



ESTIMASI PERUBAHAN NILAI SIMPANAN AIR DI WILAYAH PULAU KALIMANTAN BERDASARKAN KOMBINASI DATA GAYABERAT SATELIT GRACE DAN GRACE FOLLOW-ON

Poppy Andriani Wirawan¹, Leni Sophia Heliani²

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No 2, Sinduadi, Mlati, Sleman -55284 Telp./Faks: (+62274) 520226, e-mail:
poppy.andriani.wirawan@ugm.ac.id

²Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No 2, Sinduadi, Mlati, Sleman -55284 Telp./Faks: (+62274) 520226, e-mail: lheliani@ugm.ac.id

ABSTRAK

Pulau Kalimantan memiliki bentang alam yang bentuk geomorfologinya sangat bervariasi, selain itu bentang alam di wilayah ini mengalami perubahan yang sangat cepat dari waktu ke waktu. Perubahan yang sangat dinamis ini terjadi akibat adanya alih fungsi lahan secara masif yang kian marak dilakukan untuk berbagai sektor dan kepentingan. Alih fungsi lahan menyebabkan terjadinya permasalahan dan kerusakan pada ekosistem lahan tersebut, diantaranya perubahan keseimbangan pola hidrologi. Dalam rangka memastikan keseimbangan fungsi hidrologis di wilayah Pulau Kalimantan, maka perlu dilakukan studi monitoring perubahan simpanan air di wilayah Pulau Kalimantan. *Terrestrial Water Storage* atau simpanan air tanah merupakan salah satu komponen yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai perubahan simpanan air. Dalam penelitian ini, nilai simpanan air diestimasi berdasarkan data gayaberat satelit GRACE dan GRACE Follow-On dari tiga model data, yaitu CSR, GFZ, dan JPL. Proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan toolbox GRAMAT yang dikembangkan oleh Wei Feng dengan perhitungan komponen *spherical harmonic*. Output yang dihasilkan berupa nilai tinggi air rerata (*equivalent water height*), nilai *trend* EWH, dan nilai-nilai analisis harmonik. Hasil penelitian diperoleh nilai perubahan simpanan air tahunan dari data satelit GRACE untuk tahun 2002 hingga 2017 di wilayah Pulau Kalimantan bernilai negatif dengan nilai rentang -0,126 hingga -0,617, sedangkan nilai perubahan simpanan air tahunan dari data GRACE Follow-On untuk tahun 2018 hingga 2020 terbagi menjadi 2 hasil, yakni positif dan negatif, dengan nilai rentang -0,74 hingga 0,3 cm. Nilai ketelitian dan standar deviasi data satelit GRACE CSR memiliki nilai ketelitian yang lebih baik dibandingkan dua model data lainnya. Perbandingan nilai EWH pada tahun 2018 hingga 2020 antara data satelit GRACE dan GRACE Follow On dengan uji *t student* menunjukkan bahwa kedua nilai tersebut tidak berbeda secara signifikan.

Kata kunci : *Gayaberat, GRACE, Kalimantan, Terrestrial Water Storage, Hidrologi*

ABSTRACT

Kalimantan Island has a landscape with various geomorphological forms which changes very quickly from time to time.. The dynamic change occurs due to the massive land conversion, which is increasingly carried out for various sectors and interests. Land conversion causes many problems and damage to the ecosystem, there is hydrological balance changes. To ensure the balance of hydrological functions in Kalimantan Island, a monitoring study of water storage changes in a long period need to be carried out to determine the characteristics of water storage changes in Kalimantan Island. *Terrestrial Water Storage* is one component that can be used to determine the value of water storage changes. In this study, the value of water storage was estimated based on gravity data from the GRACE and GRACE Follow-On satellite consisting of three data models, namely CSR, GFZ, and JPL. The calculation process is carried out using the GRAMAT toolbox developed by Wei Feng with the calculation of spherical harmonic components. The outputs are equivalent water height, EWH trend value, and harmonic analysis values. And the results show the value of the annual change in water storage from the GRACE satellite data from 2002 to 2017 in the region of Kalimantan Island is negative with a range from -0.126 to -0.617 cm per year, while the value of the annual change in water storage from the GRACE Follow-On data for 2018 to 2020 is divided into 2 results, that is positive and negative, with a range from -0.74 to 0.3 cm. For the value of accuracy and standard deviation of the three GRACE satellite data models, CSR has a better accuracy value than the other two data models. Comparison

of EWH values from 2018 to 2020 between GRACE and GRACE Follow satellite data, with the t-student statistical test showing that the two values were not significantly different.

Keywords : Gravity, GRACE, Kalimantan, Terrestrial Water Storage, Hydrology

1. PENDAHULUAN

Pulau Kalimantan memiliki bentuk geomorfologi yang sangat bervariasi, mulai dari adanya pegunungan dan perbukitan seperti Pegunungan Meratus, Pegunungan Schwaner, dll yang juga menjadi hulu dari hampir semua sungai-sungai besar yang ada di Kalimantan. Pada bagian bawah area pegunungan, terbentang dataran rendah yang sangat luas dengan karakteristik yang beragam. Ciri khas bentang alam yang paling terkenal dan dominan yaitu gambut. Selain itu, Kalimantan juga terdapat dataran rawa air tawar yang luas, dan ekosistem karst (Sosilowati dkk., 2017).

Bentang alam di daratan Pulau Kalimantan bersifat dinamis dan mengalami perubahan yang sangat cepat dari waktu ke waktu. Hutan yang lebat dan lahan gambut yang luas sebagai salah satu ciri khas utama pulau ini telah banyak dialih fungsikan. Alih fungsi lahan untuk berbagai sektor kehidupan seperti ekonomi, sosial, dan lingkungan kian marak dilakukan. Faktor-faktor yang mendorong terjadinya konversi pemanfaatan lahan diantaranya yaitu kurangnya lahan produktif, ekspansi perkebunan, dan peningkatan jumlah penduduk (Irma dkk., 2018). Aktivitas konversi pemanfaatan lahan yang semakin marak dilakukan dapat menimbulkan permasalahan dan kerusakan pada ekosistem lahan tersebut. Selain menimbulkan berbagai kerusakan, konversi pemanfaatan lahan juga menyebabkan terjadinya perubahan komponen hidrologi yang ada didalamnya (Suwondo dkk., 2010).

Fungsi hidrologis di wilayah daratan berkaitan erat dengan peran kawasan hutan, area lahan gambut, rawa, dan bentang alam lainnya di wilayah daratan sebagai sebagai penyerap, penyimpan, penghasil, dan pendistribusi air. Dalam rangka memastikan keseimbangan fungsi hidrologis di Pulau Kalimantan, maka perlu dilakukan studi *monitoring* perubahan simpanan air di wilayah daratan Pulau Kalimantan (PP Nomor 42 Tahun 2008).

Studi monitoring perubahan simpanan air dalam periode waktu yang lama perlu dilakukan agar dapat merepresentasikan karakteristik perubahan naik turunnya simpanan air yang terjadi di wilayah tersebut. Pola fluktuasi perubahan simpanan air yang dinamis dapat menimbulkan berbagai dampak negatif yang berpengaruh pada ruang lingkup global. *Monitoring* perubahan simpanan air untuk wilayah yang luas memerlukan teknologi ekstraterestris. Beberapa metode pengukuran ekstraterestris untuk deteksi perubahan simpanan air diantaranya yaitu satelit altimetri, teknologi

InSAR, satelit gayaberat, dan lain-lain. Namun, adanya berbagai keterbatasan dari beberapa faktor, seperti biaya, waktu, dan lokasi atau area yang dideteksi dapat membuat satelit gayaberat menjadi salah satu solusi alternatif yang dapat digunakan untuk mengestimasi nilai perubahan simpanan air (Fauzi, 2019).

Satelit GRACE merupakan salah satu jenis dari satelit gayaberat yang diluncurkan pada 17 Maret 2002. Satelit ini merupakan misi gabungan badan antariksa Jerman (DLR) dan antariksa Amerika Serikat (NASA). Misi dari satelit GRACE yaitu menyediakan model medan gayaberat bumi dengan pengamatan dan pemantauan secara global terhadap perubahan massa skala besar (Tapley dkk., 2004). Misi utama lain dari satelit GRACE yaitu untuk studi perubahan massa air di wilayah samudera, mengukur keseimbangan massa pada lapisan es dan gletser, serta memantau perubahan simpanan air di wilayah benua, daerah bersalju, wilayah basin, dan lain-lain. Satelit GRACE dapat mendeteksi perubahan simpanan air yang direpresentasikan dalam parameter Equivalent Water Height (EWH). Parameter EWH tersebut terdiri atas air permukaan, air salju, gletser, kelembaban tanah, dan simpanan air tanah (Yin dkk., 2017).

GRACE Follow-On merupakan penerus misi satelit GRACE yang sudah mengorbit sejak 2002 hingga 2017. GRACE Follow On melanjutkan misi dengan rancangan dan desain teknologi terbaru untuk meningkatkan kepresisian pengukuran yang dilakukan. GRACE Follow On diluncurkan pada 22 Mei 2018, dengan misi lanjutan berupa tracking pergerakan dan perpindahan air di bumi, juga untuk memantau perubahan *ground water storage*, *terrestrial water storage* di area sungai besar dan danau, kelembaban tanah, lapisan es dan gletser, serta permukaan laut. Misi-misi satelit GRACE Follow On ini memberikan wawasan dan pengetahuan tentang iklim bumi.

Berdasarkan penjabaran sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk menentukan perubahan simpanan air di wilayah Pulau Kalimantan berdasarkan kombinasi data gayaberat satelit GRACE dan GRACE Follow-On. Selanjutnya, uji statistik juga dilakukan pada nilai EWH yang diestimasi dari satelit GRACE dan GRACE Follow-On untuk mengetahui apakah nilai EWH dari dua data satelit GRACE tersebut berbeda secara signifikan atau tidak berbeda secara signifikan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian



Gambar 1 Lokasi Penelitian, Pulau Kalimantan

2.2 Data dan Penelitian

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Data model gayaberat satelit GRACE oleh Center for Space Research (CSR), Geo Forschungs Zentrum (GFZ), dan Jet Propulsion Laboratory (JPL). Data diperoleh dalam format .txt yang digunakan untuk menghitung nilai EWH, trend EWH, dan prediksi EWH dengan rentang waktu April 2002 hingga Desember 2020.
- b. Data model gayaberat satelit GRACE Follow On oleh Center for Space Research (CSR), Geo Forschungs Zentrum (GFZ), dan Jet Propulsion Laboratory (JPL). Data diperoleh dalam format .txt yang digunakan untuk menghitung nilai EWH, trend EWH, dan prediksi EWH dengan rentang waktu Mei 2020 hingga Mei 2021

2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Matlab versi R2016b, digunakan sebagai perangkat untuk pengolahan data gayaberat satelit GRACE dan GRACE FollowOn.
- b. ArcGIS versi 10.3, digunakan untuk visualisasi dan penentuan nilai koordinat pendekatan pada area penelitian.
- c. Google Chrome, digunakan untuk mengakses laman NASA untuk pengolahan data gaya berat satelit GRACE dan untuk visualisasi grafis.
- d. Microsoft Office 2013, digunakan untuk penulisan paper dan pembuatan fitur seperti tabel dan grafik, serta menampilkan hasil pengolahan dalam bentuk grafik.

- e. Microsoft Excel 2013, untuk pengolahan data dan menampilkan hasil pengolahan data dalam bentuk tabel.

2.3 Metodologi

2.3.1 Pengolahan Data Gayaberat

Pengolahan data gayaberat satelit GRACE dan GRACE Follow On dilakukan dengan tahapan pengolahan, sebagai berikut (Han dkk., 2017; Fuchs dkk., 2017) :

1. *Preprocessing* data gayaberat satelit GRACE, dilakukan untuk menghilangkan kesalahan pada koefisien spherical harmonic yang masih memiliki tingkat kesalahan yang cukup tinggi, yaitu parameter dengan koefisien degree 1 dan degree 2.
2. Proses *Destripping* dan *Filtering Gaussian*, proses *destripping* dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kesalahan yang berkorelasi pada koefisien medan gayaberat yang menghasilkan garis utara-selatan (north-south stripped). Sedangkan *filtering Gaussian* dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kesalahan pada koefisien degree tingkat tinggi (Jekeli, 1981)
3. Proses *Land Leakage*, dilakukan untuk meminimalisir sinyal yang berada disekeliling samudera atau laut
4. *Gridding*, pada tahap ini dilakukan proses untuk perhitungan analisis EWH serta visualisasi dalam bentuk raster.
5. Pembuatan *time-series* dilakukan untuk menghitung nilai EWH representatif tiap bulan dari model yang telah dihitung. Dalam proses ini dilakukan pemilihan boundary area yang akan diestimasi nilai EWH untuk dibuat ke dalam visual grafis. Nilai EWH bulanan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) (Torge, 2003; Schmidt et al., 2008)

$$\begin{aligned}
 EWH(\theta, \lambda, t) &= EWH \text{ bias}(\theta, \lambda) EWH \sin(\theta, \lambda) \sin\left(\frac{2\pi}{a}t\right) \\
 &+ EWH \sin(\theta, \lambda) \sin\left(\frac{2\pi}{a}t\right)
 \end{aligned} \tag{1}$$

6. *Harmonic Analysis*, proses *harmonic analysis* merupakan tahapan yang dilakukan untuk melakukan analisis hasil file time-series untuk memperoleh nilai statistik EWH seperti nilai annual amplitude, semi-annual amplitude, *annual phase*, *semi-annual phase*, serta nilai trend. Parameter-parameter tersebut diperoleh melalui 2 persamaan yaitu Persamaan (2) dan (3) :

(i) Persamaan Linear

$$y = A + B(t - t_0) \tag{2}$$

(ii) Persamaan Periodik

$$y = A + B(t - t_0) + C \cos(\omega(t - t_0)) + D \sin(\omega(t - t_0)) \tag{3}$$

Sedangkan untuk nilai RMSE dari trend EWH diperoleh melalui dua model persamaan (4) dan (5) :

(i) Model Polinomial

$$RMSE = (((y_1 - y_2)^2) / n)^{1/2} \quad (4)$$

(ii) Model Parabolik

$$RMSE = (((y_1 - x)^2) + (y_2 - x)^2 / n)^{1/2} \quad (5)$$

2.3.2 Uji t-student

Uji t-student dilakukan untuk menganalisis kesesuaian hasil prediksi nilai EWH terhadap nilai EWH ukuran dari GRACE di periode waktu yang sama. Uji dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dengan jumlah data yang diuji sebanyak 11 data. Uji t-student dilakukan dengan membandingkan nilai t-hitung dan t-tabel, dengan rumus t hitung pada Persamaan (7) berikut (Widjajanti, 1997) :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Equivalent Water Height

Parameter perubahan simpanan air direpresentasikan dengan nilai EWH yang dihasilkan dari masing-masing area penelitian. Tiga model data satelit GRACE dan GRACE Follow On yang digunakan untuk menghitung nilai EWH, yaitu CSR, GFZ, dan JPL, memberikan jumlah data yang tidak seragam, meskipun melakukan pengukuran di wilayah yang sama. Nilai statistik rangkuman nilai EWH disajikan pada **Tabel III.1**

Tabel 1 Rangkuman Nilai EWH Satelit GRACE

Degree	Model Data	Jumlah Data	Min (m)	Max (m)	SD (m)
60	CSR	195	-0,038	0,023	0,0065
	GFZ	156	-0,035	0,033	0,0138
	JPL	72	-4,403	0,395	1,015
96	CSR	195	-0,033	0,031	0,0068
	GFZ	156	-0,134	0,036	0,0168
	JPL	187	-4,403	0,395	0,59

Tabel 2 Rangkuman Nilai EWH Satelit GRACE Follow On

Nilai EWH GRACE FOLLOW ON 2018 s.d. 2021						
Model Data	CSR		GFZ		JPL	
	60	96	60	96	60	96
MAX (m)	0,023	0,031	0,033	0,031	0,026	0,035

MIN (m)	-	-	-	-	-	-
	0,038	0,033	0,065	0,048	0,038	0,043
SD (m)						
	0,015	0,016	0,019	0,019	0,015	0,017

Berdasarkan nilai pada Tabel 1, terdapat kolom model data dan jumlah data dari ketiga model data satelit GRACE yang digunakan untuk mengestimasi nilai EWH di area penelitian. Model data satelit GRACE yang digunakan terdiri atas degree 60 dan 96. Masing-masing model memberikan jumlah data yang berbeda untuk area penelitian ini, model CSR memiliki 195 data, model GFZ memiliki 156 data, sedangkan model data JPL hanya terdiri atas 72 data untuk degree 60 dan 187 data untuk degree 96. Nilai ketelitian atau presisi yang direpresentasikan dengan nilai *error* dalam standar deviasi dari masing-masing model data tergolong cukup tinggi karena masih terdapat data yang nilai standar deviasinya mencapai satu meter. Indikasi terjadinya hal tersebut karena jumlah data pada model data JPL yang sangat sedikit dibandingkan dengan model data yang lain, sehingga variasi data yang ada pada model data tersebut cukup tinggi. Nilai RMS terendah berada pada model data CSR dengan nilai 0.6 cm.. Penggunaan nilai *degree* yang bervariasi digunakan sebagai pertimbangan dalam memilih model yang paling sesuai dan optimal untuk estimasi perubahan nilai simpanan air di wilayah penelitian. Variasi nilai *degree* akan berpengaruh pada parameter hasil analisis harmonik yang dihasilkan, semakin tinggi nilai *degree* yang digunakan, maka parameter analisis harmonik (parameter Annual Amplitudo, Semi Annual Amplitudo, Annual Phase, dan Semi Annual Phase, dan nilai *trend*) juga akan semakin meningkat. Faktor lain yang juga mempengaruhi hasil analisis harmonik adalah jumlah data yang berbeda dari setiap model data dalam rentang waktu yang sama.

3.2 Nilai Trend EWH

Nilai *Trend EWH* merupakan nilai yang merepresentasikan perubahan nilai simpanan air (dalam satuan centimeter) yang terjadi setiap tahun. Nilai *trend* dapat diperoleh melalui perhitungan statistika dan perhitungan berdasarkan persamaan garis dari nilai EWH yang diperoleh dari tiga model data satelit GRACE setiap bulannya pada masing-masing area penelitian. Nilai *trend* EWH dan RMSE *trend* EWH pada setiap area penelitian disajikan pada **Tabel 2 dan Tabel 3**. berikut ini

Tabel 2 Nilai Trend Model Linear

Model Data	Trend Linear			Rerata
	CSR	GFZ	JPL	
Nilai Trend	0,215	0,29	0,235	0,246
RMS	2,808	2,517	2,79	

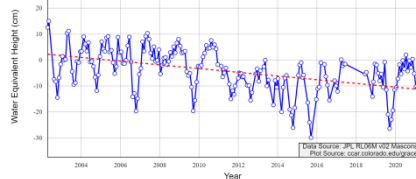
Tabel 3 Nilai Trend Model Periodik

Model Data	Periodc Model			Rerata
	CSR	GFZ	JPL	
Nilai Trend	0,19	0,275	0,226	0,245
RMS	2,19	2,162	2,203	

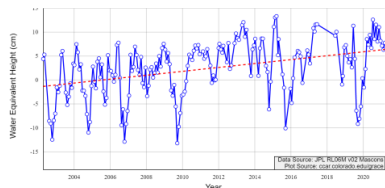
Berdasarkan Tabel 2 dan 3 diperoleh nilai rerata *trend* EWH dengan metode linear dan metode periodik yang relatif sama yaitu sebesar 0,245 cm/tahun. Dari ketiga model data tersebut dihasilkan nilai trend positif dari tahun 2002 hingga 2021, hal tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan area di Pulau Kalimantan mengalami peningkatan simpanan air setiap tahunnya. Nilai RMS terendah berada pada model data GFZ dengan metode periodic. Berikut juga ditampilkan grafik trend nilai EWH yang divisualisasikan dari model data JPL MASCON.



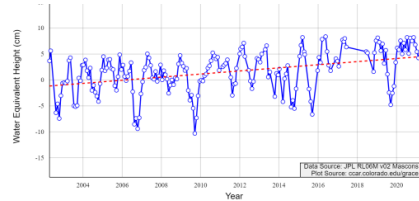
Gambar 2 Visualisasi trend Kalimantan Utara



Gambar 3 Visualisasi trend Kalimantan Timur

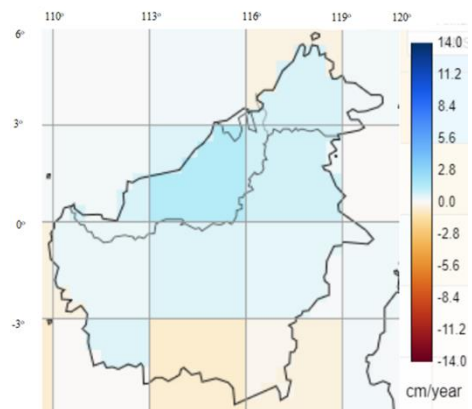


Gambar 4 Visualisasi trend Kalimantan Barat



Gambar 5 Visualisasi trend Kalimantan Selatan

Grafik pada **Gambar 2** s.d. **Gambar 5** menunjukkan trend EWH per area di Pulau Kalimantan sejak tahun 2002 hingga 2021 dengan model data JPL. Grafik tersebut menunjukkan bahwa ada 3 area di Pulau Kalimantan yang memiliki *trend* EWH positif, yaitu Kalimantan Utara, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Barat. Sedangkan untuk wilayah Kalimantan bagian Selatan memiliki *trend* ewh negatif. Visualisasi trend untuk area tersebut ditunjukkan oleh Gambar berikut ini.



Gambar 6 Visualisasi Trend Model Data JPL

Gambar 6 merupakan hasil visualisasi trend EWH menggunakan model data JPL di Pulau Kalimantan dari tahun 2002 hingga 2021. Besaran nilai *trend* EWH ditunjukkan dengan rentang nilai yang terdapat didalam bar warna vertikal di sebelah kanan gambar dengan gradasi warna merah tua hingga biru tua yang merepresentasikan nilai trend EWH dari model data JPL di Pulau Kalimantan. Dari visualisasi tersebut dapat dilihat bahwasannya di bagian selatan Pulau Kalimantan yaitu daerah Kalimantan Selatan mengalami *trend* penurunan, ditunjukkan dengan area yang berwarna oranye kemerahan, sehingga merepresentasikan nilai nilai *trend* EWH dibawah 0 atau bernilai negatif, yaitu dari 0 s.d -2.8 cm/tahun. Sedangkan untuk wilayah Kalimantan Utara, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Barat mengalami *trend* peningkatan, *trend* peningkatan simpanan air dapat dilihat dari warna biru muda yang terdapat di area tersebut dan

merepresentasikan nilai *trend* yang bernilai positif yaitu dari 0 s.d 2.8 cm/tahun. Secara keseluruhan, visualisasi nilai trend EWH yang ditunjukkan pada model data JPL berkesesuaian dengan nilai *trend* EWH yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya, yaitu trend dengan nilai positif.

3.3. Validasi Nilai EWH

Dua variabel yang divalidasi adalah nilai EWH yang diestimasi berdasarkan data satelit GRACE dan GRACE Follow On pada tahun 2018 hingga 2021. Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah nilai EWH yang diperoleh dari satelit GRACE dalam hal ini yang diperoleh dari laman pengolahan data satelit GRACE yaitu graceplotter memiliki kesesuaian dengan nilai yang diestimasi berdasarkan data GRACE Follow On. Validasi ini dilakukan uji statistik t student. Uji statistika kali ini dilakukan dengan derajat kepercayaan 95%. Hasil hitungan untuk uji statistik disajikan pada **Tabel 4**

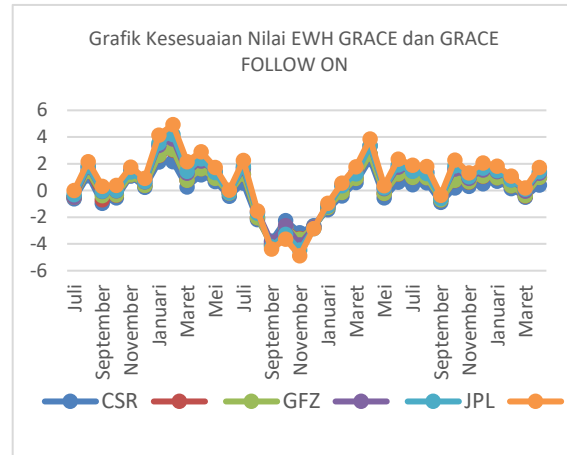
Tabel 4 Uji Statistik t student Nilai EWH

Model Data	CSR		GFZ		JPL	
	GRACE	GRACE FO	GRACE	GRACE FO	GRACE	GRACE FO
Nilai rata-rata	0,157	0,271	0,108	0,367	0,15	0,3
Nilai Standar Deviasi	0,65		0,633		0,62	
Nilai t hitung	-1,029		-2,416		-0,982	
Nilai t tabel (0,05 ; 34)	1,69		1,69		1,69	

Tabel 4 menunjukkan nilai hitungan uji statistik untuk prediksi EWH. Dari proses pengujian, diperoleh hasil hitungan t_{hitung} secara berturut-turut sebesar -1,029; -2.416; dan -0.982. Kemudian nilai t_{hitung} dibandingkan dengan nilai t_{tabel} menggunakan derajat kepercayaan sebesar 95% dan derajat kebebasan senilai 34. Dengan demikian didapatkan nilai t_{tabel} sebesar 1.69. Apabila dibandingkan antara nilai t hitung dan t tabel diketahui bahwa setiap area penelitian memiliki nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ (-1,029 < 1.69); (-2.416 < 1.69) ; (-0,982 < 1,69). Maka H_0 diterima dan H_a ditolak. Kemudian, dapat disimpulkan secara statistik bahwa nilai EWH dari satelit GRACE dan EWH dari satelit GRACE Follow On tidak berbeda secara signifikan dalam derajat kepercayaan 95%.

Untuk membuktikan bahwa nilai prediksi EWH dan nilai EWH ukuran dari GRACE tidak berbeda secara signifikan dapat dilihat dengan

grafik perbandingan antara kedua nilai tersebut pada **Gambar 7**



Gambar 7 Grafik Kesesuaian Nilai EWH GRACE Dan GRACE Follow On

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai perubahan simpanan air di wilayah Pulau Kalimantan berdasarkan data gayaberat satelit GRACE dan GRACE Follow On. Nilai perubahan simpanan air (EWH) di Pulau Kalimantan terbagi menjadi dua hasil, yaitu positif dan negatif. Wilayah yang memiliki *trend* positif adalah Kalimantan Utara, Timur, dan barat. Sedangkan *trend* negatif berada di wilayah Kalimantan Selatan. Secara berturut-turut nilai trend dari grafik tersebut adalah 0,81 ; 0,41 ; 0,3 ; -0,19 cm per tahun. Nilai RMSE *trend* EWH yang diperoleh pada seluruh area penelitian yaitu < 10 cm. Kemudian, hasil validasi yang dilakukan terhadap nilai prediksi EWH terhadap nilai EWH ukuran dari GRACE dengan menggunakan uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa Nilai EWH dari satellite GRACE di Pulau Kalimantan untuk tahun 2018 hingga 2021 memiliki kesesuaian dengan nilai EWH dari satelit GRACE Follow On.

4.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya, model data yang digunakan untuk mengestimasi nilai perubahan simpanan air perlu ditingkatkan, contohnya model data dari sateli gayaberat GOCE yang resolusinya lebih baik dibandingkan dengan data satelit GRACE. Selanjutnya, Variasi model data pembanding yang digunakan untuk validasi nilai perubahan simpanan air satelit GRACE perlu ditambahkan seperti model hidrologi global , data

curah hujan, data satelit altimetri, untuk meningkatkan uji kualitas data satelit GRACE.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi, R. 2019. Deteksi Perubahan Simpanan Air Wilayah Lahan Gambut Menggunakan Data Satelit Gayaberat (Studi Kasus: Pulau Kalimantan) *Tesis*. Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada
- Fuchs, M., Bouman, J., & Schwatke, C. 2017. *Annual Water Storage Estimates In The Amazon Basin From GRACE And GOCE Satellite Gravity Data*, (October), 1–14
- Han, J., Tangdamrongsub, N., Hwang, C., & Abidin, H. Z. 2017. *Intensified Water Storage Loss By Biomass Burning In Kalimantan: Detection By GRACE*. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 122(3), 2409–2430
<https://doi.org/10.1002/2017JB014129>
- Hassan, A., & Jin, S. 2016. Water storage changes and balances in Africa observed by GRACE and hydrologic models. *Geodesy and Geodynamics*, 7(1), 39–49.
<https://doi.org/10.1016/j.geog.2016.03.002>.
- Irma, W., Gunawan, T., & Suratman, S. 2018. Pengaruh Konversi Lahan Gambut Terhadap Ketahanan Lingkungan di DAS Kampar Provinsi Riau Sumatera. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 24(2), 170.
<https://doi.org/10.22146/jkn.36679>
- Jekeli, C. 1981. Alternative methods to smooth the Earth's gravity field, Rep. 327. Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Columbus
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sumber Daya Air
- R. Schmidt, F. Flechtner, U. Meyer, K.-H. Neumayer, Ch. Dahle, R. König & J. Kusche . 2008. Hydrological Signals Observed by the GRACE Satellites. *Surveys in Geophysics* volume 29, pages 319–334.
- S. Tapley, B. D., Bettadpur, S., Ries, J. C., Thompson, P. F., & Watkins, M. M. (2004). *GRACE Measurements Of Mass Variability In The Earth System*. *Science*, 305(5683), 503–505. <https://doi.org/10.1126/science.1099192>
- Sosilowati, Handayani, A., Wahyudi, A. R., Massudi, W., Febrianto, S., & Suhendri, N. A. 2017. *Sinkronisasi Program Dan Pembiayaan Pembangunan*.
- Suwondo, Sabiham, S., Sumardjo, & Paramudya, B. 2010. Analisis Lingkungan Biofisik Lahan Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit. *J. Hidrolitan*, 1(3), 20–28
- Torge, Wolfgang. (1989). *Gravimetry*. Walter de Gruyter. Berlin
- Widjajanti, N., Sutanta H., Lestari, Yulaikhah, 2017. Diktat Kuliah Statistika dan Teori Kesalahan. Departemen Teknik Geodesi. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Yang, P., Xia, J., Zhan, C., Zhang, Y., & Chen, J. 2017. Study on the Variation of Terrestrial Water Storage and the Identification of Its Relationship with Hydrological Cycle Factors in the Tarim River Basin, China. *Advances in Meteorology*, 2017.
<https://doi.org/10.1155/2017/5086854>.
- Yin, W., Hu, L., & Jiao, J. J. 2017. *Evaluation of Groundwater Storage Variations in Northern China Using GRACE Data*. *Geofluids*, 2017, 1–13. doi:10.1155/2017/8254824