 |
| 20 | -42,5038 | 147,9207 | 11,00 | 1,24 |

Pada tabel 4.5 dapat dilihat nilai 20 titik estimasi *TSS* menggunakan *C2RCC* berada antara 0,17 mg/L hingga 48,29 mg/L dengan rata-rata 9,95 mg/L, hal ini berbeda dengan nilai *TSS* pada data in situ yang berada antara 4.00 mg/L hingga 95,00 mg/L dengan rata-rata 16,60 mg/L. Perbedaan nilai estimasi yang sangat jauh ditunjukkan pada titik no 14 dengan selisih antara data estimasi *C2RCC* dengan data in situ sebanyak -91,72 mg/L. Hanya 5 dari 20 titik pengamatan (titik no: 4, 13, 15, 16 dan 18) memiliki nilai yang mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari ± 3 mg/L.

4.3.5 Estimasi TSS Citra 31 Desember 2016

Dari hasil estimasi *TSS* pada citra satelit landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 31 Desember 2016 kemudian didapatkan titik pengamatan sebanyak 24 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ *TSS* dengan tanggal 31 Desember 2016.

Tabel 4.6 Hasil Estimasi TSS Citra 31 Desember 2016

| No | Koordinat Geodetik WGS84 | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 31/12/2016 | Landsat 8- 31/12/2016 |
| 1 | -27,7116 | 153,2295 | 11,43 | 0,86 |
| 2 | -27,5869 | 152,8123 | 5,40 | 4,03 |
| 3 | -27,1485 | 153,0336 | 2,67 | 21,58 |
| 4 | -27,0953 | 152,9701 | 3,00 | 1,45 |
| 5 | -27,517 | 153,1968 | 3,33 | 1,91 |
| 6 | -27,602 | 152,906 | 3,40 | 0,75 |
| 7 | -27,934 | 153,4263 | 3,20 | 7,53 |
| 8 | -27,936 | 153,4295 | 7,25 | 3,61 |
| 9 | -27,5053 | 153,0134 | 2,50 | 67,52 |
| 10 | -27,4369 | 153,1175 | 4,96 | 24,34 |
| 11 | -27,5907 | 152,8883 | 3,00 | 0,68 |
| 12 | -27,5401 | 152,8345 | 3,00 | 2,05 |
| 13 | -26,7307 | 153,1438 | 5,00 | 2,21 |
| 14 | -26,7307 | 153,1438 | 2,33 | 2,21 |
| 15 | -27,6871 | 153,2034 | 4,55 | 1,69 |
| 16 | -27,936 | 153,4295 | 2,25 | 3,61 |
| 17 | -27,2706 | 152,9981 | 2,00 | 2,08 |
| 18 | -26,6396 | 153,0608 | 3,25 | 7,28 |
| 19 | -27,5446 | 152,9736 | 6,20 | 2,75 |
| 20 | -27,2501 | 153,069 | 3,00 | 17,12 |
| 21 | -27,4841 | 153,1885 | 3,00 | 12,22 |
| 22 | -27,58 | 153,2909 | 3,00 | 2,07 |
| 23 | -27,5828 | 152,8956 | 3,00 | 66,67 |
| 24 | -27,4153 | 153,169 | 3,00 | 2,17 |

Pada tabel 4.6 dapat dilihat nilai 24 titik estimasi TSS menggunakan C2RCC berada antara 0,68 mg/L hingga

67,52 mg/L dengan rata-rata 10,77 mg/L, hal ini berbeda dengan nilai *TSS* pada data in situ yang berada antara 2,00 mg/L hingga 11,43 mg/L dengan rata-rata 3,91 mg/L. Perbedaan nilai estimasi yang sangat jauh ditunjukkan pada titik no 9 dengan selisih antara data estimasi C2RCC dengan data in situ sebanyak 65,02 mg/L. Pada 15 dari 24 titik pengamatan (titik no: 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 22, dan 24) memiliki nilai yang paling mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari $\pm 3,00$ mg/L.

4.3.6 Estimasi TSS Citra 29 April 2017

Dari hasil estimasi TSS pada citra satelit landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 29 April 2017 kemudian didapatkan titik pengamatan sebanyak 20 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ *TSS* tanggal 30 April 2017.

Tabel 4.7 Hasil Estimasi TSS Citra 29 April 2017

| No | Koordinat | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 30/04/2017 | Landsat 8- 29/04/2017 |
| 1 | -43,0158 | 147,3296 | 13,00 | 5,53 |
| 2 | -42,7433 | 147,2392 | 16,00 | 4,04 |
| 3 | -42,8376 | 147,514 | 4,00 | 16,96 |
| 4 | -42,8089 | 147,2593 | 8,00 | 7,81 |
| 5 | -43,1686 | 147,0916 | 8,00 | 5,18 |
| 6 | -43,3159 | 147,0334 | 8,00 | 3,16 |
| 7 | -43,0546 | 147,2688 | 23,00 | 11,27 |
| 8 | -42,8777 | 147,3412 | 17,00 | 1,47 |

| No | Koordinat | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 30/04/2017 | Landsat 8- 29/04/2017 |
| 9 | -43,0258 | 147,2782 | 11,00 | 1,38 |
| 10 | -42,7931 | 147,5637 | 10,00 | 9,93 |
| 11 | -42,5713 | 147,9091 | 30,00 | 2,87 |
| 12 | -43,1443 | 147,8584 | 20,00 | 0,52 |
| 13 | -42,8256 | 147,3066 | 24,00 | 2,13 |
| 14 | -42,7453 | 147,4435 | 138,00 | 4,19 |
| 15 | -42,819 | 147,3199 | 4,00 | 8,16 |
| 16 | -42,9191 | 147,409 | 6,00 | 1,03 |
| 17 | -42,8764 | 147,3513 | 4,00 | 7,06 |
| 18 | -42,8469 | 147,3289 | 5,00 | 2,35 |
| 19 | -42,7931 | 147,5637 | 18,00 | 9,93 |
| 20 | -42,5038 | 147,9207 | 69,00 | 5,46 |

Pada tabel 4.7 dapat dilihat nilai 20 titik estimasi *TSS* menggunakan *C2RCC* berada antara 0,52 mg/L hingga 16,96 mg/L dengan rata-rata 5,52 gm/L, hal ini berbeda dengan nilai *TSS* pada data in situ yang berada antara 4,00 mg/L hingga 138,00 mg/L dengan rata-rata 21,80 mg/L. Perbedaan nilai estimasi yang sangat jauh ditunjukkan pada titik no 14 dengan selisih antara data estimasi *C2RCC* dengan data in situ sebanyak -133,81 mg/L. Hanya 5 dari 20 titik pengamatan (titik no: 4, 5, 10, 17 dan 18) memiliki nilai yang mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari ± 3 mg/L.

4.3.7 Estimasi TSS Citra 31 Oktober 2017

Dari hasil estimasi *TSS* pada citra satelit landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 31 Oktober 2017 kemudian

didapatkan titik pengamatan sebanyak 9 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ *TSS* tanggal 31 Oktober 2017.

Tabel 4.8 Hasil Estimasi *TSS* Citra 31 Oktober 2017

| No | Koordinat | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 31/10/2017 | Landsat 8- 31/10/2017 |
| 1 | -27,7116 | 153,2295 | 21,67 | 0,10 |
| 2 | -27,5869 | 152,8123 | 5,00 | 6,09 |
| 3 | -27,602 | 152,906 | 13,00 | 0,88 |
| 4 | -27,5053 | 153,0134 | 5,00 | 45,25 |
| 5 | -27,5907 | 152,8883 | 5,00 | 0,76 |
| 6 | -27,5401 | 152,8345 | 5,00 | 0,37 |
| 7 | -27,33 | 153,0732 | 5,00 | 1,85 |
| 8 | -27,5828 | 152,8956 | 5,00 | 1,66 |
| 9 | -27,4153 | 153,169 | 5,40 | 1,81 |

Pada tabel 4.8 dapat dilihat nilai 9 titik estimasi *TSS* menggunakan C2RCC berada antara 0,10 mg/L hingga 45,25 mg/L dengan rata-rata 6,53 mg/L, hal ini berbeda dengan nilai *TSS* pada data in situ yang berada antara 5,00 mg/L hingga 21,67 mg/L dengan rata-rata 7,79 mg/L. Perbedaan nilai estimasi yang sangat jauh ditunjukkan pada titik no 4 dengan selisih antara data estimasi C2RCC dengan data in situ sebanyak -40,25 mg/L. Hanya 1 titik yang memiliki nilai mendekati data in situ yaitu no 2 dengan selisih tidak lebih dari $\pm 3,00$ mg/L.

4.3.8 Estimasi TSS Citra 28 Juni 2018

Dari hasil estimasi TSS pada citra satelit landsat 8 dengan tanggal akuisisi citra 28 Juni 2018 kemudian didapatkan titik pengamatan sebanyak 10 titik. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data in situ TSS dengan tanggal 30 Juni 2018.

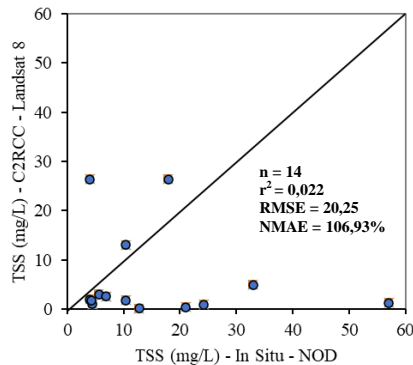
Tabel 4.9 Hasil Estimasi TSS Citra 28 Juni 2018

| No | Koordinat | | TSS In-Situ (mg/L) | TSS C2RCC (mg/L) |
|----|-----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| | Lat | Lon | NOD- 30/06/2018 | Landsat 8- 28/06/2018 |
| 1 | -27,1485 | 153,0336 | 6,50 | 9,90 |
| 2 | -27,0953 | 152,9701 | 3,00 | 0,65 |
| 3 | -27,517 | 153,1968 | 5,00 | 2,12 |
| 4 | -27,934 | 153,4263 | 3,25 | 3,38 |
| 5 | -26,7307 | 153,1438 | 3,75 | 1,85 |
| 6 | -26,7307 | 153,1438 | 5,75 | 1,85 |
| 7 | -26,6396 | 153,0608 | 3,25 | 17,65 |
| 8 | -27,2501 | 153,069 | 5,00 | 9,96 |
| 9 | -27,58 | 153,2909 | 5,00 | 0,72 |
| 10 | -27,4153 | 153,169 | 5,48 | 0,26 |

Pada tabel 4.9 dapat dilihat nilai 10 titik estimasi TSS menggunakan C2RCC berada antara 0,26 mg/L hingga 17,65 mg/L dengan rata-rata 4,83 mg/L, hal ini berbeda dengan nilai TSS pada data in situ yang berada antara 3,00 mg/L hingga 6,50 mg/L dengan rata-rata 4,60 mg/L. Pada 4 dari 10 titik pengamatan (titik no: 2, 3, 4, dan 5) memiliki nilai yang mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari ± 3 mg/L.

4.2 Hasil Uji Statistik

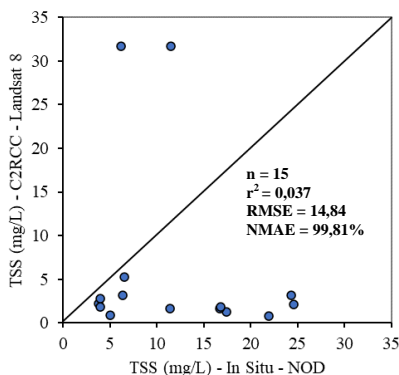
Untuk mengetahui hubungan antara data estimasi *TSS* yang telah dihitung menggunakan perangkat *C2RCC* dengan data in situ *TSS*, maka dilakukan uji statistik menggunakan korelasi pearson, *RMSE* (*Root mean square error*) dan *NMAE* (*Normalized mean absolute error*). Pada uji korelasi pearson kemudian didapatkan nilai r^2 yang merupakan koefisien korelasi kuadrat (*r square*). Nilai r^2 berada antara 0 hingga 1 dalam hal ini jika nilai r^2 mendekati nilai 1 maka nilai data estimasi *TSS* dengan data in situ *TSS* semakin kuat dan sesuai, berlaku juga sebaliknya. Pada *RMSE* dan *NMAE*, semakin kecil nilai yang dihasilkan maka semakin kecil kesalahan yang ada pada data estimasi *TSS*. Standar nilai *NMAE* yang digunakan adalah $NMAE \leq 30\%$. Berikut ini merupakan hasil uji statistik antara data estimasi *TSS* dengan data in situ *TSS*.



Gambar 4.5 Plot TSS citra 28/09/14 dan in-situ 30/09/14

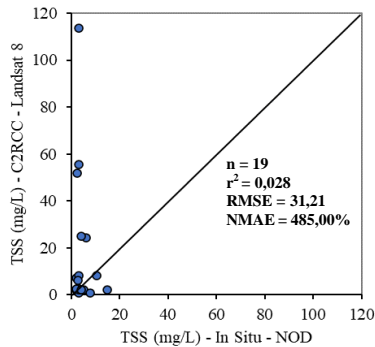
Hasil uji statistik data estimasi *TSS* pada citra satelit Landsat 8 tanggal 28 September 2014 dengan data in situ *TSS* tanggal 30 September 2014 mempunyai nilai r^2 sebesar 0,022, *RMSE* sebesar 29,25 mg/L dan *NMAE* sebesar 106,93%. Berdasarkan nilai r^2 hubungan antara nilai estimasi *TSS* pada

citra satelit Landsat 8 dengan data in situ TSS dapat dikatakan sangat lemah dan nilai NMAE yang besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih banyak dan tidak sesuai standar NMAE, sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



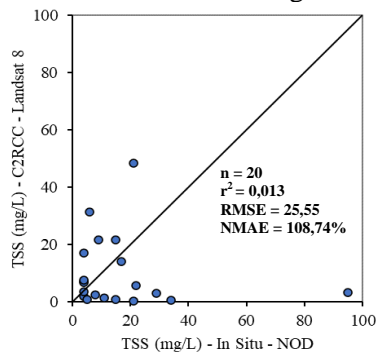
Gambar 4.6 Plot TSS citra 02/01/15 dan in-situ 31/12/14

Dari gambar 4.6 dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik data estimasi TSS pada citra satelit Landsat 8 tanggal 02 Januari 2015 dengan data in situ TSS tanggal 31 Desember 2014 mempunyai nilai r^2 sebesar 0,037, RMSE sebesar 14,84 mg/L dan NMAE sebesar 99,81%. Berdasarkan nilai r^2 hubungan antara nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS dapat dikatakan sangat lemah dan nilai NMAE yang besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih banyak dan tidak sesuai standar NMAE, sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



Gambar 4.7 Plot TSS citra 29/12/15 dan in-situ 31/12/15

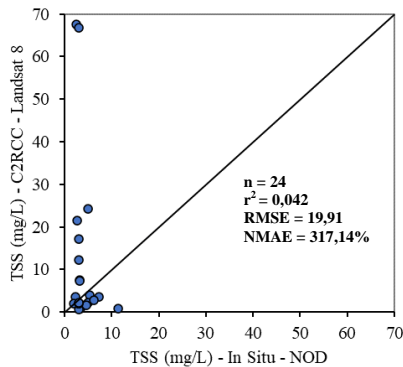
Dari gambar 4.7 dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik data estimasi TSS dengan data in situ TSS mempunyai nilai $r^2 = 0,028$, RMSE = 31,21 mg/L dan NMAE = 485,00%. Nilai r^2 menunjukkan hubungan antara nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS sangat lemah, nilai NMAE yang sangat besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih sangat banyak sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



Gambar 4.8 Plot TSS citra 31/07/16 dan in-situ 31/07/16

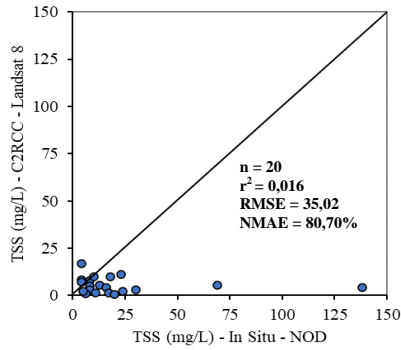
Dari gambar 4.8 dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik data estimasi TSS dengan data in situ TSS mempunyai nilai r^2

= 0,013, RMSE = 25,55 mg/L dan NMAE = 108,74%. Nilai r^2 menunjukkan hubungan antara nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS sangat lemah, nilai NMAE yang sangat besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih sangat banyak sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



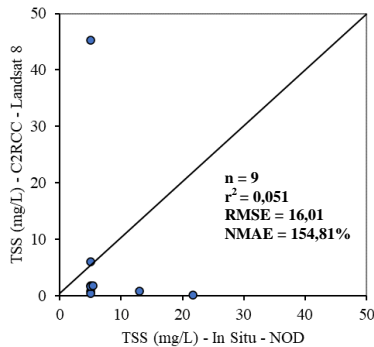
Gambar 4.9 Plot TSS citra 31/12/16 dan in-situ 31/12/16

Dari gambar 4.9 dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik data estimasi TSS pada citra satelit Landsat 8 tanggal 31 Desember 2016 dengan data in situ TSS tanggal 31 Desember 2016 mempunyai nilai r^2 sebesar 0,042, RMSE sebesar 19,91 mg/L dan NMAE sebesar 317,14%. Berdasarkan nilai r^2 hubungan antara nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS dapat dikatakan sangat lemah dan nilai NMAE yang sangat besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih sangat banyak dan tidak sesuai standar NMAE, sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



Gambar 4.10 Plot TSS citra 29/04/17 dan in-situ 30/04/17

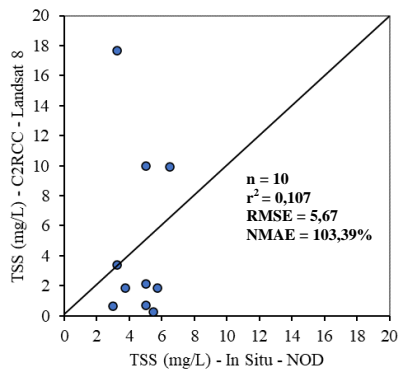
Dari gambar 4.10 dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik data estimasi TSS dengan data in situ TSS mempunyai nilai $r^2 = 0,016$, $RMSE = 35,02$ mg/L dan $NMAE = 80,70\%$. Nilai r^2 menunjukkan hubungan antara nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS sangat lemah, nilai NMAE yang besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih banyak sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



Gambar 4.11 Plot TSS citra 31/10/17 dan in-situ 31/10/17

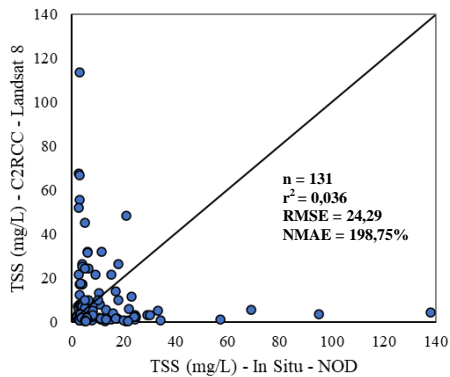
Dari gambar 4.11 dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik data estimasi TSS dengan data in situ TSS mempunyai nilai r^2

= 0,051, RMSE = 16,01 mg/L dan NMAE = 154,81%. Nilai r^2 menunjukkan hubungan antara nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS sangat lemah, nilai NMAE yang besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih banyak sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



Gambar 4.12 Plot TSS citra 28/06/18 dan in-situ 30/06/18

Dari gambar 4.12 dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik data estimasi TSS pada citra satelit Landsat 8 tanggal 28 Juni 2018 dengan data in situ TSS tanggal 30 Juni 2018 mempunyai nilai r^2 sebesar 0,107, RMSE sebesar 5,67 mg/L dan NMAE sebesar 103,39%. Berdasarkan nilai r^2 hubungan antara nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS dapat dikatakan sangat lemah dan nilai NMAE yang sangat besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih sangat banyak dan tidak sesuai standar NMAE, sehingga estimasi TSS tidak sesuai dengan nilai in situ TSS.



Gambar 4.13 Plot TSS semua data *match-up* TSS citra dan in situ

Dari gambar 4.13 di atas merupakan hasil plot diagram pencar untuk seluruh data *match-up*. Dapat kita lihat bahwa hasil uji statistik semua data *match-up* mempunyai nilai r^2 sebesar 0,036, RMSE sebesar 24,29 mg/L dan NMAE sebesar 198,75%. Berdasarkan nilai r^2 hubungan antara semua nilai estimasi TSS dengan data in situ TSS dapat dikatakan sangat lemah dan nilai NMAE yang besar dapat diartikan bahwa kesalahan estimasi TSS masih banyak dan tidak sesuai standar NMAE, sehingga estimasi TSS tidak dapat mewakili nilai in situ TSS.

4.3 Analisa Hasil Penelitian

Dari 8 citra Landsat 8 dengan tanggal akuisisi data masing-masing pada 28 September 2014, 02 Januari 2015, 29 Desember 2015, 31 Juli 2016, 31 Desember 2016, 29 April 2017, 31 Oktober 2017, dan 28 Juni 2018 pada wilayah perairan sekitar Brisbane, dan Hobart didapatkan total titik pengamatan sebanyak 131 titik *match-up*. 48 dari 131 titik memiliki nilai yang mendekati data in situ dengan selisih tidak lebih dari ± 3

mg/L. Citra dengan tanggal 31 Desember 2015 menghasilkan titik pengamatan (yang memiliki selisih tidak lebih dari ± 3 mg/L terhadap data in situ) terbanyak dengan jumlah 15 titik. Jika kita perhatikan perbandingan data antara hasil estimasi TSS menggunakan C2RCC dengan data in situ konsentrasi TSS, terdapat perbedaan nilai dimana hasil estimasi TSS dari C2RCC kebanyakan memiliki nilai yang lebih kecil dari data in situ konsentrasi TSS, yaitu sebanyak 89 titik dari total 131 titik pengamatan.

Berdasarkan hasil uji statistik data *match-up*, secara berurutan untuk masing-masing citra didapatkan nilai r^2 , RMSE dan NMAE sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil uji statistik masing-masing citra

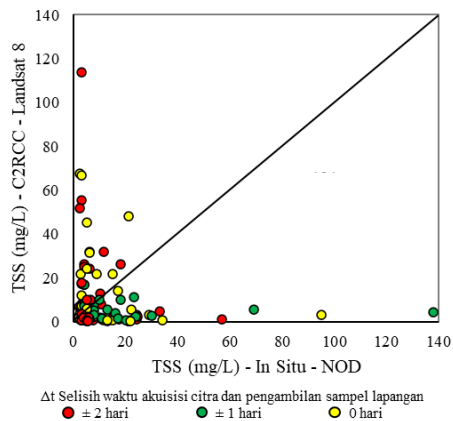
| No | Tanggal Akuisisi | r^2 | RMSE (mg/L) | NMAE % |
|----------------|-------------------|-------|-------------|--------|
| 1 | 28 September 2014 | 0,022 | 20,25 | 106,93 |
| 2 | 02 Januari 2015 | 0,003 | 14,84 | 99,81 |
| 3 | 29 Desember 2015 | 0,028 | 31,21 | 485,00 |
| 4 | 31 Juli 2016 | 0,001 | 22,55 | 108,74 |
| 5 | 31 Desember 2016 | 0,004 | 19,91 | 317,14 |
| 6 | 29 April 2017 | 0,001 | 35,02 | 80,70 |
| 7 | 31 Oktober 2017 | 0,005 | 16,01 | 154,81 |
| 8 | 28 Juni 2018 | 0,107 | 5,67 | 103,39 |
| <i>Overall</i> | | 0,037 | 24,29 | 198,75 |

Citra yang memiliki *r square* terbesar adalah citra Landsat 8 tanggal 28 Juni 2018. Hasil uji korelasi pearson di atas menunjukkan bahwa semua data estimasi TSS menggunakan perangkat C2RCC memiliki hubungan yang sangat lemah

dengan data in situ. Kemudian citra yang memiliki RMSE terbesar adalah citra dengan tanggal akuisisi 29 April 2017 dan citra dengan RMSE terkecil adalah citra dengan tanggal akuisisi 28 Juni 2018. Dari perhitungan NMAE dapat dilihat bahwa semua hasil estimasi TSS menggunakan C2RCC memiliki nilai dibawah standar NMAE yaitu lebih dari 30%. Dengan kata lain data hasil estimasi TSS dari C2RCC tidak sesuai dengan nilai konsentrasi TSS di lapangan.

Perbedaan nilai estimasi TSS dan hubungan korelasi yang sangat lemah dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain:

1. Perbedaan waktu pengambilan sampel lapangan dan waktu akuisisi citra satelit.



Gambar 4.14 Plot TSS semua citra dan in situ berdasarkan selisih waktu akuisisi data

Gambar 4.14 di atas merupakan gambar diagram pencar untuk seluruh data *match-up* yang dibedakan sesuai warna berdasarkan selisih waktu antara akuisisi citra dan pengambilan sampel lapangan. Titik berwarna

kuning untuk selisih waktu 0 hari, hijau untuk selisih waktu ± 1 hari dan merah untuk ± 2 hari. Jika kita perhatikan meskipun terdapat persamaan waktu (0 hari) antara pengambilan data in situ dan waktu akuisisi citra, namun titik plot yang dihasilkan menyebar dari garis diagonal. Hal tersebut dapat diakibatkan karena perubahan pada kondisi perairan yang menyebabkan perbedaan hasil estimasi TSS dengan data in situ, dimana perbedaan waktu yang dianjurkan adalah ± 3 jam.

2. Penggunaan citra & algoritma perangkat yang mungkin spesifik pada sensor tertentu

Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra satelit Landsat 8 yang membawa muatan 2 sensor yaitu *OLI (Operational Land Imagery)* dan *TIRS (Thermal Infrared Sensor)* dimana cakupan spektral dan kinerja radiometrik (akurasi, rentang dinamis dan presisi) dirancang untuk mendeteksi dan mengkarakterisasi perubahan tutupan lahan (NASA, 2019) meskipun tidak dimungkiri citra landsat 8 dapat digunakan pada penginderaan jauh perairan. Masih sedikitnya validasi penggunaan perangkat C2RCC pada citra Landsat 8 sehingga penelitian lebih lanjut diperlukan dalam hal ini.

3. Input data parameter yang kurang sesuai dengan kondisi perairan

Parameter pemrosesan yang digunakan seperti "*TSM factor bpart*" atau faktor hamburan-balik TSS perlu disesuaikan dengan kondisi perairan yang ada, dimana data tersebut didapatkan melalui pengukuran lapangan. Parameter lainnya adalah salinitas dan temperatur. Namun dalam hal ini tidak didapatkan perubahan nilai estimasi TSS yang signifikan ketika dimasukkan nilai salinitas dan temperatur yang berbeda.

4. Pengaruh hasil koreksi atmosfer

Dapat kita perhatikan, data reflektan permukaan yang dihasilkan oleh perangkat C2RCC berbeda dengan data reflektan permukaan yang dikeluarkan oleh *usgs* (untuk citra yang sama). Adanya perbedaan tersebut dipengaruhi oleh perbedaan algoritma koreksi atmosfer dimana C2RCC menggunakan jaringan syaraf dan untuk *usgs* menggunakan metode 6SV. Hal ini tentu sangat berpengaruh pada nilai estimasi TSS yang dihasilkan karena pendugaan konsentrasi TSS didasarkan pada data reflektan permukaan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari 8 citra Landsat 8 dengan tanggal akuisisi data masing-masing pada 28 September 2014, 02 Januari 2015, 29 Desember 2015, 31 Juli 2016, 31 Desember 2016, 29 April 2017, 31 Oktober 2017, dan 28 Juni 2018 pada wilayah perairan sekitar Brisbane, dan Hobart didapatkan total titik pengamatan sebanyak 131 titik.

Berdasarkan hasil uji statistik data *match-up*, didapatkan nilai r^2 0,037, RMSE 24,28 mg/L dan NMAE 198,75% untuk keseluruhan data. Dari perhitungan NMAE dapat dilihat bahwa semua hasil estimasi TSS menggunakan C2RCC memiliki nilai dibawah standar NMAE yaitu lebih dari 30% yang menunjukkan bahwa data hasil estimasi TSS dari C2RCC tidak sesuai dengan nilai konsentrasi TSS di lapangan.

Perbedaan nilai estimasi TSS dan hubungan korelasi yang sangat lemah dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain:

1. Perbedaan waktu pengambilan sampel lapangan dan waktu akuisisi citra satelit.
2. Penggunaan citra & algoritma perangkat yang mungkin spesifik pada sensor tertentu.
3. Input data parameter yang kurang sesuai dengan kondisi perairan.
4. Pengaruh hasil koreksi atmosfer.

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan pada penelitian sejenis selanjutnya untuk menggunakan data citra satelit

dengan waktu akuisisi citra yang tidak jauh berbeda dengan waktu pengambilan sampel in situ.

2. Pada penelitian selanjutnya, gunakan data reflektan permukaan yang diambil melalui pengukuran lapangan untuk membandingkan data reflektan permukaan hasil koreksi atmosfer perangkat C2RCC.
3. Penulis merekomendasikan pada penelitian sejenis selanjutnya untuk menggunakan satelit yang ditujukan pada penginderaan jauh perairan seperti Sentinel-3 OLCI, MERIS, MODIS atau SeaWiFS.
4. Masih sedikitnya penelitian tentang analisis perangkat C2RCC ini diharapkan kedepannya terdapat penelitian lebih lanjut mengenai validasi data atau produk yang dihasilkan, tentunya dengan data yang lebih lengkap dan analisis lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrimetsoft. (2019). MAE (Mean Absolute Error). <http://https://agrimetsoft.com/calculators/Mean%20Absolute%20Error>. Diakses pada 15 Juli 2020.
- Blondeau-Patissier, D., Gower, J. F., Dekker, A. G., Phinn, S. R., & Brando, V. E. (2014). A review of ocean color remote sensing methods and statistical techniques for the detection, mapping and analysis of phytoplankton blooms in coastal and open oceans. *Progress in oceanography*, 123, 123-144.
- Brockman, C., Doerffer, R., Peters, M., Stelzer, K., Embacher, S., dan Ruescas, A. (2016): Evolution of The C2RCC Neural Network For Sentinel 2 and 3 For The Retrieval of Ocean Colour Products In Normal and Extreme Optically Complex Waters.
- Chander, G., L. B. & Barsi, J. A., 2007. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4(3), pp. 490-494.
- Doerffer, R. (2015). Algorithm Theoretical Bases Document (ATBD) for L2 processing of MERIS data of case 2 waters, 4 th reprocessing. *Rapport technique*, 2.
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fawzi, N. I. (2016). Koreksi Radiometrik Landsat 8. *Seri Tutorial Penginderaan Jauh I, Thermal Remote Sensing Research Center*, 1-11.
- Govindaraj, S., & Saravanakumar, A. (2019). Validation of chlorophyll and tsm in vellar river by using sentinel 2 msi southeast coast of india tamil nadu. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(10), 2720–2724.

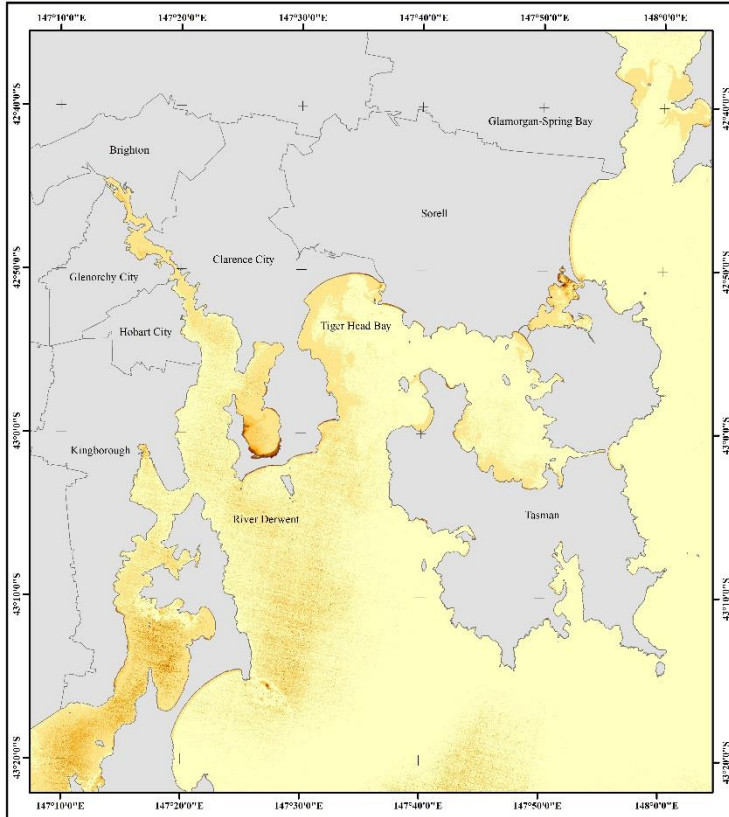
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., & Suwito, M. H. Allianto. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35-43.
- Hidas, M., Proctor, R., Mancini, S., Blain, P., Gordon, L., Scheibner, A., & Besnard, L. (2018, April). Automated data ingestion for the australian ocean data network. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 20, p. 11016).
- IMAS. (2016). National Outfall Database. <http://metadata.imas.utas.edu.au/geonetwork/srv/eng/metadata.show?uuid=21448123-0170-4aff-9b562b6aa21c73-ed>. Diakses pada 21 Februari 2020.
- Irons, J. R., Dwyer, J. L., & Barsi, J. A. (2012). The next Landsat satellite: The Landsat data continuity mission. *Remote Sensing of Environment*, 122, 11-21.
- Jaelani, L. M. (2013). Kalibrasi Radiometrik: Mengubah Digital Number (DN) ke Radiance dan/atau Reflectance. <http://lmjaelani.com/2013/12/kalibrasi-radiometrik-mengubah-digital-number-dn-ke-radiance-danatau-reflectance/>. Diakses pada 28 Januari 2020.
- Jaelani, L. M., Setiawan, F., & Matsushita, B. (2015). Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia*, (XX), 464-470. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1391.9446>
- Jaelani, L. M., & Tarigan, S. (2016). Analisis Sebaran Padatan Tersuspensi dan Transparansi Perairan Menggunakan Landsat 8 (Studi Kasus: Perairan Bintan, Kepulauan Riau). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), A385-A388.
- Jaelani, L. M. (2016). Teori Dasar Koreksi Atmosfer. <http://lmjaelani.com/2016/04/slide-teori-dasar-koreksi-atmosfer/>. Diakses pada 28 Januari 2020.

- Jaelani, L. M. (2018). Cara Pengukuran *Total Suspended Sedimen* dari Sampel Air <https://lmjaelani.com/2018/04/cara-pengukuran-total-suspended-sedimen-dari-sampel-air/>. Diakses pada 22 Juli 2020.
- Karondia, L. A., & Jaelani, L. M. (2015). Validasi Algoritma Estimasi Total Suspended Solid Dan Chl-A Pada Citra Satelit Aqua Modis Dan Terra Modis Dengan Data In Situ (Studi Kasus: Laut Utara Pulau Jawa). *Geoid*, 11(1), 46. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v11i1.1095>
- Kristianingsih, L., Wijaya, A., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Estimasi Kandungan Klorofil-a Menggunakan Citra Landsat 8. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(4), 56–64.
- Kyryliuk, D., & Kratzer, S. (2019). Evaluation of Sentinel-3A OLCI Products Derived Using the Case-2 Regional CoastColour Processor over the Baltic Sea. *Sensors*, 19(16), 3609.
- Laura. (2016). Pengertian Korelasi Dan Macam-Macam Korelasi. <http://ciputrauceo.net/blog/2016/5/16/pengertian-korelasi-dan-macam-macam-korelasi>. Diakses pada 28 Januari 2020.
- Laili, N. L., Arifah, F., Jaelani, A., & Pamungkas, A. D. (2015). Development of water quality parameter retrieval algorithms for estimating total suspended solids and chlorophyll-A concentration using Landsat-8 imagery at Poteran island water. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(2).
- Muchsin, F., Fibriawati, L., & Pradhono, K. A. (2018). Model Koreksi Atmosfer Citra Landsat-7 (Atmospheric Correction Models of Landsat-7 Imagery). *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital*, 14(2). <https://doi.org/10.30536/j.pjpdcd.1017.v14.a2595>

- NASA. (2019). Landsat-8 Mission Details. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/mission-details/>. Diakses pada 28 Mei 2020.
- Parwati, E., Purwanto, A. D., & LAPAN, P. P. P. J. (2014). Analisis Algoritma Ekstraksi Informasi Tss Menggunakan Data Landsat 8 Di Perairan Berau. In Seminar Nasional Penginderaan Jauh (Vol. 21).
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., C.E., W., Allen, R. G., Anderson, M. C., ... Zhu, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>
- Sitanggang, G. (2010). Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (LANDSAT-8). *Berita Dirgantara* Vol. 11, No. 2:47-58
- Soenarmo, S. H. (2009). Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografis untuk Bidang Ilmu Kebumihan. Bandung: Penerbit ITB Bandung.
- Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Alfabeta: Bandung (2017).
- Tarihoran, E. M. D. (2019). Pembuatan Peta Tematik Jenis-Jenis Dominan Tumbuhan Mangrove Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geografis Nomor 3 Tahun 2014 (Studi Kasus: Kabupaten Pasuruan dan Kota Probolinggo) (Doctoral dissertation, ITN Malang).
- USGS. (2013). Landsat Level-1 Processing Details. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-level-1-processing-details/>. Diakses pada 04 Februari 2020.

LAMPIRAN

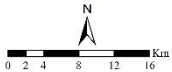
Lampiran 1 Peta Persebaran TSS Wilayah Hobart.



**PETA PERSEBARAN ESTIMASI
TOTAL SUSPENDED SOLID
PERAIRAN HOBART, TASMANIA
AUSTRALIA**

Sistem Koordinat : Geodesik
Datum : WGS 84
Tanggal Pembuatan : 28-07-2020

Sumber Data : Hasil Estimasi
ISS - C2RCC citra Landsat 8
tanggal akuisisi citra 29 April
2017 dengan NMAE 80,70%



Legenda

Duratan konsentrasi ISS dalam mg/l.

| | |
|---------------|----------------|
| 0,02 - 3,14 | 38,69 - 54,27 |
| 3,15 - 11,87 | 54,28 - 71,11 |
| 11,88 - 24,34 | 71,12 - 91,06 |
| 24,35 - 38,68 | 91,07 - 159,03 |

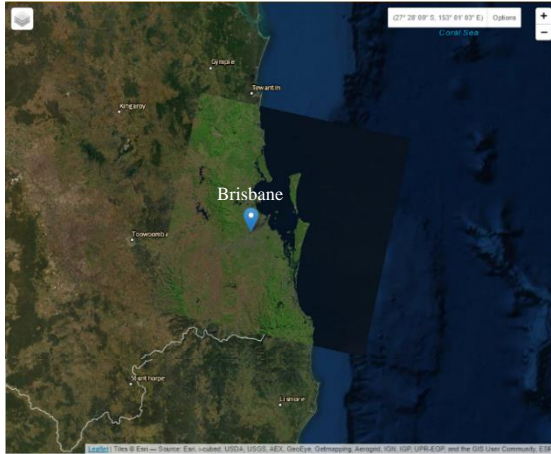
Dibuat Oleh:
Andin Gangsar Rizqulloh

Dosen Pembimbing:
Lalu Muhammad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

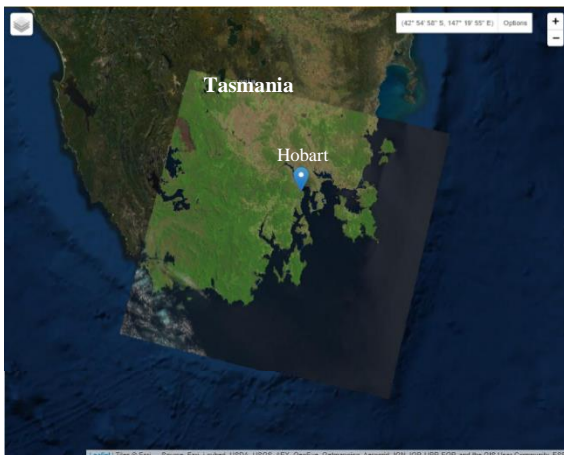


Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

Lampiran 2 Tampilan *scene* citra Landsat 8 pada wilayah penelitian Brisbane dan Hobart.



(Sumber: USGS)



(Sumber: USGS)

Lampiran 3 Metadata National Outfall Database

| | |
|-------------------|---|
| Title | National Outfall Database |
| Date | 2016-03-30 |
| Date type | Creation |
| Date | 2019-06-30 |
| Date type | Revision |
| Abstract | The National Outfall Database (NOD) project addresses the need of government and community to understand the impacts on health and the ocean environment that occur from sewerage outfalls around Australia. This dataset is part of the assessment and mapping of the marine impacts of wastewater disposal to ocean and estuarine waters in Australia. The data collected in this study is intended to be used to assist decision makers to understand risk and prioritise investment, to help the public understand water and wastewater management and make decisions when choosing recreation locations, and private operators seeking to re-use wastewater or products found within wastewater. Each outfall is divided into three levels of data; one (1) being basic information such as location, treatment, governance and size; two (2) being more detailed information taken from publicly available annual environmental monitoring reports, licence and other information; and three (3) containing highly detailed information such as daily performance data and receiving waters ecosystem assessments and studies to enable researchers and others to undertake comparative studies. The data custodian will make a data report and methodology available to provide a full explanation of this database. |
| Metadata language | eng |
| Character set | UTF8 |
| Hierarchy level | Dataset |

OnLine resource

| | |
|--|---|
| Protocol | WWW:LINK-1.0-http--downloaddata-alt |
| Linkage | https://geoserver.imas.utas.edu.au/geoserver/wfs?version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=NESP:NESP_NationalOutfallDatabase_DATA& |
| Protocol | WWW:LINK-1.0-http--downloaddata-alt |
| Linkage | https://geoserver.imas.utas.edu.au/geoserver/wms |
| Protocol | OGC:WMS-1.3.0-http-get-map |
| Linkage | https://geoserver.imas.utas.edu.au/geoserver/wfs |
| Protocol | OGC:WFS-1.0.0-http-get-capabilities |
| <small>University of Tasmania, Australia - Institute for Marine and Antarctic Studies (IMAS), University of Tasmania (UTAS) 2020-06-24 2 / 4</small> | |
| Linkage | http://www.nespmarine.edu.au/project/project-c4-national-outfall-database |
| Protocol | WWW:LINK-1.0-http--related |
| Linkage | http://purl.org/au-research/grants/nesp/mb/c4 |
| Protocol | WWW:LINK-1.0-http--link |
| Linkage | http://metadata.imas.utas.edu.au/geonetwork/srv/en/metadata.show?uuid=21448123-0170-4aff-9b56-2b6aa21c73ed |
| Protocol | WWW:LINK-1.0-http--metadata-URL |

Point of contact

| | |
|-------------------|------------------------|
| Individual name | Gemmill, John |
| Organisation name | Clean Ocean Foundation |
| Role | Principal investigator |
| Topic category | Oceans |

Keyword

| Type | Theme |
|---------|---|
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.sciencekeywords&id=http://gcmdservices.gsfc.nasa.gov/kms/concept/835c5ec2-50e3-4bef-b380-9f74b143dac6 |
| Keyword | EARTH SCIENCE HUMAN DIMENSIONS ENVIRONMENTAL IMPACTS SEWAGE DISPOSAL |
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.sciencekeywords&id=http://gcmdservices.gsfc.nasa.gov/kms/concept/1ee3e81-09b9-48d4-81d9-5faeb90430cc |
| Keyword | EARTH SCIENCE OCEANS WATER QUALITY OCEAN CONTAMINANTS |
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.sciencekeywords&id=http://gcmdservices.gsfc.nasa.gov/kms/concept/1ee8a323-f0ba-4a21-b597-50890c527c8e |
| Keyword | EARTH SCIENCE OCEANS WATER QUALITY |
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.sciencekeywords&id=http://gcmdservices.gsfc.nasa.gov/kms/concept/57d059e-578a-4371-9484-7a34d63edfa5 |
| Keyword | EARTH SCIENCE HUMAN DIMENSIONS ENVIRONMENTAL GOVERNANCE/ MANAGEMENT ENVIRONMENTAL REGULATIONS |
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.sciencekeywords&id=http://gcmdservices.gsfc.nasa.gov/kms/concept/14555831-70ae-4850-8983-956d65595575 |
| Keyword | EARTH SCIENCE HUMAN DIMENSIONS ENVIRONMENTAL GOVERNANCE/ MANAGEMENT WATER MANAGEMENT |
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.sciencekeywords&id=http://gcmdservices.gsfc.nasa.gov/kms/concept/3f4cfc81-7745-43d9-b313-f68cdf72359b |
| Keyword | EARTH SCIENCE HUMAN DIMENSIONS ENVIRONMENTAL IMPACTS |
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.ANZSRC_FOR_Codes&id=http://purl.org/au-research/vocabulary/anzsrc-for/2008/050206 |
| Keyword | Environmental Monitoring |
| Keyword | http://metadata.imas.utas.edu.au:/geonetwork/srv/eng/xml.keyword.get?thesaurus=external.theme.ANZSRC_FOR_Codes&id=http://purl.org/au-research/vocabulary/anzsrc-for/2008/060205 |
| Keyword | Marine and Estuarine Ecology (incl. Marine Ichthyology) |
| Type | Theme |
| Keyword | Temperate Reef |
| Type | Discipline |

Extent**Geographic bounding box**

| | |
|-------------|----------------|
| West bound | 112.546875 |
| East bound | 155.4375 |
| South bound | -44.8106495489 |
| North bound | -9.87896205428 |

Lineage

| | |
|-----------|---|
| Statement | The wastewater effluent quality data were collected from local government area websites and through information request from water authority key personnel. The water quality data samples were analysed using the approved methods for the sampling and analysis of water pollutants in New South Wales (Environmental Protection Authority (EPA) 2015). The range of monitoring data collected from each wastewater treatment plant was between April 2012 and March 2016 for New South Wales and January 2015 and December 2015 for Victoria, Western Australia, South Australia, Queensland, Northern Territory and Tasmania. The database provides wastewater quality parameters that water authorities were required to collect under EPA licence requirements. Parameters include but are not limited to pH, ammonia (NH3) mg/L, total nitrogen (TN) mg/L, total phosphorus (TP) mg/L, biochemical oxygen demand 5 days (BOD5) mg/L, faecal coliform bacteria cfu/100ml, total suspended solids mg/L, and oil and grease mg/L. |
|-----------|---|

Resource constraints

| | |
|------------------------|---|
| Use limitation | This record is hosted by the Institute of Marine Science (IMAS), University of Tasmania (UTAS) on behalf of the Clean Ocean Foundation Inc. |
| Classification | Unclassified |
| File identifier | 21448123-0170-4aff-9b56-2b6aa21c73ed |
| Metadata language | eng |
| Character set | UTF8 |
| Metadata author | |
| Individual name | Emma Flukes |
| Organisation name | Institute for Marine and Antarctic Studies (IMAS), University of Tasmania (UTAS) |
| Role | metadataContact |
| Date stamp | 2020-03-11T13:49:13 |

(Sumber: *Australia Ocean Data Network*)

Lampiran 4 Data in situ TSS - National Outfall Database

| FID | sample_id | sample_date | indicator | value | unit | site | state |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------|------|-------------------|------------|
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49852 | 2015-12-31 | Total Suspended | 3.00 | mg/L | Bundamba | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49864 | 2015-12-31 | Total Suspended | 2.20 | mg/L | Burpengary East | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49876 | 2015-12-31 | Total Suspended | 2.20 | mg/L | Caboolture South | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49900 | 2015-12-31 | Total Suspended | 5.00 | mg/L | Capalaba | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49912 | 2015-12-31 | Total Suspended | 7.60 | mg/L | Carole Park | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49936 | 2015-12-31 | Total Suspended | 2.40 | mg/L | Coolumb | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49948 | 2015-12-31 | Total Suspended | 2.60 | mg/L | Coombabah | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 49984 | 2015-12-31 | Total Suspended | 10.60 | mg/L | Elanora | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50008 | 2015-12-31 | Total Suspended | 2.50 | mg/L | Fairfield | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50043 | 2015-12-31 | Total Suspended | 3.00 | mg/L | Goodna | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50067 | 2015-12-31 | Total Suspended | 3.00 | mg/L | Karana Downs | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50121 | 2015-12-31 | Total Suspended | 6.23 | mg/L | Luggage Point | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50171 | 2015-12-31 | Total Suspended | 3.00 | mg/L | Merrimac | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50207 | 2015-12-31 | Total Suspended | 2.80 | mg/L | Murrumbidgee Down | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50219 | 2015-12-31 | Total Suspended | 2.00 | mg/L | Nambour | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50243 | 2015-12-31 | Total Suspended | 4.00 | mg/L | Oxley | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50339 | 2015-12-31 | Total Suspended | 4.00 | mg/L | Victoria Point | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50351 | 2015-12-31 | Total Suspended | 3.00 | mg/L | Wacol | Queensland |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA_fid-- | 50375 | 2015-12-31 | Total Suspended | 14.94 | mg/L | Wyrrum | Queensland |

| | | | | | | |
|---|-------|------------|----------------|------------|-----------------|------------|
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52588 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 11.43 mg/L | Beenleigh | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52612 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 5.40 mg/L | Bundamba | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52624 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 2.67 mg/L | BurpengaryEas | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52636 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Capoolture S cu | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52660 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.33 mg/L | Capalaba | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52672 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.40 mg/L | Carole Park | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52708 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.20 mg/L | Coombah | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52744 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 7.25 mg/L | Elanora | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52762 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 2.50 mg/L | Fairfield | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52774 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 4.96 mg/L | Gibson Island | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52798 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Goodna | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52822 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Karana Downs | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52834 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Kawana | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52846 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 2.33 mg/L | Landsborough | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52858 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 4.55 mg/L | Loganholme | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52920 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 2.25 mg/L | Merrivac | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52956 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 2.00 mg/L | Murrumba Dow | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52968 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.25 mg/L | Nambour | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 52992 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 6.20 mg/L | Ondey | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 53016 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Redcliffe | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 53076 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Thameside | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 53088 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Victoria Point | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 53100 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Wacol | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 53124 | 2016-12-31 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Wynnum | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 55971 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 21.67 mg/L | Beenleigh | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 55995 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Bundamba | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 56055 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 13.00 mg/L | Carole Park | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 56129 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Fairfield | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 56153 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Goodna | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 56177 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Karana Downs | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 56369 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Sandgate | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 56438 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Wacol | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 56462 | 2017-10-31 | Total Suspensi | 5.40 mg/L | Wynnum | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 57878 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 6.50 mg/L | BurpengaryEas | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 57884 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 3.00 mg/L | Capoolture S cu | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 57896 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Capalaba | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 57920 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 3.25 mg/L | Coombah | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 57968 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 3.75 mg/L | Kawana | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 57974 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 5.75 mg/L | Landsborough | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 58028 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 3.25 mg/L | Nambour | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 58052 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Redcliffe | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 58082 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 5.00 mg/L | Victoria Point | Queensland |
| NESP_NationalOutoffallDatabase_DATA_fid-- | 58100 | 2018-06-30 | Total Suspensi | 5.48 mg/L | Wynnum | Queensland |

| latitude | longitude | licence | authority | treatment | population |
|----------|-----------|--------------|-----------------------|-----------------------------|------------|
| -27.5869 | 152.8123 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >101,000 |
| -27.1485 | 153.0336 | EPPR00869113 | Unity Water | Secondary | 42,636 |
| -27.0953 | 152.9701 | EPPR00869113 | Unity Water | Secondary | 54,731 |
| -27.517 | 153.1968 | EPPR00874613 | Redland City Council | Tertiary | >20,000 |
| -27.602 | 152.906 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >23,000 |
| -26.5788 | 153.067 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nutrient removal | 25763 |
| -27.934 | 153.4263 | EPPR00870313 | City Of Gold Coast | Tertiary | >360,000 |
| -27.936 | 153.4295 | EPPR00870313 | City Of Gold Coast | Tertiary | >91,000 |
| -27.5053 | 153.0134 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >15,000 |
| -27.5907 | 152.8883 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >88,000 |
| -27.5401 | 152.8345 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >3,900 |
| -27.378 | 153.1603 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Reverse Osmosis Membrane | >807,000 |
| -27.936 | 153.4295 | EPPR00870313 | City Of Gold Coast | Tertiary | >150,000 |
| -27.2706 | 152.9981 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | 124395 |
| -26.6396 | 153.0608 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | 42673 |
| -27.5446 | 152.9736 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >310,000 |
| -27.58 | 153.2909 | EPPR00874613 | Redland City Council | Tertiary | >31,000 |
| -27.5828 | 152.8956 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >36,000 |
| -27.4153 | 153.169 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >38,000 |
| -27.7116 | 153.2295 | EPPR00867913 | Logan Water | Tertiary | >60,000 |
| -27.5869 | 152.8123 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >101,000 |
| -27.1485 | 153.0336 | EPPR00869113 | Unity Water | Secondary | 42,636 |
| -27.0953 | 152.9701 | EPPR00869113 | Unity Water | Secondary | 54,731 |
| -27.517 | 153.1968 | EPPR00874613 | Redland City Council | Tertiary | >20,000 |
| -27.602 | 152.906 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >23,000 |
| -27.934 | 153.4263 | EPPR00870313 | City Of Gold Coast | Tertiary | >360,000 |
| -27.936 | 153.4295 | EPPR00870313 | City Of Gold Coast | Tertiary | >91,000 |
| -27.5053 | 153.0134 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >15,000 |
| -27.4369 | 153.1175 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Advanced water treatment | >255,000 |
| -27.5907 | 152.8883 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >88,000 |
| -27.5401 | 152.8345 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >3,900 |
| -26.7307 | 153.1438 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | >90,000 |
| -26.7307 | 153.1438 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | 12,577 |
| -27.6871 | 153.2034 | EPPR00867913 | Logan Water | Secondary | >335,000 |
| -27.936 | 153.4295 | EPPR00870313 | City Of Gold Coast | Tertiary | >150,000 |
| -27.2706 | 152.9981 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | 124395 |
| -26.6396 | 153.0608 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | 42673 |
| -27.5446 | 152.9736 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >310,000 |
| -27.2501 | 153.069 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nutrient removal | 59,296 |
| -27.4841 | 153.1885 | EPPR00874613 | Redland City Council | Tertiary | >40,000 |
| -27.58 | 153.2909 | EPPR00874613 | Redland City Council | Tertiary | >31,000 |

| | | | | | |
|----------|----------|--------------|-----------------------|-----------------------------|----------|
| -27.5828 | 152.8956 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >36,000 |
| -27.4153 | 153.169 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >38,000 |
| -27.7116 | 153.2295 | EPPR00867913 | Logan Water | Tertiary | >60,000 |
| -27.5869 | 152.8123 | EPPR00869113 | Queensland Urban Util | Secondary | 42.636 |
| -27.602 | 152.906 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >23,000 |
| -27.5053 | 153.0134 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >15,000 |
| -27.5907 | 152.8883 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >88,000 |
| -27.5401 | 152.8345 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Secondary | >3,900 |
| -27.33 | 153.0732 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >125,000 |
| -27.5828 | 152.8956 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >36,000 |
| -27.4153 | 153.169 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >38,000 |
| -27.1485 | 153.0336 | EPPR00869113 | Unity Water | Secondary | 42.636 |
| -27.0953 | 152.9701 | EPPR00869113 | Unity Water | Secondary | 54.731 |
| -27.517 | 153.1968 | EPPR00874613 | Redland City Council | Tertiary | >20,000 |
| -27.934 | 153.4263 | EPPR00870313 | City Of Gold Coast | Tertiary | >360,000 |
| -26.7307 | 153.1438 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | >90,000 |
| -26.7307 | 153.1438 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | 12.577 |
| -26.6396 | 153.0608 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nitrogen removal | 42673 |
| -27.2501 | 153.069 | EPPR00869113 | Unity Water | Biological nutrient removal | 59.296 |
| -27.58 | 153.2909 | EPPR00874613 | Redland City Council | Tertiary | >31,000 |
| -27.4153 | 153.169 | EPPR00521513 | Queensland Urban Util | Biological nutrient removal | >38,000 |

| descriptio | location_1 | GEOM |
|--|-----------------------------|------|
| Bundamba outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.81226 -27.58692) | |
| Burpengary outfall accommodates one wastewater treatment Estuarine | POINT (153.03356 -27.14847) | |
| Caboolture River outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.97011 -27.09525) | |
| Tingalpa Creek outfalls accommodates two wastewater treatment River | POINT (153.1968 -27.51698) | |
| Carole Park outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.90603 -27.60202) | |
| Coolool outfall accommodates one wastewater treatment plant River | POINT (153.06701 -26.57877) | |
| North wall ocean outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.42633 -27.93403) | |
| South wall ocean outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.42948 -27.93601) | |
| Fairfield outfall accommodates one wastewater treatment plant River | POINT (153.01344 -27.50534) | |
| Goodna outfall accommodates one wastewater treatment plant River | POINT (152.88829 -27.5907) | |
| Karara Downs outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.83445 -27.5401) | |
| Luggage Point outfall accommodates one wastewater treatment Ocean | POINT (153.16026 -27.37799) | |
| South wall ocean outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.42948 -27.93601) | |
| North Pine River outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.99809 -27.27061) | |
| Maroochy River outfall accommodates two wastewater treatment River | POINT (153.06081 -26.63958) | |
| Oxley Creek outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.9736 -27.54463) | |

| | |
|--|-----------------------------|
| Epapah Creek outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (153.29085 -27.57999) |
| Wacol outfall accommodates one wastewater treatment plan River | POINT (152.89558 -27.58279) |
| Wynnum ocean outfall accommodates one wastewater treatment Ocean | POINT (153.16896 -27.41533) |
| Albert River outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (153.22953 -27.71162) |
| Bundamba outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.81226 -27.58692) |
| Burpengary outfall accommodates one wastewater treatment Estuarine | POINT (153.03356 -27.14847) |
| Caboolture River outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.97011 -27.09525) |
| Tingalpa Creek outfalls accommodates two wastewater treatment River | POINT (153.1968 -27.51698) |
| Carole Park outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.90603 -27.60202) |
| North wall ocean outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.42633 -27.93403) |
| South wall ocean outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.42948 -27.93601) |
| Fairfield outfall accommodates one wastewater treatment plan River | POINT (153.01344 -27.50534) |
| Gibson Island outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (153.1175 -27.4369) |
| Goodna outfall accommodates one wastewater treatment plan River | POINT (152.88829 -27.5907) |
| Karana Downs outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.83445 -27.5401) |
| Warana Beach outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.14377 -26.73071) |
| Warana Beach outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.14377 -26.73071) |
| Logan River outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (153.2034 -27.6871) |
| South wall ocean outfall accommodates two wastewater treatment Ocean | POINT (153.42948 -27.93601) |
| North Pine River outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.99809 -27.27061) |
| Maroochy River outfall accommodates two wastewater treatment River | POINT (153.06081 -26.63958) |
| Oxley Creek outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.9736 -27.54463) |
| Hays Inlet outfall accommodates one wastewater treatment Estuarine | POINT (153.06895 -27.25013) |
| Tingalpa Creek outfalls accommodates two wastewater treatment River | POINT (153.18854 -27.48409) |
| Epapah Creek outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (153.29085 -27.57999) |
| Wacol outfall accommodates one wastewater treatment plan River | POINT (152.89558 -27.58279) |
| Wynnum ocean outfall accommodates one wastewater treatment Ocean | POINT (153.16896 -27.41533) |
| Albert River outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (153.22953 -27.71162) |
| Bundamba outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.81226 -27.58692) |
| Carole Park outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.90603 -27.60202) |
| Fairfield outfall accommodates one wastewater treatment plan River | POINT (153.01344 -27.50534) |
| Goodna outfall accommodates one wastewater treatment plan River | POINT (152.88829 -27.5907) |
| Karana Downs outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (152.83445 -27.5401) |
| Cabbage Tree Creek outfall accommodates one wastewater treatment River | POINT (153.0732 -27.33001) |
| Wacol outfall accommodates one wastewater treatment plan River | POINT (152.89558 -27.58279) |

| | |
|--|-----------------------------|
| Wynnum ocean outfall accommodates one wastewater treat Ocean | POINT (153.16896 -27.41533) |
| Burpengary outfall accommodates one wastewater treatment Estuarine | POINT (153.03356 -27.14847) |
| Caboolture River outfall accommodates one wastewater treat River | POINT (152.97011 -27.09525) |
| Tingalpa Creek outfalls accommodates two wastewater treat River | POINT (153.1968 -27.51698) |
| North wall ocean outfall accommodates two wastewater treat Ocean | POINT (153.42633 -27.93403) |
| Warana Beach outfall accommodates two wastewater treat Ocean | POINT (153.14377 -26.73071) |
| Warana Beach outfall accommodates two wastewater treat Ocean | POINT (153.14377 -26.73071) |
| Maroochy River outfall accommodates two wastewater treat River | POINT (153.06081 -26.63958) |
| Hays Inlet outfall accommodates one wastewater treatment Estuarine | POINT (153.06895 -27.25013) |
| Epapah Creek outfall accommodates one wastewater treat River | POINT (153.29085 -27.57999) |
| Wynnum ocean outfall accommodates one wastewater treat Ocean | POINT (153.16896 -27.41533) |

| FID_ | sample_id | sample_date | indicator | value | unit | site |
|---------------------------------|-----------|-------------|------------|-------|------|--------------|
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30029 | 2014-09-30 | Total Susp | 24.20 | mg/L | Blackmans E |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30077 | 2014-09-30 | Total Susp | 5.60 | mg/L | Cambridge/a |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30089 | 2014-09-30 | Total Susp | 33.00 | mg/L | Cameron Ba |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30112 | 2014-09-30 | Total Susp | 4.50 | mg/L | Cygnets |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30124 | 2014-09-30 | Total Susp | 6.90 | mg/L | Dover |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30184 | 2014-09-30 | Total Susp | 21.07 | mg/L | Macquarie P |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30196 | 2014-09-30 | Total Susp | 57.00 | mg/L | Margate |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30208 | 2014-09-30 | Total Susp | 4.00 | mg/L | Midway Point |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30232 | 2014-09-30 | Total Susp | 10.40 | mg/L | Orford |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30303 | 2014-09-30 | Total Susp | 10.40 | mg/L | Risdon (east |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30327 | 2014-09-30 | Total Susp | 4.00 | mg/L | Rokeby |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30363 | 2014-09-30 | Total Susp | 4.32 | mg/L | Selfs Point |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30411 | 2014-09-30 | Total Susp | 17.90 | mg/L | Sorell |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30459 | 2014-09-30 | Total Susp | 5.70 | mg/L | Triabunna |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30056 | 2014-12-31 | Total Susp | 5.00 | mg/L | Bridgewater |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30080 | 2014-12-31 | Total Susp | 3.80 | mg/L | Cambridge/a |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30092 | 2014-12-31 | Total Susp | 6.40 | mg/L | Cameron Ba |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30115 | 2014-12-31 | Total Susp | 17.40 | mg/L | Cygnets |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30127 | 2014-12-31 | Total Susp | 24.30 | mg/L | Dover |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30187 | 2014-12-31 | Total Susp | 24.60 | mg/L | Macquarie P |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30199 | 2014-12-31 | Total Susp | 21.90 | mg/L | Margate |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30211 | 2014-12-31 | Total Susp | 6.20 | mg/L | Midway Point |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30235 | 2014-12-31 | Total Susp | 16.70 | mg/L | Orford |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30282 | 2014-12-31 | Total Susp | 16.80 | mg/L | Prince of W |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30306 | 2014-12-31 | Total Susp | 6.50 | mg/L | Risdon (east |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30330 | 2014-12-31 | Total Susp | 4.00 | mg/L | Rokeby |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30342 | 2014-12-31 | Total Susp | 11.40 | mg/L | Rosny |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30366 | 2014-12-31 | Total Susp | 3.98 | mg/L | Selfs Point |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 30414 | 2014-12-31 | Total Susp | 11.50 | mg/L | Sorell |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|------------|-------------|--------|------|---------------|
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 33899 | 2016-07-31 | Total Suspe | 21.00 | mg/L | Blackmans E |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 33923 | 2016-07-31 | Total Suspe | 22.00 | mg/L | Bridgewater |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 33947 | 2016-07-31 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Cambridge/e |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 33959 | 2016-07-31 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Cameron Ba |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 33983 | 2016-07-31 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Cygnnet |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 33995 | 2016-07-31 | Total Suspe | 5.00 | mg/L | Dover |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34019 | 2016-07-31 | Total Suspe | 29.00 | mg/L | Electrona |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34055 | 2016-07-31 | Total Suspe | 21.00 | mg/L | Macquarie P |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34067 | 2016-07-31 | Total Suspe | 15.00 | mg/L | Margate |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34079 | 2016-07-31 | Total Suspe | 9.00 | mg/L | Midway Poin |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34103 | 2016-07-31 | Total Suspe | 8.00 | mg/L | Orford |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34127 | 2016-07-31 | Total Suspe | 34.00 | mg/L | Port Arthur |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34151 | 2016-07-31 | Total Suspe | 17.00 | mg/L | Prince of Wa |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34163 | 2016-07-31 | Total Suspe | 95.00 | mg/L | Richmond |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34175 | 2016-07-31 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Risdon (east |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DA | 34199 | 2016-07-31 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Rokeby |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34211 | 2016-07-31 | Total Suspe | 6.00 | mg/L | Rosny |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34235 | 2016-07-31 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Selfs Point |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34283 | 2016-07-31 | Total Suspe | 15.00 | mg/L | Sorell |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34331 | 2016-07-31 | Total Suspe | 11.00 | mg/L | Triaburna |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 33908 | 2017-04-30 | Total Suspe | 13.00 | mg/L | Blackmans Bz |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 33932 | 2017-04-30 | Total Suspe | 16.00 | mg/L | Bridgewater |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 33956 | 2017-04-30 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Cambridge/ai |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 33968 | 2017-04-30 | Total Suspe | 8.00 | mg/L | Cameron Bay |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 33992 | 2017-04-30 | Total Suspe | 8.00 | mg/L | Cygnnet |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34004 | 2017-04-30 | Total Suspe | 8.00 | mg/L | Dover |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34028 | 2017-04-30 | Total Suspe | 23.00 | mg/L | Electrona |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34064 | 2017-04-30 | Total Suspe | 17.00 | mg/L | Macquarie Po |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34076 | 2017-04-30 | Total Suspe | 11.00 | mg/L | Margate |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34088 | 2017-04-30 | Total Suspe | 10.00 | mg/L | Midway Point |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34112 | 2017-04-30 | Total Suspe | 30.00 | mg/L | Orford |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34136 | 2017-04-30 | Total Suspe | 20.00 | mg/L | Port Arthur |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34160 | 2017-04-30 | Total Suspe | 24.00 | mg/L | Prince of Wal |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34172 | 2017-04-30 | Total Suspe | 138.00 | mg/L | Richmond |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34184 | 2017-04-30 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Risdon (east) |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34208 | 2017-04-30 | Total Suspe | 6.00 | mg/L | Rokeby |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34220 | 2017-04-30 | Total Suspe | 4.00 | mg/L | Rosny |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34244 | 2017-04-30 | Total Suspe | 5.00 | mg/L | Selfs Point |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34292 | 2017-04-30 | Total Suspe | 18.00 | mg/L | Sorell |
| NESP_NationalOutfallDatabase_DATA | 34340 | 2017-04-30 | Total Suspe | 69.00 | mg/L | Triaburna |

| state | latitude | longitude | licence | authority | treatment | population |
|----------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| Tasmania | -43.0158 | 147.3296 | PCE 7551 | TasWater | Secondary | >6,700 |
| Tasmania | -42.8376 | 147.514 | EPN 7447/2 | TasWater | Tertiary | >2,000 |
| Tasmania | -42.8089 | 147.2593 | PCE 3539 | TasWater | Secondary | >14,000 |
| Tasmania | -43.1686 | 147.0916 | EPN 8533/1 | TasWater | Secondary | >1,400 |
| Tasmania | -43.3159 | 147.0334 | PCE 6228 | TasWater | Secondary | >760 |

| state | latitude | longitude | licence | authority | treatment | population |
|----------|----------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|
| Tasmania | -42.8777 | 147.3412 | EPN 8880/1 | TasWater | Secondary | >200,000 |
| Tasmania | -43.0258 | 147.2782 | EPN 8540/2 | TasWater | Secondary | >3,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 | PCE 3298 | TasWater | Secondary | >2,600 |
| Tasmania | -42.5713 | 147.9091 | EPN 8949/1 | TasWater | Secondary | >500 |
| Tasmania | -42.819 | 147.3199 | PCE 3506 | TasWater | Secondary | >3,000 |
| Tasmania | -42.9191 | 147.409 | PCE 6086 | TasWater | Tertiary | >16,500 |
| Tasmania | -42.8469 | 147.3289 | PCE 3513 | TasWater | Tertiary | >19,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 | PCE 3299 | TasWater | Secondary | >2,400 |
| Tasmania | -42.5038 | 147.9207 | PCE 6236 | TasWater | Secondary | >900 |
| Tasmania | -42.7433 | 147.2392 | EPN 7058/1 | TasWater | Secondary | >4,100 |
| Tasmania | -42.8376 | 147.514 | EPN 7447/2 | TasWater | Tertiary | >2,000 |
| Tasmania | -42.8089 | 147.2593 | PCE 3539 | TasWater | Secondary | >14,000 |
| Tasmania | -43.1686 | 147.0916 | EPN 8533/1 | TasWater | Secondary | >1,400 |
| Tasmania | -43.3159 | 147.0334 | PCE 6228 | TasWater | Secondary | >760 |
| Tasmania | -42.8777 | 147.3412 | EPN 8880/1 | TasWater | Secondary | >200,000 |
| Tasmania | -43.0258 | 147.2782 | EPN 8540/2 | TasWater | Secondary | >3,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 | PCE 3298 | TasWater | Secondary | >2,600 |
| Tasmania | -42.5713 | 147.9091 | EPN 8949/1 | TasWater | Secondary | >500 |
| Tasmania | -42.8256 | 147.3066 | PCE 3540 | TasWater | Secondary | >13,600 |
| Tasmania | -42.819 | 147.3199 | PCE 3506 | TasWater | Secondary | >3,000 |
| Tasmania | -42.9191 | 147.409 | PCE 6086 | TasWater | Tertiary | >16,500 |
| Tasmania | -42.8764 | 147.3513 | PCE 3505 | TasWater | Secondary | >27,000 |
| Tasmania | -42.8469 | 147.3289 | PCE 3513 | TasWater | Tertiary | >19,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 | PCE 3299 | TasWater | Secondary | >2,400 |
| Tasmania | -43.0158 | 147.3296 | PCE 7551 | TasWater | Secondary | >6,700 |
| Tasmania | -42.7433 | 147.2392 | EPN 7058/1 | TasWater | Secondary | >4,100 |
| Tasmania | -42.8376 | 147.514 | EPN 7447/2 | TasWater | Tertiary | >2,000 |
| Tasmania | -42.8089 | 147.2593 | PCE 3539 | TasWater | Secondary | >14,000 |
| Tasmania | -43.1686 | 147.0916 | EPN 8533/1 | TasWater | Secondary | >1,400 |
| Tasmania | -43.3159 | 147.0334 | PCE 6228 | TasWater | Secondary | >760 |
| Tasmania | -43.0546 | 147.2688 | EPN 8951/1 | TasWater | Secondary | >470 |
| Tasmania | -42.8777 | 147.3412 | EPN 8880/1 | TasWater | Secondary | >200,000 |
| Tasmania | -43.0258 | 147.2782 | EPN 8540/2 | TasWater | Secondary | >3,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 | PCE 3298 | TasWater | Secondary | >2,600 |
| Tasmania | -42.5713 | 147.9091 | EPN 8949/1 | TasWater | Secondary | >500 |
| Tasmania | -43.1443 | 147.8584 | EPN 9318/1 | Port Arthur | Secondary | >250 |
| Tasmania | -42.8256 | 147.3066 | PCE 3540 | TasWater | Secondary | >13,600 |
| Tasmania | -42.7453 | 147.4435 | N/A | TasWater | Secondary | >1,600 |
| Tasmania | -42.819 | 147.3199 | PCE 3540 | TasWater | Secondary | >3,000 |
| Tasmania | -42.9191 | 147.409 | PCE 6086 | TasWater | Tertiary | >16,500 |

| | | | | | |
|----------|----------|---------------------|-------------|-----------|----------|
| Tasmania | -42.8764 | 147.3513 PCE 3505 | TasWater | Secondary | >19,600 |
| Tasmania | -42.8469 | 147.3289 PCE 3513 | TasWater | Tertiary | >19,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 PCE 3299 | TasWater | Secondary | >2,400 |
| Tasmania | -42.5038 | 147.9207 PCE 6236 | TasWater | Secondary | >900 |
| Tasmania | -43.0158 | 147.3296 PCE 7551 | TasWater | Secondary | >6,700 |
| Tasmania | -42.7433 | 147.2392 EPN 7058/1 | TasWater | Secondary | >4,100 |
| Tasmania | -42.8376 | 147.514 EPN 7447/2 | TasWater | Tertiary | >2,000 |
| Tasmania | -42.8089 | 147.2593 PCE 3539 | TasWater | Secondary | >14,000 |
| Tasmania | -43.1686 | 147.0916 EPN 8533/1 | TasWater | Secondary | >1,400 |
| Tasmania | -43.3159 | 147.0334 PCE 6228 | TasWater | Secondary | >760 |
| Tasmania | -43.0546 | 147.2688 EPN 8951/1 | TasWater | Secondary | >470 |
| Tasmania | -42.8777 | 147.3412 EPN 8880/1 | TasWater | Secondary | >200,000 |
| Tasmania | -43.0258 | 147.2782 EPN 8540/2 | TasWater | Secondary | >3,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 PCE 3298 | TasWater | Secondary | >2,600 |
| Tasmania | -42.5713 | 147.9091 EPN 8949/1 | TasWater | Secondary | >500 |
| Tasmania | -43.1443 | 147.8584 EPN 9318/1 | Port Arthur | Secondary | >250 |
| Tasmania | -42.8256 | 147.3066 PCE 3540 | TasWater | Secondary | >13,600 |
| Tasmania | -42.7453 | 147.4435 N/A | TasWater | Secondary | >1,600 |
| Tasmania | -42.819 | 147.3199 PCE 3540 | TasWater | Secondary | >3,000 |
| Tasmania | -42.9191 | 147.409 PCE 6086 | TasWater | Tertiary | >16,500 |
| Tasmania | -42.8764 | 147.3513 PCE 3505 | TasWater | Secondary | >19,600 |
| Tasmania | -42.8469 | 147.3289 PCE 3513 | TasWater | Tertiary | >19,600 |
| Tasmania | -42.7931 | 147.5637 PCE 3299 | TasWater | Secondary | >2,400 |
| Tasmania | -42.5038 | 147.9207 PCE 6236 | TasWater | Secondary | >900 |

| descriptio | location_t | GEOM |
|---|------------|-------------------------------|
| Blackmans Bay outfall accommodates one waste River | | POINT (147.329572 -43.015799) |
| Cambridge outfall accommodates one wastewater River | | POINT (147.51404 -42.837567) |
| Cameron Bay outfall accommodates one waste Estuarine | | POINT (147.259294 -42.808878) |
| Cygnets outfall accommodates one wastewater tre Estuarine | | POINT (147.091641 -43.168629) |
| Dover outfall accommodates one wastewater trea Ocean | | POINT (147.033395 -43.315851) |
| Macquarie Point outfall accommodates one waste River | | POINT (147.34124 -42.877707) |
| Margate outfall accommodates one wastewater tr Estuarine | | POINT (147.278198 -43.025778) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater trea Estuarine | | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Orford outfall accommodates one wastewater trea Ocean | | POINT (147.90913 -42.571303) |
| East Risdon outfall accommodates one wastewat River | | POINT (147.319887 -42.81904) |
| Rokeby outfalls accommodates one wastewater tr River | | POINT (147.409009 -42.919098) |
| Selfs Point outfall accommodates one wastewater River | | POINT (147.328893 -42.846898) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater trea Estuarine | | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Triabunna outfall accommodates one wastewater River | | POINT (147.920748 -42.503793) |

| | |
|---|-------------------------------|
| Bridgewater outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.239205 -42.74327) |
| Cambridge outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.51404 -42.837567) |
| Cameron Bay outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.259294 -42.808878) |
| Cygnets outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.091641 -43.168629) |
| Dover outfall accommodates one wastewater Ocean | POINT (147.033395 -43.315851) |
| Macquarie Point outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.34124 -42.877707) |
| Margate outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.278198 -43.025778) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater Estuarine | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Orford outfall accommodates one wastewater Ocean | POINT (147.90913 -42.571303) |
| Prince of Wales outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.306624 -42.825574) |
| East Risdon outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.319887 -42.81904) |
| Rokeby outfalls accommodates one wastewater River | POINT (147.409009 -42.919098) |
| Rosny outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.351322 -42.87638) |
| Selfs Point outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.328893 -42.846898) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater Estuarine | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Blackmans Bay outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.329572 -43.015799) |
| Bridgewater outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.239205 -42.74327) |
| Cambridge outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.51404 -42.837567) |
| Cameron Bay outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.259294 -42.808878) |
| Cygnets outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.091641 -43.168629) |
| Dover outfall accommodates one wastewater Ocean | POINT (147.033395 -43.315851) |
| Electrona outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.268836 -43.054599) |
| Macquarie Point outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.34124 -42.877707) |
| Margate outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.278198 -43.025778) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater Estuarine | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Orford outfall accommodates one wastewater Ocean | POINT (147.90913 -42.571303) |
| Port Arthur outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.8584 -43.144301) |
| Prince of Wales outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.306624 -42.825574) |
| Richmond outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.443525 -42.745338) |
| East Risdon outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.319887 -42.81904) |
| Rokeby outfalls accommodates one wastewater River | POINT (147.409009 -42.919098) |
| Rosny outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.351322 -42.87638) |
| Selfs Point outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.328893 -42.846898) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater Estuarine | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Triabunna outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.920748 -42.503793) |
| Blackmans Bay outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.329572 -43.015799) |
| Bridgewater outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.239205 -42.74327) |
| Cambridge outfall accommodates one wastewater River | POINT (147.51404 -42.837567) |
| Cameron Bay outfall accommodates one wastewater Estuarine | POINT (147.259294 -42.808878) |

| | |
|---|-------------------------------|
| Cygnets outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.091641 -43.168629) |
| Dover outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.033395 -43.315851) |
| Electrona outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.268836 -43.054599) |
| Macquarie Point outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.34124 -42.877707) |
| Margate outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.278198 -43.025778) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater treatment plants | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Orford outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.90913 -42.571303) |
| Port Arthur outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.8584 -43.144301) |
| Prince of Wales outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.306624 -42.825574) |
| Richmond outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.443525 -42.745338) |
| East Risdon outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.319887 -42.81904) |
| Rokeby outfalls accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.409009 -42.919098) |
| Rosny outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.351322 -42.87638) |
| Selfs Point outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.328893 -42.846898) |
| Sorell outfall accommodates two wastewater treatment plants | POINT (147.563723 -42.793141) |
| Triabunna outfall accommodates one wastewater treatment plant | POINT (147.920748 -42.503793) |

(Sumber: *Australia Ocean Data Network*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”