

ANALISIS DAMPAKPERUBAHAN MUKA TANAH AKIBAT BENCANA TANAH LONGSOR TERHADAP KAWASAN PERMUKIMAN DI KABUPATEN BANJARNEGARA MENGGUNAKAN METODE DInSAR

Wiwit Purwanti ^{*)}, Yudo Prasetyo, Bambang Darmo Yuwono

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : wiwitpurwanti97@gmail.com

ABSTRAK

Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki topografi bervariasi seperti dataran landai, pegunungan dan dataran tinggi. Kabupaten Banjarnegara merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang juga memiliki topografi bervariasi. Kondisi tersebut menjadikan Kabupaten Banjarnegara rawan bencana alam seperti tanah longsor. Tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara tidak hanya disebabkan oleh relief yang curam tetapi juga curah hujan yang tinggi, tataguna lahan di wilayah pegunungan yang tidak tepat dan jenis tanah di Kabupaten Banjarnegara. Penelitian ini menggunakan metode DInSAR, identifikasi kawasan permukiman dan *overlay* (tumpang susun). Data yang digunakan yaitu citra Sentinel-1, citra Landsat 8, DEM SRTM, peta rawan bencana longsor, peta RTRW dan batas administrasi Kabupaten Banjarnegara. Hasil *overlay* DInSAR tahun 2016 dan 2017 menunjukkan bahwa di kabupaten Banjarnegara terjadi perubahan muka tanah sebesar -0,35 sampai 0,34 meter/tahun. Hasil *overlay* DInSAR menunjukkan 1 kecamatan mengalami kenaikan muka tanah yaitu Kecamatan Karangobar dan 19 kecamatan lainnya mengalami penurunan muka tanah. Hasil NDBI adalah sebesar 1,64% wilayah Kabupaten Banjarnegara adalah permukiman, sedangkan 98,36% nya berupa non permukiman. Hasil identifikasi permukiman menggunakan algoritma NDBI memiliki hasil yang kurang maksimal, sehingga digunakan data sekunder dari peta RTRW untuk identifikasi permukiman. Hasil *overlay* perubahan muka tanah dengan kawasan rawan bencana menghasilkan 5 kelas yaitu tidak rawan sebesar 7,44%, kurang rawan 29,79%, agak rawan 30,42%, rawan 29,96% dan sangat rawan 2,39%. Hasil *overlay* perubahan muka tanah pada kawasan rawan longsor dengan kawasan permukiman menghasilkan 3 kelas permukiman yaitu 799,73 ha kelas aman, 1.937, 61 ha kelas sedang dan 305,60 ha kelas bahaya.

Kata Kunci : Banjarnegara, DInSAR, Tanah Longsor, Perubahan Muka Tanah, Permukiman

ABSTRACT

Central Java is a province in Indonesia that has varied topography such as sloping terrain, mountains and plateaus. Banjarnegara Regency is one of the regency in Central Java Province which also has varied topography. This condition makes Banjarnegara prone to natural disasters such as landslides. Landslides in Banjarnegara were not only caused by the reliefs but also high rainfall, improper land use in mountainous areas and types of soil in Banjarnegara. This study uses the DInSAR method, identification of settlement area and overlay. This study used the Sentinel-1 image, Landsat 8 image, SRTM DEM, Landslide Hazard Map, RTRW map and Administrative Limit of Banjarnegara Regency. The results of the DInSAR overlay in 2016 and 2017 show that Banjarnegara district has a change in the land surface of -0.35 to 0.34 meters/year. The result of DInSAR overlay shows that 1 sub-district experienced an uplift namely Karangobar District and 19 other sub-districts experienced land subsidence. NDBI results are 1.64% of Banjarnegara district area is the settlement, while 98.36% is in the form of non-settlement. The results of the identification of settlements using NDBI algorithms have less than optimal results, so secondary data is used from the RTRW map to identify settlements. The results of overlaying land surface changes with disaster-prone areas resulted in 5 classes, ie not vulnerable at 7.44%, less vulnerable at 29.79%, somewhat vulnerable at 30.42%, prone to 29.96% and very vulnerable at 2.39%. The results of overlaying land surface changes in landslide-prone areas with residential areas resulted in 3 classes of settlements namely 799.73 ha safe class, 1,937, 61 ha medium class and 305.60 ha hazard class.

Keywords: Banjarnegara, DInSAR, Landslide, Land Change, Settlements

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki topografi bervariasi seperti dataran landai, pegunungan dan dataran tinggi. Hal tersebut dikarenakan adanya tumbukan lempeng tektonik yang berdampak pada terjadinya pengangkatan dan pelipatan lapisan geologi pembentuk daratan.

Kabupaten Banjarnegara merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang juga memiliki topografi bervariasi. Bagian utara memiliki relief yang curam dan bergelombang, bagian tengah memiliki relief yang datar dan bagian selatan memiliki relief yang curam. Kondisi tersebut membuat kabupaten Banjarnegara menjadi daerah yang rawan bencana tanah longsor. Tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara tidak hanya disebabkan oleh relief yang curam tetapi juga curah hujan yang tinggi mencapai 103,8 milimeter per hari (Satria, 2014). Tata guna lahan di wilayah pegunungan yang tidak tepat dan jenis tanah di Kabupaten Banjarnegara seperti tanah alluvial, tanah latosol, tanah andosol, tanah grumosol, tanah organosol dan tanah litosol.

Dikutip dari Nursalikhah (2017), Kepala Pelaksana Harian BPBD Banjarnegara, Arief Rahman mengatakan bahwa selama Oktober 2017 ada 40 kejadian di Banjarnegara, 33 di antaranya bencana tanah longsor. Daerah yang mengalami bencana longsor pada tahun 2016 dan 2017 diantaranya Kecamatan Madukara, Susukan, Banjarmangu, Pejawaran, Wanayasa, Pagentan, Pandanarum, Punggelan, Mandiraja, Purwanegara dan Pagedongan. Bencana tanah longsor tersebut menyebabkan kerugian karena wilayah permukiman yang tertimbun material longsor mengalami kerusakan ringan hingga berat yang mengharuskan warga untuk mengungsi ke tempat yang lebih aman. Selain kerusakan pada kawasan permukiman bencana tanah longsor juga merusak jalan dan talut, material longsor yang menimpa jalan menyebabkan terputusnya akses lalu lintas warga.

Perubahan muka tanah yang terjadi di kabupaten Banjarnegara akibat bencana tanah longsor memanfaatkan teknologi sensor aktif yaitu citra Sentinel-1 dengan metode DInSAR. Kawasan permukiman diperoleh dengan menggunakan sensor pasif yaitu Citra Landsat 8. Hasil perubahan muka tanah dan kawasan permukiman dilakukan *overlay*, kemudian dilakukan validasi data dan analisis.

Penelitian ini menghasilkan peta lokasi permukiman yang terdampak perubahan muka tanah akibat bencana tanah longsor. Urgensi dari penelitian ini untuk masyarakat adalah sebagai bahan pertimbangan memilih lokasi tempat tinggal yang aman dari bencana tanah longsor, sedangkan untuk pemerintah daerah Kabupaten Banjarnegara hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan untuk melakukan mitigasi bencana tanah longsor dan untuk menentukan lokasi pemekaran permukiman yang tepat

sehingga dapat mengurangi korban akibat bencana tanah longsor.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang diperoleh dalam penelitian ini berdasarkan latar belakang diatas yaitu:

1. Bagaimana perubahan muka tanah pada tahun 2016 dan tahun 2007 akibat bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara dari pengolahan DInSAR?
2. Bagaimana hasil identifikasi kawasan permukiman menggunakan algoritma NDBI di Kabupaten Banjarnegara?
3. Bagaimana analisis dampak perubahan muka tanah akibat bencana tanah longsor terhadap kawasan permukiman di Kabupaten Banjarnegara?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besarnya perubahan muka tanah akibat bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara dari pengolahan DInSAR.
2. Mengetahui hasil identifikasi kawasan permukiman yang ada di Kabupaten Banjarnegara.
3. Menalisis dampak perubahan muka tanah akibat bencana tanah longsor terhadap kawasan permukiman.

Manfaat penelitian ini memiliki 2 aspek yaitu:

1. Aspek Keilmuan
Manfaat penelitian ini pada aspek keilmuan yaitu memberikan kontribusi pada ilmu penginderaan jauh terutama pada sensor aktif mengenai metode DInSAR dan sensor pasif mengenai identifikasi kawasan permukiman.
2. Aspek Kerekayasaan
Manfaat penelitian ini pada aspek kerekayasaan yaitu sebagai bahan pertimbangan untuk mitigasi bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara sehingga dapat meminimalisir korban jiwa dan sebagai bahan pertimbangan untuk memilih lokasi tempat tinggal agar terhindar dari bencana tanah longsor.

I.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan masalah agar penelitian tidak melebar. Batasan masalah tersebut terdiri dari beberapa hal, diantaranya:

1. Metode yang digunakan untuk mengetahui perubahan muka tanah akibat tanah longsor adalah metode DInSAR menggunakan Citra Sentinel-1A.
2. Hasil DInSAR tidak divalidasi menggunakan GPS, hanya dilihat berdasarkan RMSe internalnya.
3. Identifikasi kawasan permukiman dilakukan menggunakan algoritma NDBI pada Citra Landsat 8.
4. Uji akurasi dilakukan dengan matriks konfusi antara hasil identifikasi kawasan permukiman

menggunakan algoritma NDBI dengan hasil survei lapangan.

5. Metode yang digunakan untuk mengetahui lokasi permukiman yang terdampak perubahan muka tanah menggunakan metode tumpang susun (*overlay*).
6. Keluaran dari penelitian Tugas Akhir ini adalah Peta Perubahan Muka Tanah, Peta Identifikasi Kawasan Permukiman dan Peta *Overlay* Kawasan Permukiman dengan Perubahan Muka Tanah.

I.5. Wilayah Penelitian

Wilayah yang menjadi studi kasus pada penelitian ini adalah Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi ini terletak antara 7° 12' – 7° 31' LS dan 109° 29' – 109° 45'BT.Luas wilayah Kabupaten Banjarnegara adalah 106.970,997 ha. Penelitian ini mengambil spesifikasi lokasi untuk dianalisis yaitu berdasarkan lokasi terjadinya tanah longsor dan lokasi permukiman penduduk.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Perubahan Muka Tanah

Perubahan muka tanah merupakan fenomena alam yang sering terjadi. Perubahan muka tanah dapat berupa penurunan tanah dan kenaikan tanah.Penurunan muka tanah biasanya mengacu pada penurunan muka tanah secara massal daripada efek lokal dari konsolidasi atau penyusutan tanah. Penyusutan permukaan tanah mungkin timbul karena proses geologi seperti aktivitas tektonik dan vulkanik, atau dari penghilangan material dari bawah permukaan seperti penambangan, atau oleh penyebab alami seperti terjadinya lubang-lubang pada batu kapur (Whittaker dan Reddish, 1989).

Kenaikan muka tanah (*uplift*) adalah pergeseran relatif terhadap vektor gravitasi dan merupakan efek dari gaya yang bekerja berlawanan terhadap gravitasi.*Uplift* dapat berupa kenaikan permukaan, kenaikan batuan, dan penggalian. Kenaikan permukaan adalah perubahan permukaan tanah terhadap geoid. Kenaikan batuan merupakan perubahan batuan terhadap geoid. Penggalian merupakan perubahan batuan terhadap permukaan bumi (Gallagher, 2012).

II.2. DInSAR (Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar)

Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DInSAR) adalah teknik akuisisi dua citra SAR berpasangan pada posisi spasial yang sama (*differentialSAR*) atau posisinya sedikit berbeda (*terrain height InSAR*) pada area sama dengan melakukan perkalian konjugasi berganda. Hasil akhir berupa model elevasi digital (DEM) atau pergeseran suatu permukaan bumi (Cumming dkk, 2005).

II.3. Tanah Longsor

Tanah longsor menurut (Nandi, 2007) adalah perpindahan materi pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau material, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Secara geologi tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi terjadinya pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan tanah besar.

Tanah longsor dapat terjadi karena ada gaya pendorong yang lebih besar dari gaya penahan. Gejala umum tanah longsor yaitu munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba, tebing rapuh dan kerikil mulai berjatuhan. Terdapat 6 jenis tanah longsor yaitu longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan.

II.4. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan proses dari citra digital untuk meningkatkan ketelitian dari besarnya nilai kecerahan (sebagai lawan dari koreksi geometrik yang meningkatkan ketelitian dari hubungan spasial atau aspek lokasi relatif dari nilai kecerahan citra). Tujuan utama koreksi radiometrik adalah untuk mengurangi pengaruh dari kesalahan atau ketidaksesuaian pada nilai kecerahan citra yang mungkin membatasi kemampuan seseorang untuk menginterpretasi atau memproses secara kuantitatif dan analisis citra digital. Kesalahan radiometri dan ketidaksesuaian disebut sebagai *noise*, yang dapat dianggap sebagai spasial yang tidak diinginkan atau variasi temporal pada kecerahan citra yang tidak terkait dengan variasi permukaan citra (Stow, 2017).

II.5. Permukiman

Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung peri kehidupan dan penghidupan (UU no.4 tahun 1992, tentang Perumahan dan Permukiman).

II.6. Algoritma NDBI (Normal Different Build-up Indeks)

Kawasan pemukiman pada suatu citra dapat diidentifikasi dengan melakukan klasifikasi pada citra tersebut. Metode untuk melakukan klasifikasi permukiman ada beberapa, diantaranya metode klasifikasi *supervised*, klasifikasi *unsupervised* serta dapat pula menggunakan *index*. *Index* yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi wilayah permukiman yaitu NDBI (*Normal Different Build-up Index*), UI (*Urban Index*) dan *Build-up Area*.NDBI merupakan *index* pendekatan yang dapat digunakan untuk mengekstrak dan mengklasifikasikan area permukiman secara cepat (Yulianto F dan Priyatna M, 2015). Rumus (1) merupakan rumus yang digunakan padaalgoritma NDBI.

$$NDBI = \frac{(SWIR-NIR)}{(SWIR+NIR)} \dots \dots \dots (1)$$

SWIR = *band* inframerah pendek pada Citra Landsat 8
 NIR = *band* inframerah dekat pada Citra Landsat 8

- e. *Software* Microsoft Excel untuk perhitungan dan pembuatan grafik.
- f. *Software* Microsoft Word untuk pembuatan laporan

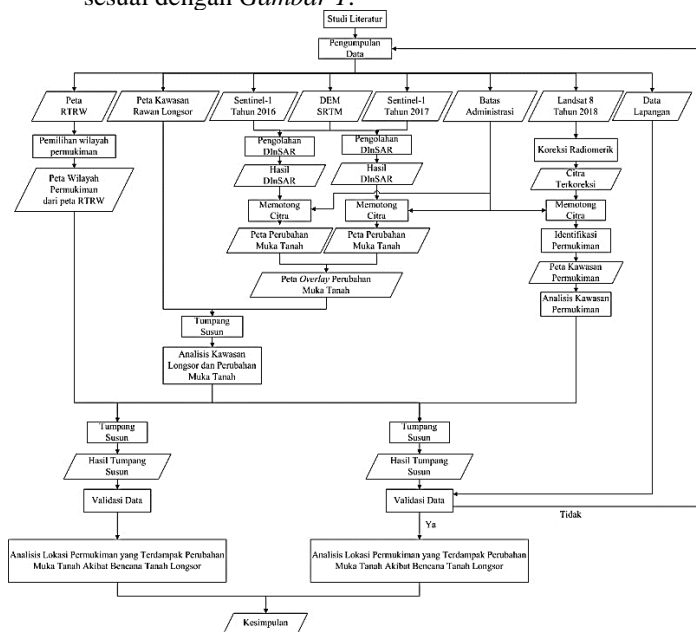
II.7. Matriks Konfusi

Matriks konfusi digunakan untuk menguji akurasi dari hasil klasifikasi. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui kualitas hasil klasifikasi citra yang dibuat Menurut Danoedoro(2012), terdapat dua metode uji akurasi secara statistik. Metode pertama mengandalkan data sampel yang telah diambil sebagai sumber referensi penilaian akurasi. Metode kedua mengandalkan sumber data yang independen, yang tidak pernah digunakan dalam pengambilan sampel. Uji ketelitian yang dihitung menggunakan matriks konfusi yaitu *overall accuracy* (akurasi keseluruhan), *producer's accuracy* (akurasi penghasil peta), *user's accuracy* (akurasi pengguna peta) dan nilai kappa.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian yitu:

1. Peralatan Pengolahan Data
 - a. Laptop Lenovo dengan spesifikasi Windows 10, *Processor*: Intel® Core™ i3-5005U CPU @2.00GHz 2.00GHz, *System type*: 64-bit operating system, x64-based processor, RAM 6 GB
 - b. *Software* SNAP untuk pengolahan DInSAR
 - c. *Software* Envi untuk pengolahan NDBI
 - d. *Software* ArcGIS untuk analisis dan pembuata *layout*.

2. Data penelitian

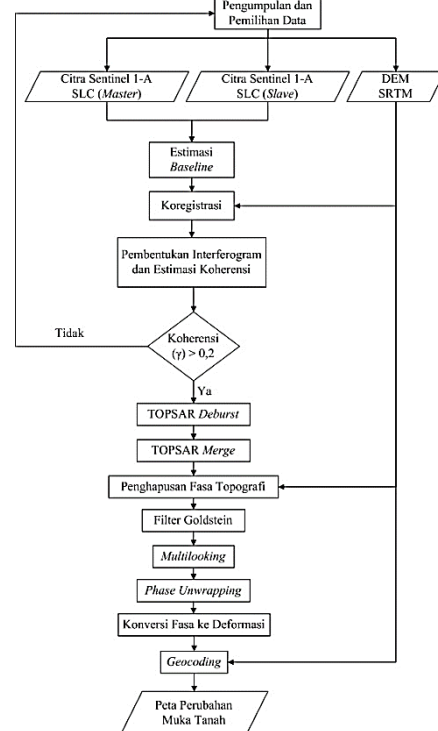
Tabel 1 Data Penelitian

No	Data	Tahun	Sumber
1.	Citra Sentinel-1	2016, 2017	https://scihub.copernicus.eu/
2.	Citra Landsat 8	2018	http://earthexplorer.usgs.gov
3.	Peta Administrasi Kabupaten Banjarnegara	2017	tanahair.indonesia.go.id/portal
4.	DEM SRTM	2017	https://earthexplorer.usgs.gov/
5.	Peta Kawasan Rawan Longsor	2016	BPBD Kab. Banjarnegara
6.	Peta RTRW Kabupaten Banjarnegara	2016	Bappeda Kab. Banjarnegara

III.3. Tahap Pengolahan Data

III.3.1. Pengolahan DInSAR

Pengolahan DInSAR dilakukan untuk memperoleh nilai perubahan muka tanah. Tahap pertama dalam pengolahan DInSAR adalah pengumpulan dan pemilihan data. Pada pengumpulan dan pemilihan data terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu : polarisasi yang akan digunakan, level data citra, mode akuisisi citra, arah akuisisi citra, *baseline* pada pasangan citra yang digunakan, Waktu akuisisi data dan koherensi citra. Gambar 2 merupakan diagram alir pengolahan DInSAR.



Gambar 2 Diagram Alir Pengolahan DInSAR

Tahap selanjutnya adalah estimasi *baseline* dilakukan untuk mengetahui jarak *baseline* antar citra, selain itu tahap ini juga merupakan tahap evaluasi dari

citra yang dipilih untuk mendapatkan pasangan citra terbaik. Koregistrasi menyesuaikan 2 citra SAR (*master* dan *slave*) pada *sub-swath* yang sama menggunakan orbit dari kedua citra SAR dan DEM (*Digital Elevation Model*) sehingga menjadi satu *stack*. Citra *slave* akan di-*resampling* terhadap citra *master* sehingga citra *slave* akan sesuai dengan citra *master*. Pembentukan interferogram dan koherensi dilakukan setelah koregistrasi, proses ini menghitung interferogram dengan atau tanpa pengurangan dari fasa *flat-earth*. Fasa referensi dikurangkan menggunakan *2D-polynomial* yang juga diestimasi pada proses ini. TOPSAR *Deburst* berfungsi untuk menggabungkan *burst-burst* tersebut, setiap *burst* pada semua *sub-swath* dengan label waktu yang sama, digabungkan menjadi satu *sub-swath*. TOPSAR *merge* berfungsi untuk menggabungkan *sub-swath* pada satu citra sehingga menjadi satu citra utuh dan dapat diolah secara bersamaan. Penghapusan fasa topografi merupakan penghapusan topografi pada hasil interferogram yang telah diolah sebelumnya. Penghapusan ini merupakan salah satu tahap untuk mengurangi derau fasa/*noise* dari citra, terutama pada topografi. *Filter Goldstein* merupakan salah satu teknik reduksi *speckle*, teknik ini memiliki ketangguhan dimana merupakan fungsi dari koherensi dan nilai *multilook* dari interferogram. Pada citra SAR asli terdapat *speckle* yang melekat yaitu *speckle noise*. Proses *multilooking* adalah proses kombinasi beberapa citra secara *inkoheren* selama citra tersebut memiliki *look* yang berbeda pada *scene* yang sama untuk mengurangi *speckle* yang terlihat. *Phase unwrapping* berfungsi untuk mengubah fasa relatif menjadi fasa absolut. Proses konversi dari fasa ke deformasi berfungsi untuk menentukan besarnya *Line of Sight* (LOS). Proses *Geocoding* adalah proses untuk mengikatkan semua titik tersebut terhadap suatu referensi koordinat tertentu dimana hitungan untuk mendapatkan posisi titik di permukaan bumi dilakukan dengan menggunakan beberapa persamaan.

III.3.2. Identifikasi Kawasan Permukiman menggunakan Algoritma NDBI
 Algoritma NDBI digunakan untuk mempermudah proses identifikasi kawasan permukiman. Gambar 3 merupakan diagram alir identifikasi permukiman menggunakan algoritma NDBI.



Gambar 3. Diagram Alir NDBI

Tahap pengolahan NDBI dimulai dengan melakukan pengumpulan dan pemilihan data. Data yang digunakan yaitu batas administrasi yang diperoleh dari Bappeda Kabupaten Banjarnegara dan Citra Landsat 8. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat mengunduh Citra Landsat 8 yaitu lokasi studi tercakup dalam citra tersebut atau tidak, waktu akuisisi citra, tutupan awan tidak boleh lebih dari 30%, dan jenis citra yang dibutuhkan.

Selanjutnya adalah identifikasi kawasan permukiman menggunakan algoritma NDBI. *Band* yang digunakan adalah *band 5* sebagai *band NIR* dan *band 7* sebagai *band SWIR*.

III.3.3. Overlay Perubahan Muka Tanah dengan Kawasan Rawan Longsor

Tahap *overlay* perubahan muka tanah dengan kawasan rawan longsor bertujuan untuk mengetahui perubahan muka tanah yang terjadi pada wilayah yang mengalami bencana tanah longsor. *Overlay* ini juga dilakukan untuk mengetahui perubahan muka tanah yang terjadi pada setiap wilayah yang rawan bencana longsor.

III.3.4. Overlay Perubahan Muka tanah di Kawasan Rawan Longsor dengan Kawasan Permukiman

Overlay tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah kawasan permukiman terletak di daerah yang rawan longsor dan terjadi perubahan muka tanah. Hasil *overlay* dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu bahaya, sedang dan aman seperti pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kelas hasil *overlay* Perubahan Muka tanah di Kawasan Rawan Longsor dengan Kawasan Permukiman

No	Kelas Rawan Longsor	Permukiman	Kelas hasil <i>overlay</i>
1	Sangat Rawan	Permukiman	Bahaya
2	Rawan	Permukiman	Bahaya
3	Agak Rawan	Permukiman	Sedang
4	Kurang Rawan	Permukiman	Sedang
5	Tidak Rawan	Permukiman	Aman

III.3.5. Validasi Hasil Pengolahan

III.3.5.1. Matriks Konfusi

Hasil identifikasi kawasan permukiman menggunakan algoritma NDBI perlu dilakukan pengujian akurasi. Matriks konfusi menghasilkan akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), akurasi penghasil peta (*producer's accuracy*) dan akurasi penggunapeta (*user's accuracy*). Akurasi yang diperlukan dari *overall accuracy* adalah $\geq 80\%$.

III.3.5.2. Validasi Hasil Pengolahan Akhir

Tahap ini dilakukan setelah proses pengolahan *overlay* perubahan muka tanah pada kawasan rawan tanah longsor dengan kawasan permukiman. Proses *overlay* tersebut menghasilkan 3 kelas permukiman yaitu bahaya, sedang dan aman. Validasi dilakukan untuk mengecek kesesuaian antara hasil pengolahan dengan kondisi lapangan.

Validasi dilakukan dengan pengambilan data ke lapangan menggunakan GPS *Handheld* untuk memperoleh koordinat setiap titik sampel. Sampel yang digunakan berjumlah 30 titik. 5 titik kelas aman, 12 titik kelas bahaya dan 13 titik kelas sedang. Kesesuaian sampel dengan hasil pengolahan dihitung menggunakan rumus 2 sebagai berikut (Permana, 2017).

$$\text{Kesesuaian} = \frac{\text{Jumlah sampel yang sesuai}}{\text{Jumlah keseluruhan sampel}} \times 100\% \dots (2)$$

III.3.6. Layout Hasil Pengolahan

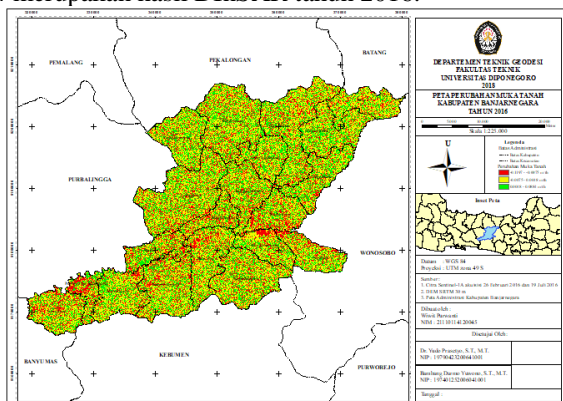
Pembuatan peta memiliki beberapa tahapan yaitu tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap analisis data dan tahap penyajian data. Pada penyajian peta harus memperhatikan *layout* yang baik sehingga pembaca peta dapat dengan mudah membaca dan memahami isi peta tersebut. *Layout* peta merupakan pengaturan tata letak, penempatan dan penataan unsur grafika pada halaman atau seluruh barang cetakan supaya yang disajikan kelihatan menarik dan mudah dibaca (KBBI, 2016).

Informasi yang harus ditambahkan pada peta menurut Budiyanto(2010), diantaranya judul peta, legenda, skala, orientasi arah, inset, *grid*, sumber peta dan tahun pembuatan peta.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Hasil dan Pembahasan Pengolahan DInSAR Tahun 2016

Pengolahan DInSAR digunakan untuk mengetahui perubahan muka tanah pada tahun 2016. Nilai RMSe hasil pengolahan DInSAR tahun 2016 sebesar $-0,0000093015 \pm 0,0042$ meter/tahun. Gambar 4 merupakan hasil DInSAR tahun 2016.



Gambar 4 Hasil DInSAR tahun 2016

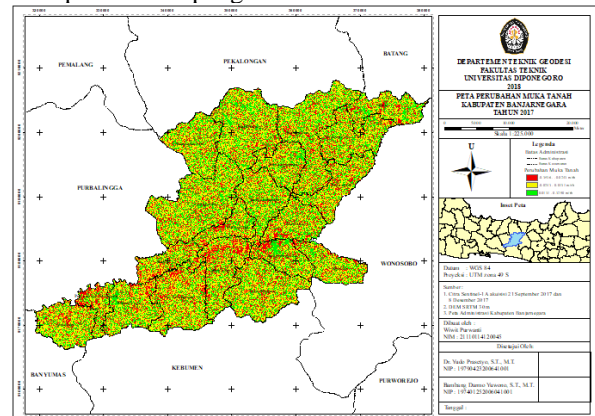
Hasil pengolahan DInSAR pada tahun 2016 yaitu $-0,11973$ sampai $0,08836 \pm 0,01009$ meter/tahun. Terdapat 5 kecamatan yang mengalami kenaikan muka tanah dan 15 kecamatan yang

mengalami penurunan muka tanah. Kenaikan muka tanah tertinggi sebesar $0,00475 \pm 0,00983$ meter/tahun di Kecamatan Karang Kobar, sedangkan penurunan muka tanah tertinggi sebesar $-0,00306 \pm 0,01233$ meter/tahun di Kecamatan Purworejo Klampok.

Bulan Maret 2016 terjadi tanah longsor di Kecamatan Madukara dan pada bulan Juni 2016 terjadi tanah longsor di Kecamatan Susukan. Bencana tanah longsor tersebut menyebabkan Kecamatan Madukara dan Kecamatan Susukan mengalami penurunan muka tanah.

IV.2. Hasil dan Pembahasan Pengolahan DInSAR Tahun 2017

Pengolahan DInSAR digunakan untuk mengetahui perubahan muka tanah pada tahun 2017. RMSe hasil pengolahan DInSAR tahun 2017 sebesar $-0,000067561 \pm 0,0042$ meter/tahun. Gambar 5 merupakan hasil pengolahan DInSAR tahun 2017.



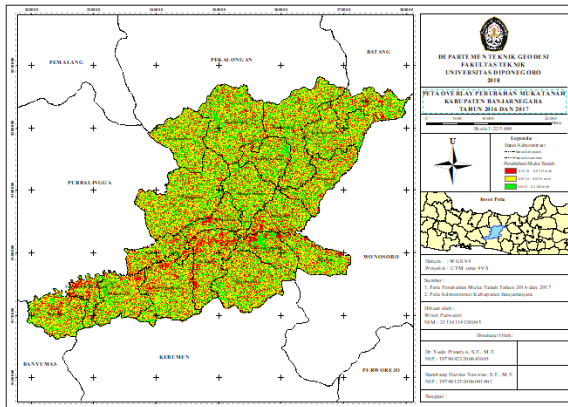
Gambar 5 Hasil DInSAR tahun 2017

Hasil pengolahan DInSAR tahun 2017 yaitu $-0,35358$ sampai $0,32900 \pm 0,03065$ meter/tahun. Terdapat 1 kecamatan yang mengalami kenaikan muka tanah dan 19 kecamatan yang mengalami penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah tertinggi sebesar $-0,00944 \pm 0,03474$ meter/tahun di Kecamatan Purworejo Klampok. Kenaikan muka tanah terjadi ke Kecamatan Karang Kobar dengan nilai $0,00007 \pm 0,03095$ meter/tahun.

Pada bulan Oktober 2017 terjadi 33 bencana tanah longsor di Kecamatan Banjarnegara, Madukara, Pejawaran, Wanayasa, Pagentan, Pandanarum, Punggelan, Susukan, Mandiraja, Purwanegara dan Pagedongan. 11 kecamatan tersebut mengalami penurunan muka tanah, dimana penurunan muka tanah tersebut merupakan dampak dari bencana tanah longsor.

IV.3. Hasil dan Pembahasan Overlay Perubahan Muka Tanah Tahun 2016 dan 2017

Overlay hasil perubahan muka tanah tahun 2016 dan 2017 dilakukan untuk mengetahui perubahan muka tanah yang terjadi di Kabupaten Banjarnegara dari tahun 2016 sampai tahun 2017. *Overlay* dilakukan dengan menjumlahkan hasil perubahan muka tanah dari tahun 2016 dan tahun 2017. Gambar 6 merupakan hasil *overlay* perubahan muka tanah tahun 2016 dan tahun 2017.



Gambar 6 Hasil overlay perubahan muka tanah tahun 2016 dan 2017

Hasil pengolahan overlay hasil DInSAR tahun 2016 dan 2017 adalah $-0,35156$ sampai $0,33796 \pm 0,03248$ meter/tahun. Terdapat 19 kecamatan yang mengalami penurunan muka tanah dan 1 kecamatan yang mengalami kenaikan muka tanah. Penurunan muka tanah tertinggi terjadi di Kecamatan Purworejo Klampok yaitu sebesar $-0,01215 \pm 0,03811$ meter/tahun. Kecamatan yang mengalami kenaikan muka tanah yaitu Kecamatan Karang Kobar dengan nilai $0,00084 \pm 0,03267$ meter/tahun.

Selama tahun 2016-2017 longsor terjadi di Kecamatan Susukan, Mandiraja, Purwonegoro, Pagedongan, Madukara, Banjarnangu, Punggelan, Pandanarum, Wanayasa, Pejawaran dan Pagentan. 11 kecamatan tersebut mengalami penurunan muka tanah.

Bencana tanah longsor yang terjadi disebabkan oleh topografi yang curam dan jenis tanah yang subur serta gembur sehingga banyak dimanfaatkan untuk pertanian. Kabupaten Banjarnegara didominasi oleh jenis tanah latosol. 11 kecamatan yang mengalami bencana tanah longsor memiliki berbagai macam jenis tanah. Kecamatan Banjarnangu didominasi jenis tanah grumosol. Kecamatan Madukara didominasi jenis tanah latosol. Kecamatan Mandiraja didominasi jenis tanah latosol. Kecamatan Pagedongan seluruh wilayahnya memiliki jenis tanah latosol. Kecamatan Pagentan didominasi jenis tanah latosol. Kecamatan Pandanarum didominasi jenis tanah podsolik merah kuning. Kecamatan Pejawaran didominasi jenis tanah Andosol. Kecamatan Punggelan didominasi jenis tanah latosol. Kecamatan Purwanegara didominasi jenis tanah latosol. Kecamatan Susukan didominasi jenis tanah latosol. Kecamatan Wanayasa didominasi jenis tanah latosol.

IV.4. Hasil dan Analisis Identifikasi Kawasan Permukiman

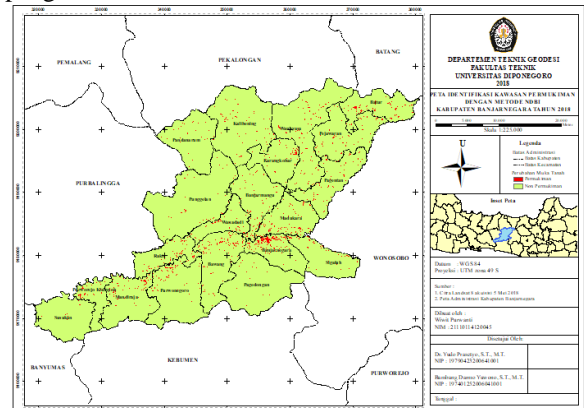
IV.4.1. Hasil Identifikasi Kawasan Permukiman menggunakan Algoritma NDBI

Tahap pertama sebelum menggunakan algoritma adalah melakukan koreksi radiometrik pada Citra Landsat yang akan digunakan. Koreksi radiometrik pada citra Landsat 8 dilakukan dengan mengkonversi nilai digital number ke reflektan, koreksi radiometrik pada penelitian ini menggunakan

metode *Top of Atmosphere*. Nilai digital number sebelum dikoreksi radiometrik adalah 0 hingga 65535 setelah dikoreksi radiometrik nilai digital number berubah menjadi $-0,1233$ hingga $1,492792$.

NDBI merupakan salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk mendeteksi kawasan terbangun. Penelitian ini menggunakan algoritma NDBI untuk mempermudah proses identifikasi. Hasil pengolahan dengan algoritma NDBI tersebut menghasilkan rentang nilai $-0,923124$ sampai $0,319062$.

Kelas permukiman memiliki nilai diatas 0 dan non permukiman memiliki nilai dibawah 0 (Handayani, 2017). Namun pada penelitian ini terdapat permukiman dengan nilai dibawah 0, hal ini dikarenakan wilayah permukiman tersebut didominasi oleh vegetasi sehingga permukiman tertutup vegetasi. Nilai NDBI kawasan permukiman dengan nilai diatas 0 merupakan kawasan permukiman yang mengelompok, padat dan tidak didominasi oleh vegetasi sehingga kawasan permukiman dapat terdeteksi dengan jelas. Gambar 7 merupakan hasil pengolahan NDBI.



Gambar 7 Hasil pengolahan algoritma NDBI

Luas wilayah permukiman yang dihasilkan dari NDBI adalah $18.885.572,70$ m² atau sekitar 1,64% dari wilayah Kabupaten Banjarnegara sedangkan luas non permukiman yang berupa sawah, tegalan, badan air, jalan, hutan dan tutupan lahan lainnya seluas $1.130.482.603,1$ m² atau sekitar 98,36% dari wilayah Kabupaten Banjarnegara.

Uji akurasi hasil NDBI dilakukan menggunakan matriks konfusi. Tabel 3 merupakan hasil matriks konfusi.

Tabel 3 Matriks Konfusi

	Tidak Terklasifikasi	Non Permukiman	Permukiman	Total
Tidak Terklasifikasi	0	0	0	0
Non Permukiman	0	36	0	36
Permukiman	0	6	45	51
Total	0	42	45	87
Rata-rata Akurasi Produser				94,12%
Rata-rata Akurasi Pengguna				92,86%
Akurasi Keseluruhan				93,10%
Koefisien Nilai Kappa				0,8612

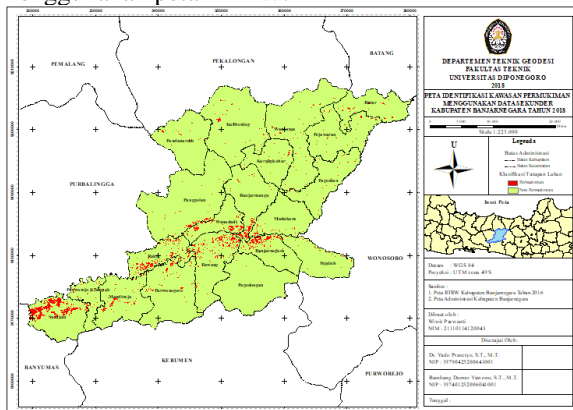
Matriks konfusi dari hasil klasifikasi citra Landsat 8 dengan metode NDBI untuk identifikasi kawasan permukiman di kabupaten Banjarnegara menghasilkan nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) sebesar 93,10% yang menunjukkan nilai kesalahan sebesar 6,9%. Nilai Kappa koefisien sebesar 0,8612. Rata-rata akurasi produser sebesar 94,12 %

dan rata-rata akurasi pengguna sebesar 92,86%. Nilai akurasi keseluruhan, akurasi produser dan akurasi pengguna lebih besar dari 80%, sehingga hasil klasifikasi dianggap akurat dan dapat digunakan untuk pengolahan pada tahap selanjutnya.

IV.4.2. Hasil Identifikasi Kawasan Permukiman menggunakan Peta RTRW

Identifikasi kawasan permukiman menggunakan data sekunder dilakukan karena hasil identifikasi kawasan permukiman menggunakan algoritma NDBI kurang maksimal. Data sekunder yang digunakan merupakan data RTRW yang diperoleh dari Bappeda.

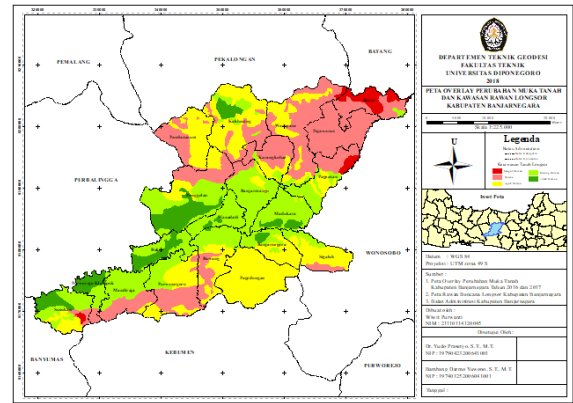
Luas permukiman dari hasil identifikasi permukiman menggunakan data sekunder yaitu sebesar 3.042,95 ha atau 2,65% dari total luas wilayah kabupaten Banjarnegara. Luas non permukiman yaitu sebesar 111.900,54 ha atau 97,35% dari total luas kabupaten Banjarnegara. Hasil identifikasi permukiman menggunakan data sekunder berupa peta RTRW dari Bappeda menunjukkan hasil yang lebih baik dari pada hasil NDBI. Perbedaan luas permukiman antara hasil NDBI dengan data sekunder yaitu 1.154,39 ha. Berdasarkan hal tersebut maka kawasan permukiman yang akan digunakan dalam pengolahan selanjutnya adalah kawasan permukiman dari peta RTRW Kabupaten Banjarnegara. Gambar 8 merupakan peta hasil identifikasi kawasan permukiman menggunakan peta RTRW.



Gambar 8 Hasil identifikasi kawasan permukiman menggunakan peta RTRW

IV.5. Hasil dan Analisis Overlay Peta Kawasan Rawan Longsor dengan Peta Perubahan Muka Tanah

Overlay dilakukan antara peta kawasan rawan longsor dengan peta perubahan muka tanah untuk mengetahui perubahan muka tanah yang terjadi terletak di kawasan rawan longsor atau tidak. Setelah dilakukan overlay kemudian dibuat menjadi 5 kelas yaitu sangat rawan, rawan, agak rawan, kurang rawan dan tidak rawan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Hasil overlay peta kawasan rawan longsor dengan peta perubahan muka tanah

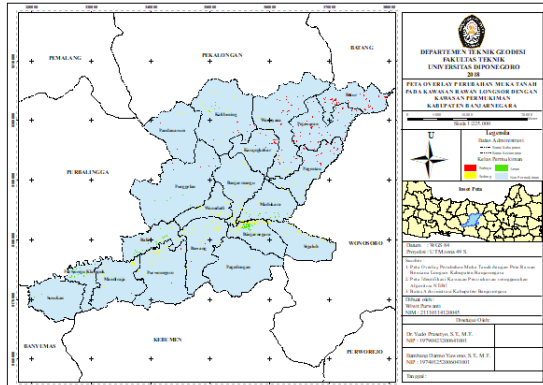
Berdasarkan hasil overlay DInSAR kecamatan Karangkoobar merupakan satu-satunya kecamatan yang mengalami kenaikan muka tanah. Kecamatan Karangkoobar didominasi wilayah yang rawan longsor, tetapi selama 2016-2017 tidak terjadi longsor dikecamatan ini. Sedangkan 19 Kecamatan yang lain berdasarkan hasil overlay DInSAR mengalami penurunan muka tanah, 11 kecamatan diantaranya mengalami bencana tanah longsor selama 2016-2017 yaitu kecamatan Banjarmangu, Madukara, Pejawaran, Wanayasa, Pagentan, Pandanarum, Punggelan, Susukan, Mandiraja, Purwanegara dan Pagedongan. Kecamatan Banjarmangu didominasi wilayah yang kurang rawan longsor sebesar 79,83%. Kecamatan Madukara didominasi wilayah yang kurang rawan longsor sebesar 83,49%. Kecamatan Pejawaran didominasi wilayah yang rawan longsor sebesar 99,98%. Kecamatan Wanayasa didominasi wilayah rawan longsor yaitu sebesar 63,62%. Kecamatan Pagentan didominasi wilayah kurang rawan longsor sebesar 39,50%. Kecamatan Padanarum didominasi wilayah agak rawan longsor sebesar 57,98%. Kecamatan Punggelan didominasi wilayah kurang rawan longsor sebesar 35,07%. Kecamatan Susukan didominasi wilayah kurang rawan longsor sebesar 43,94%. Kecamatan Mandiraja didominasi wilayah kurang rawan longsor sebesar 58,57%. Kecamatan Purwanegara didominasi wilayah rawan longsor sebesar 34,50%. Kecamatan Pagedongan didominasi wilayah agak rawan longsor sebesar 99,27%.

Kecamatan dengan luas wilayah tidak rawan longsor terbesar adalah kecamatan Punggelan dengan luas 31.524.310,73 m². Kecamatan dengan luas wilayah kurang rawan longsor terbesar adalah kecamatan Banjarmangu dengan luas 42.666.433,85 m². Kecamatan dengan luas wilayah agak rawan longsor terbesar adalah kecamatan Madukara dengan luas 79.336.202,64 m². Kecamatan dengan luas wilayah rawan longsor terbesar adalah kecamatan Mandiraja dengan luas 60.982.162,77 m². Kecamatan dengan luas wilayah sangat rawan longsor terbesar adalah kecamatan Sigaluh dengan luas 19.180.421,18 m.

IV.6. Hasil dan Analisis Overlay Perubahan Muka Tanah pada Kawasan Rawan Longsor dengan Kawasan Permukiman

Overlay antara perubahan muka tanah pada kawasan rawan longsor dengan kawasan permukiman dilakukan untuk mengetahui lokasi permukiman yang bahaya dan aman berdasarkan perubahan muka tanah dan kerawanan longsor. Hasil overlay dibagi menjadi 3 kelas yaitu bahaya, sedang dan aman.

IV.6.1. Hasil Overlay dengan Permukiman dari NDBI



Gambar 10 Hasil overlay antara perubahan muka tanah pada kawasan rawan longsor dengan kawasan permukiman

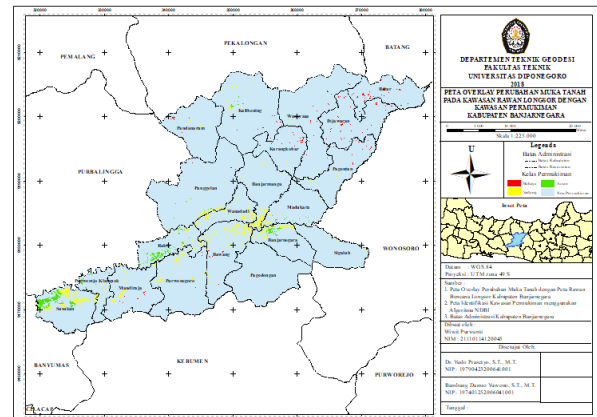
Gambar 10 menunjukkan hasil overlay perubahan muka tanah pada kawasan rawan longsor dengan kawasan permukiman hasil dari NDBI. Total luas permukiman yang masuk ke kelas bahaya adalah 5.420.951,28 m². Total luas permukiman yang masuk ke kelas sedang adalah 10.769.419,85 m². Total luas permukiman yang masuk ke kelas aman adalah 2.691.630,93 m². Berdasarkan total luas tersebut sebagian besar permukiman di kabupaten Banjarnegara berada pada kelas sedang terhadap kerawanan longsor dan perubahan muka tanah.

11 kecamatan yang mengalami bencana tanah longsor selama 2016-2017 memiliki kelas permukiman berbeda-beda, diantaranya kecamatan Banjarnangu 95,39% wilayah permukimannya berada di kelas sedang sebesar, kecamatan Madukara 59,42% wilayah permukimannya berada di kelas sedang, Kecamatan Mandiraja 97,35% wilayah permukimannya berada di kelas sedang, kecamatan Pagedongan 100% wilayah permukimannya berada di kelas sedang, Kecamatan Pagentan 50,36% wilayah permukimannya berada di kelas bahaya, kecamatan Pandanarum 52,17% wilayah permukimannya berada di kelas sedang, Kecamatan Pejawaran 100% wilayah permukimannya berada di kelas bahaya, Kecamatan Punggelan 45,48% wilayah permukimannya berada di kelas sedang, Kecamatan Purwonegoro 95,11% wilayah permukimannya berada di kelas sedang, Kecamatan Susukan 56,66% wilayah permukimannya berada di kelas aman dan kecamatan Wanayasa 68,19% wilayah permukimannya berada di kelas bahaya.

Validasi lapangan dilakukan dengan sampel sebanyak 30 titik. 5 titik untuk kelas aman, 12 titik untuk kelas bahaya dan 13 titik untuk kelas sedang.

Hasil dari validasi tersebut adalah 80% sesuai antara hasil pengolahan dengan kondisi dilapangan dan 20% tidak sesuai.

IV.6.2. Hasil Overlay dengan Permukiman dari Peta RTRW



Gambar 11 Hasil overlay perubahan muka tanah pada kawasan rawan longsor dengan kawasan permukiman dari Peta RTRW

Gambar 11 menunjukkan hasil overlay perubahan muka tanah pada kawasan rawan longsor dengan kawasan permukiman hasil dari peta RTRW. Total luas permukiman yang masuk ke kelas bahaya adalah 305,60 ha. Total luas permukiman yang masuk ke kelas sedang adalah 1.937,61 ha. Total luas permukiman yang masuk ke kelas aman adalah 799,73 ha. Berdasarkan total luas tersebut sebagian besar permukiman di Kabupaten Banjarnegara berada pada kelas sedang terhadap kerawanan longsor dan perubahan muka tanah.

11 kecamatan yang mengalami bencana tanah longsor memiliki kelas yang berbeda beda. Kecamatan Banjarnangu didominasi permukiman dengan kelas sedang. Kecamatan Madukara didominasi permukiman dengan kelas sedang. Kecamatan Mandiraja didominasi permukiman dengan kelas sedang. Kecamatan Pagedongan seluruh wilayah permukiman berada di kelas sedang. Kecamatan Pagentan didominasi permukiman dengan kelas bahaya. Kecamatan Pandanarum didominasi permukiman dengan kelas sedang. Kecamatan Pejawaran seluruh wilayah permukiman berada pada kelas bahaya. Kecamatan Punggelan didominasi permukiman dengan kelas sedang. Kecamatan Purwonegoro didominasi permukiman dengan kelas sedang. Kecamatan Susukan didominasi permukiman dengan kelas aman. Kecamatan Wanayasa didominasi permukiman dengan kelas bahaya.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Hasil pengolahan DInSAR pada tahun 2016 yaitu -0,11973 sampai 0,08836 ± 0,01009 meter/tahun dimana 5 kecamatan mengalami kenaikan muka tanah dan 15 kecamatan lainnya

mengalami penurunan muka tanah. Hasil pengolahan DInSAR tahun 2017 yaitu $-0,35358$ sampai $0,32900 \pm 0,03065$ meter/tahun, dimana terdapat 1 kecamatan yang mengalami kenaikan muka tanah dan 19 kecamatan mengalami penurunan muka tanah. Hasil pengolahan *overlay* DInSAR tahun 2016 dan 2017 adalah $-0,35156$ sampai $0,33796 \pm 0,03248$ meter/tahun, dimana terdapat 1 kecamatan yang mengalami kenaikan muka tanah dan 19 kecamatan mengalami penurunan muka tanah.

2. Hasil identifikasi kawasan permukiman menggunakan metode NDBI menghasilkan luas permukiman sebesar 1.888,56 ha atau sekitar 1,64% dari luas wilayah Kabupaten Banjarnegara. Luas wilayah non permukiman sebesar 113.048,26 ha atau sekitar 98,36% dari luas wilayah Kabupaten Banjarnegara, *Overall accuracy* yang diperoleh dari matriks konfusi adalah 93,10%. Identifikasi permukiman dengan algoritma NDBI kurang maksimal sehingga digunakan pula data sekunder untuk permukiman yang diambil dari RTRW Kabupaten Banjarnegara. Luas permukiman dari hasil identifikasi permukiman menggunakan data sekunder yaitu sebesar 3.042,95 ha atau 2,65% dari total luas wilayah kabupaten Banjarnegara. Luas non permukiman yaitu sebesar 111.900,54 ha atau 97,35% dari total luas kabupaten Banjarnegara.
3. Hasil dari *overlay* perubahan muka tanah akibat longsor terhadap kawasan permukiman dari NDBI menghasilkan 3 kelas permukiman yaitu kelas bahaya seluas 542,10 ha, kelas sedang 1.076,94 ha dan kelas aman seluas 269,16 ha. Hasil validasi lapangan menunjukkan kesesuaian sebesar 80%. Hasil dari *overlay* perubahan muka tanah akibat longsor terhadap kawasan permukiman dari peta RTRW yaitu 799,73 ha atau 29,22% merupakan permukiman dengan kelas aman, 1.937, 61 ha atau 70,78% merupakan permukiman dengan kelas sedang dan 305,60 ha atau 11,16% merupakan permukiman dengan kelas bahaya.

V.2 Saran

Saran yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Pengolahan DInSAR sebaiknya digunakan untuk wilayah perkotaan yang padat karena hasilnya akan lebih maksimal.
2. Pemilihan pasangan citra SAR sangat penting untuk mengurangi dekorelasi.
3. Menggunakan Algoritma lain atau metode klasifikasi lain untuk indentifikasi kawasan permukiman.
4. Menggunakan citra dengan resolusi spasial yang tinggi untuk mengidentifikasi kawasan permukiman agar hasil lebih maksimal.

5. Pemahaman terhadap wilayah studi merupakan hal yang penting. Sehingga sebaiknya dilakukan validasi lapangan.

Daftar Pustaka

- Budiyanto, E. 2010. *Sistem Informasi Geografis dengan ArcView GIS*. Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET
- Cumming dan Wong. 2005. *Digital Processing of Synthetic Apertur Radar Data*. Norwood. Artech House, Inc.
- Danoedara, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET
- Gallagher, K. 2012. *Uplift, Denudation, and Their Causes and Constraints over Geological Timescales*. Elsevier. Page 608-644. www.sciencedirect.com
- Handayani, MN. 2017. *Analisis Hubungan Antara Perubahan Suhu dengan Indeks Kawasan Terbangun Menggunakan Citra Landsat (Studi Kasus : Kota Surakarta)*. Jurnal Geodesi Undip. Vol 6. No 4.
- KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia). 2016. *Layout Peta*. kbbi.kemdikbud.go.id. diakses pada 29 Juni 2018
- Nandi. 2007. *Longsor*. FPIPS-UPI: Pendidikan Geografi
- Nursalikah, A. 2017. *Bencana di Banjarnegara Didominasi Longsor*. nasional.republika.co.id. Diakses pada 20 Desember 2017
- Permana DP, Suprayogi A, Prasetyo Y. 2017. *Identifikasi Kesesuaian Lahan untuk Relokasi Permukiman menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Banjarnegara)*. Jurnal Geodesi Undip.
- Satria, H D. 2014 *Dua Faktor Penyebab Longsor Banjarnegara*. news.metrotvnews.com. diakses pada 29 Juni 2018.
- Stow, DA. 2017. *Radiometric Correction of Remotely Sensed Data*. Departemen Geografi, Universitas Sandiego.
- UU Nomor 4. 1992. *Perumahan dan Permukiman*. Bab I : Ketentuan Umum. Pasal 1
- Whittaker dan Reddish. 1989. *Subsidance Occurence, Prediction and Conrol*. New York : Elsevier
- Yulianto, F dan Proyatna, M. 2015. *Analisis Pola Spasial Ekstraksi Permukiman Menggunakan Aplikasi SIG dan Citra Landsat 8 :Input Pendukung Pemetaan Dasimetrik Kerentanan Sosial Terhadap Bencana Longsor di Banjarnegara, Jawa Tengah*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015. LAPAN:Jakarta