

Aplikasi Data SAR-Mode Level 2 Satelit Cryosat-2 untuk Pengamatan *Inland Water* di Danau Towuti

Application of SAR-Mode Level 2 Satellite Cryosat-2 Data for Inland Water Monitoring In Lake Towuti

Ahmad Saifudin*, Eko Yuli Handoko

Departemen Teknik Geomatika, FTSPK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: saipen@live.com

Diterima: 06082020; Diperbaiki: 01042022; Disetujui: 01042022; Dipublikasi: 10042022

Abstrak: Data altimetri biasanya digunakan untuk penelitian di wilayah laut. Namun seiring berkembangnya teknologi, resolusi spasial satelit altimetri meningkat sehingga dapat digunakan untuk melakukan penelitian tentang perairan di wilayah darat. Pada penelitian ini bermaksud mengaplikasikan salah satu satelit altimetri yaitu CryoSat-2. Data yang digunakan adalah SAR *Intermediate Level 2* untuk menentukan *water level* di Danau Towuti dengan cakupan waktu pengukuran tahun 2011 hingga 2018. Metode yang digunakan yaitu membandingkan data satelit altimetri dengan data in-situ. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa data satelit altimetri CryoSat-2 dapat digunakan untuk menentukan *water level* di Danau Towuti dengan menghilangkan data outliner.

Copyright © 2022 Geoid. All rights reserved.

Abstract: *Altimetry data usually used for marine research. However, as technology develops, the spatial resolution of satellite altimetry increases so that it can be used to conduct inland water research. One of the satellite altimetry is CryoSat-2. The data used is Level 2 SAR Intermediate to determine water levels in Lake Towuti with measurement time coverage from 2011 to 2018. The method used is to compare altimetry data with in-situ data. The obtained results indicate that the CryoSat-2 altimetry satellite data can be used to determine the water level in Lake Towuti by eliminating outliner data.*

Kata kunci : *Inland Water level*, CryoSat-2, Danau Towuti

Cara untuk sitasi: Saifudin, A., Handoko, E.Y. (2022). Aplikasi Data SAR-Mode Level 2 Satelit Cryosat-2 untuk Pengamatan *Inland Water* di Danau Towuti. *Geoid*, 17(2), 201-207.

Pendahuluan

Danau merupakan genangan air di dalam cekungan di atas permukaan tanah yang terbentuk secara alami maupun buatan. Danau dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya untuk pembangkit listrik tenaga air. Oleh karena itu tinggi rendahnya muka air sangat berpengaruh terhadap pengoperasian pembangkit listrik tenaga air. Pengamatan terhadap kenaikan air dapat dilakukan dengan mengamati level muka air melalui rambu ukur. Namun hal ini kurang efisien dikarenakan perlunya pengamatan secara langsung di lapangan dan biaya perawatan yang mahal. Bahkan beberapa tempat yang terdapat pengukur ketinggian muka air yang legal dan institusional terdapat pembatasan akses data untuk penelitian (Alsdorf, Ernesto Rodri'guez, & Lettenmaier, 2007).

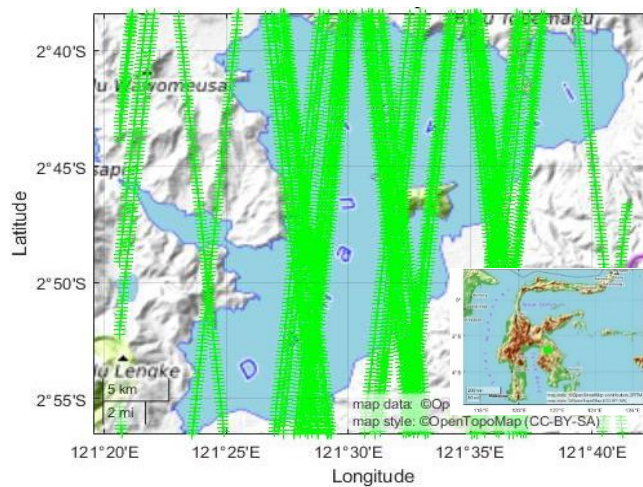
Adanya teknologi penginderaan jauh meningkatkan efisiensi dalam pengukuran jarak jauh, salah satunya dalam hal ini yaitu satelit altimetri. Satelit altimetri dikembangkan bertujuan untuk mengukur tinggi muka air laut terhadap suatu sistem referensi tinggi. Konsep pengukuran satelit altimetri dalam menentukan tinggi muka air sangat sederhana, dengan memanfaatkan waktu tempuh antara radar mentransmisikan gelombang mikro ke arah muka air laut hingga gelombang tersebut dipantulkan dan diterima kembali oleh *receiver*. Waktu tersebut dihitung menggunakan *oscillator* super presisi. Jarak antara satelit terhadap muka air dapat dihitung dengan menggunakan konstanta kecepatan cahaya terhadap waktu. Dalam menentukan tinggi muka air tersebut,

didapatkan dengan cara pengurangan tinggi orbit satelit terhadap sistem referensi dengan jarak antara satelit terhadap muka air (Andersen & Scharroo, 2011).

Seiring dilakukannya penelitian, diketahui bahwa satelit altimeter tidak hanya mampu mengukur permukaan air laut tetapi juga dapat mengukur permukaan air darat, misalnya danau dan sungai (Villadsen, Andersen, Stenseng, Nielsen, & Knudsen, 2015). Penggunaan satelit altimetri untuk pengukuran muka air darat bisa digunakan apabila tidak adanya stasiun pasut di danau atau sungai, area yang susah dijangkau atau data pasut yang bersifat rahasia.

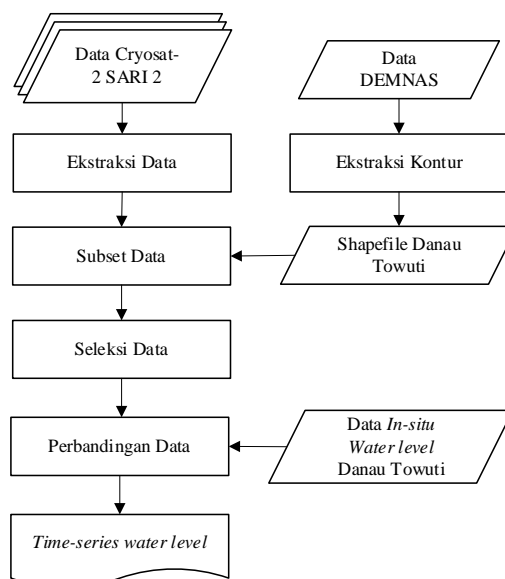
Data dan Metode

Penelitian ini mengambil studi kasus di Danau Towuti, Sulawesi Selatan dengan koordinat geografis 2°45'0"LS dan 121°30'0"BT. Danau Towuti memiliki kedalaman maksimum 206 mdpl dengan luas sekitar 562 km² (Sulistioadi et al., 2015). Danau Towuti terhubung dengan hulu Danau Matano dan Danau Mahalona melalui Sungai Mahalona, yang merupakan inlet air terbesar ke danau (Vogel et al., 2015). Gambar berikut menunjukkan lokasi dari Danau Towuti beserta *along-track* CryoSat-2:



Metode pengolahan data dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:

Gambar 1. Lokasi Penelitian (OpenTopoMap, 2020)



Gambar 2. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, tahap pengolahan dimulai dengan mengekstraksi data CryoSat-2 dengan tujuan mendapatkan parameter yang diperlukan dalam perhitungan *water level*. Setelah didapatkan beberapa parameter tersebut kemudian dilakukan subset data yang dilakukan dalam tiga tahapan. Tahap pertama dilakukan dengan cara pencarian data berdasarkan nilai koordinat lintang dan bujur dalam rentang minimum-maksimum yang telah ditentukan. Nilai minimum-maksimum didapatkan dari data vektor Danau Towuti yang diturunkan dari data DEM.

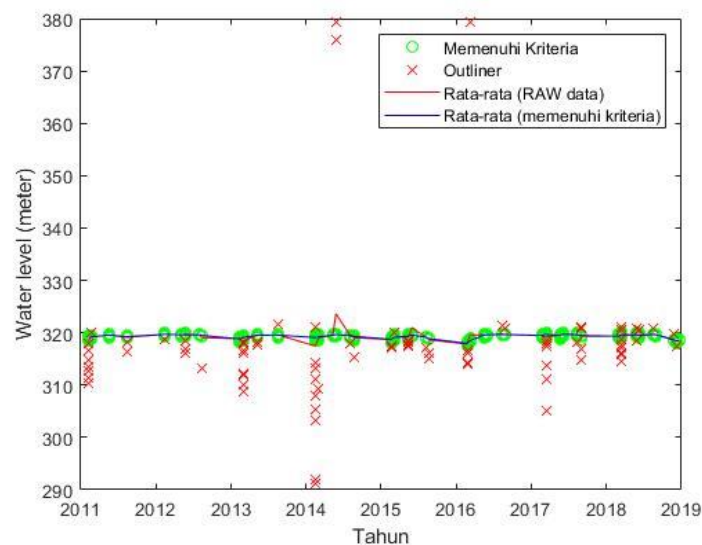
Selanjutnya, subset dilakukan dengan cara pemilihan data berdasarkan indikator pengukuran. Indikator data merujuk pada tipe permukaan yang diidentifikasi oleh CryoSat-2 dan telah tersedia. Pemilihan tipe permukaan yang dipilih adalah perairan tertutup atau danau. Karena hasil plot data subset kurang mewakili Danau Towuti (adanya data yang bukan mewakili wilayah perairan), subset dilakukan kembali dengan cara *masking* menggunakan data vektor Danau Towuti yang diturunkan dari data DEM.

Setelah dilakukan subset data, kemudian dilakukan seleksi data dengan cara menghilangkan data outlier melalui perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) terhadap nilai rata-rata *water level* tiap *along-track*. Data yang memiliki selisih cukup tinggi (lebih dari 1 meter) sekitar terhadap nilai rata-rata dihapus, kemudian dilakukan iterasi perhitungan nilai rata-rata *water level* hingga RMSE yang dihasilkan lebih kecil dari 0,4 meter.

Data CryoSat-2 yang bersih dari outlier selanjutnya dilakukan perbandingan data terhadap data in-situ. Perbandingan data bertujuan mencari kesalahan bias data CryoSat-2 terhadap data in-situ. Dalam perbandingan data perlu transformasi referensi tinggi yang sama apabila kedua data memiliki referensi tinggi yang berbeda. Setelah didapatkan kesalahan bias, nilai rata-rata *water level* yang dihasilkan dari data CryoSat-2 perlu dikoreksi terhadap kesalahan tersebut. Kemudian data CryoSat-2 yang telah melalui pemrosesan tersebut disajikan dalam bentuk grafik *time-series water level* Danau Towuti tahun 2011-2018.

Hasil dan Pembahasan

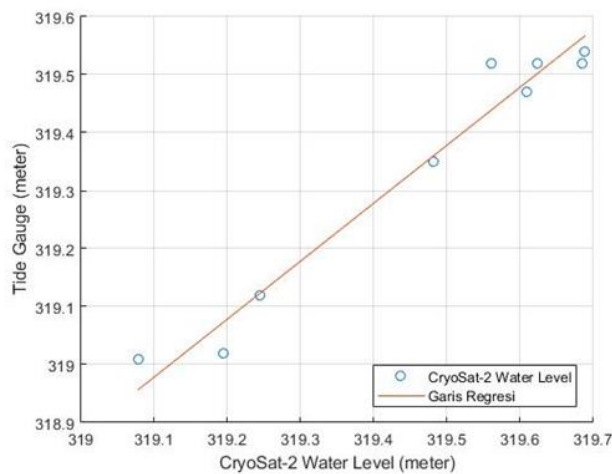
Perhitungan *water level* Danau Towuti dilakukan tiap pengambilan data yang tersedia pada data CryoSat-2 yang telah melalui proses subset. Kemudian, nilai *water level* tersebut dirata-rata berdasarkan *along-track* yang sama. Perhitungan RMSE dilakukan setelah didapatkan *mean water level* per *along-track*. Dengan kriteria RMSE yang dihasilkan lebih kecil dari 0,4 meter, persentasi jumlah data yang memenuhi kriteria cukup tinggi sekitar 85,97% dari total keseluruhan data yang telah dilakukan *masking*.



Gambar 3. Grafik *Water Level* yang Memenuhi Kriteria (Hijau) dan Data Outliner (Merah)

Pada Gambar 3 menunjukkan grafik *water level* yang dihasilkan dari data CryoSat-2 SAR Intermediate Level 2 dimana apabila tidak dihilangkan data outlier maka nilai *water level* memiliki kesalahan yang cukup besar sekitar 1 hingga 4 meter. Kesalahan tersebut dikarenakan pengambilan data pada *footprint* tidak mewakili tinggi muka air melainkan daratan di sekitar badan air. Permasalahan ini mirip dengan pengukuran di area pantai (Passaro et al., 2018).

Setelah didapatkan data yang bebas dari outlier dilanjutkan dengan perbandingan *water level* antara data CryoSat-2 dengan data in-situ. Dengan sampel berjumlah 9, didapatkan hasil perbandingan *water level* Danau Towuti antara data CryoSat-2 dengan data in-situ, nilai koefisien korelasi sebesar 0,981 dan nilai RMSE sebesar 0,136 meter dengan *range* sebesar 0,611 meter. Hubungan nilai *water level* antara data CryoSat-2 dengan data in-situ digambarkan garis regresi linier $Y = 0,9996 X - 4,7038 \times 10^{-6}$. Hal ini menunjukkan bahwa data yang dihasilkan dari pengolahan data CryoSat-2 memiliki tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 4. Grafik Korelasi antara Data In-Situ dengan Data Cryosat-2

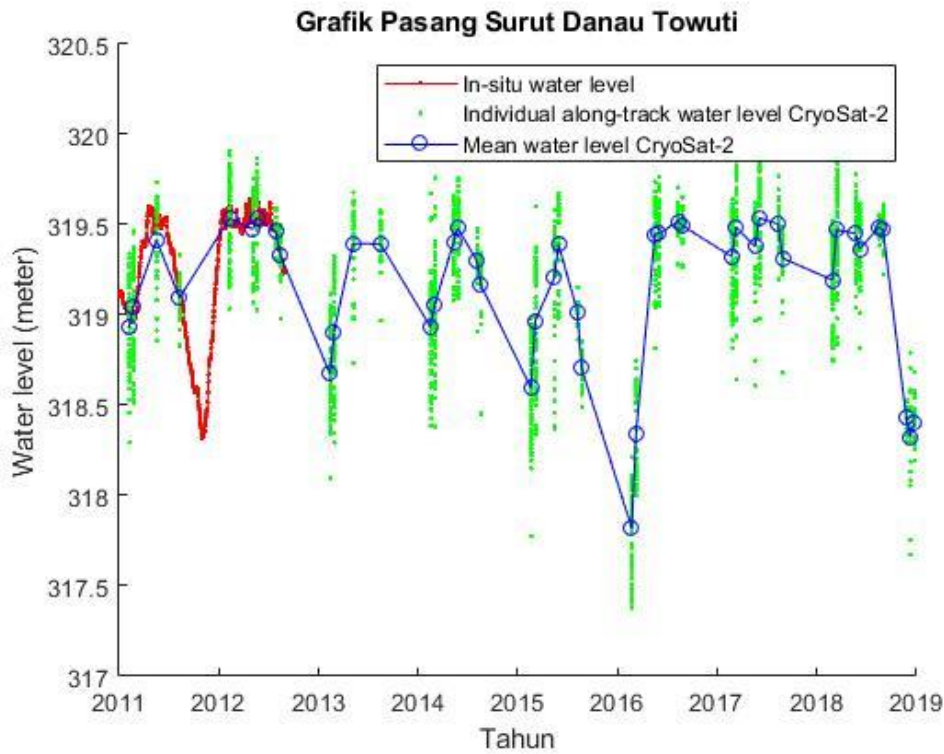
Pencarian kesalahan bias didapatkan dengan cara mengurangkan nilai *mean water level* tiap *along-track* pada data CryoSat-2 terhadap nilai *water level* pada data in-situ dengan waktu pengukuran yang sama kemudian dikuadratkan (Nielsen, Stenseng, Andersen, Villadsen, & Knudsen, 2015). Dari perhitungan tersebut didapatkan koreksi bias sebesar -0,148 meter. Koreksi tersebut kemudian diterapkan pada nilai *water level* yang dihasilkan dari data CryoSat-2.

Tabel 1. Perhitungan Kesalahan Bias

YYF	insitu <i>water level</i> (m)	CryoSat-2 <i>water level</i> (m)	(insitu-CryoSat) ² (m)
2011.09863	319,010	319,077	0,004
2011.14247	319,020	319,194	0,030
2011.37534	319,520	319,561	0,002
2011.60548	319,120	319,244	0,015
2012.10929	319,520	319,685	0,027
2012.34153	319,520	319,623	0,011
2012.38251	319,540	319,689	0,022
2012.57377	319,470	319,608	0,019
2012.61475	319,350	319,482	0,017
		Total	0,148

Berdasarkan pengolahan data CryoSat-2 SAR *Intermediate Level 2* untuk pengamatan Danau Towuti, selama tahun 2011 hingga 2018, grafik pada Gambar 4 menunjukkan *water level* terendah sebesar $317,820 \pm 0,223$ meter terjadi pada tanggal 22 Pebruari 2016. Sedangkan *water level* tertinggi sebesar $319,540 \pm 0,231$ meter terjadi pada tanggal 20 Mei 2012. Penurunan *water level* secara signifikan terjadi antara tanggal 30 Mei 2015

hingga 22 Pebruari 2016 sebesar -1,199 meter. Kemudian terjadi peningkatan *water level* secara signifikan pada tanggal 22 Pebruari 2016 hingga tanggal 10 Agustus 2016 sebesar 1,697 meter.



Gambar 5. Grafik *Time-Series Water Level* dengan Data Cryosat-2 (Biru) dan Data In-Situ (Merah)

Tabel 2. *Water Level* yang Dihasilkan dari Pengolahan Data CryoSat-2

YYF	<i>Water level</i> (m)	δ (m)
2011.09863	318,929	0,246
2011.14247	319,046	0,277
2011.37534	319,413	0,230
2011.60548	319,095	0,114
2012.10929	319,537	0,217
2012.34153	319,474	0,182
2012.38251	319,540	0,231
2012.57377	319,460	0,071
2012.61475	319,334	0,106
2013.11507	318,674	0,228
2013.15616	318,908	0,292
2013.34795	319,396	0,210
2013.62192	319,394	0,115
2014.12329	318,934	0,274
2014.16438	319,055	0,286
2014.35616	319,403	0,175
2014.39726	319,481	0,205
2014.58904	319,300	0,107
2014.63014	319,164	0,217
2015.13151	318,596	0,252
2015.17534	318,969	0,303
2015.36438	319,205	0,338
2015.40822	319,389	0,237
2015.59726	319,019	0,060
2015.63836	318,706	0,092

YYF	Water level (m)	δ (m)
2016.14208	317,820	0,223
2016.18579	318,346	0,231
2016.37432	319,446	0,202
2016.41530	319,452	0,198
2016.60656	319,517	0,083
2016.64754	319,496	0,095
2017.14795	319,323	0,227
2017.18904	319,487	0,278
2017.38082	319,378	0,225
2017.42192	319,537	0,223
2017.61096	319,504	0,133
2017.65479	319,315	0,156
2018.15616	319,194	0,213
2018.19726	319,471	0,286
2018.38904	319,452	0,183
2018.43014	319,365	0,207
2018.62192	319,488	0,040
2018.66301	319,471	0,093
2018.89589	318,435	0,082
2018.93151	318,325	0,283
2018.97534	318,401	0,121

Dari data CryoSat-2 hanya dihasilkan 46 *mean water level* sehingga penelitian *time-series water level* Danau Towuti menggunakan data CryoSat-2 tidak memungkinkan penyusunan data secara kontinyu.

Kesimpulan

Dalam penelitian ini kami mengaplikasikan satelit altimetri untuk penentuan *water level* di Danau Towuti. Dengan data CryoSat-2 SAR Intermediate Level 2 dihasilkan RMSE sebesar 0,136 m dan koefisien korelasi sebesar 0,981 m yang menunjukkan bahwa data yang dihasilkan dari pengolahan data CryoSat-2 memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa satelit altimetri CryoSat-2 dapat digunakan untuk menentukan nilai *water level* di Danau Towuti. Dengan lebar *footprint* yang sempit dan wilayah yang dilaluinya, satelit CryoSat-2 juga berpotensi dapat digunakan untuk menentukan *water level* di perairan darat lainnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Divisi Operation Excellence, PT Vale Indonesia (2012) yang telah memberikan dukungan berupa data pengamatan muka air Danau Towuti tahun 2002-2012 yang digunakan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Alsdorf, D. E., Ernesto Rodri'guez, & Lettenmaier, D. P. (2007). Measuring surface water from space. *Reviews of Geophysics*, 45(2006), 1–24. <https://doi.org/10.1029/2006RG000197.1>.INTRODUCTION
- Andersen, O. B., & Scharroo, R. (2011). Range and Geophysical Corrections in Coastal Regions: And Implications for Mean Sea Surface Determination. In *Coastal Altimetry* (pp. 103–145). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12796-0>
- Nielsen, K., Stenseng, L., Andersen, O. B., Villadsen, H., & Knudsen, P. (2015). Validation of CryoSat-2 SAR mode based lake levels. *Remote Sensing of Environment*, 171, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.10.023>
- Passaro, M., Rose, S. K., Andersen, O. B., Boergens, E., Calafat, F. M., Dettmering, D., & Benveniste, J. (2018). ALES+: Adapting a homogenous ocean retracker for satellite altimetry to sea ice leads, coastal and inland waters. *Remote Sensing of Environment*, 211(April), 456–471. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.074>
- Sulistioadi, Y. B., Tseng, K. H., Shum, C. K., Hidayat, H., Sumaryono, M., Suhardiman, A., ... Sunarso, S. (2015). Satellite radar altimetry for monitoring small rivers and lakes in Indonesia. *Hydrology and Earth System Sciences*,

19(1), 341–359. <https://doi.org/10.5194/hess-19-341-2015>

Villadsen, H., Andersen, O. B., Stenseng, L., Nielsen, K., & Knudsen, P. (2015). CryoSat-2 altimetry for river level monitoring - Evaluation in the Ganges-Brahmaputra River basin. *Remote Sensing of Environment*, 168, 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.05.025>

Vogel, H., Russell, J. M., Cahyarini, S. Y., Bijaksana, S., Wattrus, N., Rethemeyer, J., & Melles, M. (2015). Depositional modes and lake-level variability at Lake Towuti, Indonesia, during the past ~29 kyr BP. *Journal of Paleolimnology*, 54(4), 359–377. <https://doi.org/10.1007/s10933-015-9857-z>



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).