

**ANALISIS PERBANDINGAN HASIL ORTHOREKTIFIKASI
METODE *RANGE DOPPLER TERRAIN CORRECTION* DAN
METODE SAR SIMULATION TERRAIN CORRECTION
MENGUNAKAN DATA SAR SENTINEL – 1**

Bambang Septiana, Arwan Putra Wijaya, Andri Suprayogi^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : bambangseptiana47@yahoo.com

ABSTRAK

Salah satu metode yang digunakan untuk pembuatan peta adalah dengan memanfaatkan satelit penginderaan jauh. Pembuatan peta dengan memanfaatkan satelit penginderaan jauh dinilai efektif dengan cakupan yang luas, biaya yang murah dan cepat. Banyak satelit yang telah menyediakan data penginderaan jauh baik sensor aktif maupun sensor pasif, citra dengan resolusi tinggi, resolusi sedang dan resolusi rendah. Sensor aktif memiliki kelebihan yaitu akuisisi data yang bisa dilakukan siang dan malam hari, menggunakan gelombang elektromagnetik radar sehingga tidak terganggu dengan tutupan awan dan tidak terpengaruh oleh kendala cuaca. Salah satu metode yang digunakan untuk sensor aktif adalah *Synthetic Aperture Radar*.

Penelitian ini menggunakan data Sentinel-1. Sentinel-1 akan diolah hingga ke tahapan orthorektifikasi pada tahapan ini image Sentinel-1 yang belum berkoordinat lapangan akan memiliki koordinat lapangan. Metode orthorektifikasi yang digunakan adalah metode *Range Doppler Terrain Correction* dan metode *SAR Simulation Terrain Correction*. Hasil dari kedua metode orthorektifikasi tersebut kemudian akan dibandingkan dengan titik ICP dan peta RBI skala 1:25.000.

Setelah dikaji dengan data pembandingan hasil ukuran ICP di lapangan, peta RBI skala 1:25.000 metode *Range Doppler Terrain Correction* dan metode *SAR Simulation Terrain Correction* memiliki perbedaan ketelitian geometrik. Masing-masing metode memiliki variasi kesalahan yang beragam, untuk metode *Range Doppler Terrain Correction* dengan pembandingan titik GCP memiliki nilai rmse sebesar 23,299 meter, dengan pembandingan peta RBI skala 1:25.000 memiliki nilai rmse 21,286 meter. Metode *SAR Simulation Terrain Correction* dengan pembandingan titik ICP memiliki nilai rmse 30,202 meter, dengan pembandingan peta RBI skala 1:25.000 memiliki nilai rmse 30,981 meter.

Kata Kunci : *Orthorektifikasi, Range Doppler Terrain Correction, SAR Simulation Terrain Correction, Sentinel-1*

ABSTRACT

One of the methods used to produce a map is to utilize remote sensing satellite. Map production using remote sensing satellite is considered effective for compressive coverage, low cost, and fast. Many satellites have provided remote sensing data, either active or passive sensor with high, medium or low resolution of an image. Active sensor has the advantage for data acquisition that can be done in day or night by using electromagnetic waves radar. So that, the acquisition is not interfered by cloud cover and is not affected by weather constraints. One of the methods used for the active sensor is Synthetic Aperture Radar.

This research uses Sentinel-1 data. Sentinel-1 will be processed to orthorectify stage. In this stage, Sentinel-1 that is not field coordinated yet will have field coordinate. Orthorectification method used are Range Doppler Terrain Correction and SAR Simulation Terrain Correction methods. The result of both orthorectification methods will be compared to ICP point and RBI map of scale 1:25.000.

Having assessed with comparing data of the result of ICP size in field, RBI map of scale 1:25.000. Range Doppler Terrain Correction and SAR Simulation Terrain Correction have different geometric accuracy. Each of these methods have a variety of errors, for Range Doppler Terrain Correction method with ICP comparing point has 23,299 meters of rmse value. Meanwhile, in RBI map of scale 1:25.000 has 21,286 meters of rmse value. SAR Simulation Terrain Correction method with comparison of ICP point has 30, 202 meters of rmse value. Meanwhile, in comparison of RBI map of scale 1;25.000 has 30.981 meters of rmse value.

Keywords : *Orthorektifikasi, Range Doppler Terrain Correction, SAR Simulation Terrain Correction, Sentinel-1*

^{*)} Penulis , Penanggung jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) telah banyak digunakan untuk observasi bumi dalam berbagai aplikasinya seperti pemantauan vegetasi, pemantauan pergerakan lempeng es, pemantauan geomorfologi, pemantauan kondisi perairan dan lain lain. Data SAR banyak digunakan karena SAR juga memiliki kelebihan, seperti SAR mampu menembus awan dimana sensor pasif pada umumnya tidak mampu menembus awan, SAR juga merupakan sensor aktif yang berarti tidak dipengaruhi oleh keadaan siang atau malam, akuisisi data SAR yang cepat dan ini bisa diaplikasikan untuk pemantauan yang memerlukan temporal yang cepat, mampu menghasilkan tampilan sinoptik. Pengambilan data SAR yang membentuk sudut memberikan perspektif yang berbeda dengan citra vertikal pada umumnya.

Meskipun sistem akuisisi data penginderaan jauh dengan sensor SAR memiliki banyak kelebihan, namun secara operasional, pemanfaatan data SAR masih menemui banyak kendala dibandingkan dengan data penginderaan jauh sistem optik, terutama dalam permasalahan geometri (Sambodo, 2011). Permasalahan geometrik ini akibat dari pengambilan data SAR yang menyamping sehingga banyak menimbulkan kesalahan seperti *layover*, *foreshortening* dan *shadow*. Perlu dilakukan suatu proses untuk meminimalkan kesalahan geometrik tersebut.

Proses Orthorektifikasi atau biasa disebut tahapan *pre-processing* adalah upaya yang diperlukan untuk meminimalkan kesalahan-kesalahan tersebut sehingga diperoleh citra SAR dengan ketelitian geometri yang baik, sehingga citra SAR dapat digunakan untuk kegiatan selanjutnya. Metode yang digunakan untuk orthorektifikasi ada beberapa metode. Metode ini berdasarkan *rigorous* yang digunakan. Metode orthorektifikasi yang biasa digunakan adalah metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction*.

Berdasarkan uraian-uraian tersebut, peneliti membandingkan metode orthorektifikasi tersebut dengan menggunakan data Sentinel-1 dan software Sentinel Application Platform (SNAP). Kemudian hasil orthorektifikasi akan dibandingkan secara horisontal untuk mengetahui kualitas dari masing-masing metode orthorektifikasi. Penelitian ini juga dimanfaatkan untuk mengetahui apakah hasil orthorektifikasi kedua metode tersebut dengan menggunakan data Sentinel-1 mampu memenuhi syarat untuk kebutuhan pembuatan peta dasar sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masalah yang dapat ditemukan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara orthorektifikasi data Sentinel-1 dengan menggunakan metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction* ?
2. Bagaimana perbandingan hasil orthorektifikasi metode *Range Doppler Terrain Correction* dan metode *SAR Simulation Terrain Correction* ?
3. Apa yang membedakan hasil ketelitian orthorektifikasi dari masing-masing metode ?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Aspek Keilmuan :

1. Membandingkan hasil orthorektifikasi antara metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction* dengan menggunakan data SAR Sentinel-1, kemudian dapat diambil kesimpulan dari kedua metode tersebut metode mana yang memiliki akurasi horisontal yang lebih baik.
2. Tujuan dari penelitian ini adalah mampu melakukan pengolahan orthorektifikasi menggunakan software Sentinel Toolbox dan mampu memahami prinsip kerja dari proses Orthorektifikasi.

Aspek Kerekayasaan

1. Analisis ketelitian horisontal dari metode orthorektifikasi dan mampu menarik kesimpulan apakah metode tersebut memenuhi syarat untuk pembuatan peta dasar.
2. Penerapan metode orthorektifikasi menggunakan data SAR Sentinel-1 untuk proses pengolahan citra lebih lanjut.

I.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian analisis perbandingan orthorektifikasi terbatas dengan menggunakan metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction*.
2. Data yang digunakan adalah Sentinel-1 dengan wilayah cakupan Kabupaten Brebes.
3. Perbandingan dan analisis hasil orthorektifikasi terbatas pada ketelitian horisontal (x, y).
4. Metode validasi yang akan digunakan adalah dengan menggunakan data ukuran lapangan untuk objek objek yang mudah dikenali seperti sungai, sudut lapangan, pematang sawah, menggunakan peta RBI skala 1: 25.000 dengan membandingkan koordinat peta RBI dengan koordinat hasil orthorektifikasi dan menggunakan citra GLS2000 dengan membandingkan koordinat pada GLS2000 dengan koordinat hasil orthorektifikasi.
5. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Ketelitian Peta Dasar. Ketelitian geometri untuk horisontal adalah 0,2 mm x bilangan skala untuk kelas 1, 0,3 mm x

bilangan skala untuk kelas 2 dan 0,5 mm x bilangan skala kelas 3. Nilai ketelitian geometri yang digunakan adalah nilai CE90.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Wilayah penelitian adalah Kabupaten Brebes yang secara astronomis terletak pada 108° 41'37,7" - 109° 11'28,92" Bujur Timur 6° 44'56'5" - 7° 20'51,48" Lintang Selatan
2. Penelitian ini menganalisis perbedaan ketelitian planimetrik hasil orthorektifikasi metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction*

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Synthetic Aperture Radar (SAR)

SAR merupakan salah satu teknik penginderaan jauh sensor aktif yang menggunakan gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik. SAR adalah salah satu sistem kerja dari radar yang berupaya untuk meningkatkan resolusi citra RADAR. Teknik yang digunakan adalah dengan memasang antena jamak.

Sistem SAR terdiri dari pemancar, antena penerima dan sistem elektronik yang digunakan untuk merekam data. Pemancar mengirimkan pulsa gelombang mikro secara kontinyu dan terfokus ke permukaan bumi, kemudian energi yang sampai ke permukaan bumi akan dihambur balik dan diterima oleh antena penerima untuk kemudian direkam. SAR merupakan sensor aktif yang berarti SAR memancarkan energi sendiri tanpa tergantung energi dari matahari, sehingga SAR bisa dioperasikan pada siang ataupun malam bisa digunakan dalam segala kondisi cuaca karena panjang gelombang mikro dapat menembus awan, hujan, asap. Radar sensitif terhadap kekasaran permukaan yang disinari. Informasi citra SAR ini dapat dipakai sebagai komplemen satu sama lain dengan citra optis (Katmoko, 2005).

Menurut LAPAN (2008), Citra satelit RADAR yang direkam melalui sensor satelit pada dasarnya masih mempunyai kesalahan yang diakibatkan oleh kesalahan sistematis dan non-sistematis. Kesalahan sistematis disebabkan antara lain oleh faktor kelengkungan permukaan bumi, sedangkan kesalahan non-sistematis diakibatkan oleh perbedaan tinggi pada objek di permukaan bumi. Proses untuk koreksi kesalahan sistematis secara langsung melalui proses koreksi geometrik dengan menggunakan parameter satelit saat perekaman. Kesalahan non-sistematis bisa dieliminasi dengan melakukan koreksi orthorektifikasi. Orthorektifikasi adalah sistem koreksi geometrik untuk eliminasi kesalahan akibat perbedaan tinggi permukaan bumi serta proyeksi akuisisi citra yang umumnya tidak orthogonal.

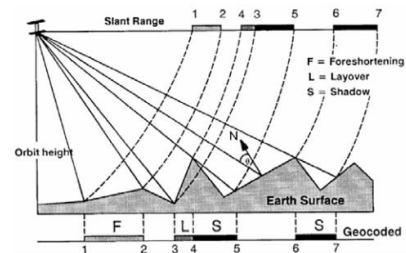
Perbedaan tinggi pada objek permukaan bumi dapat dicontohkan dengan wilayah pegunungan, perbukitan yang mempunyai variasi tinggi dari lembah hingga puncak. Variasi perbedaan tinggi tersebut akan menyebabkan adanya kesalahan pada citra dengan istilah *relief displacement*. Pada daerah disekitar nadir

memiliki kesalahan paling kecil dan semakin jauh dari nadir kesalahan akan semakin membesar. Hal ini karena pemotretan dilakukan dengan sumbu ortho sehingga pergeseran relief terjadi secara radial menjauhi titik nadir.

II.2 Orthorektifikasi

Orthorektifikasi adalah proses koreksi geometrik pada citra maupun foto yang disebabkan oleh pengaruh topografi, geometri sensor dan kesalahan lainnya. Hasil dari orthorektifikasi adalah citra tegak (*planar*) yang mempunyai skala seragam diseluruh bagian citra. Orthorektifikasi penting dilakukan apabila akan digunakan untuk memetakan dan mengekstrak informasi dimensi seperti jarak, panjang, luasan dan volume.

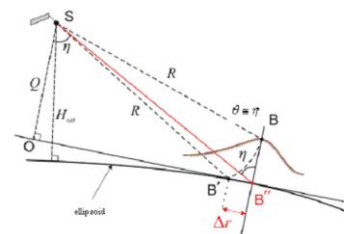
Citra tegak merupakan citra yang telah dikoreksi segala kesalahan geometriaknya akibat dari mekanisme perekaman citra. Kesalahan geometrik citra bisa berasal dari kesalahan internal satelit, sensor (sensor miring/ *off-nadir*) ataupun kesalahan eksternal. Perekaman *off-nadir* dan permukaan bumi yang ketinggiannya tidak sama menyebabkan adanya kesalahan pergeseran relief. Pergeseran relief merupakan ketidak-tepatan posisi suatu objek pada citra yang disebabkan oleh beda tinggi terhadap bidang referensi (Harintaka, 2003).



Gambar 1 SAR Geometric Effect

II.3 Range Doppler Terrain Correction

Variasi topografi disebabkan oleh kemiringan sensor citra, akibatnya jarak dapat terdistorsi. *Terrain Correction* dimaksudkan mereduksi kesalahan-kesalahan tersebut sehingga representasi geometrik pada citra sesuai dengan koordinat lapangan. Distorsi geometri yang terjadi pada SAR ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2 Penyiapan sensor terhadap objek

Distorsi pada SAR bisa dilihat pada Gambar II.2, dimana titik B dengan tinggi h dari ellipsoid digambarkan oleh SAR berada pada titik B', seharusnya posisi sebenarnya dari titik B adalah B''. Jarak dari B' ke B'' yaitu Δr berperan sebagai distorsi topografi yang harus dikoreksi.

Range Doppler Terrain Correction menggunakan metode orthorektifikasi Range Doppler untuk geocoding citra SAR dari single 2D raster. Metode Range Doppler Terrain Correction menggunakan ketersediaan data orbit, waktu perekaman radar, jarak miring ke permukaan dan DEM referensi untuk mendapatkan lokasi yang presisi.

Range Doppler Terrain Correction menerapkan transformasi backward, prosedurnya indeks range dan azimuth citra diperoleh kembali untuk setiap titik grid DEM (northing, easting). geocoding produk Citra lebih baik menggunakan teknik backward.

Transformasi backward digunakan untuk konversi posisi setiap elemen hamburan balik ke koordinat sistem citra Slant Range sebenarnya (baris dan kolom 2 dimensi) dari sistem referensi kartografi. DEM digunakan sebagai informasi ketinggian medan untuk menghitung masing-masing koordinat kartografis 3 dimensi citra ter-geocode yang kemudian ditransformasi ke koordinat kartesian dengan datum geodetik lokal. (Holecz, dkk.,1993: 315 dalam Schreier, 1993).

Maka diperoleh koordinat elemen hamburan balik yang mengacu pada sistem referensi yang sama dengan data posisi orbit satelit. Keduanya dapat dihubungkan secara langsung jika skala atau indeks pada azimuth dan range diketahui. Indeks tersebut dapat diketahui menggunakan hubungan Range-Doppler serta vektor posisi dan vektor kecepatan (dari metadata), maka posisi sensor untuk masing-masing elemen hamburan balik dihitung secara berulang. Masing-masing elemen hamburan balik dengan posisi sensor hasil estimasi yang sesuai, Slant Range R_s dan Doppler Frequency f_D dihitung menggunakan persamaan berikut (Meier dkk.,1983:179 dalam Schreier, 1993):

$$R_s = \frac{1}{\sqrt{(\vec{S} - \vec{P}) \cdot (\vec{S} - \vec{P})}} \dots\dots\dots(II.1)$$

$$f_D = \frac{2f_o}{c} \cdot \frac{(\vec{V}_p - \vec{V}_s) \cdot R_s}{|R_s|} \dots\dots\dots(II.2)$$

dimana:

$(\vec{S} - \vec{P})$ = posisi satelit dan elemen hamburan balik

$\vec{V}_p - \vec{V}_s$ = kecepatan posisi satelit dan elemen hamburan

balik

R_s = Slant Range

f_o = frekuensi bawaan

c = kecepatan cahaya

Hasil perhitungan pergeseran frekuensi f_D dibandingkan dengan Doppler Centroid f_{DC} yang digunakan selama kompresi azimuth. Ketika nilai f_D lebih besar dibanding f_{DC} atau ($f_D > f_{DC}$) berarti posisi sensor yang diestimasi berhubungan dengan arah terbang berada dibelakang posisi yang benar. Maka posisi tersebut akan digeser satu langkah ke depan dan perhitungan akan diulangi. Lokasi yang

tepat dimana $f_D = f_{DC}$ berada diantara dua posisi sensor akan diinterpolasi secara linear (Meier dkk.,1983:179-180 dalam Schreier, 1993). Proses gelokasi ini (Gambar II-16) akan menghasilkan posisi sensor pada koordinat azimuth beserta masing-masing elemen hamburan baliknya.

Kemudian koordinat citra pada arah range dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Meier dkk.,1983:180 dalam Schreier, 1993):

$$n_L = \frac{(R_s - R_0) \cdot R_s}{\Delta P_R} \dots\dots\dots(II.3)$$

dimana :

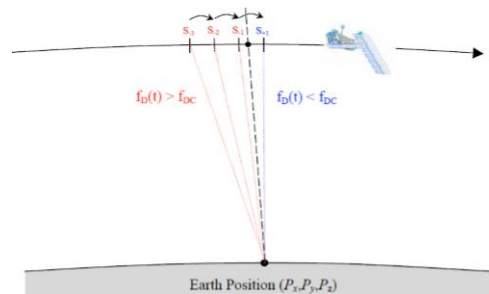
n_L = nomor baris

R_s = slant range

R_0 = slant range ke piksel pertama (batas near range)

ΔP_R = ukuran piksel pada range

Berdasarkan koordinat range dan azimuth pada slant range yang diperoleh tersebut, sebuah resampling dilakukan untuk menghasilkan nilai kabuan dari piksel yang sesuai pada citra ter-geocode dengan output dalam koordinat geografis WGS-84 atau geometri peta data DEM.



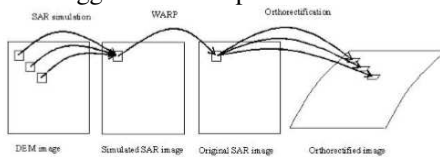
Gambar 3 Menentukan posisi sensor (Small,2008)

II.4 SAR Simulation Terrain Correction

Selain menggunakan metode Range Doppler Terrain Correction, orthorektifikasi juga bisa menggunakan metode SAR Simulation Terrain Correction. Slant range pada citra SAR berdasarkan data topografis dan state vector pada sensor radar pada saat penyiaran berlangsung. Sensor radar menyiami permukaan dari posisi miring (side looking) dengan besaran sudut tertentu. Sensor radar menembakkan pulses kemudian kembali dipantulkan dan diterima oleh antenna radar. Metode SAR Simulation Terrain Correction menggunakan rigorous SAR Simulation yang menggunakan data pergerakan sensor SAR dan distorsi geometrik yang disebabkan rotasi bumi, kelengkungan bumi, efek dari variasi topografi (layover, foreshortening) hal ini dilakukan untuk mendapatkan model citra SAR yang mendekati keadaan di lapangan. Selama ada kesalahan posisi dan distorsi pada data topografi citra SAR dikoreksi citra SAR belum bisa digunakan.

Metode ortorektifikasi ini, sesuai dengan namanya Simulasi SAR, akan menghasilkan citra terortorektifikasi menggunakan simulasi data SAR secara teliti. Terdapat beberapa langkah pengolahan utama (SNAP, 2014):

1. SAR *Simulation*: menghasilkan citra SAR tersimulasi menggunakan DEM, geocoding dan vektor lokasi orbit dari citra asli SAR, dan pemodelan matematika dari geometri pencitraan SAR. Citra SAR hasil simulasi akan memiliki dimensi dan resolusi seperti citra SAR yang asli.
2. Co-*Registration*: citra SAR hasil simulasi (master) dan citra SAR asli (slave) ter-co-registrasi dan fungsi WARP dihasilkan. Fungsi WARP ini memetakan masing-masing piksel pada citra SAR hasil simulasi ke posisinya yang sesuai pada citra SAR asli.
3. *Terrain Correction*: Menyilang Grid DEM yang mencakup area perekaman. Untuk masing-masing sel pada grid DEM, menghitung posisi pikselnya yang cocok pada citra SAR hasil simulasi menggunakan model SAR. Maka posisi pikselnya yang cocok pada citra SAR yang asli dapat ditemukan dengan bantuan fungsi WARP. Akhirnya nilai piksel untuk citra terortorektifikasi dapat diperoleh dari citra SAR asli menggunakan interpolasi.



Gambar 4 Orthorektifikasi Metode SAR Simulation Terrain Correction (ESA, 2016)

II.5 Ketelitian Geometrik

Ketelitian dan akurasi citra hasil koreksi geometrik harus diuji untuk mengetahui kualitas geometrik suatu citra dan diuji dengan konsep RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE merupakan besarnya selisih atau penyimpangan antara koordinat hasil transformasi dengan model tertentu dengan koordinat sebenarnya di lapangan. Besarnya penyimpangan harus berada pada batas tertentu. Konsep RMSE ini digunakan pada saat transformasi koordinat telah digunakan, kemudian citra hasil koreksi geometrik tersebut akan diuji dengan beberapa titik kontrol tanah yang sudah terreferensi terhadap sistem proyeksi tertentu dengan daerah yang sesuai dengan cakupan citra yang terkoreksi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((x' - x)^2 + (y' - y)^2)}{n}} \dots\dots\dots (II.4)$$

dengan :
 (x' , y') merupakan koordinat hasil transformasi.
 (x , y) merupakan titik koordinat titik kontrol.

Ketelitian geometri peta dasar menggunakan nilai dari CE90 untuk ketelitian horisontal yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai

ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%. CE90 merupakan ukuran ketelitian geometrik horisontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan 90% kesalahan atau perbedaan posisi horisontal objek di peta dengan posisi yang dianggap benar dan tidak lebih besar dari radius lingkaran tersebut. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Badan Informasi Geospasial Ketelitian Geometri Peta Dasar tertera pada Tabel II.10 adapun ketentuan ketelitian geometri peta RBI tertera pada Tabel II.1 . Nilai CE diperoleh dengan persamaan mengacu kepada standar USNMAPS (United States National Map Accuracy Standards) sebagai berikut :

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots\dots\dots (II.5)$$

Tabel 1 Ketelitian Peta RBI (Badan Informasi Geospasial, 2014)

No.	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9.	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

Tabel 2 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI (Badan Informasi Geospasial, 2014)

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x bilangan skala	0,3 mm x bilangan skala	0,5 mm x bilangan skala
Vertikal	0,5 x interval kontur	1,5 x ketelitian kelas 1	2,5 x ketelitian kelas 1

III. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membandingkan hasil orthorektifikasi metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction* terhadap data pembanding berupa titik GCP lapangan, peta Rupabumi skala 1:25.000.

III.1 Data dan Peralatan

Penelitian yang dilaksanakan membutuhkan alat yang membantu proses pengerjaan penelitian yang memadai dan bahan penelitian berupa data-data penunjang. Berikut adalah kebutuhan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian.

Data :

1. SAR Sentinel-1 Brebes yang diunduh gratis di <https://scihub.copernicus.eu/> dengan menggunakan tipe akuisisi data *Interferometric Width single*. Waktu akuisisi data adalah 26 Maret 2016.
2. DEM SRTM 3 arcsec versi 3.0 yang bisa diunduh gratis juga melalui *website* <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> . DEM SRTM3 arcsec dibutuhkan untuk keperluan orthorektifikasi citra SAR Sentinel-1. Kualitas hasil orthorektifikasi juga ditentukan oleh resolusi spasial dari DEM.

3. Data ICP yang diperoleh dengan pengukuran lapangan menggunakan receiver GNSS tipe geodetik dual frekuensi dengan metode pengukuran diferensial sebanyak 21 titik dan lama pengamatan selama 1 jam untuk uji ketelitian hasil ketelitian orthorektifikasi
4. Peta RBI skala 1:25.000 yang bisa diunduh di <http://tanahair.indonesia.go.id>. Peta RBI digunakan untuk uji ketelitian hasil ketelitian orthorektifikasi.

Alat :

1. Laptop/PC ASUS K43SD dengan RAM 4GB dan processor core i3 2,3 GHz, GPU NVIDIA Geforce 610 2GB untuk pengolahan data dan pekerjaan pembuatan laporan.
2. Printer untuk mencetak laporan dan peta yang digunakan adalah Printer Canon Pixma MP230 series milik pribadi.
3. Software Pengolah data SAR menggunakan Sentinel Application Platform (SNAP) adalah *software open source* milik ESA (Europe Space Agency) yang bisa digunakan untuk mengolah citra SAR Sentinel-1.
4. Software GIS untuk pemetaan otomatis (ArcGIS 10.3) digunakan untuk otomatisasi pembuatan layout peta.
5. Microsoft Office untuk pembuatan laporan, melakukan perhitungan, analisis data dan persentasi kemajuan penelitian.

III.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan, diantaranya :

Uji F adalah uji perbedaan diantara dua kelompok yaitu *Range Doppler Terrain Correction* dengan *SAR Simulation Terrain Correction* dengan syarat data terdistribusi normal. Penelitian ini menguji hasil rmse dari masing masing metode orthorektifikasi dengan data pembandingnya. Penelitian menggunakan data pembanding titik ICP lapangan, peta Rupabumi skala 1:25.000.

1. Studi literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk memahami dasar-dasar teori yang akan digunakan pada penelitian yang akan dilaksanakan.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk penelitian. Data yang diperlukan adalah data SAR Sentinel-1 milik ESA

yang bisa diunduh gratis di <https://scihub.copernicus.eu/> , kemudian data DEM yang bisa diunduh gratis juga melalui *website* <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> . Selain data SAR dan DEM diperlukan juga data GCP dan ICP yang diperoleh dengan cara pengukuran lapangan menggunakan *Receiver* GPS tipe geodetik dengan metode Rapid Statik dengan lama pengukuran satu jam, mempersiapkan peta RBI skala 1:25.000 yang bias diunduh secara gratis di tanahair.indonesia.go.id.

3. Pengolahan Data SAR

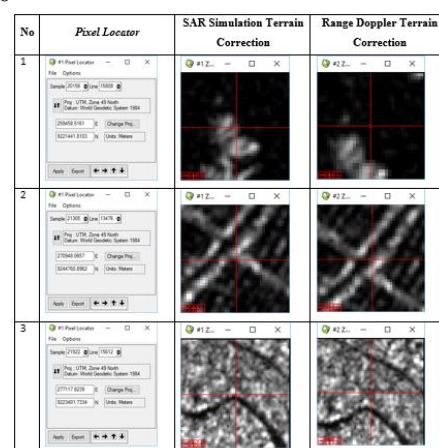
Pada tahap ini, data SAR Sentinel-1 Level 1 format *grd* akan diolah hingga tahap orthorektifikasi. Orthorektifikasi adalah tahapan *pre-processing* sebelum citra diolah lebih lanjut untuk klasifikasi, pemantauan dan aplikasi lainnya. Data sentinel dengan akuisisi data mode *Interferometric Width* memiliki 3 *sub-swath*, dimana ketiga *sub-swath* tersebut harus digabungkan terlebih dahulu dengan menggunakan *deburst* dan *merge*. Data yang sudah digabung dari ketiga *sub swath* tersebut akan dilakukan kalibrasi data. Kalibrasi data yang dilakukan sesuai dengan metada yang terdapat pada saat kita mengunduh data. Kemudian perlu dilakukan koreksi kesalahan *ephemeris* (orbit). Orbit file diunduh secara otomatis oleh software. Pada penelitian kali ini digunakan orbit file Sentinel-1 *Precise*.

4. Orthorektifikasi *Terrain Correction*

Pada tahap ini citra SAR dilakukan proses *geocoding* dengan menggunakan data DEM dan orbit file dan hasilnya adalah peta yang terproyeksi. *Geocoding* mengkonversi *slant range* atau *ground range* menjadi sistem koordinat peta. *Terrain Correction* melibatkan DEM dan orbit file untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan dari SAR seperti *Layover, foreshortening* dan *shadow*. Terdapat dua metode orthorektifikasi yang akan digunakan yaitu metode *Range Doppler* dan *SAR Simulation*.

5. Analisis Perbandingan Metode Orthorektifikasi

Hasil orthorektifikasi dari kedua metode kemudian dibandingkan hasilnya. Data pembanding yang digunakan adalah titik GCP, peta Rupabumi skala 1:25.000



Gambar 5 Perbandingan posisi kedua metode

6. Uji Statistik

Uji statistik dipergunakan untuk menguji kebenaran suatu pernyataan secara statistik dan menarik kesimpulan apakah menerima atau menolak pernyataan tersebut. Tujuan dari Uji statistik adalah untuk menetapkan suatu dasar sehingga dapat mengumpulkan bukti yang berupa data-data dalam menentukan keputusan apakah menolak atau menerima kebenaran dari pernyataan atau asumsi yang telah dibuat. Uji statistik juga dapat memberikan kepercayaan diri dalam pengambilan keputusan yang bersifat objektif

IV. Analisis dan Pembahasan

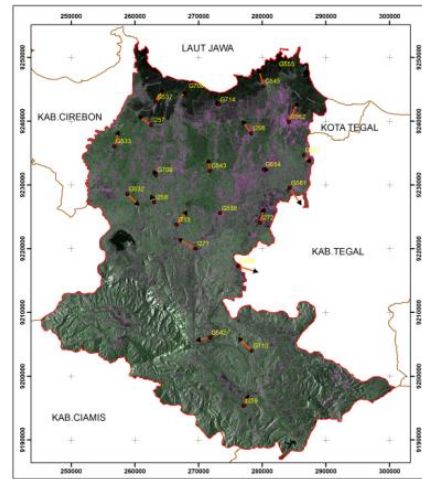
IV.1 Analisis Ketelitian Citra

Analisis ketelitian citra hasil masing-masing metode orthorektifikasi dengan cara membandingkan koordinat dari citra dan koordinat sebenarnya di lapangan. Selisih dari keduanya akan menghasilkan rms. Hasil dari rms ini lah yang akan dibandingkan dan juga dapat dikelaskan sesuai dengan ketentuan Badan Informasi Geospasial yang dibutuhkan untuk persyaratan peta dasar. Penelitian kali ini menggunakan dua metode Orthorektifikasi yaitu metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction*. Hasil yang akan dianalisis ada 6 model citra, berikut adalah model yang akan dianalisis :

1. Model 1, adalah model hasil orthorektifikasi metode *Range Doppler Terrain Correction* sistematis yang dibandingkan dengan GCP pengukuran lapangan.
2. Model 2, adalah model hasil orthorektifikasi *SAR Simulation Terrain Correction* sistematis yang dibandingkan dengan GCP pengukuran lapangan.
3. Model 3, adalah model hasil orthorektifikasi dan metode *Range Doppler Terrain Correction* sistematis yang dibandingkan dengan peta RBI skala 1:25.000.
4. Model 4, adalah model hasil orthorektifikasi *SAR Simulation Terrain Correction* sistematis yang dibandingkan dengan peta RBI skala 1:25.000.

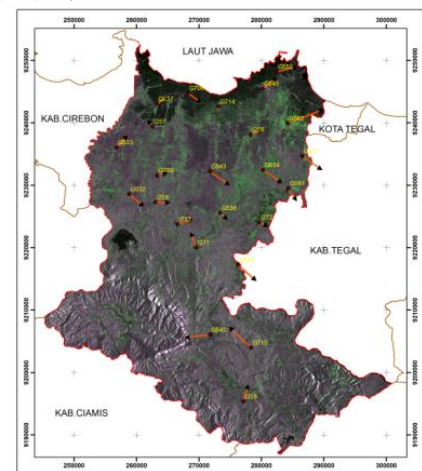
IV.1.1 Analisis Ketelitian Orthorektifikasi Metode *Range Doppler* dengan titik GCP

Analisis yang perbandingan yang dilakukan adalah antara citra SAR hasil orthorektifikasi menggunakan metode *Range Doppler Terrain Correction* dan diikatkan dengan 21 titik GCP di Kabupaten Brebes. Hasil pengikatan GCP dengan menggunakan metode orthorektifikasi *Range Doppler Terrain Correction* menghasilkan nilai rms error yang ditunjukkan pada Gambar IV-1.



Gambar 6 Residu Metode Range Doppler dengan GCP
IV.1.2 Analisis Ketelitian Orthorektifikasi Metode *SAR Simulation* dengan titik GCP

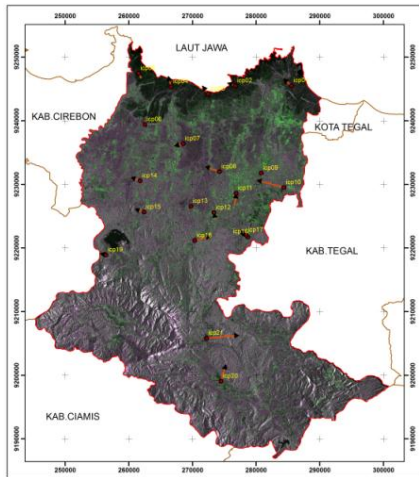
Analisis yang perbandingan yang dilakukan adalah antara citra SAR hasil orthorektifikasi menggunakan metode *SAR Simulation Terrain Correction* dan diikatkan dengan 21 titik GCP di Kabupaten Brebes. Hasil pengikatan GCP dengan menggunakan metode orthorektifikasi *SAR Simulation Terrain Correction* menghasilkan nilai rms error sebagai berikut. Hasil orthorektifikasi dengan metode *SAR Simulation Terrain Correction* ditunjukkan pada Gambar IV-2.



Gambar 7 Residu Metode SAR Simulation dengan GCP

IV.1.3 Analisis Ketelitian Metode Orthorektifikasi *Range Doppler Terrain Correction* dengan Peta RBI skala 1:25.000

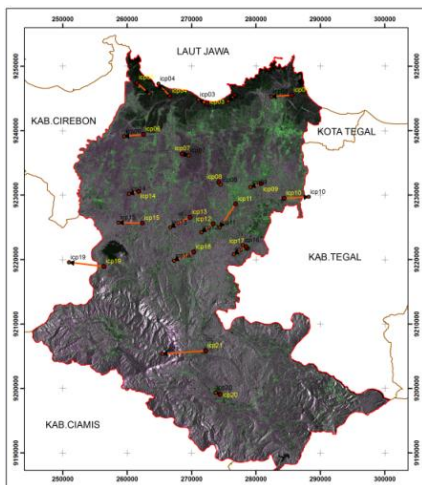
Analisis perbandingan yang dilakukan adalah antara citra SAR hasil orthorektifikasi menggunakan metode *Range Doppler Terrain Correction* dan dibandingkan dengan peta RBI skala 1:25.000 digital yang diperoleh melalui website Badan Informasi Geospasial daerah Kabupaten Brebes. Hasil pengikatan GCP dengan menggunakan metode orthorektifikasi *Range Doppler Terrain Correction* menghasilkan nilai rms error.



Gambar 8 Residu Metode Range Doppler dengan RBI

IV.1.4 Analisis Ketelitian Metode Orthorektifikasi Range Doppler Terrain Correction dengan Peta RBI skala 1:25.000

Analisis perbandingan yang dilakukan adalah antara citra SAR hasil orthorektifikasi menggunakan metode SAR Simulation Terrain Correction dan dibandingkan dengan peta RBI skala 1:25.000 digital yang diperoleh melalui website Badan Informasi Geospasial daerah Kabupaten Brebes. Hasil pengikatan GCP dengan menggunakan metode orthorektifikasi SAR Simulation Terrain Correction menghasilkan nilai rms error.



Gambar 9 Residu Metode SAR Simulation dengan RBI

IV.2 Analisis Perbandingan kedua Metode Orthorektifikasi

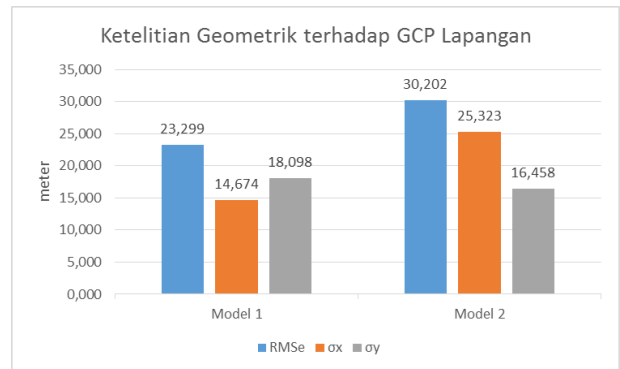
Analisis perbandingan kedua metode orthorektifikasi yang telah dilakukan antara metode orthorektifikasi Range Doppler Terrain Correction dengan metode SAR Simulation Terrain Correction menggunakan data pembandingan pengukuran GCP lapangan, peta RBI digital skala 1 : 25.000.

1. Model 1 diperoleh RMSe sebesar 23,299 meter, simpangan terhadap arah x diperoleh σ_x sebesar 14,674 meter dan σ_y sebesar 18,098 meter dengan nilai CE90 sebesar 35,357 meter.

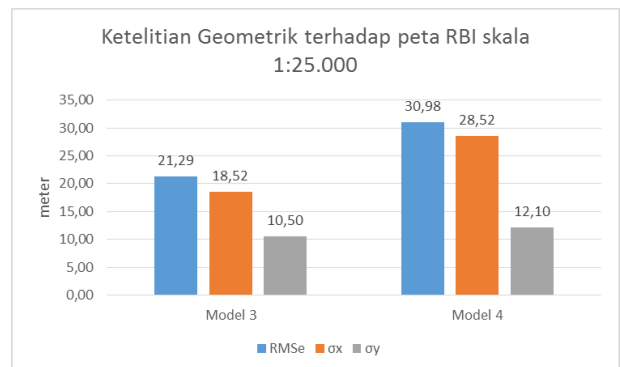
2. Model 2 diperoleh RMSe sebesar 30,202 meter, simpangan terhadap arah x diperoleh σ_x sebesar 25,232 meter dan σ_y sebesar 16,458 meter dengan nilai CE90 sebesar 45,831 meter.
3. Model 3 diperoleh RMSe sebesar 21,286 meter, simpangan terhadap arah x diperoleh σ_x sebesar 18,518 meter dan σ_y sebesar 10,496 meter dengan nilai CE90 sebesar 32,302 meter.
4. Model 4 diperoleh RMSe sebesar 30,981 meter, simpangan terhadap arah x diperoleh σ_x sebesar 28,523 meter dan σ_y sebesar 12,095 meter dengan nilai CE90 sebesar 47,014 meter.

Tabel 3 Rekapitulasi RMS model

Model	RMSe (meter)	CE90 (meter)	Syarat Geometrik kelas 3 CE90 ≤ (0,5 mm x bilangan skala)	Kesimpulan
Model 1	23,299	35,357	≤ 50 meter	Memenuhi
Model 2	30,202	45,831		Memenuhi
Model 3	21,286	32,302		Memenuhi
Model 4	30,981	47,014		Memenuhi



Gambar 10 Diagram Ketelitian Geometrik terhadap GCP Lapangan



Gambar 11 Diagram Ketelitian Geometrik terhadap peta RBI skala 1:25.000

IV.3 Uji Ketelitian Planimetrik dengan metode Chi Square

Uji ketelitian dengan maksud apakah hasil orthorektifikasi memenuhi syarat ketelitian planimetrik sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar untuk ketelitian Geometri peta RBI. Uji chi square menggunakan probabilitas

5% dengan $df = 20$. H_0 diterima apabila $CE90 \times \sqrt{\chi^2} \leq \sqrt{\chi^2} \times ketelitian\ planimetrik \times bilangan\ skala$.

1. Uji Ketelitian Kelas 3

Hipotesis :

H_0 : Perbedaan titik memiliki ketelitian planimetrik kurang dari atau sama dengan 0,5 mm pada peta.

Tabel 4 Uji Ketelitian Kelas 3

Model	Chi ² hitung	Chi ² tabel	Hasil Analisis
Skala 1:100.000			
Model 1	202.0917621	285.790891	Ho diterima
Model 2	261.9607386	285.790891	Ho diterima
Model 3	184.6295179	285.790891	Ho diterima
Model 4	268.7215584	285.790891	Ho diterima

IV.4 Uji Distribusi Normal

Sebelum dilakukan uji F, data tersebut harus dilakukan uji normalitas data untuk membuktikan kenormalan data. Uji Distribusi Normal menggunakan metode *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Data dikatakan normal apabila nilai signifikansi $rmse > 0,05$. Berikut adalah hasil uji distribusi normal :

Tabel 5 Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			RMSe
N			84
Normal Parameters ^{a, b}	Mean		23.50651
	Std. Deviation		12.900002
	Most Extreme Differences	Absolute	.093
	Positive		.093
	Negative		-.058
Kolmogorov-Smirnov Z			.851
Asymp. Sig. (2-tailed)			.464

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

IV.5 Uji Perbedaan Metode Orthorektifikasi menggunakan Uji F One Way Anova

Uji F adalah uji perbedaan diantara dua kelompok yaitu *Range Doppler Terrain Correction* dengan *SAR Simulation Terrain Correction* dengan syarat data terdistribusi normal. Penelitian ini menguji hasil $rmse$ dari masing masing metode orthorektifikasi dengan data pembandingnya. Penelitian menggunakan data pembanding titik ICP lapangan, peta Rupabumi skala 1:25.000.

Tabel 6 Output Uji One Way Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1482.749	3	494.250	3.207	.027
Within Groups	12329.284	80	154.116		
Total	13812.033	83			

Tabel 7 Output Post Hoc Test

Multiple Comparisons

	(J) Metode	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ppler_ICP	SSTC_ICP	-6.751574	3.831151	.299	-16.80399	3.30084
	Range_Doppler_ICP	6.751574	3.831151	.299	-3.30084	16.80399
ppler_RBI	Range_Doppler_ICP	-3.731220	3.831151	.765	-13.78364	6.32120
	Range_Doppler_ICP	5.349164	3.831151	.505	-4.70325	15.40158

Melalui uji perbedaan One-Way Anova antara metode Range Doppler Terrain Correction dengan SAR Simulation Terrain Correction, dengan $F(3, 80) = 3,207$; $p < 0,050$ dan nilai F tabel = 2,72. Karena F hitung $>$ F tabel maka ada perbedaan yang signifikan antara kedua metode. Metode *Range Doppler Terrain Correction* memiliki nilai mean dan standar deviasi yang lebih kecil dibandingkan metode *SAR Simulation Terrain Correction* baik dengan pembanding ICP maupun Peta RBI skala 1:25.000.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dikemukakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengolahan Orthorektifikasi SAR meliputi dari *Apply orbit file*, kalibrasi data SAR, *multilook*, menghilangkan *speckle noise* dan *terrain correction*. Secara khusus orthorektifikasi metode *Range Doppler Terrain Correction* menggunakan transformasi *backward* untuk konversi posisi setiap hamburan balik. Sedangkan metode *SAR Simulation Terrain Correction* memiliki parameter *RMS threshold* yang bertujuan untuk menghilangkan GCP yang tidak memenuhi syarat.
2. Setelah dikaji dengan data pembanding hasil ukuran ICP di lapangan dan peta RBI skala 1:25.000. Metode *Range Doppler Terrain Correction* dan metode *SAR Simulation Terrain Correction* memiliki perbedaan ketelitian geometrik. Metode *Range Doppler Terrain Correction* dengan pembanding titik ICP memiliki nilai $rmse$ sebesar 23,299 meter dan nilai CE90 sebesar 35,357 meter, dengan pembanding peta RBI skala 1:25.000 memiliki nilai $rmse$ 21,286 meter dan nilai CE90 sebesar 32,302 meter. Metode *SAR Simulation Terrain Correction* dengan pembanding titik ICP memiliki nilai $rmse$ 30,202 meter dan nilai CE90 sebesar 45,831 meter, dengan pembanding peta RBI skala 1:25.000 memiliki nilai $rmse$ 30,981 meter dan nilai CE90 sebesar 47,014 meter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa SAR image memenuhi syarat ketelitian untuk peta

skala 1:100.000 kelas 3 dengan nilai $CE_{90} \leq 50$ meter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode *Range Doppler Terrain Correction* lebih baik dibandingkan dengan metode *SAR Simulation Terrain Correction*.

3. Metode *Range Doppler Terrain Correction* dan *SAR Simulation Terrain Correction* memiliki hasil yang berbeda dikarenakan kedua metode memiliki parameter yang berbeda pada proses Orthorektifikasi. Metode *SAR Simulation Terrain Correction* pada tahapannya menggunakan SAR Simulasi sebagai *master* dan citra SAR sebagai *slave*. Hasil ketelitian citra dipengaruhi oleh *master*. Citra *master* yang diperoleh adalah hasil Simulasi dengan menggunakan DEM. Sedangkan metode *Range Doppler Terrain Correction* menggunakan transformasi *backward* untuk konversi posisi setiap hamburan balik.

V.1 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik lagi adalah sebagai berikut :

1. Pemanfaatan citra Sentinel-1 untuk *single polarization* dan *dual polarization* mode *Interferometric Width* dapat diperoleh secara gratis, hal ini menjadi kesempatan yang baik untuk mengembangkan pengolahan data menggunakan data radar.
2. Hasil orthorektifikasi Sentinel-1 akan lebih baik juga menggunakan DEM dengan resolusi spasial yang lebih tinggi. DEM dengan resolusi spasial yang lebih tinggi akan memberikan geometrik yang lebih baik.
3. Mengidentifikasi titik pada citra harus lebih teliti dan hati-hati karena citra SAR hanya berwarna keabuan tidak sejelas dengan citra optis lainnya agar tidak memiliki simpangan yang besar terhadap titik tersebut.
4. Perlunya referensi jumlah titik minimal yang diperlukan untuk menghitung ketelitian horisontal dan persebaran titik referensi merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman B, Athar. 2015. Petunjuk Manual Orthorektifikasi Data SAR Sentinel-1 dengan Menggunakan Software Sentinel-1 Toolbox. Laporan Kerja Praktek, Universitas Gadjah Mada.
- Abidin, H.Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2014. Brebes dalam Angka. Badan Pusat Statistik Brebes, Brebes
- Cloude, S.R. 2010. *Polarisation Application in Remote Sensing*. Oxford University Press, Great Britain.
- Dianovita, Riyan Mahendra. 2014. Kajian Ketelitian Geometri Citra Landsat 8 Level 1T. Jurnal Seminar Nasional Penginderaan Jauh, LAPAN.
- Furqon, H. 2008. Ekstraksi DEM dari data ALOS PRISM. Jurnal. Institut Teknologi Bandung.
- Harintaka. 2003. *Penggunaan Persamaan Kolinier untuk Rektifikasi Citra Satelit SPOT secara Parsial*. Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.
- Indarto. 2014. *Teori dan Praktek Penginderaan Jauh*. ANDI, Yogyakarta.
- Katmoko, A.S., Musyarofah. 2011. *Perbandingan Operasi Direct Correlation dan Fast Fourier Transform pada Registrasi Citra untuk Pengolahan Awal Orthorektifikasi Data Synthetic Aperture Radar (SAR)*. Prosiding Geomatika SAR Nasional, 29-40
- Kennie, T. J. "M, G. Petrie," *Terrain Modeling In Surveying and Civil Engineering*. (1991): 4-16.
- Liu H., Zhao Z., Lezek K. C. 2004. *Correction of Positional Errors and Geometric Distortions in Topographic Maps and DEMs Using a Rigorous SAR Simulation Technique*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, No. 9
- Mahapatra, P., Ramon Hansen. 2011. *Tiger Capacity Building Facility II*. Next ESA SAR Toolbox a Cookbook Delft University, Netherlands.
- Setiyawan, Yuni. 2009. Analisis Ketelitian Orthorektifikasi Citra Quickbird dengan Menggunakan Peta Dasar Pendaftaran Tanah dan GPS dalam Rangka Pembuatan Peta Skala Besar. Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro. Semarang.
- SUHET. 2013. *Sentinel-1 User Handbook*. Europe Space Agency.
- Sujarweni, Wiratna. 2014. SPSS untuk Penelitian. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.

PERATURAN PEMERINTAH

- Badan Informasi Geospasial. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, Bogor.

PUSTAKA DARI INTERNET

- ESA. <http://sentinel.esa.int> Diakses pada tanggal 14 April 2016.
- Small, D., dan Schubert, A. 2008. Guide To ASAR Geocoding, RSL-ASAR-GC-AD, Issue: 1.01. Tersedia online: http://www.geo.uzh.ch/microsite/rsldocument/s/research/publications/other-sci-communications/2008_RSLASAR-GC-AD-v101-0335607552/2008_RSL-ASAR-GC-AD-v101.pdf