



## Penggabungan Data DEM SRTM, ALOS PRISM, dan Peta Topografi

**Atriyon Julzarika, Bambang Trisakti, dan Ahmad Sutanto**

Penelitian Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur, Indonesia

Email: btris01@yahoo.com

### Abstrak

*Digital Elevation Model (DEM)* dapat dihasilkan dari peta topografi, *Interferometry Synthetic Aperture Radar (InSAR)* atau citra stereo optik. Masing-masing DEM memiliki kelebihan dan kelemahan berkaitan dengan kedetilan informasi, cakupan wilayah dan tingkat akurasi. Pada penelitian ini dilakukan penggabungan data DEM yang berbeda (DEM dari peta topografi, DEM SRTM dan DEM dari ALOS PRISM) untuk mendapatkan DEM dengan kedetilan informasi dan tingkat akurasi yang lebih baik. Penggabungan DEM dilakukan dengan 2 metode, yaitu: DEM Integration dan DEM fusion. DEM integration dilakukan dengan menentukan *Height Error Map (HEM)* pada DEM, menghilangkan daerah *error* pada batas tertentu, mengisi *void* dengan titik ketinggian dari DEM berbeda dan melakukan interpolasi untuk membentuk DEM baru. Sedangkan, DEM fusion dilakukan dengan menggabungkan 2 DEM menggunakan bobot yang dihitung dari HEM setiap DEM. Perbaikan kualitas dan tingkat Akurasi dari DEM dievaluasi menggunakan perubahan HEM, analisis jumlah *bull eyes*, serta pengujian dengan data pengukuran lapangan menggunakan GPS Geodetik. Hasil memperlihatkan bahwa pada penggabungan DEM topografi dan DEM SRTM, Metode DEM integration mampu memperbaiki HEM dan meningkatkan akurasi vertikal DEM. Sedangkan pada penggabungan DEM ALOS PRISM dan DEM SRTM, DEM fusion mampu memperbaiki *bull eyes* dan meningkatkan akurasi vertikal DEM.

**Kata kunci:** *DEM integration, DEM fusion, Height Error Map, Bull eyes, akurasi*

### Abstract

*Digital Elevation Model (DEM)* can be generated based on topographic map, *Interferometry Synthetic Aperture Radar (InSAR)* or stereoscopic image. Each DEM has advantages and disadvantages related to information detail, coverage area and accuracy level. This research focused on DEM combination using different DEM sources (DEM from topographic map, DEM SRTM, and DEM from ALOS PRISM) for obtaining new DEM with better information detail and accuracy. DEM combination was conducted using 2 methods: DEM Integration and DEM fusion. DEM integration was done by determining *Height Error Map*



(HEM) of DEM, remove error area using threshold, filling the void using height points from other DEM, and doing co-krigging interpolation. DEM fusion was done by combining two DEMs using weight factors calculated from HEM of each DEM. Quality and accuracy improvement were evaluated by analyzing HEM change, bull eyes, and vertical accuracy assessment using height data measured in the field. The results show that DEM integration method reduced HEM and improved the vertical accuracy of DEM for combination between DEM from topographic map and SRTM. On other hand, DEM fusion reduced the bull eyes number and improved the vertical accuracy of DEM for combination between DEM from ALOS PRISM and SRTM.

**Keywords:** DEM integration, DEM fusion, Height Error Map, Bull eyes, accuracy

## 1. LATAR BELAKANG

Digital Elevation Model (DEM) adalah model digital dari ketinggian (topografi) suatu wilayah permukaan bumi, setiap pikselnya mempunyai informasi titik koordinat (XY) dan ketinggian (Z). Pembuatan DEM dapat dilakukan dengan metode Interpolasi titik tinggi (dari peta topografi atau hasil pengukuran lapangan), dan menghitung ketinggian secara langsung berbasis citra stereo optik atau *Interferometry Synthetic Aperture Radar* (InSAR) (Trisakti et al., 2006).

Saat ini, Data DEM yang umum digunakan dan mudah diperoleh adalah data DEM yang berasal peta topografi, DEM *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) dan DEM yang diturunkan dari citra stereo optik (seperti: DEM dari data ASTER atau ALOS PRISM). Masing-masing DEM memiliki kelebihan dan kelemahan yang berbeda-beda terkait dengan kedetilan informasi, tingkat akurasi data, cakupan perekaman data, dan hilangnya data karena tutupan awan. Sebagai contoh data DEM SRTM memiliki akurasi vertikal yang baik (**Tabel 1**) tapi mempunyai resolusi spasial kurang detil (30 m untuk X band dan 90 m untuk C band). selain itu data DEM berbasis InSAR dapat memiliki *error* yang disebabkan oleh *layover*, *shadow* dan *atmosferic effect (temporal decorrelation)* (Karkee et al., 2006).

Peta topografi merupakan produk yang umum digunakan karena terdiri dari berbagai skala, tetapi saat ini skala yang detil (1:10.000 atau 1:25.000) bahkan skala menengah (1:50.000) belum mencakup seluruh wilayah Indonesia. Selain itu kontur ketinggian kurang rapat di wilayah datar sehingga mengakibatkan hilangnya informasi topografi antara 2 garis kontur. Sedangkan DEM dari citra stereo ALOS PRISM merupakan alternatif untuk memenuhi kebutuhan DEM dengan resolusi spasial tinggi (2.5-10 m) dan akurasi tinggi (2-6 m) (**Tabel 1**), tetapi cakupan DEM tersebut sempit (lokal) dan adanya bull eyes (*error* lokal) yang terjadi bila pada saat pembuatannya distribusi dan jumlah GCP tidak mencukupi atau adanya tutupan awan (Trisakti et al., 2010).

**Table 1. Akurasi DEM SRTM dan DEM dari stereo ALOS PRISM**

Tahun	Sensor satelit	Referensi	Akurasi (m)
2005	SRTM X- band	Gesch D.	3 – 5 m
2006	SRTM X band	Yastikh et al.	5.6
2006	SRTM C band	Yastikh et al.	9.6 m
2006	ALOS PRISM	JAXA	< 6.5 m
2008	ALOS PRISM	Bignone & Umakawa	2 – 5 m
2008	ALOS PRISM	Schneider et al.	4 m
2010	ALOS PRISM	Geo Image	5 m
2010	ALOS PRISM	Trisakti et al.	< 5 m

Dewasa ini, pembangunan di setiap wilayah membutuhkan DEM yang akurat untuk memenuhi kebutuhan peta topografi wilayah. Selain itu banyaknya kejadian bencana di Indonesia, mengakibatkan DEM yang detil dan akurat menjadi data vital untuk memetakan daerah rawan bencana. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu upaya untuk menghasilkan data DEM dengan akurasi dan kedetilan yang lebih baik dari DEM yang digunakan saat ini. Salah satu cara adalah melakukan penggabungan DEM untuk menghasilkan DEM yang lebih baik dari DEM pembentuknya. Hoja et al. (2006) melaporkan bahwa penggabungan antara DEM SPOT 5 dan SRTM dapat mengurangi *bull eyes* sehingga meningkatkan akurasi DEM yang dihasilkan. Beberapa metode penggabungan adalah DEM *integration*, DEM *fusion* (Hoja and d' Angelo, 2010), dan *Spatial Frequency Domain* menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) (Honikel (1998); Karkee et al. (2006)). Metode-metode tersebut digunakan untuk menggabungkan antara DEM dari citra optik (SPOT dan ASTER) dan citra SAR (SRTM) untuk wilayah kajian masing-masing, sementara penggabungan DEM untuk perbaikan kualitas DEM dari peta topografi dan citra stereo ALOS PRISM, khususnya untuk wilayah Indonesia, dengan menggunakan model Geoid 2008 masih jarang dilakukan.

Kegiatan ini bertujuan untuk mengkaji metode penggabungan data DEM yang berbeda (DEM dari peta topografi, DEM SRTM dan DEM dari ALOS PRISM) untuk mendapatkan DEM dengan kedetilan informasi dan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan DEM awal, selanjutnya tingkat akurasi dari DEM yang dihasilkan dievaluasi dengan menggunakan perubahan *HEM*, perubahan jumlah *bull eyes* serta pengujian dengan data pengukuran lapangan menggunakan GPS Geodetik.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Lokasi Kajian

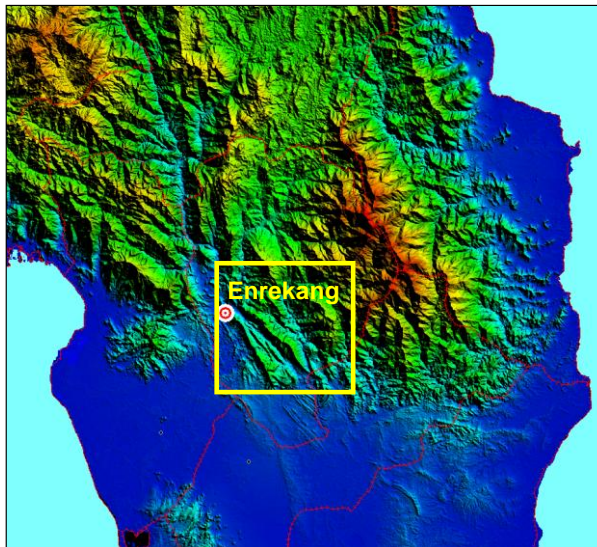
Lokasi kajian yaitu: Kabupaten Enrekang dan sekitarnya di Provinsi Sulawesi Selatan dengan ketinggian wilayah berkisar dari 0-2000 m, dan Kabupaten Sragen



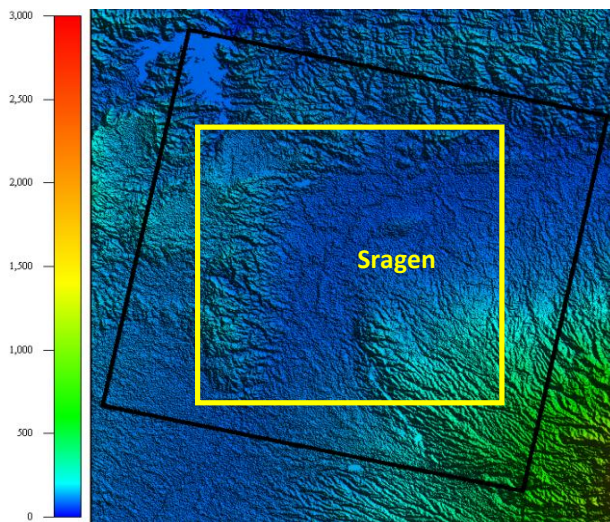
dan sekitarnya di Provinsi Jawa Tengah dengan ketinggian wilayah berkisar dari 50 – 500 m (**Gambar 1**). Wilayah kajian di dalam kotak kuning.

Pemilihan lokasi-lokasi tersebut dilakukan dengan pertimbangan:

- Wilayah-wilayah ini mempunyai kondisi topografi yang bervariasi sehingga dapat mewakili lingkungan bertopografi rendah sampai lingkungan bertopografi tinggi.
- Ketersediaan data yang lengkap (DEM SRTM, peta topografi, Citra stereo dan GCP )



(a)



(b)

Gambar 1. Lokasi kajian pembuatan DEM: (a) Kab. Enrekang dan (b) Kab. Sragen



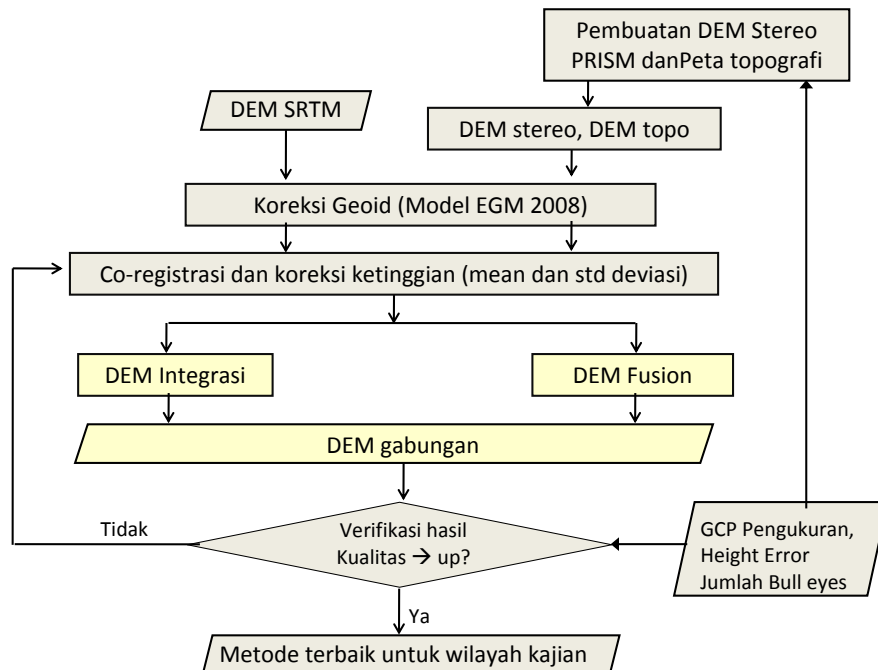
## 2.2 Data yang Digunakan

- Data SRTM X (resolusi 30 m) atau C (resolusi 90 m) band untuk wilayah Enrekang dan Sragen.
- Peta topografi 1 : 50.000 (Peta Rupa Bumi) untuk wilayah Enrekang
- DEM dari citra stereo PRISM resolusi 10 m untuk wilayah Sragen
- Data GCP (XYZ) pengukuran lapangan wilayah Enrekang dan Sragen

## 2.3 Metode Penelitian

Alur kegiatan (*flowchart*) penelitian diperlihatkan pada **Gambar 2**, dimana proses dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

1. Penyiapan data DEM yang akan digabung, yang meliputi:
  - Pembuatan DEM
  - Standarisasi Model Elipsoid-Geoid 2008
  - Co-registrasi dan koreksi ketinggian
2. Penggabungan data DEM menggunakan 3 model penggabungan, yaitu:
  - DEM fusion
  - DEM integration
3. Verifikasi hasil penggabungan data DEM, dengan menggunakan
  - Perubahan *Height Error Map*
  - Deteksi *bull eyes*
  - GCP pengukuran Lapangan



Gambar 2. Flowchart proses penggabungan DEM



Standarisasi model elipsoid-geoid diperlukan untuk menyamakan titik acuan dari seluruh DEM yang akan digabung. Pada umumnya model geoid yang digunakan saat ini adalah model elipsoid-geoid 1996 (EGM 96), tetapi model ini diperbaharui dengan model elipsoid-geoid 2008 (EGM 2008). Pada penelitian ini, DEM berbasis EGM 96 dikembalikan sistem elipsoid kemudian dirubah ke EGM 2008.

Ko-registrasi dilakukan untuk menyamakan posisi horisontal kedua DEM, proses ini dilakukan dengan mencari titik kontrol pada objek dengan kenampakan sama di kedua DEM (menggunakan penampakan 3D dengan sudut matahari dan azimuth yang sama). Titik kontrol sekitar 10 titik kontrol yang terletak menyebar di seluruh wilayah, kemudian melakukan koreksi dengan model transformasi linear dan model *resampling Nearest Neighbor*. Koreksi (Normalisasi) ketinggian dilakukan untuk menyamakan *range* ketinggian antara 2 DEM, dengan cara mempersamakan nilai *mean* dan *variance* dari kedua DEM.

Penggabungan DEM dengan metode DEM integrasi dilakukan dengan menurunkan *Height Error Map* DEM yang ingin diperbaiki. Selanjutnya dilakukan deteksi dan penghilangan *error* dengan menggunakan metode *threshold* standar deviasi  $>2\sigma$ . Bagian *error* yang dihilangkan akan diisi dengan titik tinggi yang diekstrak dari DEM, selanjutnya dilakukan proses interpolasi Co-Krigging sehingga menghasilkan DEM gabungan. Sedangkan, DEM *fusion* mengacu kepada metode yang dikembangkan oleh Hoja et al. (2006), walaupun terdapat perbedaan dalam pembuatan HEM. Penggabungan DEM dilakukan dengan menurunkan HEM dari ke dua DEM yang akan digabung, selanjutnya dilakukan penggabungan dengan mempertimbangkan besar *error* setiap piksel dari kedua DEM. Penggabungan dilakukan dengan menggunakan model pembobotan menggunakan **Persamaan (1)**.

$$h_{out} = \frac{\sum h_i \cdot p_i}{\sum p_i} \quad (1)$$

Dimana,

$$p_i = 1/a_i \quad , \quad a_i > 0$$

$h_i$  : Ketinggian DEM (1,2)

$a_i$  : Tingkat akurasi DEM, *error* DEM (1,2)

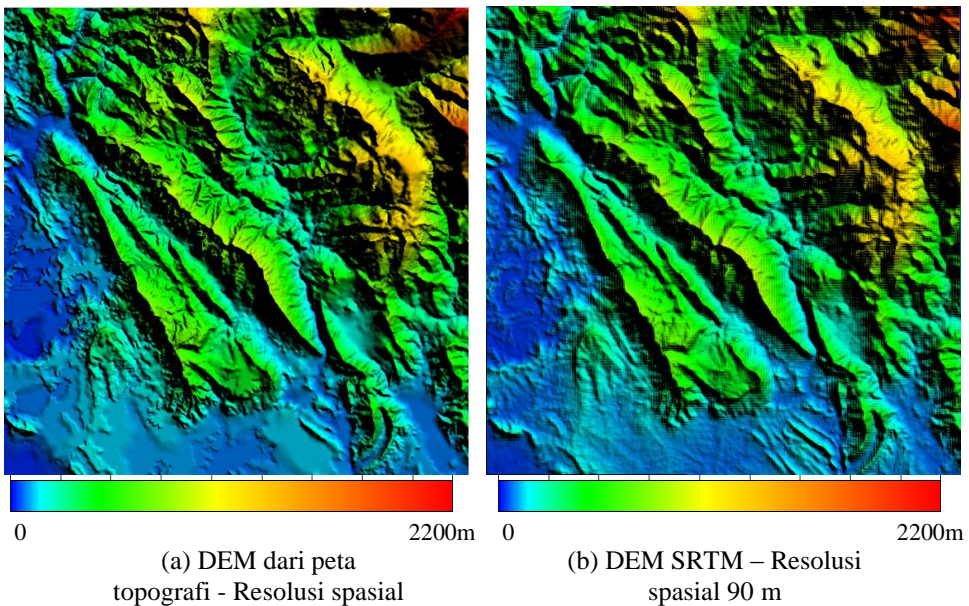
Tahap terakhir melakukan pengujian dengan cara:

1. Perbandingan HEM sebelum dan sesudah dilakukan penggabungan.
2. Perbandingan jumlah *bull eyes* sebelum dan sesudah dilakukan penggabungan.
3. Pengujian tingkat akurasi dengan menggunakan data pengukuran lapangan menggunakan GPS geodetik

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penggabungan DEM Topografi dan DEM SRTM

**Gambar 3** memperlihatkan DEM dari peta topografi dan DEM SRTM yang telah dikoreksi (Koreksi Geoid, Coregistrasi dan koreksi ketinggian) siap untuk digabungkan. Berdasarkan gambar 3, diketahui bahwa walaupun DEM SRTM mempunyai resolusi yang rendah (kurang detil) tetapi DEM SRTM mempunyai pola topografi yang lebih dapat diterima (realistis) di wilayah datar dibandingkan DEM dari peta topografi. Pada penelitian ini kami tidak membedakan antara DSM dan DTM, dengan kata lain kondisi kedua DEM diasumsikan sama. Berdasarkan alasan di atas, maka DEM SRTM digunakan untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi pada DEM peta topografi.



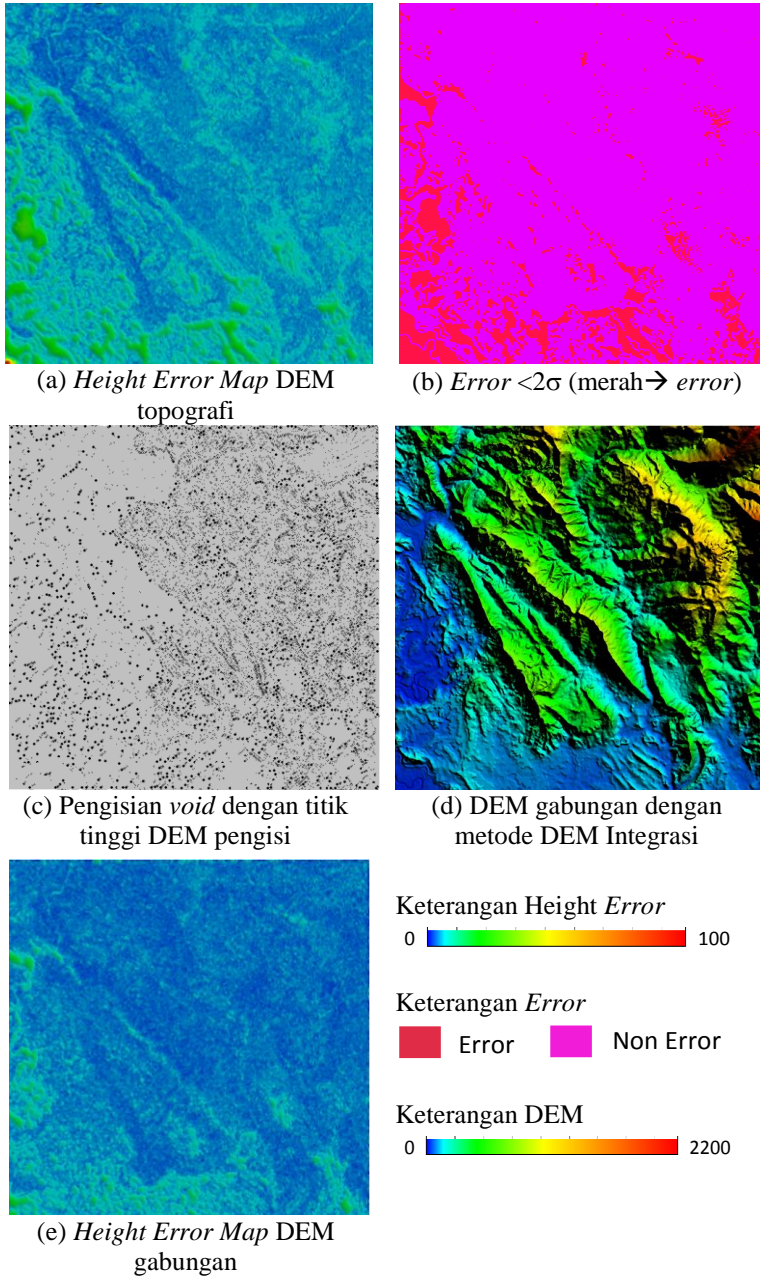
Gambar 3. DEM yang akan digabungkan

##### 3.1.1 Hasil Penggabungan DEM dengan *DEM Integration*

**Gambar 4** memperlihatkan hasil dari setiap tahapan proses penggabungan DEM dengan metode DEM Integrasi. Berdasarkan HEM terlihat bahwa daerah dengan topografi rendah di bagian kiri bawah mempunyai *error* tinggi sedangkan daerah bertopografi tinggi mempunyai *error* rendah (4a). Selanjutnya *error* dihilangkan dengan *threshold* ( $>2\sigma$ ), dan diisi dengan titik tinggi dari DEM SRTM (4b). Hasil penggabungan (pengisian) titik tinggi berbasis HEM dapat menutupi seluruh kekurangan titik, dengan kata lain titik rapat dan menutupi seluruh daerah (4c). Selanjutnya pembuatan DEM gabungan dengan metode interpolasi Co-Krigging sehingga dihasilkan DEM gabungan (4d) dan HEM DEM gabungan (4e). Hasil DEM gabungan mempunyai pola topografi yang lebih realistis dan



relatif mirip dengan DEM SRTM tetapi mempunyai kedetilan informasi yang sama detilnya dengan DEM peta topografi (resolusi spasial 25 m). Hasil analisis HEM sebelum dan sesudah proses penggabungan memperlihatkan adanya pengurangan *error* yang cukup signifikan.



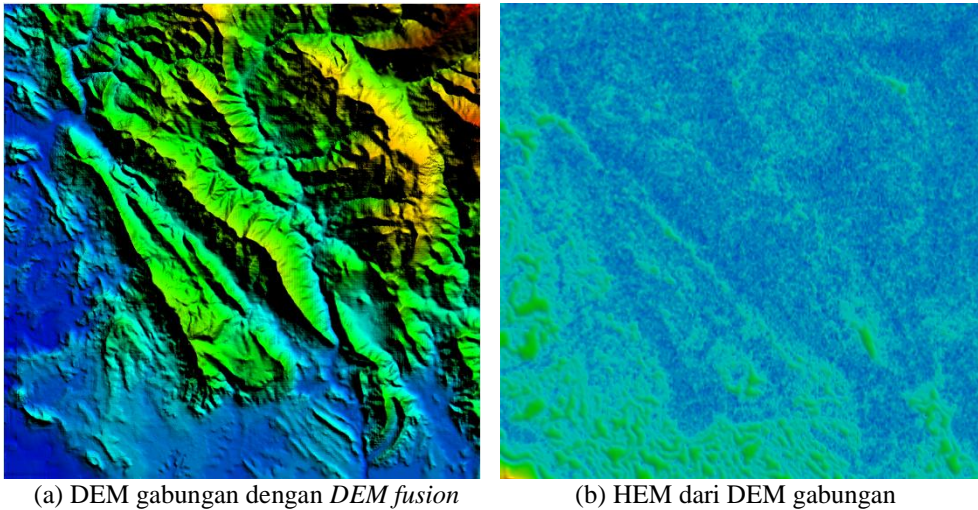
Gambar 4. Hasil dari setiap tahapan proses penggabungan DEM dengan metode DEM Integrasi





### 3.1.2 Hasil Penggabungan DEM dengan *DEM Fusion*

**Gambar 5** memperlihatkan DEM hasil penggabungan dengan metode *DEM fusion* dan HEM dari hasil DEM gabungan. Hasil memperlihatkan bahwa DEM gabungan (5a) mempunyai pola topografi yang baik di seluruh wilayah dan mempunyai resolusi yang detil (25 m). Selain itu, perbandingan antara HEM hasil penggabungan dengan metode *DEM fusion* (5b) dengan HEM sebelum penggabungan (4a) memperlihatkan bahwa sebagian *error* dapat diturunkan sehingga distribusi menjadi lebih rendah.

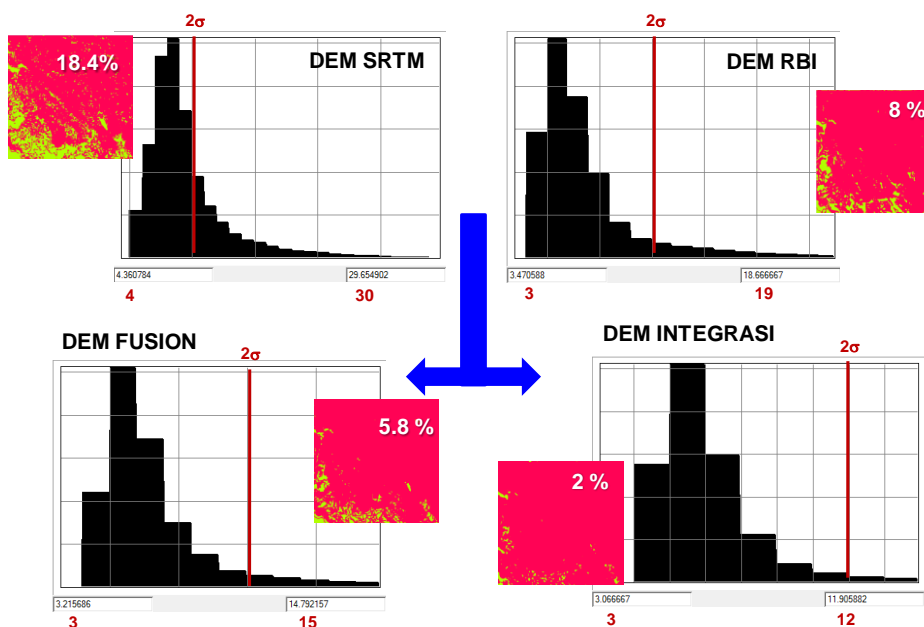


*Gambar 5. Hasil DEM dan HEM dengan metode DEM Integrasi*

### 3.1.3 Pengujian Hasil DEM Gabungan

**Gambar 6** memperlihatkan perbandingan nilai *error* ( $>2\sigma$ ) antara DEM SRTM, DEM peta topografi, DEM hasil *fusion* dan DEM hasil *integration*. Hasil memperlihatkan bahwa DEM SRTM mempunyai *error* sebesar 18.4%, DEM RBI mempunyai *error* sebesar 8%, DEM hasil *fusion* sebesar 5.8 % dan DEM hasil *integration* sebesar 2%.

Selanjutnya dilakukan pengujian akurasi vertikal dengan membandingkan ketinggian pada DEM gabungan dengan ketinggian hasil pengukuran lapangan dengan menggunakan GPS Geodetik. Hasil diperlihatkan pada **Tabel 2**. DEM gabungan dengan metode *DEM integration* dapat menurunkan *error* dan meningkatkan akurasi vertikal cukup signifikan dibandingkan DEM pembentuknya.



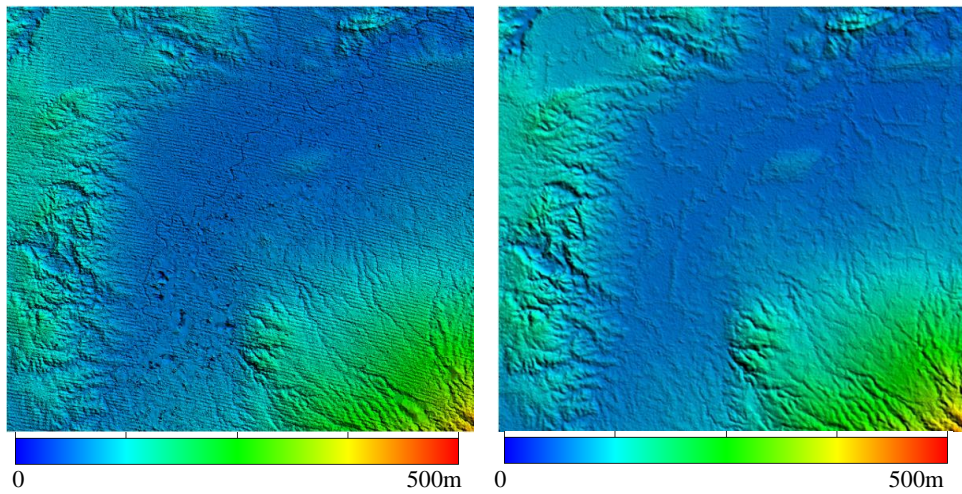
Gambar 6. Distribusi 99% histogram dari HEM, dan Error  $> 2\sigma$  untuk setiap DEM

Table 2. Hasil pengujian akurasi vertikal dari DEM gabungan

DEM	Akurasi (m)
DEM peta topografi	14.5
DEM SRTM	19.6
DEM fusion	14.8
DEM integration	12.6

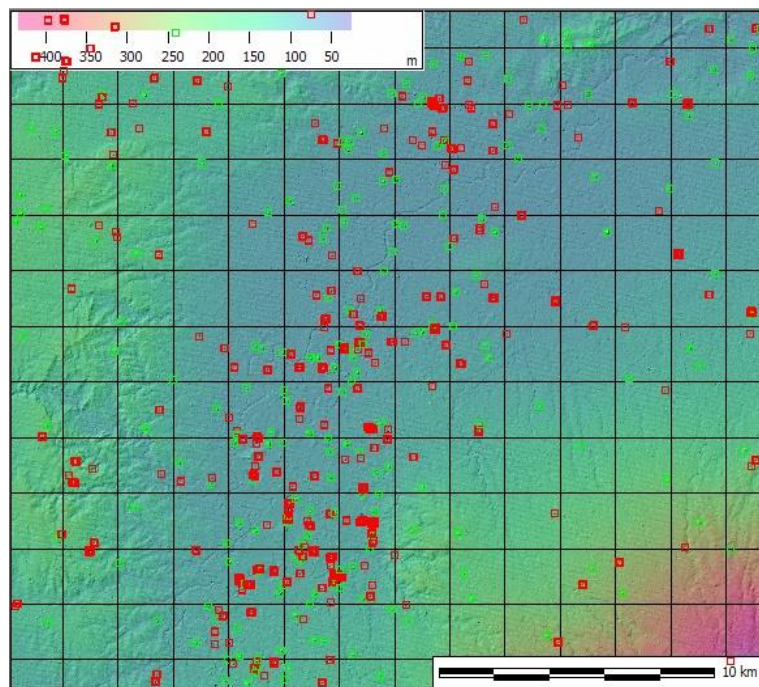
### 3.2 Hasil Penggabungan DEM ALOS PRISM dan DEM SRTM

Gambar 7 memperlihatkan DEM ALOS PRISM dan DEM SRTM yang telah dikoreksi (Koreksi Geoid, co-registrasi dan koreksi ketinggian) siap untuk digabungkan. Berdasarkan gambar 6, diketahui bahwa DEM ALOS mempunyai tingkat ketidilatan yang tinggi (teramati adanya alur sungai yang sangat jelas). Tetapi DEM ini mempunyai permasalahan dengan *bull eyes* (anomali ketinggian), dengan adanya *pit* (lubang) dan *spire* (puncak) yang cukup banyak dan tersebar pada seluruh bagian citra, terutama di bagian tengah yang mempunyai topografi yang relatif datar seperti diperlihatkan pada Gambar 8. Sedangkan DEM SRTM mempunyai ketidilatan yang lebih rendah, tapi mempunyai *bull eyes* (*pit/spire*) yang sangat sedikit, bahkan tidak dideteksi adanya *bull eyes* di wilayah datar.

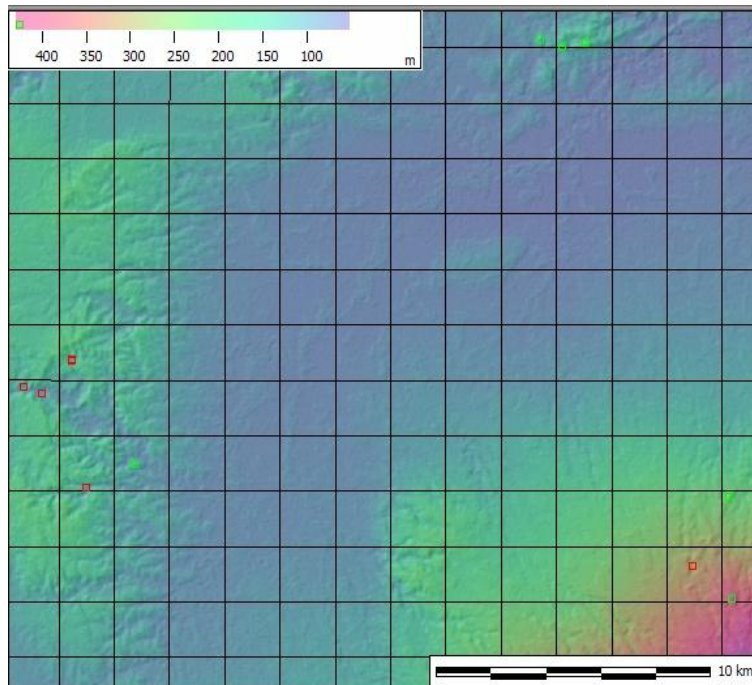


(a) DEM ALOS PRISM – Resolusi spasial 10 m      (b) DEM SRTM – Resolusi Spasial 30 m

Gambar 7. DEM ALOS PRISM dan DEM SRTM yang akan digabungkan



(a) Sebaran bull eyes DEM ALOS spasial 10 m  
Spire setting → radius: 150m, height: 12m  
Pits setting → radius : 150m, depth: 12 m  
Hasil → (Pits (merah): 3687, Spires (hijau): 201)



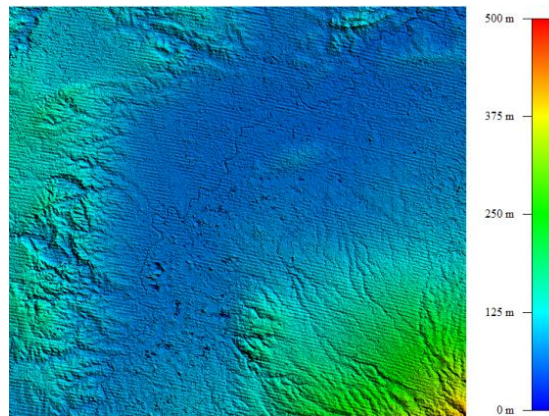
**(b) Sebaran bull eyes DEM SRTM**  
 Spire setting → radius: 250m, height: 12m  
 Pits setting → radius : 250m, depth: 12 m  
 Hasil → (Pits (merah): 9, Spires (hijau): 7)

Gambar 8. Sebaran bull eyes pada DEM ALOS PRISM dan DEM SRTM

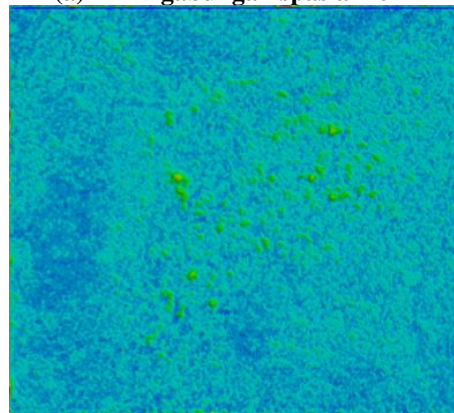
### 3.2.1 Hasil Penggabungan DEM

**Gambar 9** memperlihatkan DEM gabungan, HEM dan sebaran *bull eyes* menggunakan *DEM Integration*. Perbandingan terhadap HEM memperlihatkan bahwa besar *error* pada DEM gabungan mengalami pengurangan, demikian juga perbandingan terhadap jumlah *bull eyes* sebelum dan sesudah penggabungan memperlihatkan adanya pengurangan, walaupun secara statistik pengurangan yang terjadi tidak terlalu besar.

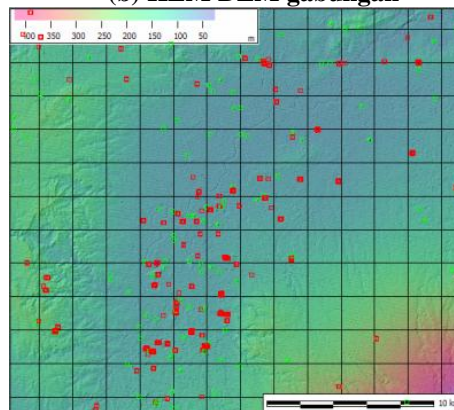
**Gambar 10** memperlihatkan DEM gabungan, HEM dan jumlah *bull eyes* yang dibuat dengan metode *DEM fusion*. Hasil pengamatan visual terlihat bahwa HEM sedikit berkurang, sedangkan jumlah *bull eyes* mengalami penurunan yang cukup signifikan.



(a) DEM gabungan spasial 10 m



(b) HEM DEM gabungan



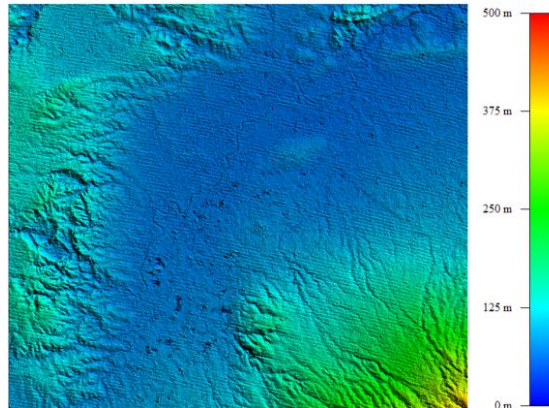
(c) Sebaran *bull eyes* DEM gabungan

*Spire setting* → radius: 250m, height: 12m

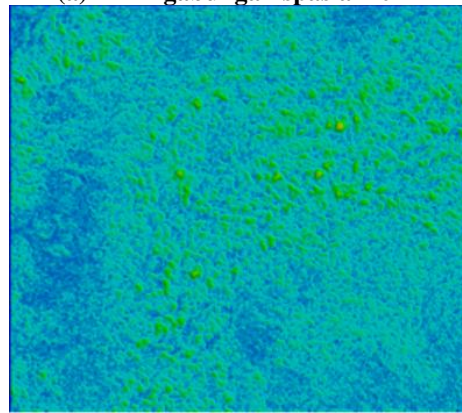
*Pits setting* → radius : 250m, depth: 12 m

Hasil → (Pits (merah): 2648, Spires (hijau): 97)

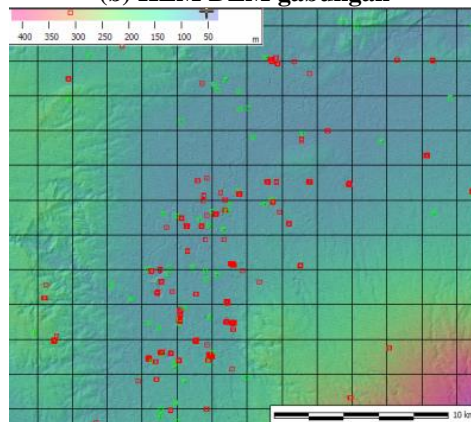
Gambar 9. DEM gabungan, HEM dan sebaran *bull eyes* pada DEM Integration



**(a) DEM gabungan spasial 10 m**



**(b) HEM DEM gabungan**



**(c) Sebaran bull eyes DEM gabungan**

Spire setting → radius: 150m, height: 12m

Pits setting → radius: 150m, depth: 12 m

Hasil → (Pits (merah): 1673, Spires (hijau): 60)

Gambar 10. DEM gabungan, HEM dan sebaran bull eyes pada DEM fusion



### 3.2.2 Pengujian Hasil DEM Gabungan

Pengujian dilakukan dengan melakukan deteksi jumlah *bull eyes* sebelum dan sesudah penggabungan. Hasil rangkuman jumlah *bull eyes* (*pit* dan *spire*) diperlihatkan bahwa DEM gabungan dengan metode *fusion* dapat mengurangi sampai 70% dari jumlah *bull eyes* DEM awal, sementara DEM gabungan dengan metode *integration* hanya mengurangi sampai 30%.

Akurasi vertikal DEM gabungan diuji dengan membandingkannya dengan ketinggian hasil pengukuran lapangan, hasil diperlihatkan pada **Tabel 3**. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa DEM gabungan dengan metode *fusion* dan *DEM integration* mempunyai akurasi vertikal yang lebih baik dibandingkan dengan DEM awal (DEM ALOS PRISM), dimana akurasi vertikal terbaik diperoleh dari DEM gabungan menggunakan metode *DEM fusion*.

**Table 3. Hasil pengujian akurasi vertikal dari DEM gabungan**

DEM	Akurasi (m)
DEM ALOS PRISM	7.6
<i>DEM Integration</i>	7.4
<i>DEM Fusion</i>	7.3

## 4. KESIMPULAN

Pengembangan metode penggabungan data DEM yang berbeda dengan menggunakan metode *DEM integration* dan *DEM fusion* telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang diperoleh adalah:

1. Tahap penyiapan data yang meliputi penyamaan model referensi tinggi dan normalisasi data DEM, dari sumber DEM yang berbeda, perlu dilakukan untuk mendapatkan DEM gabungan dengan kualitas yang baik.
2. Pada penggabungan DEM dari peta topografi dan DEM SRTM, Metode *DEM integration* merupakan pilihan terbaik untuk menghasilkan DEM gabungan yang detil dan akurat. Karena *DEM integration* dapat mengisi kekurangan informasi di wilayah datar sehingga memperbaiki HEM dan meningkatkan akurasi vertikal DEM gabungan.
3. Pada penggabungan DEM ALOS PRISM dan DEM SRTM, metode *DEM fusion* dapat memperbaiki *bull eyes* secara menyeluruh, sehingga meningkatkan akurasi vertikal dari DEM gabungan.

## DAFTAR REFERENSI

Bignone F. and Umakawa H., 2008, *Assessment of ALOS PRISM Digital Elevation Model Extraction ove Japan*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, Beijing, 2008



- Gesch D., 2005, *Vertical Accuracy of SRTM Data of the Accuracy of SRTM Data of the United States: Implications for Topographic Change Detection*, SRTM Data Validation and Applications Workshop
- Hoja D. and d'Angelo P., 2010, *Analysis Of Dem Combination Methods Using High Resolution Optical Stereo Imagery And Interferometric SAR Data*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 1, Calgary, Canada, 2010
- Hoja D., Reinartz P. and Schroeder M., 2006, *Comparison Of Dem Generation And Combination Methods Using High Resolution Optical Stereo Imagery And Interferometric SAR Data*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVI, Part 1, Paris, France, 2006
- Honikel M. 1998, "Fusion of Optical and Radar Digital Elevation Models in the Spatial Frequency Domain", Workshop ESTEC, 21-23 Oktober 1998
- JAXA, 2006, *The 2nd ALOS Research Announcement: Calibration and Validation, Utilization Research, and Scientific Research*, Earth Observation Research Center Japan Aerospace Exploration Agency, Japan
- Schneider M., Lehner M., Muller R. And Reinartz P., 2008, *Stereo Evaluation of ALOS/PRISM Data on ESA-AO Test Sites – First DLR Results*, ALOS Symposium, Rhodos, 2008
- Trisakti B. and Pradana F.A., 2006, "Application of ASTER stereoscopic Image for developing topography updating model", Research Report 2006, Remote Sensing Application and Development Center, LAPAN.
- Trisakti B. dkk, 2010, *Pengembangan Metode Ekstraksi Dem (Digital Elevation Model) Dari Data ALOS PRISM*, Laporan Akhir Program Insentif Riset Dasar, Pusbangja, LAPAN, 2010
- Yastikh et al., 2006, *Accuracy and Morphological Analyses of GTOPO30 and SRTM X-C band DEMS in the Test Area Istanbul*, ISPRS Workshop, Ankara.