

## ANALISIS KORELASI PERUBAHAN POLA KAWASAN TERBANGUN TERHADAP PENURUNAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE INDEX-BASED BUILT-UP INDEX (IBI) DAN DINSAR (STUDI KASUS : KOTA JAKARTA UTARA)

Emeralda Amirul Ariefa, Yudo Prasetyo, Andri Suprayogi\*).

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

### ABSTRAK

Kota Jakarta Utara merupakan bagian dari propinsi DKI Jakarta memiliki permasalahan berkaitan dengan penurunan muka tanah. Permasalahan tersebut disebabkan oleh banyaknya pembangunan yang berakibat semakin padatnya jumlah bangunan menjadi beban terhadap daya dukung tanah pada lingkungan di Jakarta yang mana sebagian besar jenis tanah wilayahnya adalah *alluvial*. Dikutip dari BPS Kota Jakarta Utara realisasi perizinan IMB mencatatkan dari tahun 2016 hingga 2018 berjumlah 5.862 bangunan, jumlah tersebut hanya bangunan non tempat tinggal. Penelitian ini menggunakan citra Sentinel 1 pada tahun 2016 hingga 2019 dengan metode *Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar* (DInSAR). Kemudian, untuk mengetahui perubahan kawasan terbangun digunakan citra Sentinel 2 melalui proses klasifikasi bangunan dengan algoritma *Index-based Built-up Index* (IBI). Algoritma IBI merupakan kombinasi dari 3 algoritma yaitu, *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) dan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI). Hasil dari penelitian ini berupa peta perubahan kawasan terbangun, peta penurunan muka tanah dan korelasi keduanya pada tahun 2016 hingga 2019. Hasil metode DInSAR didapati penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Jakarta Utara memiliki rata-rata sebesar -11 cm/tahun, sementara penurunan muka tanah terbesar -15,6 cm/tahun dan terkecil pada nilai -4,6 cm/tahun. Kemudian, hasil dari metode IBI perubahan lahan terbangun dengan total seluas 228 hektar/tahun, sementara perubahan kelurahan terluas di Marunda seluas 57 hektar/tahun dan terkecil di Kelurahan Pekoja seluas 0,01 hektar/tahun, korelasi keduanya menunjukkan berkorelasi kuat 32%, 44% berkorelasi sedang dan 24 % diantara keduanya berkorelasi lemah. Pemanfaatan penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam rencana pembangunan di Kota Jakarta Utara juga sebagai mitigasi penurunan muka tanah.

**Kata Kunci** : DInSAR, IBI, Jakarta Utara, MNDWI, NDBI, dan SAVI.

### ABSTRACT

*North Jakarta City is a part of DKI Jakarta province which has problems related to land subsidence. This problem is caused by the large number of buildings developments that results in the increasing density of buildings being a burden on the carrying capacity of land in the environment in Jakarta, where most of the area is alluvial type of soil. Quoted from BPS North Jakarta City, the realization of IMB licensing recorded from 2016 to 2018 amounted to 5.862 buildings, the number was only non-residential buildings. The research of deformation measurements in an area using Sentinel 1 imagery in 2016 to 2019 using Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR). Then, to find out the change in the built area, with Sentinel 2 goes through the building classification process with the Index-based Built-up Index (IBI) algorithm. IBI algorithm is a combination of 3 algorithms such as, Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) and Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI). The results of this study are in the form of a map of changes in the built area, a map of land subsidence and the correlation of both in 2016 to 2019. The results of the DInSAR method found that land subsidence in North Jakarta has an average of -11 cm/year, while. The largest subsidence -15,6 cm/year, smallest subsidence -4,6 cm/year. Then, the results of the IBI method of changing land were built with a total area of 228 hectares/year, while the most change in smallest district state is Marunda was changed 57 hectares/year and the smallest in Pekoja was 0,01 hectares/year, both of DInSAR and IBI result which showed a strong correlation of 32%, 44% were medium correlated and 24% between the two are weak correlated. Utilization of this research can be used as a consideration in development plans in the City of North Jakarta as well as mitigating subsidence.*

**Keywords** : DInSAR, IBI, North Jakarta, MNDWI, NDBI, and SAVI.

\*)Penulis, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan kawasan terbangun yang ada pada suatu daerah mengakibatkan semakin bertambahnya beban tanah di wilayah tersebut. Dikutip dari BPS Kota Jakarta Utara realisasi perizinan IMB mencatatkan dari tahun 2016 hingga 2018 berjumlah 5.862 bangunan, jumlah tersebut hanya bangunan non tempat tinggal. Daya dukung lingkungan pada suatu daerah yang mana menjadi tempat ditinggalinya penduduk akan sampai pada batasnya. Penggunaan air tanah yang berlebihan dari kebutuhan penduduk yang mendiami bangunan merupakan masalah yang besar pada *overcapacity* penduduk dan bangunan terhadap lingkungannya. Hal yang dapat terjadi dari penggunaan air tanah secara berlebihan berupa terjadinya penyedotan air tanah yang terlalu banyak dan beban dari jumlah bangunan di Jakarta Utara berdampak langsung dengan lingkungan berupa terjadinya penurunan muka tanah di wilayah tersebut.

Masalah yang timbul akan memengaruhi kualitas hidup dari penduduk yang menempati lingkungan tersebut. Penurunan muka tanah dapat menyebabkan terjadinya banjir rob yang mana berakibat rusaknya infrastruktur di Jakarta Utara dan menimbulkan banyak kerugian.

Penelitian ini menganalisa penurunan muka tanah di Jakarta Utara yang dilakukan dengan metode DInSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*) menggunakan citra Sentinel 1 dapat diunduh secara gratis dan diolah juga dengan menggunakan *software open source* SNAP, sementara untuk pengamatan perubahan kawasan terbangun yang terdapat di Jakarta Utara menggunakan citra Sentinel 2 tahun 2016 dan 2019 yang memiliki resolusi menengah. Pengolahan Sentinel 2 menggunakan algoritma *Index-based Built-up Index* (IBI).

Pengolahan dilanjutkan dengan analisis korelasi antara penurunan muka tanah dengan perubahan kawasan terbangun yang akan disajikan dalam bentuk peta. Berdasarkan hasil penelitian kali ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk pertimbangan perencanaan pembangunan dan mitigasi penurunan muka tanah di kota Jakarta Utara.

### I.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis perubahan dari pertumbuhan bangunan di Kota Jakarta Utara dari tahun 2016 hingga 2019?
2. Bagaimana analisis persebaran penurunan muka tanah Kota Jakarta Utara yang dihasilkan dari pengamatan metode DInSAR dari tahun 2016 hingga 2019?

3. Bagaimana analisis korelasi perubahan kawasan terbangun terhadap penurunan muka tanah di Kota Jakarta Utara?

### I.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian Tujuan dari penelitian ini adalah:
  - a. Mengetahui analisis Perubahan dari Permukiman dan bangunan di Kota Jakarta Utara secara multi temporal
  - b. Mengetahui analisis persebaran penurunan muka tanah di Kota Jakarta Utara menggunakan metode DInSAR secara multi temporal
  - c. Mengetahui analisis korelasi pola kawasan terbangun terhadap penurunan muka tanah di Kota Jakarta Utara
2. Manfaat dari penelitian ini adalah :
  - a. Aspek Keilmuan  
Manfaat penelitian ini pada segi keilmuan adalah didapatkannya pengaruh perkembangan permukiman dan bangunan terhadap penurunan muka tanah dengan menggunakan metode DInSAR
  - b. Aspek Kerekayasaan  
Manfaat penelitian ini pada segi kerekayasaan adalah dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan arah permukiman dan pembangunan sesuai dengan daya dukung lingkungannya yang mana terkait dengan penurunan muka tanah

### I.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Metode Index-based Built-up Index menggunakan citra Sentinel 2 mendeteksi pada fokus penelitian
2. hanya kawasan terbangun dengan klasifikasi yang dilakukan hanya bangunan dan non bangunan
3. Cakupan wilayah penelitian mengacu pada batas administrasi kota dan kabupaten Indonesia
4. Metode DInSAR menggunakan citra Sentinel 1 yang memiliki perpendicular baseline maksimal 200m dan koherensinya minimal 0.2.
5. Pengamatan penurunan muka tanah mengabaikan penyebab yang terjadi akibat aktivitas manusia.
6. Validasi hanya menggunakan GPS handheld di lapangan untuk menentukan persebaran bangunan yang telah dibagi menjadi blok-blok bangunan pada daerah tertentu sebagai sampel.
7. Penelitian ini hanya memonitor perubahan secara vertikal dan mengabaikan perubahan secara horizontal.
8. Hasil peta analisis korelasi *overlay* perkembangan bangunan dan penurunan muka tanah

**I.4 Ruang Lingkup Penelitian**

**I.4.1 Lokasi Penelitian**

Area studi penelitian adalah Kota Jakarta Utara yang mempunyai koordinat Geodetis 106° 53' 35" BT - 106° 7' 0" dan 6° 07' 07" LS dengan luas 137 km<sup>2</sup>.

**I.4.2 Alat dan Data Penelitian**

1. Peralatan keras yang dibutuhkan pada penelitian adalah: top untuk pengolahan DInSAR dan interpretasi citra bangunan dan permukiman dengan spesifikasi prosesor Intel Core i5 CPU 5200U @2,7 Ghz, RAM 12 GB dengan sistem operasi Windows 8.1 64-bit
2. Perangkat Lunak yang dibutuhkan pada penelitian adalah : SNAP 5.0, SNAPHU 1.4.2, ArcMap 10.5, SPSS.
3. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1

**Tabel 1.** Data Penelitian

No	Nama Data	Waktu	Jenis Data	Sumber
1	Sentinel-2A	2016 2019	Primer	ESA
2	Sentinel-1	2016 2017 2018 2019	Primer	ESA

**II Tinjauan Pustaka**

**II.1 Penurunan Muka Tanah**

Penurunan muka tanah merupakan suatu proses gerakan penurunan muka tanah yang didasarkan atas suatu datum tertentu (kerangka referensi geodesi) dimana terdapat berbagai macam variabel penyebabnya (Marfai, 2006).

Penyebab terjadinya penurunan muka tanah dapat terjadi baik secara local maupun regional, beberapa faktor diantaranya sebagai berikut (Whittaker dan Reddish, 1989 dalam Yuwono, 2013):

1. Penurunan muka tanah alami (*natural subsidence*) disebabkan oleh proses-proses geologi seperti aktivitas vulkanik dan tektonik, siklus geologi, terdapat rongga di bawah permukaan tanah dan sebagainya.
2. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh pengambilan bahan cair dari dalam tanah seperti air tanah atau minyak bumi.
3. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh adanya beban-beban berat di atasnya seperti struktur bangunan sehingga lapisan-lapisan tanah dibawahnya mengalami kompaksi/konsolidasi. Penurunan muka tanah ini sering juga disebut dengan *settlement*.

4. Penurunan muka tanah akibat pengambilan bahan padat dari tanah (aktifitas penambangan).

**II.2 Index-based Built-up Index (IBI)**

Transformasi *Index-based Built-up Index (IBI)* Model Transformasi *Index-based Built-up Index (IBI)* adalah transformasi yang mengombinasikan penggunaan lahan kota yang dikelompokkan menjadi tiga kategori generalisasi lain yaitu : lahan terbangun, vegetasi, dan perairan. Berdasarkan pada tiga komponen ini, bisa dibagi atas tiga indeks tematik, *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)*, *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)* dan *Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)*, ke tiga kelas ini dipilih dengan harapan bisa mewakili kelas penggunaan lahan masing-masing (Xu, 2006).

Tiga indeks yang dipilih dinyatakan pada persamaan (1 - 4):

$$NDBI = \left( \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$SAVI = \left( \frac{(NIR - RED)(1+I)}{NIR + RED+I} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$MNDWI = \left( \frac{GREEN - SWIR1}{GREEN + SWIR1} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$IBI = \left( \frac{[NDBI] - \left( \frac{[SAVI] + [MNDWI]}{2} \right)}{[NDBI] + \left( \frac{[SAVI] + [MNDWI]}{2} \right)} \right) \dots\dots\dots (4)$$

Pemilihan SAVI sebagai ganti NDVI adalah karena SAVI lebih sensitif daripada NDVI dalam mendeteksi vegetasi di daerah tertutup tanaman rendah seperti daerah perkotaan. SAVI dapat bekerja di area dengan tutupan tanaman serendah 15%, sedangkan NDVI hanya dapat bekerja secara efektif di daerah dengan tutupan tanaman di atas 30% (Ray, 2006).

MNDWI adalah modifikasi dari NDWI dengan mengganti *Near Infrared (NIR)* ke *Mid Infrared (MIR) / Short Wave Infrared (SWIR)*. Sebagai hasilnya, MNDWI memiliki keunggulan dibandingkan NDWI dengan menghilangkan gangguan tanah untuk peningkatan dalam mendeteksi badan air di kota. (McFeeters, 1996).

Indeks ini dapat meningkatkan kemampuan dalam mendeteksi kawasan terbangun dengan mudah karena pengurangan indeks SAVI dan MNDWI dari indeks NDBI yang akan menghasilkan piksel bernilai positif hanya untuk kawasan terbangun. Sedangkan selain itu terdeteksi sebagai *non* bangunan umumnya memiliki nilai nol hingga negatif (Xu, 2008).

**II.3 InSAR dan DInSAR**

Sistem InSAR menyinari bumi dengan sinar dari radiasi koherensi gelombang radar, dengan mempertahankan informasi fase dan amplitudo dalam gema radar selama akuisisi data (pengambilan data) dan

pengolahannya. Radiasi ini dapat digambarkan melalui 3 properti utama, sebagai berikut (Hernasari, 2008) :

- a. Panjang gelombang, jarak antar puncak dalam gelombang.
- b. Amplitudo, pergeseran dari puncak dari gelombang.
- c. Fase, gambaran pergeseran dari gelombang (baik *degree* maupun *shift*) dari beberapa gelombang lain.

Konsep dasar metode InSAR dan DInSAR adalah memanfaatkan koherensi (ukuran korelasi atau kesesuaian untuk informasi fasa dari sinyal-sinyal yang bersangkutan) dalam pengukuran fasa untuk mendapatkan beda jarak dan perubahan jarak dari dua atau lebih citra SAR yang memiliki nilai kompleks dari area yang sama. Jika terdapat dua citra dalam format pengamatan tunggal kompleks dari area yang sama maka informasi fasa dari kedua citra dalam bentuk bilangan kompleks tersebut dapat dikombinasikan. Hasil perbedaan fasa ini akan menghasilkan citra beda fasa yang disebut interferogram, dimana garis-garis tepinya (*fringes*) mengindikasikan semua informasi geometri relatif (Prasetyo, Y. 2014).

Teknik Penginderaan Jauh dengan InSAR sering digunakan untuk pemantauan perubahan (deformasi) suatu area sampai ketelitian orde cm. Untuk mendapatkan orde ketelitian seperti itu, maka metode pengolahan data InSAR dilakukan dengan cara di diferensialkan. Pada metode ini digunakan beberapa pasang interferogram sekaligus untuk mendeteksi perubahan permukaan topograf dengan ketelitian yang sangat tinggi (Haniah dan Prasetyo, Y, 2011).

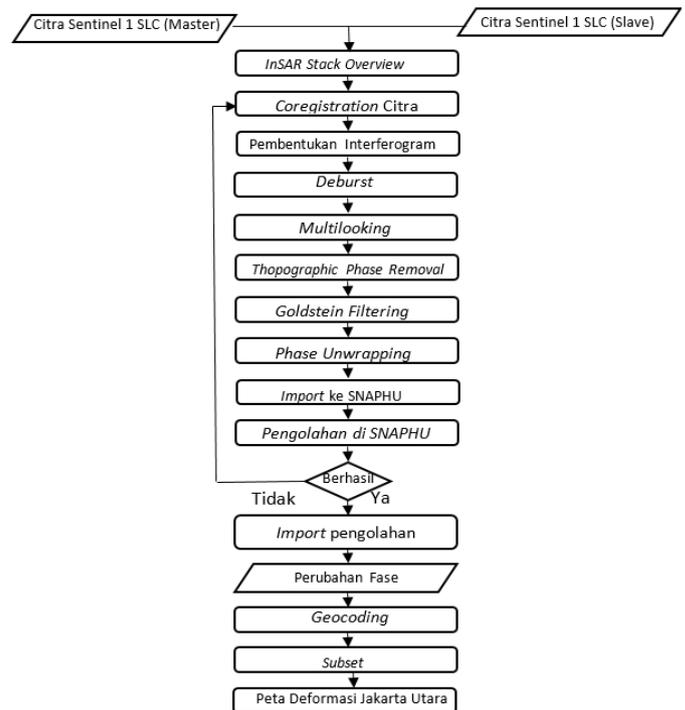
### III Tahapan Pelaksanaan

#### III.1 Tahapan Pelaksanaan DInSAR

Penelitian ini melalui beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan DInSAR dijelaskan pada Gambar 2.

Pengolahan dimulai dengan data yang telah didapatkan berupa citra *master* dan *slave* dipasangkan satu dengan lainnya dan melakukan pengecekan kecocokannya dengan estimasi *baseline*. Kedua citra selanjutnya akan dilakukan pengecekan nilai koherensinya yang mana masuk pada tahapan koregistrasi, nilai koherensinya harus memiliki nilai lebih dari 0.6, apabila nilainya kurang dari nilai tersebut maka harus mencari citra lain yang lebih sesuai tingkat koherensinya.

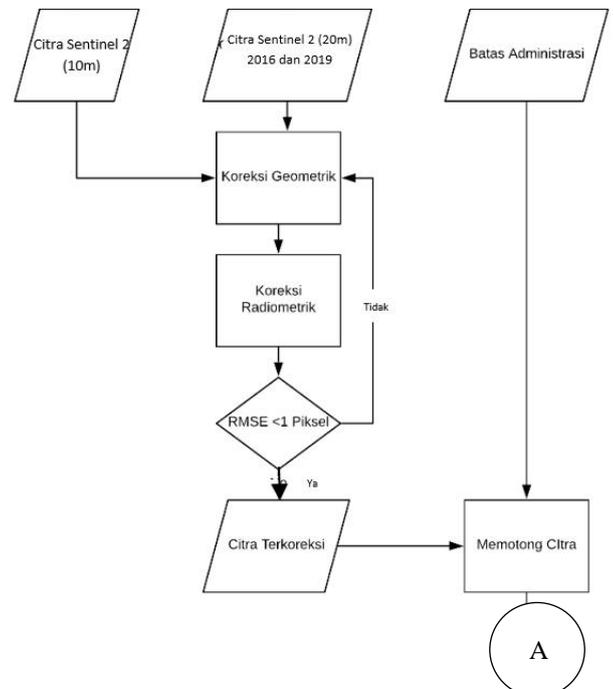
Hasil akhir dari pengolahan DInSAR berupa peta penurunan muka tanah di Kota Jakarta Utara. Penurunan muka tanah ini dilakukan pengolahan tiap 1 tahun yakni tahun 2016 dengan 2017, 2017 dengan 2018 dan 2018 dengan 2019. Selanjutnya, dilakukan penggabungan ketiga pasangan citra tersebut yang merepresentasikan penurunan muka tanah yang terjadi dari tahun 2016 sampai 2019.



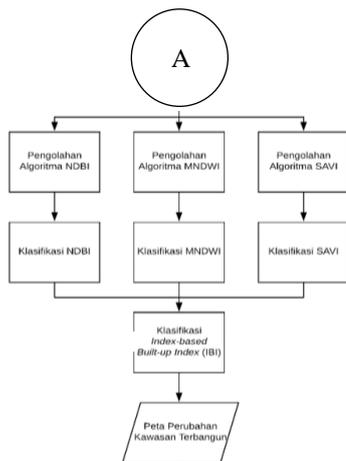
Gambar 2. Diagram Alir IBI

#### III.2 Tahapan Pelaksanaan Metode IBI

Penelitian ini melalui beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan DInSAR dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir IBI



Gambar 3. Diagram Alir IBI (lanjutan)

Hasil tahapan ini mendapatkan klasifikasi bangunan dan non bangunan yang didapatkan masing-masing pada tahun 2016 dan 2019 yang selanjutnya dapat dianalisis perubahannya.

### III.3 Tahapan Overlay

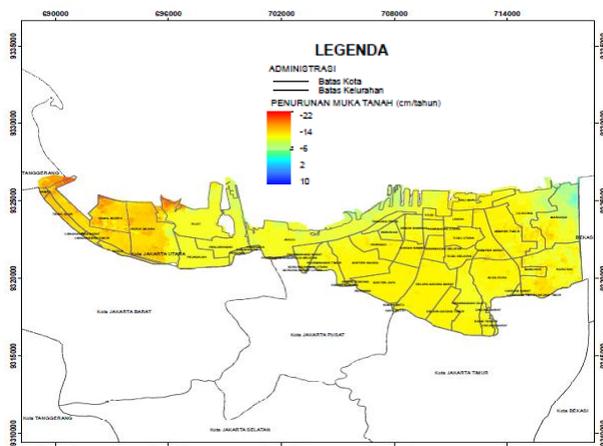
#### III.3.1 Tahapan Overlay penurunan muka tanah terhadap

Hasil akhir dari pengolahan *overlay* penurunan muka tanah terhadap perubahan kawasan terbangun adalah peta korelasi spasial. Korelasi spasial penurunan muka tanah dengan perubahan kawasan terbangun dibagi menjadi 3 kelas yang ditentukan, yaitu korelasi kuat, korelasi lemah dan tidak berkorelasi.

## IV Hasil dan Analisis

### IV.1 DInSAR Kota Jakarta Utara 2016 hingga 2017

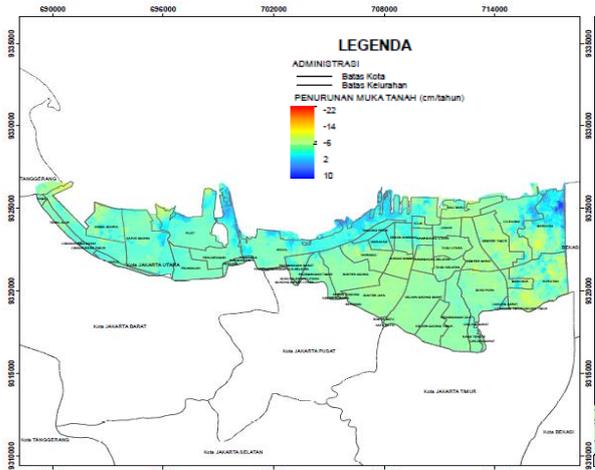
Pengolahan DInSAR ini memberikan hasil seperti Gambar 4, menyajikan informasi terjadinya penurunan muka tanah dengan kenaikan sebesar 6 mm dan penurunan terbesar 22 cm yang mana terjadi di daerah Kecamatan Kamal dan Kapuk Muara bagian barat Kota Jakarta Utara.



Gambar 4 Peta Penurunan Muka Tanah 2016-2017

### IV.2 DInSAR Kota Jakarta Utara 2017 hingga 2018

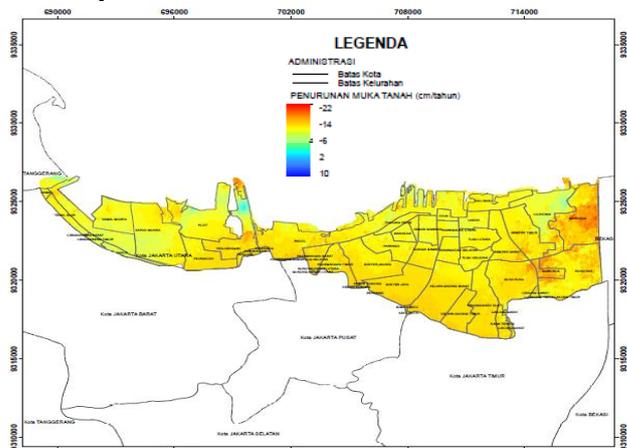
Hasil pengolahan DInSAR tahun 2017 hingga 2018 ditampilkan pada Gambar 5 yang menunjukkan perubahan penurunan muka tanah beberapa wilayah yang tetap konsisten terjadi penurunan yang cukup besar pada bagian wilayah dari Kecamatan Cilincing, namun pada hasil DInSAR ini menunjukkan terjadinya kenaikan muka tanah di beberapa daerah yang mana khususnya pada kecamatan marunda terjadi kenaikan muka tanah dekat dengan muara laut yang disebabkan terjadinya aktivitas dari manusia yang merekayasa lahan di sekitar daerah tersebut.



Gambar 5 Peta Penurunan Muka Tanah 2017-2018

### IV.3 DInSAR Kota Jakarta Utara 2018 hingga 2019

Hasil *visual* pengolahan yang dapat dilihat pada Gambar 6, didapati bahwa penurunan muka tanah secara konsisten terjadi di bagian timur dari wilayah Kota Jakarta Utara terutama pada Kelurahan Cilincing dan Semper Timur. Hasil DInSAR kali ini juga tanpa terjadinya kenaikan muka tanah yang mana penurunan muka tanah terendahnya ada pada nilai 4 mm dan nilai terbesarnya sebesar 21 cm.



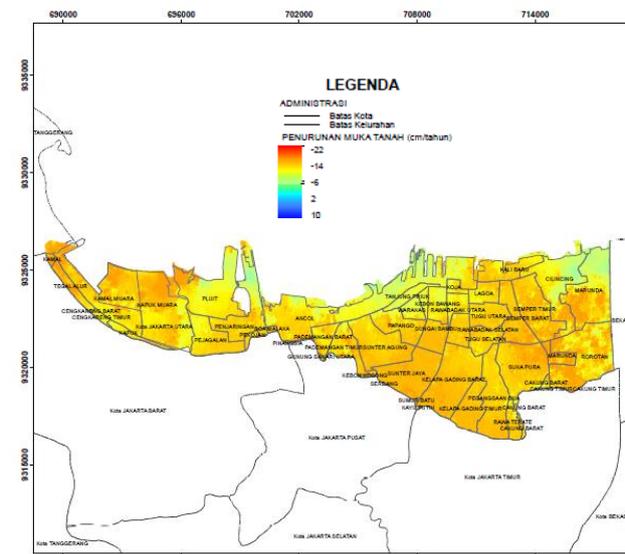
Gambar 6 Peta Penurunan Muka Tanah 2018-2019

**IV.3 DInSAR Kota Jakarta Utara 2016 hingga 2019**

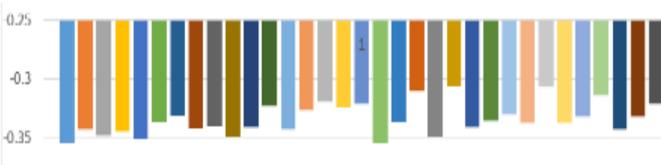
Pengolahan DInSAR ini dengan menggabungkan ketiga pasang citra sebelumnya menggunakan *raster calculator* dengan menjumlahkan semuanya didapatkan penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Jakarta Utara dari tahun 2016 hingga 2019. Hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 dengan kenampakan *visual* dan penyesuaian klasifikasi akibat akumulasi penurunan muka tanah menyebabkan penurunan yang terjadi memiliki nilai cukup besar.

Hasil akumulasi penurunan muka tanah pada tahun sebelumnya didapati penurunan muka tanah terendah pada nilai 14 cm dan terbesar 47 cm. Penggabungan ini konsisten penurunan terbesar terjadi di daerah timur Kota Jakarta. Daerah dengan pemukiman padat secara umum terjadi penurunan muka tanah yang relatif besar.

Data statistik hasil pengolahan DInSAR menunjukkan bahwa penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Jakarta Utara memiliki rata-rata sebesar 33 cm selama 3 tahun, namun penurunan bervariasi dan bergantung pada masing-masing daerah di kelurahan Kota Jakarta Utara. Penurunan rata-rata terbesar terjadi di daerah timur Kota Jakarta Utara dengan penurunan sebesar 35 cm di Kelurahan Semper Barat dimana daerah tersebut merupakan daerah yang jumlah penduduk yang banyak walaupun luas daerah yang relatif kecil.



**Gambar 7** Peta Penurunan Muka Tanah 2016-2019



**Gambar 8** Diagram penurunan muka tanah rata-rata kelurahan di Kota Jakarta Utara tahun 2016-2019



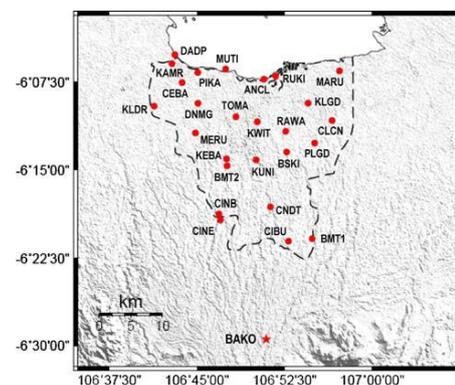
**Gambar 8** Diagram penurunan muka tanah rata-rata kelurahan di Kota Jakarta Utara tahun 2016-2019 (lanjutan)

**IV.4 Hasil dan Analisis Verifikasi GPS terhadap Pengolahan DInSAR**

Verifikasi GPS dilakukan menggunakan data sekunder dari pengamatan GPS yang telah dilakukan sebelumnya pada penelitian Abidin, dkk, (2011) dilaksanakan pada tahun 2002 hingga tahun 2010 dengan pengamatan yang tersebar di seluruh wilayah Jakarta. Penelitian ini fokus pada wilayah Kota Jakarta Utara maka data penurunan muka tanah yang diperlukan sebanyak 5 titik yang tersebar di daerah Marunda, Ancol, Mutiara, dan Kapuk serta Kelapa Gading terlihat pada Gambar 9. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil data penurunan muka tanah Kota Jakarta Utara dengan GPS (Abidin, dkk., 2011)

Titik	Periode	GPS (cm/tahun)	Periode	Hasil DInSAR (cm/tahun)
MARU	2002 - 2005	-4,8	2016 - 2019	-8,3
RUKI	2002 - 2005	-4,9	2016 - 2019	-10
MUTI	2002 - 2005	-12,5	2016 - 2019	-10,5
PIKA	2002 - 2005	-10,2	2016 - 2019	-12
KLGD	2007 - 2010	-10,1	2016 - 2019	-11



**Gambar 9.** Sebaran titik pegamatan GPS

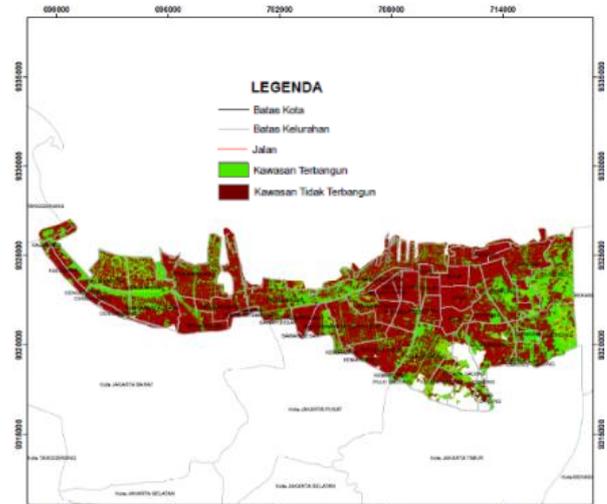
Hasil pengamatan GPS menunjukkan penurunan muka tanah terjadi di semua titik yang teliti dengan nilai terbesar di Mutiara sebesar -12,5 cm/tahun, sedangkan hasil DInSAR penelitian menunjukkan -10,5 cm/ tahun, penurunan yang terjadi lebih besar pada pengukuran GPS dapat diakibatkan oleh aktivitas manusia berupa rekayasa lingkungan yang dilakukan saat periode antara 2010 hingga 2016. Untuk titik lainnya menunjukkan hasil penurunan tanah pada penelitian ini menghasilkan penurunan yang lebih besar dibandingkan hasil pengamatan GPS akibat dari semakin padatnya bangunan dan penduduk di tahun 2016 hingga 2019 dibandingkan tahun 2002 hingga 2010.

**IV.5 Hasil dan Analisis Pengolahan Metode IBI**

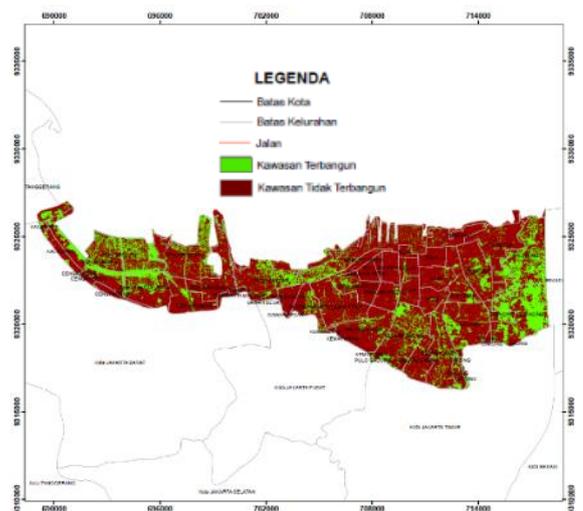
Penelitian ini menggunakan metode *IBI* membutuhkan hasil dari metode *SAVI*, *NDBI*, dan *MNDWI*. Hasil metode *IBI* menggunakan klasifikasi manual yang memberikan batas-batas *value* dari piksel yang akan dimasukkan berdasarkan pada klasifikasi bangunan dan *non* bangunan yang dilakukan pada citra hasil olahan pada tahun 2016 yang dapat dilihat pada Gambar 10 juga tahun 2019 dapat dilihat pada Gambar 11 serta perubahan lahan Tabel 3.

**Tabel 3** Perubahan Lahan Terbangun Gabungan Tiap Kelurahan Tahun 2016 hingga 2019

Kelurahan	Lahan Terbangun (hektar)
Marunda	173,8
Cilincing	55,28
Semper Timur	58,48
Rorotan	80,88
Semper Barat	27,68
Kali Baru	16,08
Lagoa	2,24
Tugu Utara	5,28
Tugu Selatan	9,92
Suka pura	28,24
Pegangsaan 2	2,96
Kelapa Gading Timur	1,96
Kelapa Gading Barat	8,88
Rawa Badak Selatan	10,64
Rawa Badak Utara	2,8
Kebon Bawang	1,2
Koja	2,64
Sungai Bambu	1,52
Sunter jaya	11,2
Papango	7,12
Warakas	0,24
Sunter Agung	14,56
Tanjung Priuk	5,24
Pademangan Timur	8,72
Pademangan Barat	0,56
Ancol	6,4
Pinangisia	0,2
Roa Malaka	0,2
Pekoja	0,04
Pejagalan	3,72
Pejaringan	10,6
Pluit	19,8
Kapuk Muara	12,68
Kamal Muara	14



**Gambar 10** Hasil Pengolahan *IBI* 2016



**Gambar 11** Hasil *IBI* 2019

Perubahan kawasan terbangun yang terjadi di Kota Jakarta Utara pada beberapa daerah cukup banyak terjadi dan data Tabel 3. Hasil dari metode *IBI* perubahan lahan terbangun dengan total seluas 228,23 hektar/tahun bila dibandingkan dengan luas total Kota Jakarta Utara maka perubahan sebesar 1%/tahun, sementara perubahan kelurahan terluas di Marunda seluas 57 hektar/tahun dan terkecil di Kelurahan Pekoja seluas 0,01 hektar/tahun. Beberapa daerah di Kota Jakarta Utara bagian timur memang memiliki tingkat kepadatan yang cukup rendah dari segi bangunan bila dibandingkan dengan bagian Jakarta Utara lain terutama bagian tengah yang sangat padat oleh bangunan, bahkan beberapa diantaranya dibangun di atas tanah yang tidak seharusnya diperuntukan untuk bangunan yang mana mengacu pada peta RTRW Kota Jakarta Utara.

**IV.6 Hasil dan Analisis Korelasi Pengolahan IBI dan DInSAR**

Sebelum melakukan pengujian statistik langkah awal yang dilakukan adalah membuat hipotesis terlebih dahulu dengan pedoman pengambilan keputusan yang telah ditentukan.

H0 : Adanya korelasi antara perubahan kawasan terbangun dengan penurunan muka tanah

H1 : Tidak adanya korelasi antara perubahan kawasan terbangun dengan penurunan muka tanah

		Mean PMT	Changed IBI
Mean PMT	Pearson Correlation	1	.421*
	Sig. (2-tailed)		.018
	N	31	31
Changed IBI	Pearson Correlation	.421*	1
	Sig. (2-tailed)	.018	
	N	31	31

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Gambar 12** Tabel Hasil Pearson

Dari hasil hitungan tabel yang dapat dilihat pada Gambar 12 dapat disimpulkan :

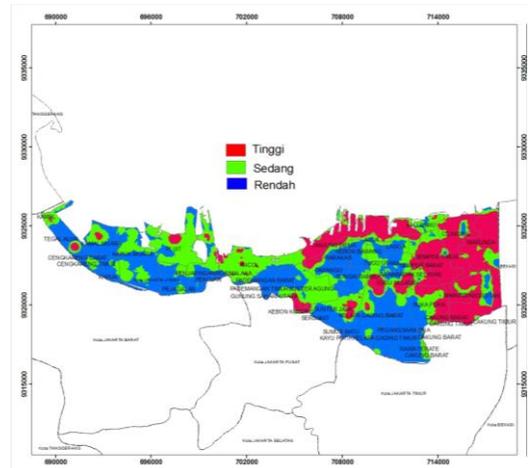
1. Angka koefisien korelasi *pearson* menunjukkan nilai 0.421 yang mana berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan korelasi antara perubahan kawasan terbangun dengan penurunan muka tanah berkorelasi sedang.
2. Korelasi yang ditunjukkan berupa nilai positif yang memberikan pemahaman bahwa korelasi keduanya berbanding lurus, dengan kata lain bila perubahan kawasan terbangun bernilai tinggi, maka penurunan muka tanah yang terjadi juga besar.

Dari hasil hitungan ini dalam pengambilan keputusan sesuai ketentuan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jika probabilitas atau signifikansi >0.05, H0 ditolak
2. Jika probabilitas atau signifikansi <0.05, H0 diterima

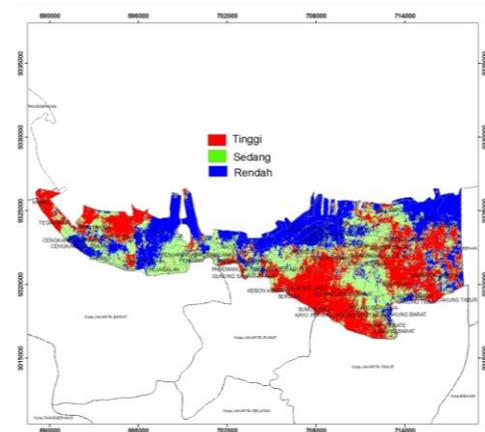
Nilai signifikansi pada tabel menunjukkan nilai 0.018 yang mana lebih kecil dari 0.05 maka disimpulkan bahwa H0 diterima bahwa perubahan kawasan terbangun dan penurunan muka tanah memiliki korelasi.

Proses dilanjutkan dengan mengklasifikasikan perubahan DInSAR dan IBI ke dalam 3 kelas menggunakan metode *quantile*. Metode *quantile*. Hasil dari klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



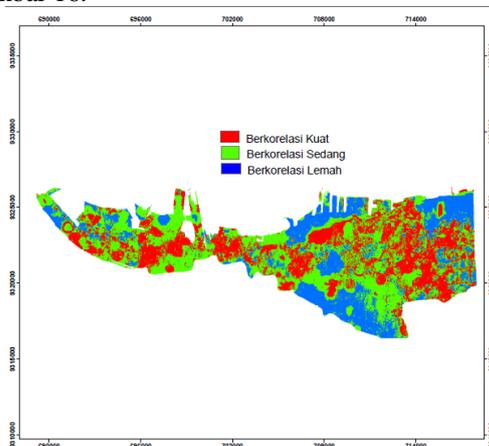
**Gambar 13** Hasil klasifikasi *density* perubahan IBI tahun 2016 hingga 2019

Peta hasil korelasi antara perubahan kawasan terbangun dengan penurunan muka tanah dari tahun 2016 hingga tahun 2019 dianalisis dengan korelasi dinyatakan dalam bentuk kuat apabila intensitas pembangunan yang tinggi bertampalan penurunan muka tanah dengan nilai penurunan -11 cm/tahun hingga -15,7 cm/tahun yang dikategorikan kelas tinggi dan pembangunan sedang dengan penurunan muka tanah dengan nilai penurunan -9,33 cm/tahun hingga -11 cm/tahun yang dikategorikan sedang serta apabila intensitas pembangunan rendah bertampalan dengan penurunan muka tanah yang bernilai -4,3 cm/tahun hingga -9,33 cm/tahun yang dikategorikan kelas sedang, sedangkan korelasi lemah diindikasikan pertampalan kelas sedang dengan kelas tinggi maupun kelas rendah dengan kelas sedang antara penurunan muka tanah dengan intensitas pembangunan, namun apabila kondisi pertampalan berbanding terbalik maka korelasi lemah. Hasil korelasi dapat dilihat pada Gambar 15.

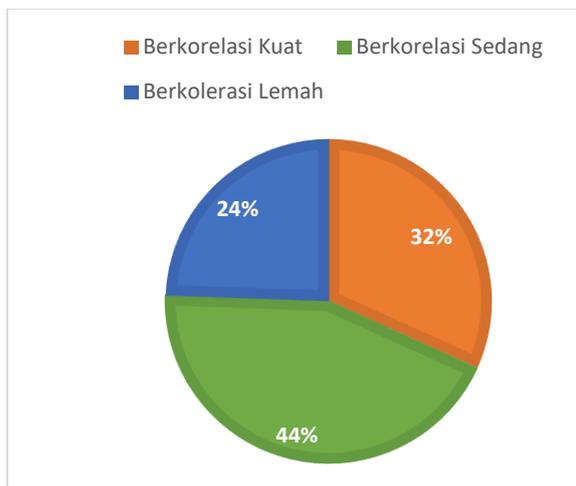


**Gambar 14** Hasil penurunan muka tanah tahun 2016 hingga 2019

Peta hasil korelasi antara perubahan kawasan terbangun dengan penurunan muka tanah dari tahun 2016 hingga tahun 2019 menunjukkan beberapa kelurahan memiliki korelasi yang tinggi seperti Semper Timur, Semper Barat, Tanjung Priok, Sunter Agung, Penjaringan, Kamal Muara dan Pluit serta sebagian daerah Ancol dan Marunda. Langkah selanjutnya merepresentasikan data hasil korelasi ke bentuk diagram dengan hasil mencapai 32% seluas 42.838.800 m<sup>2</sup> korelasi keduanya tinggi, korelasi sedang sebesar 44% dengan luas 59.052.800 m<sup>2</sup> dan korelasi lemah sebesar 24% seluas 32.950.400 m<sup>2</sup> seperti terlihat pada Gambar 16.



Gambar 15 Hasil korelasi penurunan muka tanah dan perubahan kawasan bangunan



Gambar 16 Diagram hasil korelasi

## V Kesimpulan dan Saran

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil dari metode *IBI* perubahan lahan terbangun dengan total seluas 228,23 hektar/tahun bila dibandingkan dengan luas total Kota Jakarta Utara maka perubahan sebesar 1%/tahun, sementara

perubahan kelurahan terluas di Marunda seluas 57 hektar/tahun dan terkecil di Kelurahan Pekoja seluas 0,01 hektar/tahun. Pembangunan yang dilakukan mayoritas didominasi oleh permukiman dan beberapa oleh perindustrian dan perkantoran berupa gedung pencakar langit. Beberapa daerah di Kota Jakarta Utara bagian timur memang memiliki tingkat kepadatan yang cukup rendah dari segi bangunan bila dibandingkan dengan bagian Jakarta Utara lain terutama bagian tengah yang sangat padat oleh bangunan, bahkan beberapa diantaranya dibangun di atas tanah yang tidak seharusnya diperuntukan untuk bangunan yang mana mengacu pada peta RTRW Kota Jakarta Utara.

2. Penurunan muka tanah yang terjadi pada bagian Kota Jakarta Utara dengan rata-rata sebesar -11 cm/tahun dari tahun 2016 hingga 2019. Perubahan terbesar secara rata-rata -11,7 cm/tahun di wilayah Kelurahan Semper Barat yang mana memiliki jumlah populasi manusia yang banyak dengan luasan daerah yang sempit, sedangkan penurunan terendah terjadi di Kelurahan Tanjung Priok dengan rata-rata penurunan sebesar 10 cm/tahun.
3. Korelasi yang terjadi antara penurunan muka tanah dengan perubahan kawasan terbangun berkorelasi sedang yang mana memiliki nilai 0.421 dengan metode korelasi *pearson*. Korelasi secara spasial menunjukkan beberapa kelurahan memiliki korelasi yang tinggi seperti Semper Timur, Semper Barat, Tanjung Priok, Sunter Agung, Penjaringan, Kamal Muara dan Pluit serta sebagian daerah Ancol dan Marunda, sementara daerah yang tidak berkorelasi dapat disebabkan oleh aktivitas rekayasa manusia dan juga faktor kepadatan penduduk. dengan hasil 32% seluas 42.838.800 m<sup>2</sup> korelasi keduanya tinggi, korelasi sedang sebesar 44% dengan luas 59.052.800 m<sup>2</sup> dan berkorelasi lemah sebesar 24% seluas 32.950.400 m<sup>2</sup>.

### V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran agar penelitian berikutnya bisa lebih baik, yaitu:

1. Pengolahan metode *IBI* menggunakan citra dengan resolusi yang lebih baik untuk mendapat hasil yang lebih detail
2. Penerapan metode *DInSAR* di daerah Kota Jakarta Utara yang didominasi oleh bangunan akan menjadi sangat baik bila menggunakan metode *PS-InSAR*
3. Penggunaan software lain dalam pengolahan metode *IBI* dengan *software* berbasis *open source* agar lebih fleksibel
4. Disarankan menggunakan citra *SAR* dan *DEM* yang memiliki ketelitian yang lebih baik

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2012). *Pemanfaatan Metode InSAR Untuk Pemantauan Aktivitas Gunung Semeru*. Skripsi Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung
- Abidin, H. Z. dkk. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*. 59. 10.1007/s11069-011-9866-9.
- Castanaeda, dkk. (2011). Dedicated SAR Interferometric analysis to detect subtle deformation in evaporate areas ground Zaragoya, NE Spain. *International Journal of Remote Sensing* 32(7): 1861-1884 (2011)
- Danoedoro P. (1996). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Haniah, H., dan Prasetyo, Y. (2011). *Pengenalan Teknologi Radar untuk Pemetaan Spasial di kawasan Tropis*. *Jurnal Fakultas Teknik UNDIP*, 32(2), 156-162
- Ismullah. (2002). *Model Tinggi Digital Hasil Pengolahan Rada Interferogrametri Satelit Untuk Wilayah Berawan : Studi Kasus Gunung Cikurajawa Barat*. Disertasi Doktor Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung
- Ma'ruf, B. (2001). *Analisis Deformasi Gunung Merapi Dengan Metode Geodetik GPS*. Thesis Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.
- Pamungkas, W. (2011). *Radar dan Navigasi*. Institut Teknologi Purwokerto
- Sharav, A. (2003). Differential SAR Interferometry for crustal Deformation Study. The Netherlands : International Institute for Geo-Information Science And Earth Observation Enschede
- Vidyan, Y. (2013). *Pemanfaatan Metode TLS (Terrestrial Lasser Scanner) untuk pemanfaatan deformasi gunung api*. Studi Kasus : Gunung Galunggung, Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 4 No.1 2013:49-69
- Whittaker, B.N. dan Reddish. (1989). Subsidence Occurrence, Prediction, and Control. Elsevier Science Publishing Company INC, Netherland
- Xu, H. (2002). Spatial Expansion of Urban/Town in Fuqing and its driving force analysis. *Remote Sensing Technology and Application*, 17, pp. 86–92.
- Xu, H. (2006). Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27, pp. 3025–3033.
- Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29, pp. 4269–4276.
- Yastika, P.E. (2015). *Analisis Multitemporal Untuk Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*
- Yunus, H. S. (2000). *Struktur Tata Ruang Kota*. Pustaka Pelajar : Yogyakarta.
- Zarzycki, J. (1991). *Glasses and the Vitreous State*, Cambridge Solid State Science Series, Eds. Clarke, D.R., et al.
- Zhou, X., C, N.-B, dan Li, S. (2009). Application of SAR Interferometry In Earth and Environment Research. *Sensors*, 9 pp.1876-1912
- Dari Pustaka Unduhan**
- ESA. (2012). Sentinel-1 ESA Special Publication. [http://sentinel.esa.int/documents/247904/349449/s1\\_SP\\_1.pdf](http://sentinel.esa.int/documents/247904/349449/s1_SP_1.pdf), diakses pada 4 April 2019
- ESA. (2013). Sentinel-1 ESA SAR User Guide Introduction. <http://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar>, diakses pada 4 April 2019
- ESA. (2016). Introduction Sentinel-1. [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Introducing\\_Sentinel-1](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Introducing_Sentinel-1), diakses pada 4 April 2019
- ESA. (2014). Sentinel-2. No.160, p.76. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>, diakses pada 30 April 2019
- eoPortal. (2019). Sentinel-2. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>, diakses pada 1 Mei 2019
- Prasetyo, Y. (2009). *Teori Dasar Deformasi* <https://yudopotter.wordpress.com/2009/05/05/teori-dasar-deformasi/>, diakses pada 6 April 2019