

## Analisis Perbandingan Data Level-1 Sentinel 1A/B (Data SLC dan GRD) Menggunakan Software SNAP dan GAMMA

### *Analysis of Comparison of Level-1 Data Sentinel 1A/B (SLC and GRD Data) Using SNAP and GAMMA Software*

Qonita Amriyah<sup>1</sup>, Rahmat Arief<sup>1</sup>, Haris S. Dyatmika<sup>1</sup>, Rachmat Maulana<sup>1</sup>

Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

\*)E-mail: qonita.amriyah@lapan.go.id

**ABSTRAK** - Sentinel-1A/B merupakan salah satu satelit radar yang menggunakan spektral *C-band*. Dalam proses akuisisinya, terdapat 4 mode akuisisi yang dapat dihasilkan yaitu, SM, IW, EW, dan WV dimana ditiap mode umumnya memiliki 2 jenis data level-1 yaitu SLC dan GRD. Data SLC adalah data yang sudah dilakukan proses *geo-reference* yang ditampilkan dalam geometri *Slant-Range* sedangkan data GRD adalah data yang sudah diproyeksikan geometrinya terhadap model elipsoid bumi. Kedua data tersebut memiliki karakteristik berbeda sehingga perlu diketahui kelebihan dan kekurangan dari kedua data tersebut dan hasil hamburbalikan terkoreksi geometri dan radiometri ( $\sigma/\beta/\text{GAMMA}$  nought) yang lebih baik untuk keperluan pemanfaatannya atau nilai geobiofisik turunannya seperti pengambilan nilai *soil moisture*, *Normalized Polarization Index* (NDPI). Makalah ini menjelaskan tingkat kemiripan kedua data tersebut (SLC dan GRD) setelah dilakukan proses pengolahan data dengan menggunakan dua *software* pengolah data yaitu SNAP dan GAMMA dengan studi area Jawa Timur. Analisa yang dilakukan adalah membandingkan hasil yang diperoleh dari nilai hamburbalikan secara *visual* dan statistik. Secara *visual*, tingkat kecerahan citra dari hasil olah data pada *software* SNAP dan GAMMA adalah cenderung sama. Akan tetapi, tingkat kedetailan data SLC dan GRD dari pengolahan kedua *software* menunjukkan hasil yang berbeda. *Software* GAMMA menghasilkan citra data SLC yang lebih baik sementara *software* SNAP menghasilkan citra data GRD yang lebih baik. Kedua hal tersebut didukung oleh informasi data statistik yang ada. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan pada proses otomatisasi pengolahan data Sentinel-1 di lingkungan Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN.

**Kata Kunci:** Sentinel-1A/B, SLC, GRD, SNAP, GAMMA.

**ABSTRACT** – Sentinel-1A/B is one of radar satellites that uses C-band spectral. In the acquisition process, there are 4 acquisition modes that can be produces, such as SM, IW, EW and WV where each mode generally has 2 types of level-1 data, namely SLC and GRD. SLC is type of data that has been carried out by geo-reference process and displayed in the Slant-Range Geometry while GRD is type of data that has been projected on the earth ellipsoid model. Both of these data have different characteristics so we need to know advantages and deficiency from both data and which of backscatter value ( $\sigma/\beta/\text{GAMMA}$  nought) that be better for specific application or derivative geobiophysical such as soil moisture, Normalized Polarization Index (NDPI). This paper describes the similarity level of both data (SLC and GRD) after processed using two software, namely SNAP and GAMMA with East Java area study. This paper will analyze the results comparison of backscatter value by visual and statistic. In visual term, the brightness level of pictures from SNAP and GAMMA's processing is almost similar. However, the detail's level of SLC and GRD's data from both processing shows different results. GAMMA software shows better result in SLC's data but SNAP software shows better result in GRD's data. Both conclusions are supported by statistic data. Hopefully, the results of this study can provide a good input for an automatization process in data processing of Sentinel-1 in Pusat Teknologi and Data Penginderaan Jauh LAPAN's environment.

**Keywords:** Sentinel-1A/B, SLC, GRD, SNAP, GAMMA.

## 1. PENDAHULUAN

Satelit Sentinel-1 adalah satelit asal Eropa yang mana merupakan satelit pertama dari total 6 misi satelit yang diluncurkan untuk kegiatan *Europe's Copernicus Program*. Program ini sebelumnya dinamakan dengan GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), dipimpin oleh *European Union* dan *European Space Agency* (ESA) dimana ESA bertanggung jawab terhadap komponen luar angkasa (Potin, 2016). *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES) merupakan program ambisius Eropa untuk kegiatan operasional observasi bumi yang mana akan dibuat secara global baik secara waktu dan akses untuk kemudahan mendapatkan informasi di bidang aplikasi major seperti daratan, atmosfer, kelautan, respon darurat bencana, perubahan iklim dan keamanan (Aschbacher dan Milagro-Perez, 2012).



**Gambar 1.** Satelit Sentinel-1

Satelit Sentinel-1 didesain sebagai satelit konstelasi yang tersusun dari 2 satelit SAR (Sentinel-1A & Sentinel-1B) dimana keduanya menggunakan spektral *C-Band*. Satelit Sentinel-1A diluncurkan pada tanggal 03 April 2014 sementara satelit Sentinel-1B diluncurkan pada tanggal 25 April 2016 (Potin, 2016). Satelit Sentinel-1 ini memiliki kemampuan resolusi temporal yang lebih baik dibandingkan dengan satelit sebelumnya, yaitu satelit ERS-1/2 dan satelit ENVISAT-ASAR. Satelit Sentinel-1 dengan sistem konstelasi memiliki kemampuan resolusi temporal tiap 6 hari sekali yang memungkinkan satelit melakukan eksplorasi wilayah yang lebih banyak. Kedua satelit Sentinel-1 (Sentinel 1A dan 1B) mengorbit pada lintasan yang sama tetapi berbeda fase lintasan 180 derajat. Keduanya diluncurkan di lokasi yang sama yaitu Kourou, French Guiana menggunakan roket Soyuz (Torres dkk., 2012).

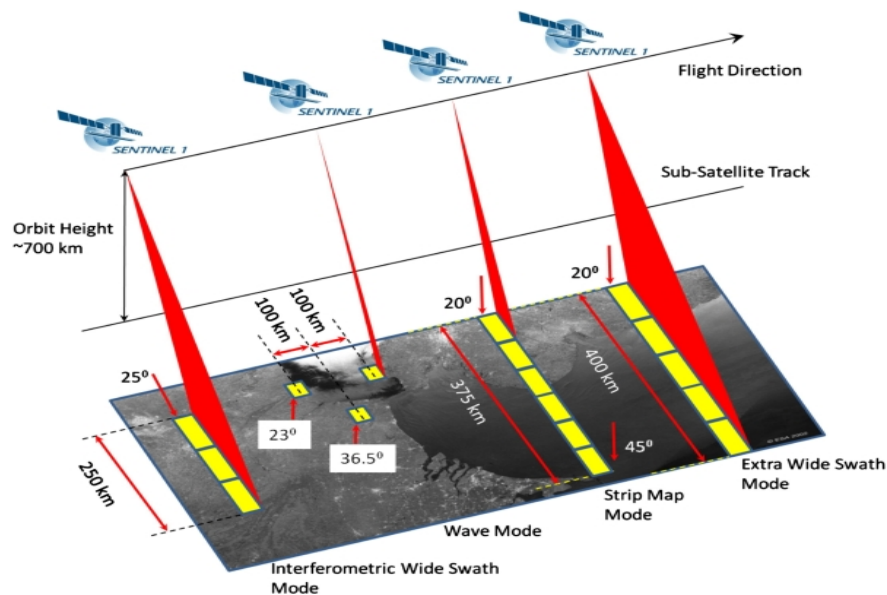
Satelit Sentinel-1 dimonitor dan di kontrol oleh *Flight Operations Segment* (FOS) yang dikelola oleh ESA-ESOC (*European Space Operations Centre*). Divisi FOS ini bertugas untuk memastikan keamanan satelit, pengoperasian dan monitoring orbit serta monitoring attitude satelit. Divisi lain yaitu PLS (*Post-Launch Support*) yang dikelola oleh ESA-ESTEC (*European Space Research and Technology Centre*) bertugas dalam hal pemeliharaan satelit, investigasi analisis terhadap anomali yang terjadi pada satelit dan pemeliharaan *software on-board* serta fasilitas tes lainnya. Sementara itu, *Payload Data Ground Segment* (PDGS) yang dikelola oleh ESA-ESRIN atau dikenal juga dengan nama *ESA Centre for Earth Observation* bertugas untuk melakukan kegiatan unduh dan unggah data yang direkam oleh sensor satelit (Potin, 2016).

**Tabel 1.** Detail Spesifikasi Satelit Sentinel-1  
(Torres, dkk., 2012)

Spesifikasi	Deskripsi
Orbit	<i>Near Polar Sun-Synchronous</i>
Ketinggian	693 km
Periode Orbit	98.6 menit
Inklinasi	98.18 derajat
<i>Design Life</i>	7 tahun (maksimum 12 tahun)
Resolusi Temporal	12 hari dengan 175 orbit untuk 1 putaran (*khusus 1 satelit) 6 hari (*dengan 2 satelit konstelasi)
Berat Peluncuran	2300 kg
Dimensi	3900 x 2600 x 2500 mm <sup>3</sup>
<i>Solar Array Average Power</i>	5900W
Kapasitas Baterai	324 Ah
<i>Data Rate</i>	2 x 260 Mbps
Peluncur	Roket Soyuz, diluncurkan di Kourou

Satelit Sentinel-1 dapat beroperasi dalam *single* polarisasi (HH atau VV) dan dual polarisasi (HH+VV atau VV+VH). Resolusi spasial untuk data Sentinel-1 ini berbeda-beda bergantung pada mode akuisisi data yang digunakan. Berikut ini adalah beberapa mode akuisisi data untuk satelit Sentinel-1 (Esa Sentinel Online, 2000-2019):

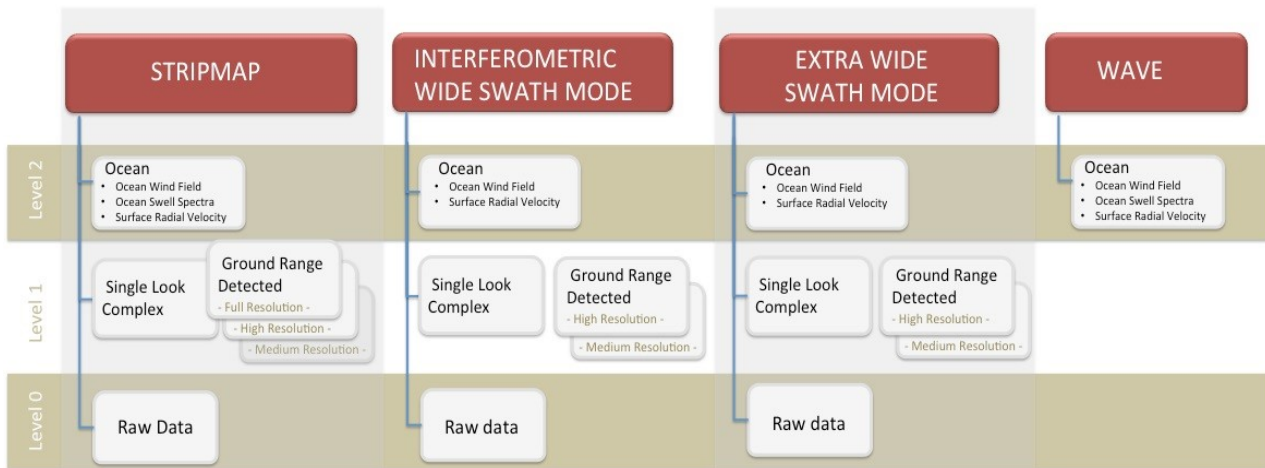
- *Stripmap Mode (SM)* ; lebar sapuan 80km, resolusi spasial 5 x 5m.
- *Interferometric Wide Swath Mode (IW)* ; lebar sapuan 250km, resolusi spasial 5 x 20m
- *Extra-Wide Swath Mode (EW)* ; lebar sapuan 400km, resolusi spasial 20 x 40m
- *Wave Mode (WV)* ; lebar sapuan 20km dalam selang tiap 100km. Resolusi spasial 5m, terdapat dalam opsi *incident angle* 23° dan 36.5°.



**Gambar 2.** Mode Akuisisi Satelit Sentinel-1

Hasil rekam data satelit Sentinel-1 terdiri dari beberapa tingkat/level data yaitu data level-0, data level-1 dan data level-2. Data level-0 merupakan data mentah yang diterima dari satelit dan belum dapat digunakan oleh pengguna. Data level-1 adalah data hasil keluaran dari proses pengolahan data level-0 yang mana menjadi data utama yang sering digunakan oleh pengguna. Sementara itu, data level-2 adalah data kelanjutan dari turunan data level-1.

Fokus utama data yang akan dianalisa dalam makalah ini adalah data level-1. Untuk satelit Sentinel-1, data level-1 terbagi menjadi 2 tipe data yaitu SLC dan GRD. SLC adalah tipe data yang sudah dilakukan proses *georeference* dan ditampilkan dalam geometri *Slant-Range* (geometri koordinat natural observasi radar yang mana berada pada lintasan sumber radar terhadap objek). Sementara itu, GRD adalah tipe data yang sudah diproyeksikan terhadap model elipsoid bumi (Esa Sentinel Online, 2000-2019).



Gambar 3. Level Data Satelit Sentinel-1

Adapun misi utama kegunaan satelit Sentinel-1A/B adalah untuk melakukan kegiatan monitoring maritim, monitoring lahan dan kegunaan *emergency* lainnya. Dalam kebutuhan observasi kelautan, data Sentinel-1 berperan dalam pengukuran angin permukaan laut, arus permukaan laut, dan perubahan fisik kondisi kelautan. Dalam hal monitoring lahan, data Sentinel-1 dapat berkontribusi dalam pemetaan banjir, klasifikasi penggunaan lahan (misal: daerah bersalju dan daerah kehutanan), pengukuran kelembaban permukaan tanah, dan juga untuk pemetaan topografi lahan (Malenovsky, dkk., 2012).

## 2. METODE

### 2.1. DATA

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data tipe SLC dan GRD satelit Sentinel-1A untuk 1 *scene* daerah yang sama. Adapun data yang di ambil adalah data daerah Jawa Timur yang direkam pada tanggal 01 Maret 2019 dengan mode akuisisi IW dengan dual polarisasi VV+VH.

Detail data yang digunakan adalah sebagai berikut.

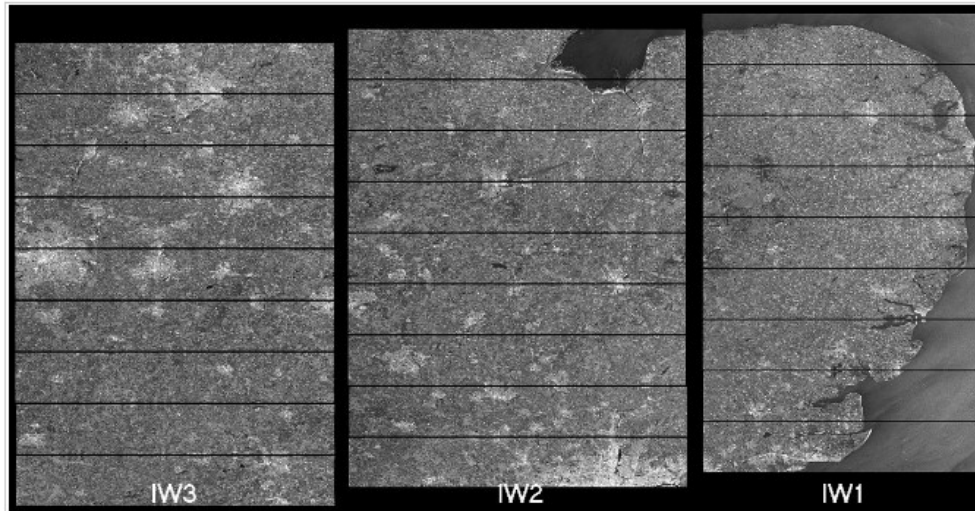
- Data SLC: S1A\_IW\_SLC\_1SDV\_20190301T220918\_20190301T220945\_026150\_02EB15\_2A18
- Data GRD: S1A\_IW\_GRDH\_1SDV\_20190301T220919\_20190301T220944\_026150\_02EB15\_5633



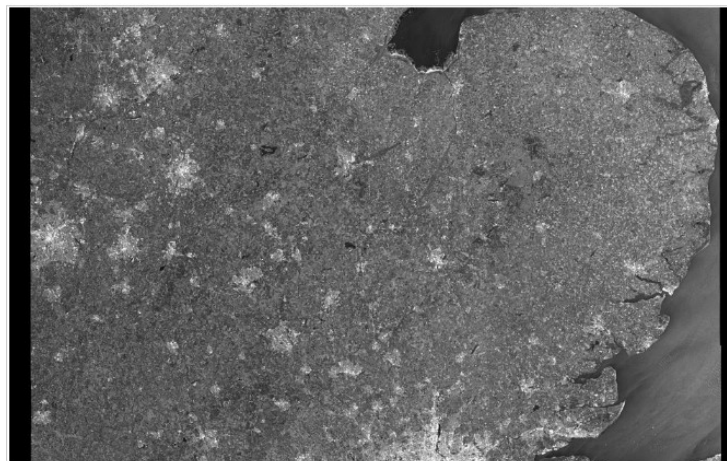
Gambar 4. Lokasi area penelitian (Jawa Timur)

Untuk data SLC dengan mode akuisisi IW, 1 *scene* data SLC akan terdiri dari 3 *sub-swath* (IW 1, IW 2, IW 3) dimana tiap *sub-swath* nya akan tersusun dari beberapa lapisan *burst* yang akan di proses sebagai data yang terpisah antara satu dan lainnya (Esa Sentinel Online, 2000-2019). Untuk dapat diproses sebagai satu kesatuan *scene* data, khusus untuk data SLC diperlukan proses **Deburst**, yaitu proses penggabungan lapisan *burst* menjadi satu kesatuan data utuh.

Berbeda dengan SLC, tipe data GRD yang dikeluarkan oleh ESA sudah dalam bentuk satu kesatuan data utuh yang langsung dapat di proses. Akan tetapi, data GRD ini hanya memiliki informasi intensitas amplitude saja sementara data SLC memiliki informasi intensitas amplitude dan phase (Esa Sentinel Online, 2000-2019).



Gambar 5. Contoh data SLC dengan mode akuisisi IW



Gambar 6. Contoh data GRD

## 2.2. METODE

Proses pengolahan data SLC dan GRD akan dilakukan pada 2 *software* pengolah data yaitu SNAP dan GAMMA. SNAP (*Sentinel Application Platform*) merupakan *software* yang dikeluarkan oleh ESA untuk melakukan pengolahan data Sentinel yang dapat di install pada *operating system* Windows. Sementara GAMMA merupakan *software* yang dikeluarkan oleh *GAMMA Remote Sensing Research and Consulting AG* yang mana hanya dapat dioperasikan pada *operating system* Linux.

Dalam hal pengolahan data Sentinel, *software* GAMMA dapat digunakan untuk pengolahan *interferometry*, *offset tracking* dan *PSI (Persistent Scatterer Interferometry)* menggunakan data Sentinel-1 dengan mode akuisisi IW (Wegnuller dkk., 2016).

Adapun alur proses pengolahan yang dilakukan pada makalah ini untuk data SLC dan GRD menggunakan *software* pengolah SNAP adalah sebagai berikut (Veci, 2016):

- Tipe data SLC  
*Input data* → *Apply Orbit* → *Thermal Noise Removal* → *Radiometric Calibrate* → *Deburst* → *Multilook* → *Terrain Correction w/ normalization* → *Output: Sigma0*
- Tipe data GRD  
*Input data* → *Apply Orbit* → *Radiometric Calibrate* → *Terrain Correction w/ normalization* → *Output: Sigma0*



Sementara itu, alur pengolahan data Sentinel-1 (SLC dan GRD) pada *software* pengolah GAMMA adalah sebagai berikut (GAMMA Remote Sensing AG, 2015; GAMMA Remote Sensing AG, 2016):

- Tipe data SLC  
*Import data* → *Generate SLC tab* → *Generate SLC Mosaic* → *Multilook* → *Prepare DEM* → *Derive Geocoding Look-up Table (G-LUT)* → *Refinement Pixel Area* → *Correction G-LUT based simulated and real MLI using dis2pwr* → *Correction offset\_pwr* → *Correction offset\_fitm* → *Geocode using G-LUT* → *Creating Sigma0*
- Tipe data GRD  
*Import data* → *Multilook* → *Prepare DEM* → *Derive Geocoding Look-up Table (G-LUT)* → *Refinement Pixel Area* → *Correction G-LUT based simulated and real MLI using dis2pwr* → *Correction offset\_pwr* → *Correction offset\_fitm* → *Geocode using G-LUT* → *Creating Sigma0*

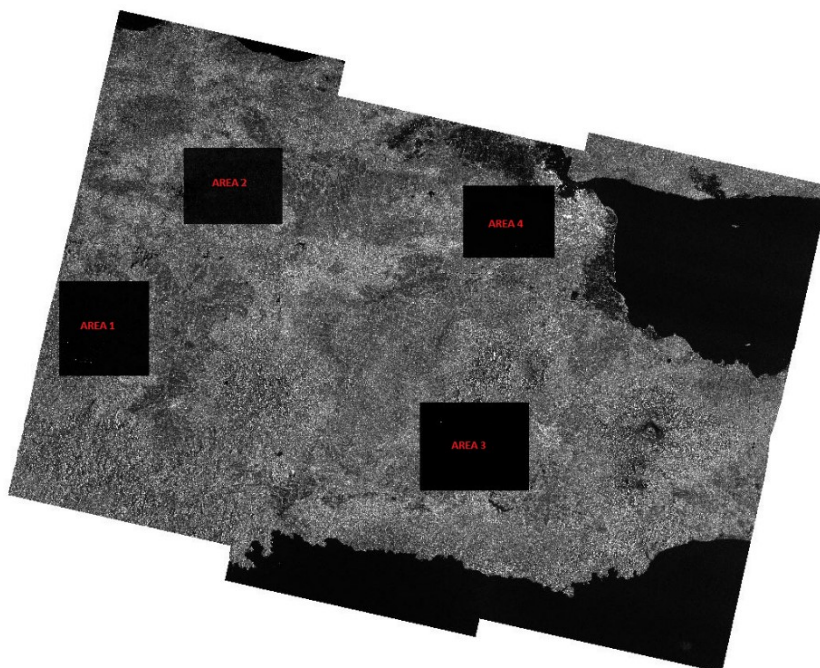
Beberapa parameter yang ditetapkan dalam pengolahan kedua data (SLC dan GRD) baik yang dilakukan pada *software* SNAP maupun GAMMA adalah sebagai berikut:

- Resolusi spasial 10m
- Tanpa *speckle filtering*
- *Resampling method Bilinear Interpolation*
- *DEM Method SRTM 1 Sec HGT*
- *Map Projection WGS84(DD)*
- Tanpa *Terrain Flattening, Output Sigma0*
- Pengolahan pada dua polarisasi, VV dan VH

Adapun untuk skema proses analisa perbandingan data, hasil pengolahan citra akan dibagi menjadi 4 lokasi area sampel dengan detail informasi koordinat sebagai berikut.

**Tabel 2.** Detail Koordinat Lokasi Area Sampel

Area	Detail Koordinat
1	111.11395555094472,111.3914676354991,-7.774255619642371,-7.482512146136478 [EPSG:4326]
2	111.50176089987328,111.80536386417208,-7.302247886084056,-7.06742996838419 [EPSG:4326]
3	112.23467743087588,112.57148696939488,-8.13241224158863,-7.859643953351414 [EPSG:4326]
4	112.3698756259152,112.65213150678676,-7.406611405061774,-7.186024876313415 [EPSG:4326]



**Gambar 7.** Lokasi 4 Area Sampel pada Citra

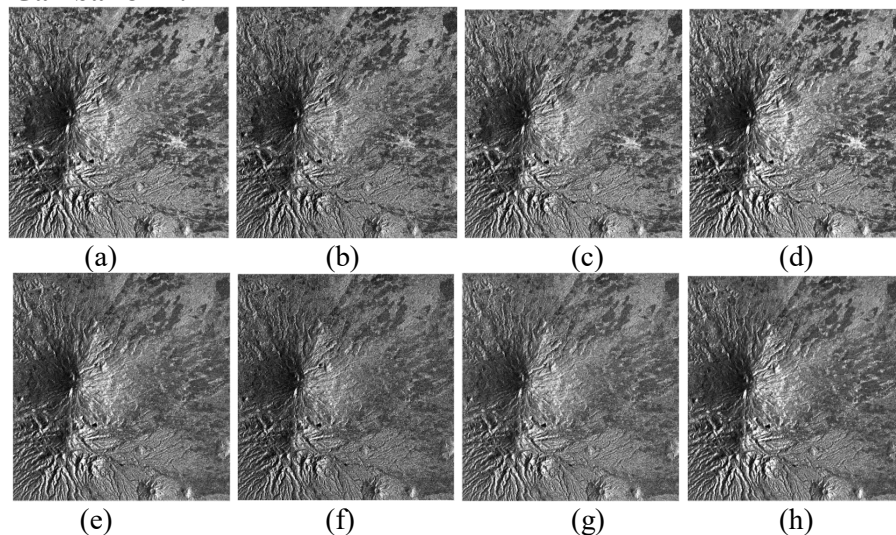
Pemilihan 4 area sampel tersebut dilakukan dengan adanya pertimbangan untuk melihat perbedaan hasil pengolahan citra pada area dengan morfologi yang tinggi dan morfologi yang datar. Area sampel 1 dan 3

merupakan contoh dari area dengan morfologi tinggi (yakni pada daerah pegunungan) sementara area 2 dan 4 merupakan contoh dari area dengan morfologi yang datar.

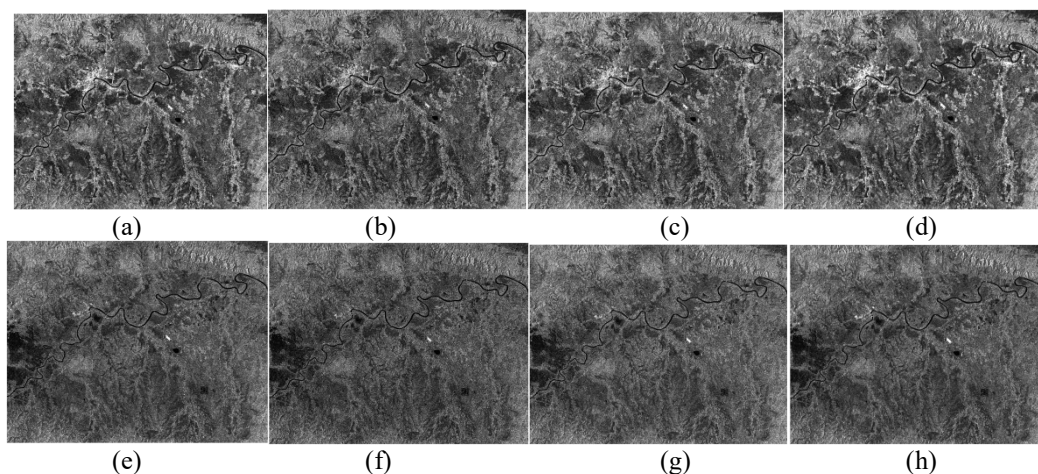
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lingkup analisa yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa kualitatif dari sisi visual citra dan analisa kuantitatif dari informasi data statistik pada setiap citra. Analisa kualitatif visual difokuskan pada tingkat kedetailan dan kecerahan citra, sementara analisa kuantitatif data statistik difokuskan pada perbandingan data *mean* (rata-rata) dan data standar deviasi pada tiap-tiap citra.

Berdasarkan pengamatan visual dari hasil pengolahan citra untuk data SLC dan GRD pada dua polarisasi (VV dan VH), terlihat bahwa tingkat kecerahan seluruh citra memiliki tingkat yang hampir mirip baik itu pada pengolahan *software* SNAP maupun GAMMA. Hasil yang diberikan tersebut terjadi pada keempat sampel area yang menandakan bahwa morfologi daerah tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap pengolahan citra. Dengan metodologi tahap pengolahan yang sama, *software* SNAP dan GAMMA dapat memberikan tingkat kecerahan yang hampir mirip pada data SLC dan GRD untuk dua polarisasi, VV dan VH. Adapun hasil pengolahan citra untuk seluruh data SLC dan GRD pada ke-empat area lokasi sampel dapat dilihat pada **Gambar 8-11**.

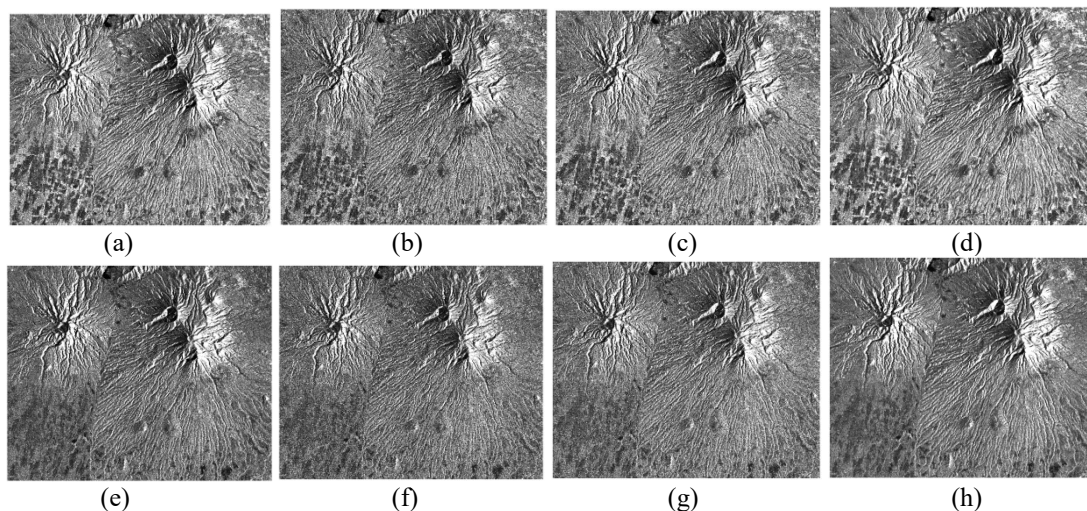


**Gambar 8.** Hasil Pengolahan Citra Area Sampel 1 untuk Data SLC dan GRD dengan Polarisasi VV dan VH  
 (a) GRD\_GAMMA\_vv; (b) SLC\_GAMMA\_vv; (c) GRD\_SNAP\_vv; (d) SLC\_SNAP\_vv;  
 (e) GRD\_GAMMA\_vh; (f) SLC\_GAMMA\_vh; (g) GRD\_SNAP\_vh; (h) SLC\_SNAP\_vh

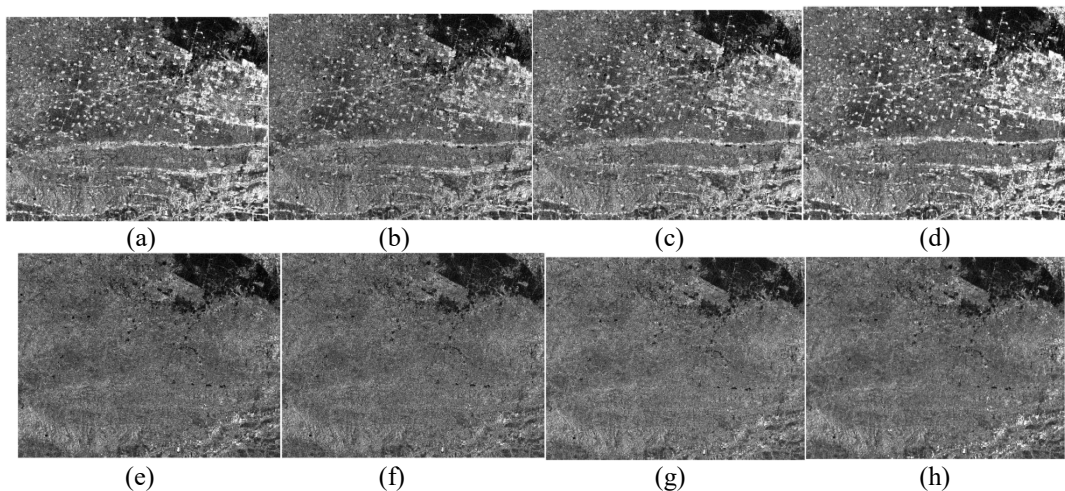


**Gambar 9.** Hasil Pengolahan Citra Area Sampel 2 untuk Data SLC dan GRD dengan Polarisasi VV dan VH  
 (a) GRD\_GAMMA\_vv; (b) SLC\_GAMMA\_vv; (c) GRD\_SNAP\_vv; (d) SLC\_SNAP\_vv  
 (e) GRD\_GAMMA\_vh; (f) SLC\_GAMMA\_vh; (g) GRD\_SNAP\_vh; (h) SLC\_SNAP\_vh



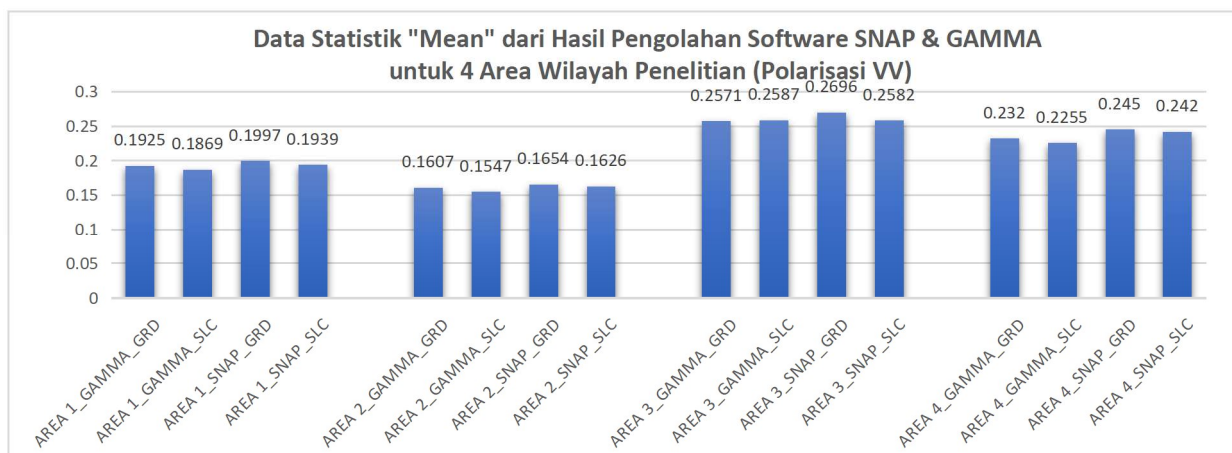


**Gambar 10.** Hasil Pengolahan Citra Area Sampel 3 untuk Data SLC dan GRD dengan Polarisis VV dan VH (a) GRD\_GAMMA\_vv; (b) SLC\_GAMMA\_vv; (c) GRD\_SNAP\_vv; (d) SLC\_SNAP\_vv (e) GRD\_GAMMA\_vh; (f) SLC\_GAMMA\_vh; (g) GRD\_SNAP\_vh; (h) SLC\_SNAP\_vh



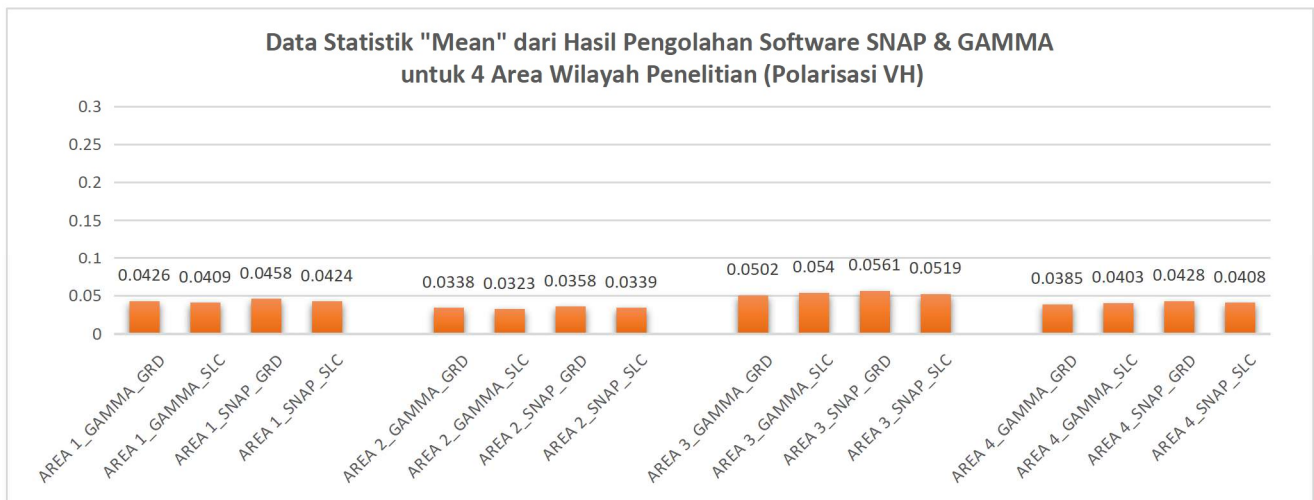
**Gambar 11.** Hasil Pengolahan Citra Area Sampel 4 untuk Data SLC dan GRD dengan Polarisis VV dan VH (a) GRD\_GAMMA\_vv; (b) SLC\_GAMMA\_vv; (c) GRD\_SNAP\_vv; (d) SLC\_SNAP\_vv (e) GRD\_GAMMA\_vh; (f) SLC\_GAMMA\_vh; (g) GRD\_SNAP\_vh; (h) SLC\_SNAP\_vh

Sesuai dengan penjelasan sebelumnya, dengan melihat hasil citra yang disajikan pada gambar 8-11, secara kualitatif, tingkat kecerahan citra yang diperoleh dari pengolahan software SNAP dan GAMMA memiliki tingkat kecerahan yang hampir mirip baik itu untuk data SLC maupun GRD. Analisa kualitatif ini didukung dengan informasi statistik data rata-rata (*mean*) pada setiap citra yang dibandingkan menggunakan diagram batang sebagai berikut.



**Gambar 12.** Grafik Data Statistik Rata-Rata (*Mean*) Polarisis VV untuk Ke-Empat Area Sampel

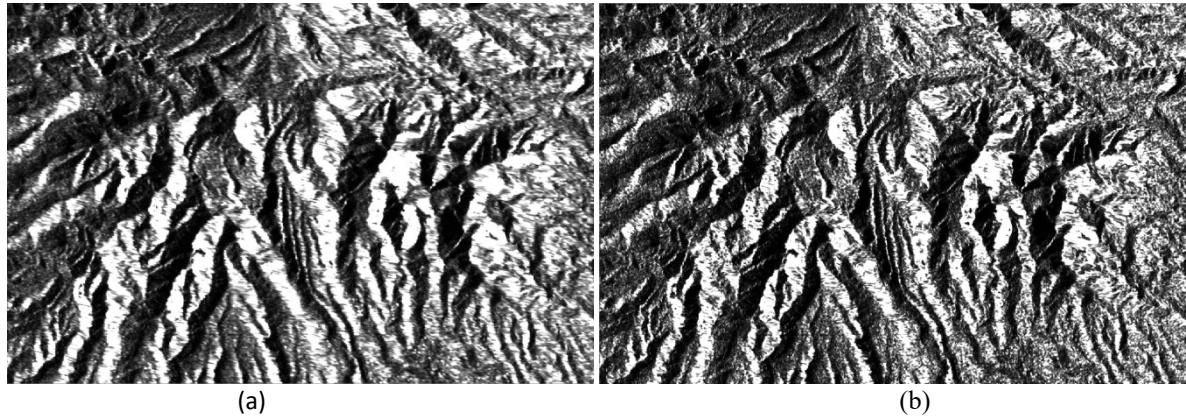




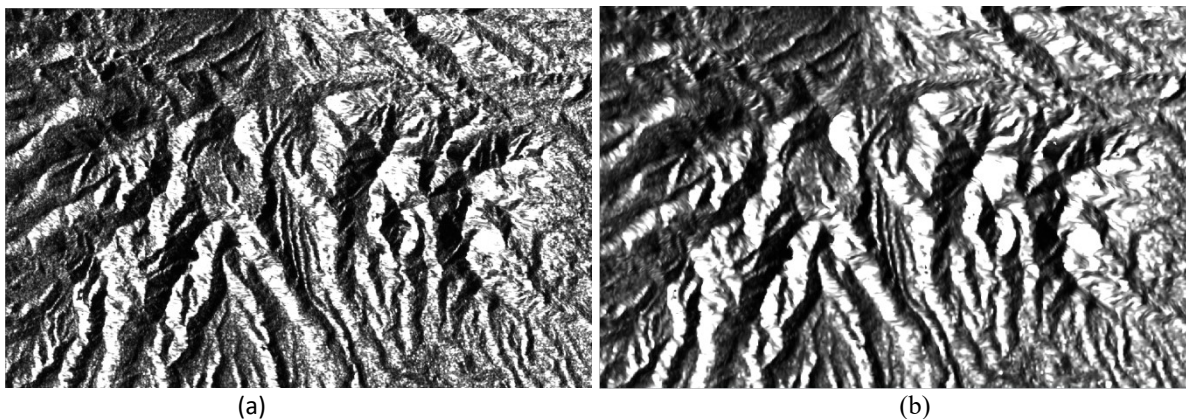
**Gambar 13.** Grafik Data Statistik Rata-Rata (Mean) Polarisasi VH untuk Ke-Empat Area Sampel

Mengacu pada grafik batang yang disajikan pada gambar 12 dan 13, terlihat bahwa untuk satu area sampel yang sama, nilai statistik rata-rata (*mean*) untuk data SLC dan GRD yang diolah pada *software* SNAP dan GAMMA memiliki nilai yang hampir mirip. Hal ini terjadi tidak hanya pada area sampel pertama tetapi *trend* yang sama juga diberikan untuk ketiga area sampel lainnya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa data statistik rata-rata (*mean*) berhubungan dengan tingkat kecerahan citra.

Sementara itu, jika dilihat dari tingkat kedetailan gambar, terdapat perbedaan yang cukup terlihat antara data GRD dan SLC. Berdasarkan hasil citra yang diberikan dari pengolahan *software* GAMMA, data SLC memiliki citra yang lebih detail dibandingkan dengan data GRD. Akan tetapi, pada hasil pengolahan *software* SNAP, data GRD-lah yang memiliki citra yang lebih detail dibandingkan dengan data SLC. Detail citra disajikan pada **Gambar 14** dan **15** sebagai berikut.

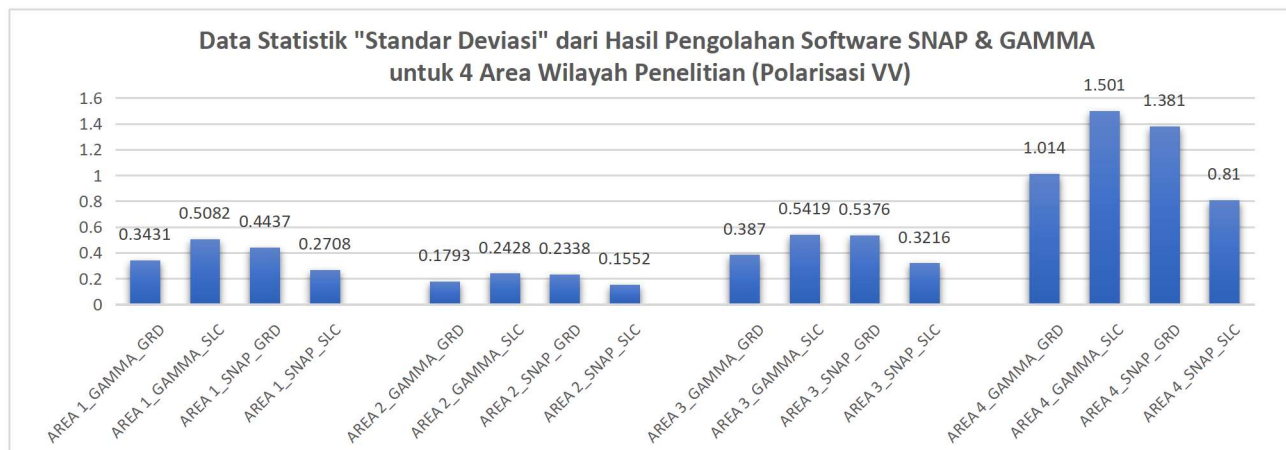


**Gambar 14.** Detail Citra dari Pengolahan Software GAMMA; (a) data GRD, (b) data SLC

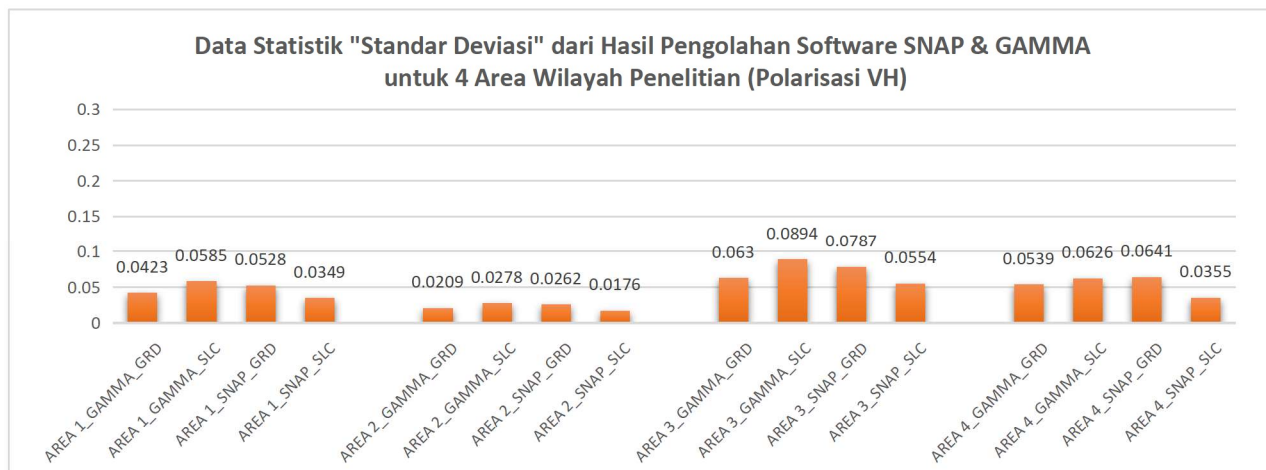


**Gambar 15.** Detail Citra dari Pengolahan Software SNAP; (a) data GRD, (b) data SLC

Perbedaan tingkat kedetailan citra tersebut, didukung dengan data statistik pada perbandingan informasi “Standar Deviasi” yang menunjukkan bahwa nilai data SLC\_GAMMA dan GRD\_SNAP memang memiliki nilai standar deviasi yang lebih tinggi dibandingkan data GRD\_GAMMA dan SLC\_SNAP.



Gambar 16. Grafik Data Statistik Standar Deviasi Polarisasi VV untuk Ke-Empat Area Sampel



Gambar 17. Grafik Data Statistik Standar Deviasi Polarisasi VH untuk Ke-Empat Area Sampel

Mengacu pada grafik batang yang disajikan pada **Gambar 16** dan **17**, terlihat bahwa nilai standar deviasi untuk data SLC\_GAMMA dan GRD\_SNAP cenderung lebih tinggi dibandingkan data lainnya. Hal ini tidak hanya terjadi pada area pertama, tetapi juga untuk ketiga area lainnya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa nilai standar deviasi berhubungan pada tingkat kedetailan citra.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan citra untuk data level-1 satelit Sentinel-1A (SLC dan GRD) dengan dua polarisasi VV dan VH yang dilakukan pada dua *software* (SNAP dan GAMMA) dengan parameter output  $\sigma_0$  dan tanpa proses *flattening*, diperoleh hasil bahwa tingkat kecerahan citra yang diberikan pada hasil pengolahan *software* SNAP dan GAMMA adalah mendekati sama. Hal ini didukung dengan adanya informasi statistik data rata-rata (*mean*) dari setiap citra yang diolah memiliki nilai mendekati sama.

Sementara itu, dengan menggunakan metode pengolahan yang sama, tingkat kedetailan citra yang diperoleh dari kedua *software* (SNAP dan GAMMA) ternyata memberikan hasil yang berbeda. Pada proses pengolahan *software* GAMMA, data SLC menghasilkan citra yang lebih detail dibandingkan data GRD. Sementara pada proses pengolahan *software* SNAP, data GRD menghasilkan citra yang lebih detail dibandingkan dengan data SLC. Kedua hal tersebut didukung oleh informasi data statistik standar deviasi yang diberikan pada setiap citra.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada lembaga Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh – LAPAN yang telah menyediakan data level-1 Satelit Sentinel-1A dan *software* pengolah data SNAP dan GAMMA sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan makalah ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Aschbacher, J., Milagro-Perez, M.P. (2012). *The European Earth Monitoring (GMES) Programme: Status and Perspectives*. Remote Sensing of Environment 120 (2012), 3-8.
- GAMMA Remote Sensing AG. (2015). *Documentation – User’s Guide: Sentinel-1 Processing with GAMMA Software Including an Example of Sentinel-1 SLC Co-registration and Differential Interferometry*. Switzerland.
- GAMMA Remote Sensing AG. (2016). *Documentation – User’s Guide: Geocoding and Image Registration Software - GEO*. Switzerland.
- Malenovsky, Z., Rott, H., Cihlar, J., Schaepman, M.E., Garcia-Santos, G., Fernandes, R., Berger, M. (2012). *Sentinels for science: Potential of Sentinel-1, -2, and -3 Missions for Scientific Observations of Ocean, Cryosphere, and Land*. Remote Sensing of Environment 120 (2012), 91-101.
- Potin, P., Rosich, B., Miranda, N., Grimont, P. (2016). *Sentinel-1 Mission Status*. Procedia Computer Science 100 (2016), 1297-1304.
- Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., Potin, P., Rommen, B., Floury, N., Brown, M., Traver, I.N., Deghaye, P., Duesmann, B., Rosich, B., Miranda, N., Bruno, C., L’Abbate, M., Croci, R., Pietropaolo, A., Huchler, M., Rostan, F. (2012). *GMES Sentinel-1 Mission*. Remote Sensing of Environment 120 (2012), 9-24.
- Veci, L. (2016). *Sentinel-1 Toolbox: SAR Basics Tutorial*. Array Systems Computing Inc.
- Wegnuller, U., Werner, C., Strozzi, T., Wiesmann, A., Frey, O., Santoro, M. (2016). *Sentinel-1 Support in the GAMMA Software*. Procedia Computer Science 100 (2016), 1305-1312.
- ESA Sentinel Online. (2000-2019). Acquisition Modes of Sentinel-1, diunduh 21 Juni 2019 dari <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/acquisition-modes>
- ESA Sentinel Online. (2000-2019). Product Types and Processing Levels of Sentinel-1, diunduh 21 Juni 2019 dari <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/product-types-processing-levels>