

Analisis Komparasi Elevasi DEMNAS dan ASTER GDEM Terhadap Hasil Survei Terestris

Comparative Analysis of DEMNAS and ASTER GDEM Elevations towards Terrestrial Survey Results

Soraya Irene^{1*}, Pintangra Persadanta², Willy Adrian³

^{1,2,3}Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Jl. Medan Merdeka Barat No. 8 Jakarta 10110, Indonesia

*Email Korespondensi: sorayairene2000@gmail.com

Abstract

The airport feasibility study is crucial for new airport proposals, serving as a prerequisite for determining the airport location. A key aspect of this study is assessing the construction's technical feasibility, particularly analyzing the topography of the proposed site. Topographic evaluation necessitates a terrestrial survey, known for its high precision as it's conducted directly on-site. However, this method is resource-intensive in terms of time, energy, and finances. Alternatively, DEMNAS and ASTER GDEM offer a cost-effective approach, providing comparable data with 8-meter and 30-meter spatial resolution, respectively. Analyzing their data against terrestrial surveys for a new airport site in Mahakam Ulu Regency, DEMNAS demonstrated an average elevation difference of 2.04 meters, whereas ASTER GDEM showed 8.89 meters. Validity and accuracy tests indicated that DEMNAS outperformed ASTER GDEM, showcasing a superior R^2 value of 0.963 compared to 0.674, and lower RMSE of 2.417 meters versus 6.244 meters. The results suggest that DEMNAS, with its accuracy and efficiency, is a viable alternative for assessing the topographic conditions of potential airport sites, aiding in the preparation of comprehensive airport feasibility studies.

Keywords: *airport feasibility study, topographic, elevation, accuracy*

Abstrak

Studi kelayakan bandara sangat penting dalam proposal bandar udara baru, menjadi syarat untuk menentukan lokasi bandar udara. Salah satu aspek utama dalam studi ini adalah menilai kelayakan teknis konstruksi, terutama dengan menganalisis topografi situs yang diusulkan. Evaluasi topografi memerlukan survei daratan yang presisinya tinggi karena dilakukan langsung di lokasi. Namun, metode ini memerlukan banyak waktu, energi, dan sumber daya finansial. Sebagai alternatif, DEMNAS dan ASTER GDEM menawarkan pendekatan yang lebih ekonomis dengan data resolusi spasial 8 meter dan 30 meter. Dalam analisis data untuk lokasi bandara baru di Kabupaten Mahakam Ulu, DEMNAS menunjukkan perbedaan elevasi rata-rata 2.04 meter, sementara ASTER GDEM menunjukkan 8.89 meter. Hasil uji validitas dan akurasi menunjukkan bahwa DEMNAS lebih unggul dengan nilai R^2 0.963 dibandingkan dengan 0.674 pada ASTER GDEM, serta

RMSE yang lebih rendah yaitu 2.417 meter dibandingkan dengan 6.244 meter. Hasil ini menunjukkan bahwa DEMNAS, dengan akurasi dan efisiensinya, merupakan alternatif yang layak untuk menilai kondisi topografi lokasi potensial bandara, yang dapat membantu dalam penyusunan studi kelayakan bandara yang komprehensif.

Kata kunci: kajian kelayakan bandar udara, topografi, elevasi, akurasi

A. Pendahuluan

Penentuan lokasi titik koordinat bandar udara memiliki prosedur yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Nomor 20 Tahun 2014 tentang Tata Cara Penetapan Lokasi Bandar Udara, titik koordinat tersebut diperoleh melalui studi atau kajian kelayakan bandar udara yang di dalamnya terdapat tujuh indikator kelayakan (Kementerian Perhubungan, 2014). Salah satu indikator kelayakan yang penting dalam penentuan titik koordinat adalah kelayakan teknis pembangunan. Indikator ini mengkaji kondisi topografi dari bandar udara baru, terutama bagaimana elevasi permukaannya. Saat ini, untuk mengetahui kondisi topografi lokasi bandar udara baru, pemrakarsa harus melakukan survei secara langsung ke lapangan dengan menggunakan metode survei terestris. Survei terestris dianggap memiliki tingkat akurasi yang tinggi karena dilakukan langsung pada permukaan bumi. Namun, survei terestris membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tinggi.

Digital Elevation Model (DEM) adalah model digital yang mampu menyajikan data topografi seperti kemiringan dan ketinggian suatu permukaan bumi. DEM yang umum digunakan di Indonesia saat ini adalah *Digital Elevation Model* dan Batimetri Nasional (DEMNAS) yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial pada tahun 2018 dan *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER GDEM) yang dikeluarkan oleh National Aeronautics and Space Administration (NASA) pada tahun 2009. Sumber data yang digunakan untuk membentuk DEMNAS dan ASTER GDEM berbeda. DEMNAS dibentuk melalui asimilasi data *Interferometric Syntetic Aperture Radar* (IFSAR), TERRASAR-X, *Advanced Land Observing Satellite Phased Array L-band Synthetic* (ALOS PALSAR), dan data titik massa yang digunakan dalam pembuatan Peta Rupabumi Indonesia (RBI) dan menghasilkan resolusi spasial akhir sebesar 0,27 *arcsecond* (8 meter) (Badan Informasi Geospasial, 2018). ASTER GDEM dibuat dengan menggunakan citra pasangan stereo yang dikumpulkan oleh instrumen ASTER di pesawat Terra dan menghasilkan resolusi spasial sebesar 1 *arcsecond* (30 meter) (NASA, 2019). DEMNAS dianggap detail untuk mencakup wilayah Indonesia, sedangkan cakupan ASTER GDEM ialah 99% dari seluruh permukaan bumi (Marindah et al., 2018). Resolusi spasial dan

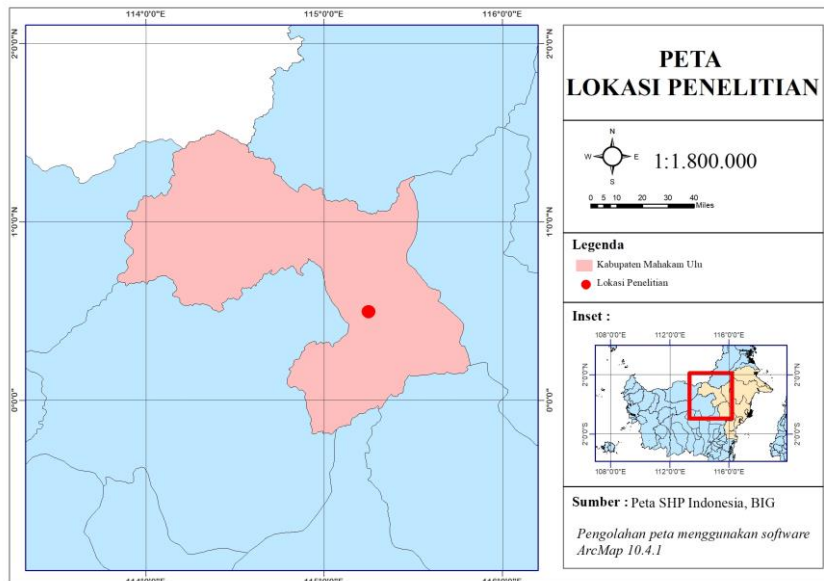
kesalahan vertikal absolut dari data DEM penting untuk menganalisis tingkat akurasi elevasi (Schumann & Bates, 2018).

Daniel dan Sulistian (2019) telah melakukan penelitian yang menunjukkan tingkat akurasi DEMNAS yang dibandingkan dengan elevasi titik uji tanah di Medan. Berdasarkan 209 titik uji, rata-rata selisih antara DEMNAS dan titik uji tanah adalah -0,637 meter dan nilai RMSE sebesar 1,105 meter dengan ketelitian vertikal pada tingkat kepercayaan 90% adalah 1,818 meter. Perbandingan DEMNAS dan DEM global seperti ASTER GDEM, juga telah dilakukan pada perencanaan lahan di Kawasan Agrohills Bogor Barat Leuwiliang, Kabupaten Bogor. Pada penelitian ini, *Global Positioning System Real Time Kinematic* (GPS RTK) digunakan sebagai data acuan, penelitian ini menghasilkan DEMNAS menunjukkan tingkat korelasi yang lebih tinggi dengan GPS RTK dibandingkan dengan ASTER GDEM (Afifi et al., 2022). Penelitian mengenai keakurasian ASTER GDEM juga dilakukan oleh Yao et al. (2020). Dimana pada penelitian tersebut ASTER GDEM dan SRTM3 diuji keakurasiannya pada Barisan Pegunungan Dataran Tinggi Tibet dan didapatkan hasil bahwa ASTER GDEM dan SRTM3 memiliki RMSE yaitu 18,6 m dan 10,4 m namun ASTER GDEM unggul dalam menggambarkan informasi topografi secara visual seperti permukaan medan yang kasar, ada banyak fluktuasi kecil yang mencerminkan informasi rinci dari medan. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa ASTER GDEM memiliki akurasi yang beragam tergantung pada lokasi dan kondisi lapangan (Yao et al., 2020).

Berdasarkan referensi di atas, akurasi DEMNAS dan ASTER GDEM untuk pengujian topografi bandar udara baru dapat diketahui dengan membandingkan data yang dihasilkan oleh DEMNAS dan ASTER GDEM dengan data survei terestris sebagai acuan atau referensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui akurasi data DEMNAS dan ASTER GDEM sehingga diketahui apakah DEMNAS dan ASTER GDEM dapat digunakan untuk pengujian topografi pada salah satu kajian kelayakan lokasi bandar udara baru.

B. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Pulau Kalimantan, tepatnya pada rencana lokasi bandar udara di Kabupaten Mahakam Ulu, Provinsi Kalimantan Timur. Titik koordinat referensi arah *runway* bandar udara TH.19 yang terletak pada koordinat geografis 00° 30' 10.73" LU 115° 14' 53.85" BT (Kementerian Perhubungan, 2022). Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)
Gambar 1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengkaji kondisi topografi pada lokasi bandar udara baru yang akan diperuntukkan untuk fasilitas sisi udara. Fasilitas bandar udara secara umum terdiri dari dua komponen utama, yaitu fasilitas sisi udara dan fasilitas sisi darat. Fasilitas yang akan dibangun pada sisi udara adalah landasan pacu, *runway strip*, RESA, *taxiway*, dan apron.

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini mengolah data dengan *software* Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti ArcMap 10.4.1 dan Global Mapper serta menganalisis validitas dan akurasi DEMNAS dan ASTER GDEM terhadap survei terestris menggunakan model statistik. Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer yaitu berupa data hasil survei terestris dan data sekunder yaitu data raster DEMNAS dan ASTER GDEM.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah titik x, y, dan z. Titik x dan y adalah koordinat dan titik z adalah elevasi atau ketinggian titik. Survei terestris mendapatkan titik x, y, dan z secara langsung melalui pengukuran di permukaan bumi dari rencana lokasi bandara baru. Sedangkan DEMNAS dan ASTER GDEM harus dilakukan dengan melakukan georeferensi atau pemberian titik koordinat dari data raster. Georeferensi dilakukan dengan perangkat lunak Global Mapper dengan cara mengekspor grid xyz. Sistem koordinat perlu diproyeksikan dari sistem koordinat geografis ke sistem koordinat *Universal Transfer Mecator* (UTM). Data DEM harus memiliki sistem proyeksi dan harus dalam bentuk UTM (Badan Informasi Geospasial, 2012). Proses ini dilakukan dengan memasukkan semua data x, y dan z ke dalam ArcMap 10.4.1 kemudian menggunakan *arctoolbox* dan fitur *transformation* Sistem proyeksi ini dilakukan dengan memasukkan data survei terestris ke

dalam *ArcMap* 10.4.1 kemudian memanfaatkan *arctoolbox* dan *feature transformation and projection*.

Setelah berada pada sistem koordinat yang sama, pengolahan data berikutnya adalah melakukan *superimposed* titik koordinat pada *software ArcMap* 10.4.1. *Superimposed* ini dimaksudkan untuk mendapatkan titik yang sama atau titik berhimpitan yang diasumsikan bahwa titik berhimpitan tersebut memiliki koordinat yang sama antara titik survei terestris dan DEMNAS maupun ASTER GDEM. Titik uji ini tersebar pada lahan rencana fasilitas sisi udara. *Superimposed* ini akan memberikan hasil x, y yang sama antara survei terestris dan DEMNAS yang kemudian dapat dibandingkan titik z (elevasi). Tahap berikutnya adalah pembuatan DEM dari hasil survei terestris dengan menggunakan *software ArcMap* 10.4.

Guna membandingkan data yang telah dikumpulkan agar mencapai kesimpulan yang baru, dibutuhkan suatu metode analisis yang disebut juga analisis komparasi (Hernanda et al., 2022). Analisis komparasi dilakukan dengan cara membandingkan data titik z (elevasi) untuk kemudian dihitung selisihnya. Komparasi berikutnya adalah membandingkan DEM dari masing-masing data untuk melihat bagaimana ketinggian lokasi lahan rencana pembangunan bandar udara secara visual.

Analisis validitas dan akurasi DEMNAS dan ASTER GDEM terhadap survei terestris dalam penelitian ini menggunakan model statistik. Tiga model statistik yang digunakan meliputi koefisien determinasi (R^2), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan perhitungan *Nash-Sutcliffe* (NSE), dimana ketiga model tersebut dinilai akurat untuk menentukan pendekatan yang paling baik (Band et al., 2020). Selain itu, LE90 atau *Linear Error 90%* juga dihitung dalam penelitian ini. LE90 umumnya digunakan untuk menghitung tingkat akurasi data yang dihasilkan oleh teknik penginderaan jauh salah satunya adalah DEM (Doloff & Carr, 2016).

Koefisien determinasi atau disebut juga R^2 merupakan parameter penting dalam suatu regresi untuk menentukan seberapa baik model regresi yang terestimasi dapat diinformasikan pada parameter ini. Koefisien determinasi (R^2) mampu menunjukkan sejauh mana garis regresi yang diestimasi mencerminkan atau mendekati data yang sebenarnya (Afifi et al., 2022). Nilai R^2 yang semakin mendekati 1, memiliki arti bahwa garis regresi yang diestimasi mampu merepresentasikan hampir seluruh data sesungguhnya (Ghozali, 2011). Interpretasi nilai R^2 menurut Chin (1998), dijabarkan pada Tabel 1. Persamaan 1 digunakan untuk menghitung koefisien determinasi atau R^2 .

$$R^2 = \left[\frac{n \sum_{i=1}^n (N_o N_p) - (\sum_{i=1}^n N_o)(\sum_{i=1}^n N_p)}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n (N_o^2) - (\sum_{i=1}^n N_o)^2)(n \sum_{i=1}^n (N_p^2) - (\sum_{i=1}^n N_p)^2)}} \right]^2 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan n adalah Jumlah pengamatan, N_o adalah nilai yang diamati dari variabel dependen dan N_p adalah nilai estimasi variabel dependen.

Tabel 1 Interpretasi Nilai R^2

Nilai R^2	Interpretasi
$R^2 > 0,67$	<i>Strong</i>
$0,33 > R^2 > 0,67$	<i>Moderate</i>
$0,19 > R^2 > 0,33$	<i>Low</i>

Sumber: Chin (1998)

Root Mean Square Error atau RMSE adalah sebuah parameter untuk mengukur tingkat kesalahan hasil prediksi dalam konteks analisis prediktif. Semakin kecil nilai yang dihasilkan RMSE, maka tingkat akurasi prediksi semakin tinggi. RMSE merupakan akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai data dan nilai data dari sumber *independent* yang memiliki ketelitian lebih (Afifi et al., 2022). Studi ini untuk mengetahui tingkat kemiripan antara dua metode yang berbeda, parameter RMSE ini lazim digunakan. Semakin kecil nilai RMSE, semakin dekat prediksi dengan nilai yang sebenarnya, yang menunjukkan kesamaan antara kedua metode. RMSE dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (N_o - N_p)^2} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan n adalah Jumlah pengamatan, N_o adalah nilai yang diamati dari variabel dependen dan N_p adalah nilai estimasi variabel dependen.

Guna mengetahui sejauh mana model prediksi mampu menggambarkan variasi data yang diukur di lapangan dapat menggunakan parameter statistik yaitu *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) (Afifi et al., 2022). Nilai yang dihasilkan NSE dapat menunjukkan baik atau tidaknya data yang diamati dalam menggambarkan data yang disimulasikan tepat pada garis 1:1 (Akhmat, 2019). Koefisien NSE berada di antara rentang $-\infty$ hingga 1.0. Dimana nilai 1 dalam NSE merupakan nilai yang optimal (Band et al., 2020). NSE diketahui dengan perhitungan menggunakan persamaan 3.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (N_o - N_p)^2}{\sum_{i=1}^n (N_o - \bar{N_o})^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan n adalah Jumlah pengamatan, N_o adalah nilai yang diamati dari variabel dependen dan N_p adalah nilai estimasi variabel dependen.

Tabel 2 berikut ini merupakan tabel interpretasi dari nilai NSE.

Tabel 2 Interpretasi Nilai NSE

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0,75$	<i>Good</i>
$0,36 > NSE > 0,75$	<i>Qualified</i>
$NSE < 0,36$	<i>Not Qualified</i>

Sumber: Motovilov et al (1999)

Linear Error 90% (LE90) adalah tingkat kesalahan geometrik untuk vertikal (ketinggian). Dimana 90% perbedaan atau kesalahan nilai ketinggian antara objek pada peta dengan nilai sebenarnya tidak melebihi jarak tersebut (Badan Informasi Geospasial, 2014). Dari hasil LE90 tersebut kita dapat mengetahui ketelitian peta RBI dengan skala tertentu yang telah ditetapkan oleh Badan Informasi Geospasial. LE90 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.

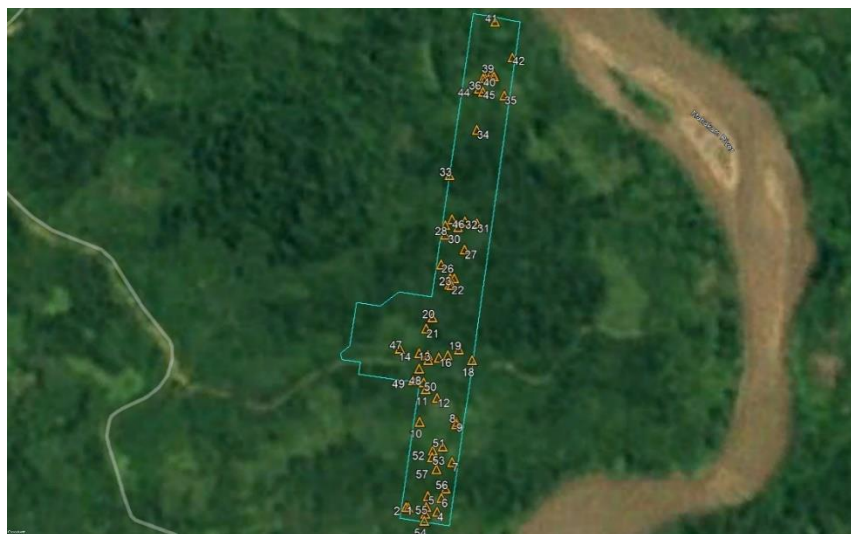
$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan *LE90* adalah *Linear Error 90%* dan *RMSE_z* adalah *Root Mean Square Error* nilai *z* (elevasi)

C. Hasil dan Pembahasan

Kondisi topografi Kabupaten Mahakam Ulu, didominasi dengan ketinggian yang berkisar antara 0-1.500 meter (di atas permukaan laut) dengan kemiringan lereng antara 0-60%. Sedangkan kondisi topografi di bandar udara baru berupa tanah datar bergelombang dan perbukitan dengan kemiringan lereng 0-15%. Kemiringan lereng tersebut tergolong variatif dikarenakan kemiringannya yang dimulai dari 0-8% merupakan kemiringan datar sedangkan 8-15% merupakan kemiringan landai.

Jumlah titik uji diperoleh dari hasil *superimposed* antara survei terestris dan DEMNAS adalah 57 titik uji dan ASTER GDEM 30 titik uji. Perbedaan jumlah titik uji ini dikarenakan DEMNAS dan ASTER GDEM memiliki perbedaan ukuran *grid*, sehingga sebaran titik koordinat yang dihasilkan pada lokasi penelitian pun berbeda. Sebaran titik uji untuk survei terestris dan DEMNAS dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 untuk survei terestris dan ASTER GDEM.



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)
Gambar 2 Sebaran Titik Uji DEMNAS terhadap Survei Terestris



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)
Gambar 3 Sebaran Titik Uji ASTER GDEM terhadap Survei Terestris

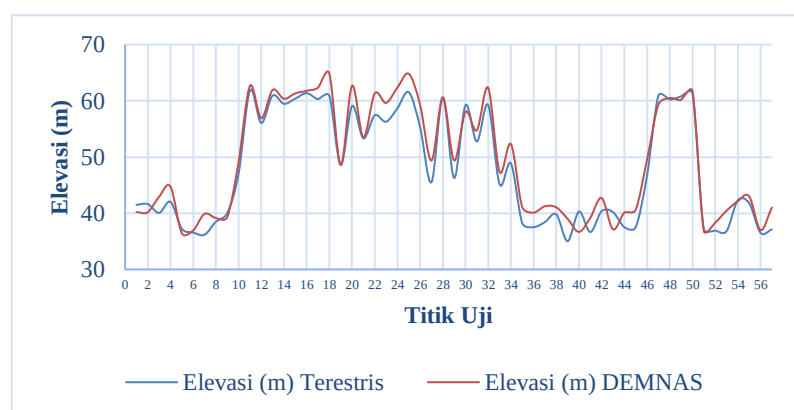
Hasil analisis komparasi berdasarkan titik uji yang telah didapatkan, setiap titik memiliki x dan y sebagai koordinat yang menandakan posisi suatu titik dan z sebagai tinggi daripada titik tersebut. Setiap titik DEMNAS dan ASTER GDEM dibandingkan terhadap survei terestris sehingga perbedaan dari DEMNAS dan ASTER GDEM dapat ditemukan dengan mencari selisih dari masing-masing nilai z DEMNAS dan ASTER GDEM terhadap survei terestris. Detail koordinat beserta selisih nilai z masing-masing titik antara DEMNAS dan survei terestris dapat dilihat pada Tabel 3 dan grafik perbedaannya dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3 Detail Titik Koordinat dan Selisih Nilai z DEMNAS dan Survei Terestris

Titik Uji	Koordinat UTM		z survei terestris (m)	z DEMNAS (m)	Selisih z (m)
	x	y			
1	304726	53924,99	41,491	40,212	1,279
2	304734,8	53923,71	41,626	40,18	1,446
3	304803,7	53924,78	40,065	42,935	2,87
4	304844,9	53907,25	42,022	44,734	2,712
5	304809,8	53964,86	37,244	36,442	0,802
6	304861,1	53957,68	36,561	36,926	0,365
7	304902,4	54089,99	36,169	39,88	3,711
8	304919,4	54239,38	38,485	39,151	0,666
9	304918,6	54231,28	40,025	39,288	0,737
10	304778,3	54240,92	47,005	49,09	2,085
11	304801,5	54364,07	61,797	62,639	0,842
12	304844,6	54331,18	56,062	56,905	0,843
13	304811,2	54472,11	60,924	61,936	1,012
14	304776,5	54496,81	59,467	60,362	0,895
15	304810,6	54489,74	60,383	61,316	0,933
16	304851,5	54481,17	61,36	61,786	0,426
17	304886	54489,91	60,307	62,337	2,03
18	304978,5	54471,56	60,879	64,859	3,98
19	304928,5	54511,47	48,583	48,583	0
20	304827,2	54630,23	59,066	62,672	3,606

Titik Uji	Koordinat UTM		z survei terestris (m)	z DEMNAS (m)	Selisih z (m)
	x	y			
21	304803,2	54589,23	53,322	53,509	0,187
22	304900,4	54752,3	57,42	61,308	3,888
23	304892	54753,71	56,272	59,627	3,355
24	304895,9	54779,56	58,67	62,349	3,679
25	304911,6	54777,66	61,529	64,808	3,279
26	304860,7	54830,14	55,316	59,283	3,967
27	304951,8	54886,58	45,515	49,37	3,855
28	304875,8	54943,43	60,613	60,576	0,037
29	304877,2	54979,26	46,265	49,385	3,12
30	304926,7	54971,03	59,217	58,019	1,198
31	305000,5	54986,39	52,77	54,753	1,983
32	304953,6	54993,44	59,275	62,312	3,037
33	304894,1	55171,13	45,169	47,393	2,224
34	305002,4	55350,4	48,868	52,313	3,445
35	305111,2	55484,67	38,255	41,128	2,873
36	305010,9	55509,67	37,515	40,101	2,586
37	305070,6	55558,35	38,42	41,24	2,82
38	305069,3	55566,34	39,801	41,044	1,243
39	305062	55575,67	35,024	39,002	3,978
40	305027,8	55550,95	40,288	36,668	3,62
41	305075,9	55773,07	36,654	39,184	2,53
42	305144,3	55633,02	40,365	42,708	2,343
43	305036,1	55549,74	40,194	37,127	3,067
44	305007,7	55508,85	37,515	40,101	2,586
45	305026,6	55498,96	37,515	40,633	3,118
46	304903,4	55001,43	46,729	49,527	2,798
47	304702,3	54514,46	60,928	59,315	1,613
48	304776,6	54439,94	60,219	60,5	0,281
49	304752,7	54397,05	60,79	60,169	0,621
50	304794,1	54388,78	61,421	61,76	0,339
51	304866,7	54146,94	37,203	36,867	0,336
52	304828,4	54132,23	36,928	38,31	1,382
53	304825,8	54107,87	36,795	40,435	3,64
54	304796,3	53874,18	42,304	42,134	0,17
55	304800,2	53900,61	41,802	43,019	1,217
56	304877,8	53992,5	36,524	36,997	0,473
57	304842,6	54064,26	37,112	41,009	3,897

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 4 Grafik Perbedaan Elevasi DEMNAS dan Survei Terestris

Seperti yang telah disajikan pada Tabel 3, dari 57 titik uji tersebut ditunjukkan bahwa selisih absolut rata-rata DEMNAS dan survei terestris adalah 2,04 meter. Elevasi yang

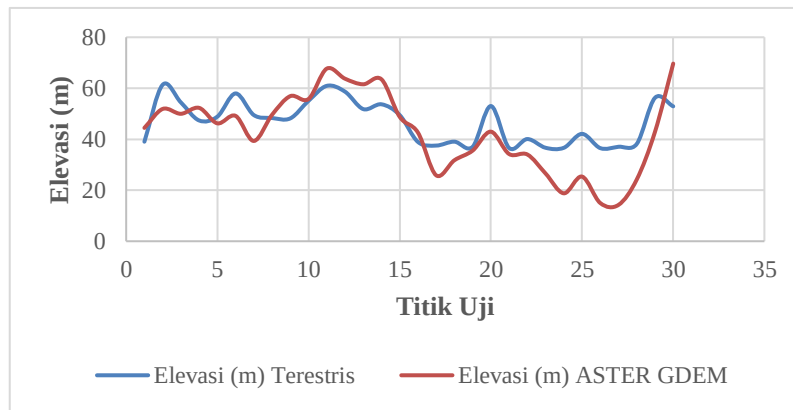
dihasilkan oleh DEMNAS dan survei terestris dari 57 titik uji ini menghasilkan tren dengan pola kemiripan yang tinggi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Selisih terkecil elevasi berada pada titik uji nomor 19 yaitu 0 meter sedangkan selisih terbesar berada pada titik uji nomor 26 yaitu 3,967 meter.

Pengujian ASTER GDEM dan survei terestris berdasarkan 30 titik uji, memiliki selisih absolut elevasi rata-rata sebesar 8,89 meter dan memiliki pola elevasi yang cenderung berbeda. Elevasi yang dihasilkan oleh ASTER GDEM dominan lebih rendah dibandingkan survei terestris. Detail titik koordinat dan selisih dari ASTER GDEM dan survei terestris dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5 menyajikan grafik yang merupakan pola elevasi yang dihasilkan oleh ASTER GDEM dan survei terestris.

Tabel 4 Detail Titik Koordinat dan Selisih Nilai z ASTER GDEM dan Survei Terestris

Titik Uji	Koordinat UTM		z survei terestris (m)	z ASTER GDEM (m)	Selisih z (m)
	x	y			
1	304851,481	54481,165	52,025	44,457	7,568
2	304931,252	54933,197	61,36	51,886	9,474
3	305009,826	55428,767	54,454	49,99	4,464
4	305009,119	55500,808	47,368	52,31	4,942
5	305048,587	55693,689	48,863	46,246	2,617
6	305083,32	55732,549	57,97	49,173	8,797
7	304895,777	54512,633	49,497	39,335	10,162
8	304896,587	54557,947	48,338	49,595	1,257
9	304781,97	54596,053	48,192	56,913	8,721
10	304813,903	54634,237	55,069	55,777	0,708
11	304972,526	54631,793	60,944	67,701	6,757
12	304933,516	54669,308	58,67	63,753	5,083
13	304931,389	54707,843	51,829	61,554	9,725
14	304894,322	54708,475	53,713	63,518	9,805
15	304934,526	54747,068	49,497	48,794	0,703
16	304895,875	54779,561	38,945	42,627	3,682
17	304896,305	54820,718	37,524	25,862	11,662
18	304856,974	54857,646	39,059	31,763	7,296
19	305047,144	55541,87	37,025	35,552	1,473
20	305047,904	55730,61	53,022	42,975	10,047
21	305042,749	55769,758	36,587	34,208	2,379
22	305047,669	55466,132	40,081	34,023	6,058
23	304856,354	54402,461	36,654	26,569	10,085
24	304856,234	54100,941	36,647	18,8	17,847
25	304853,488	53905,933	42,113	25,356	16,757
26	304856,903	53988,222	36,524	14,983	21,541
27	304857,536	54061,798	37,06	14,258	22,802
28	304892,126	54214,331	38,154	24,204	13,95
29	304778,409	54285,797	56,249	42,918	13,331
30	304931,67	54821,491	52,907	69,677	16,77

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

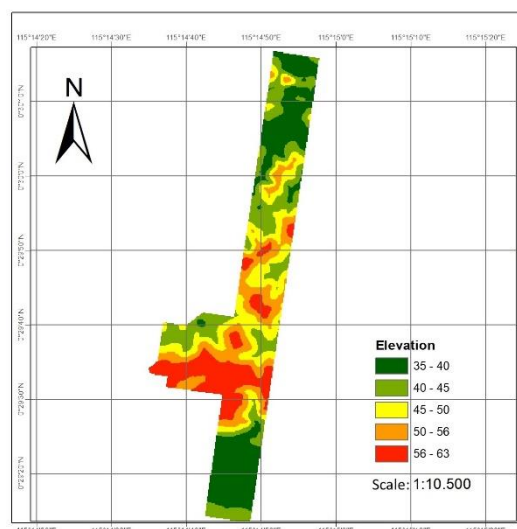


Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 5 Grafik Perbedaan Elevasi ASTER GDEM dan Survei Terestris

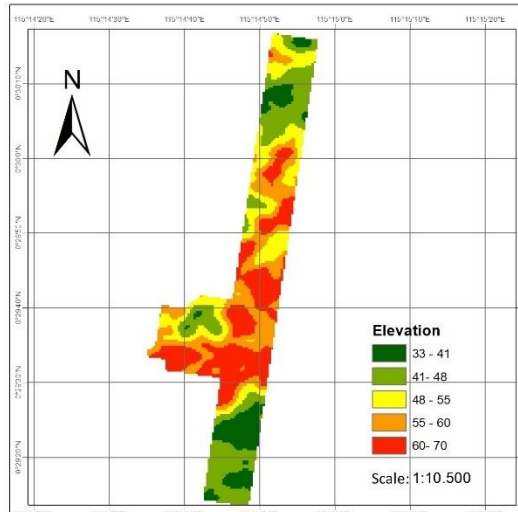
Lahan bandar udara baru di Kabupaten Mahakam Ulu ini merupakan lahan perkebunan. Dimana pada lahan tersebut diketahui banyak vegetasi berupa pepohonan yang tinggi sehingga berpotensi terjadinya kesalahan pada data DEMNAS yaitu kesalahan manusia (operator) pada saat memberikan *floating mark* pada proses *stereo plotting*. Kondisi tersebut berpotensi pula menyebabkan kesalahan pada alat pengukur DEM (sensor) pada saat pengambilan data ASTER GDEM. Selain gangguan berupa vegetasi, kesalahan ASTER GDEM juga dapat dipengaruhi oleh cuaca dan kesalahan manusia (Purwadi, 2001 dalam Usud & Sukojo, 2014).

Perbandingan berikutnya ialah membandingkan DEM yang dihasilkan oleh survei terestris, DEMNAS dan ASTER GDEM. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk melihat kemiripan dari ketiganya secara visual. Perbandingan dari ketiganya dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.

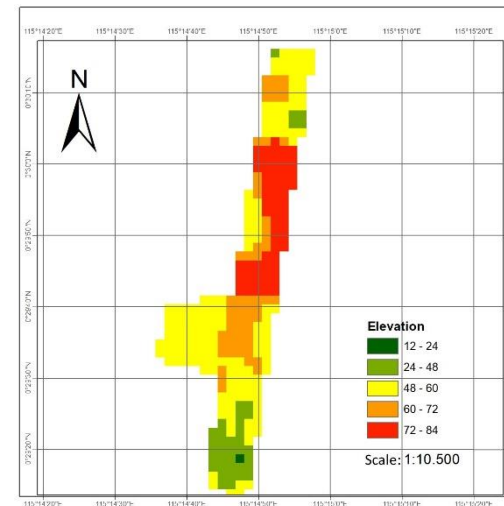


Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Gambar 6 DEM Hasil Survei Terestris



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)
Gambar 7 DEM Hasil DEMNAS



Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)
Gambar 8 DEM Hasil ASTER GDEM

Analisis validitas dan akurasi ini akan menunjukkan seberapa valid dan akuratnya data yang dihasilkan oleh DEMNAS dan ASTER GDEM. Hasil yang valid dan akurat adalah data yang memiliki persamaan yang tinggi dengan data survei terestris yang dianggap merupakan data aktual di lapangan. DEMNAS dan survei terestris memiliki nilai R^2 0,963 yang masuk ke dalam kriteria *strong*, RMSE sebagai parameter untuk mengukur tingkat kesalahan DEMNAS adalah 2,417 meter dan NSE 0,941 yang masuk ke dalam kriteria *good*. Sedangkan ASTER GDEM dan survei terestris memiliki R^2 0,674 yang masuk ke dalam kriteria *moderate*, RMSE sebesar 6,244 meter dan NSE yang *not qualified* sebesar -0,666. Selain itu LE90 yang dihasilkan oleh DEMNAS adalah sebesar 3,897 meter dan ASTER GDEM adalah sebesar 10,3 meter. Berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan oleh Badan Informasi Geospasial, DEMNAS dapat digunakan untuk kebutuhan peta dengan skala

maksimal 1:25.000 atau lebih kecil dan ASTER GDEM dengan skala maksimal 1:100.000 atau lebih kecil.

Kemampuan dan karakteristik dari masing-masing DEM juga perlu ditinjau dan dibandingkan untuk melihat sejauh mana ketepatan DEMNAS dan ASTER GDEM dalam menyajikan data spasial. Karakteristik DEMNAS dan ASTER GDEM berdasarkan parameternya dapat dilihat pada Tabel 5. Sesuai tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa DEMNAS unggul dalam merepresentasikan data survei terestris di Indonesia dibandingkan ASTER GDEM dengan resolusi spasial lebih tinggi, akurasi lebih baik, dan cakupan wilayah yang sesuai.

Tabel 5 Komparasi Karakteristik DEMNAS dan ASTER GDEM

Parameter	DEMNAS	ASTER GDEM
Resolusi Spasial (meter)	8	30
Sumber Data	Badan Informasi Geospasial	METI - Jepang & NASA
Tingkat Akurasi	2,417 RMSE/3,987 LE90	6,244 RMSE/10,3 LE90
Cakupan Wilayah	Seluruh Indonesia	83° Lintang Utara - 83° Lintang Selatan

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2023)

Penggunaan DEM pada kajian kelayakan bandar udara berdasarkan hasil analisis komparasi elevasi dan analisis uji validitas dan akurasi DEMNAS dan ASTER GDEM terhadap survei terestris, menunjukkan bahwa DEMNAS merupakan subjek yang terbaik sehingga dapat menjadi alternatif untuk mengkaji kondisi topografi lahan rencana bandar udara. Informasi topografi yang dapat dihasilkan oleh DEMNAS telah memenuhi kebutuhan untuk indikator teknis pembangunan dalam kajian kelayakan bandar udara baru di Kabupaten Mahakam Ulu, Provinsi Kalimantan Timur.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis komparasi, selisih absolut DEMNAS dan survei terestris lebih kecil dibandingkan ASTER GDEM dan survei terestris yaitu sebesar 2,04 meter sedangkan selisih absolut ASTER GDEM adalah 8,89 meter. Hasil analisis validitas dan akurasi juga menunjukkan bahwa DEMNAS memiliki kemampuan yang lebih baik dalam merepresentasikan survei terestris dengan nilai R^2 0,963 dan tingkat kesalahan yaitu RMSE sebesar 2,417 meter dan NSE 0,941. Sedangkan ASTER GDEM memiliki kemampuan terbatas dalam merepresentasikan survei terestris dengan nilai R^2 0,674 dan RMSE yang lebih tinggi sebesar 6,244 meter serta NSE -0,666. Selain itu berdasarkan hasil LE90, menunjukkan 90% kesalahan nilai elevasi yang dihasilkan oleh DEMNAS dan ASTER GDEM dibandingkan dengan nilai elevasi yang sebenarnya tidak lebih besar dari 3,897 meter untuk DEMNAS dan 10,3 meter untuk ASTER GDEM.

Adanya perbedaan elevasi pada dasarnya disebabkan oleh metode pengambilan data topografi yang berbeda. Jika pada survei terestris data yang diambil yaitu berupa pengukuran secara langsung di lapangan, DEMNAS diperoleh melalui proses asimilasi data (*masspoint*, IFSAR, TERRASAR-X, dan ALOS PALSAR) dan data ASTER GDEM diperoleh dengan menggunakan sensor satelit TERRA. Selain itu perbedaan resolusi spasial dan cakupan wilayah dari DEM yang digunakan juga mempengaruhi kualitas data yang disajikan.

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis, DEMNAS dapat digunakan untuk mengetahui dan menganalisis kondisi topografi rencana bandar udara baru di Kabupaten Mahakam Ulu, Provinsi Kalimantan Timur, tepatnya pada Bandar Udara Ujoh Bilang untuk rencana fasilitas sisi udara. Namun, karena DEMNAS tidak dapat merepresentasikan 100% data aktual di lapangan, maka DEMNAS hanya dapat digunakan sampai pada kajian kelayakan bandar udara saja, yaitu sebagai bahan dipertimbangkannya penentuan lokasi bandar udara baru dan tidak dapat digunakan untuk penyusunan data topografi pada studi penyusunan *Detail Engineering Design* (DED).

Guna meningkatkan kualitas penelitian di bidang kebandarudaraan, ada beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan dalam penelitian berikutnya. Pertama, sebaiknya dapat mempertimbangkan pengumpulan titik uji yang lebih banyak. Dengan mengumpulkan lebih banyak data di berbagai lokasi penelitian, akurasi hasil penelitian akan meningkat, terutama dalam menilai tingkat akurasi DEMNAS dan ASTER GDEM di lokasi penelitian. Selain itu, direkomendasikan agar penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan lebih dari satu lokasi penelitian. Hal ini dapat membantu dalam memahami variasi tingkat akurasi DEMNAS dan ASTER GDEM di lokasi-lokasi yang berbeda. Terakhir, dalam meningkatkan data acuan lapangan, penelitian berikutnya dapat menggunakan metode lain seperti UAV untuk mengumpulkan data primer yang lebih akurat. Dengan menggabungkan rekomendasi ini, diharapkan penelitian berikutnya dapat menyempurnakan penelitian ini.

Daftar Istilah:

ALOS PALSAR:	<i>Advanced Land Observing Satellite Phased Array L-band Synthetic</i>
ASTER GDEM:	<i>The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model</i>
DEM:	<i>Digital Elevation Model</i>
DEMNAS:	<i>Seamless Digital Elevation Model</i> dan Batimetri Nasional
GPS:	<i>Global Positioning System</i>
IFSAR:	<i>Interferometric Synthetic Aperture Radar</i>
LE90:	<i>Linear Error 90%</i>
NASA:	National Aeronautics and Space Administration
NSE:	<i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i>
RBI:	Rupabumi Indonesia
RMSE:	<i>Root Mean Square Error</i>
RTK:	<i>Real Time Kinematic</i>

SIG: Sistem Informasi Geografis
SRTM: Shuttle Radar Topography Mission
UAV: Unmanned Aerial Vehicle
UTM: Universal Transfer Mecator

E. Daftar Pustaka

- Afifi, A. Y., Fausan, A., & Sutoyo. (2022). Perbandingan Elevasi Lahan di Agrohills Berdasarkan GPS RTK dengan Data DEMNAS dan DEM ASTER. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(3), 201–210. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.3.201-210>
- Akhmat, I. (2019). *Analisis Kemiringan Lereng Berdasarkan Hasil Drone serta DEM ASTER di Dusun Ngantru, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur*.
- Badan Informasi Geospasial. (2012). *Keputusan Deputy Bidang Informasi Geospasial Tematik Nomor 16 Tahun 2012 tentang Standard Operating Procedures di Lingkungan Pusat Pemetaan dan Integrasi Tematik*.
- Badan Informasi Geospasial. (2014). *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014*.
- Badan Informasi Geospasial. (2018). *DEMNAS*. <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>
- Band, S. S., Janizadeh, S., Pal, S. C., Chowdhuri, I., Siabi, Z., Norouzi, A., Melesse, A. M., Shokri, M., & Mosavi, A. (2020). Comparative analysis of artificial intelligence models for accurate estimation of groundwater nitrate concentration. *Sensors (Switzerland)*, 20(20), 1–23. <https://doi.org/10.3390/s20205763>
- Chin, W. W. (1998). *The Partial Least Squares Aproach to Structural Equation Modeling. Modern Methods for Business Research*.
- Daniel, A., & Sulistian, T. (2019). *Analisis Akurasi Vertikal Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) Studi Kasus Kota Medan*. <https://www.researchgate.net/publication/338935900>
- Dolloff, J., & Carr, J. (2016). *Computation of scalar accuracy metrics LE, CE, and SE as both predictive and sample-based statistics*.
- Ghozali, Dr. H. I. (2011). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 19: Vol. Edisi 5*. Universitas Diponegoro.
- Hernanda, A., Azwar, Putri, Y. E., & Sipil, T. (2022). *Analisis Digital Elevation Model (DEM) Menggunakan Arcgis 10.4.1 pada Kawasan Baturaja Permai*. 1(1), 30–36. <https://doi.org/10.4.1>
- Kementerian Perhubungan. (2014). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 20 Tahun 2014 tentang Tata Cara dan Prosedur Penetapan Lokasi Bandar Udara*.
- Kementerian Perhubungan. (2022). *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 164 Tahun 2022 tentang Penetapan Lokasi Bandar Udara di Ujoh Bilang Kabupaten Mahakam Ulu Provinsi Kalimantan Timur*.

- Marindah, O., Iswari, Y., & Anggraini, K. (2018). *DEMNAS : Model Digital Ketinggian Nasional untuk Aplikasi Kepesisiran*. XLIII, 68. <https://earthexplorer>.
- Motovilov, Y. G., Gottschalk, L., Engeland, K., & Rodhe, A. (1999). Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 98–99, 257–277. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00102-1)
- NASA. (2019). *New Version of the ASTER GDEM*.
- Schumann, G. J.-P., & Bates, P. D. (2018). The Need for a High-Accuracy, Open-Access Global DEM. *Frontiers in Earth Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00225>
- Usud, A., & Sukojo, B. M. (2014). *Analisis Pengaruh Tutupan Lahan terhadap Ketelitian ASTER GDEM V2 dan DEM SRTM V4.1 (Studi Kasus: Kota Batu, Kabupaten Malang, Jawa Timur)*.
- Yao, J., Chao-lu, Y., & Ping, F. (2020). Evaluation of the Accuracy of SRTM3 and ASTER GDEM in the Tibetan Plateau Mountain Ranges. *E3S Web of Conferences*, 206, 01027. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020601027>