

ANALISIS KORELASI SPASIAL DAMPAK PENURUNAN MUKA TANAH TERHADAP BANJIR DI JAKARTA UTARA

Zainab Ramadhani, Yudo Prasetyo, Bambang Darmo Yuwono ^{*)}.

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

ABSTRAK

Meningkatnya jumlah penduduk di Jakarta Utara memaksa pemerintah untuk menambah lahan melalui reklamasi. Reklamasi dilakukan untuk memenuhi kebutuhan lahan permukiman dan dapat meningkatkan pendapatan ekonomi Pemerintah Daerah. Banyaknya gedung-gedung pencakar langit, pengambilan air tanah secara terus menerus dan jenis tanah Jakarta yang sebagian besar adalah *alluvial* menjadi beberapa faktor penyebab penurunan muka tanah, dikutip dari Kompas (2016) laju penurunan muka tanah di Jakarta meningkat dari 5-6 cm menjadi 10-11 cm per tahun. Penurunan muka tanah yang terjadi di Jakarta menyebabkan berbagai macam masalah yang serius, salah satunya adalah banjir

Dalam penelitian ini menggunakan Citra Sentinel-1A pada tahun 2015 dan 2016 untuk mengetahui penurunan muka tanah yang terjadi di Jakarta Utara dengan menggunakan metode DInSAR. Kemudian, untuk mengetahui zona ancaman banjir di Jakarta Utara, menggunakan metode pembobotan yang mengacu pada pada Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Berbasis GIS karya Endro Santoso dari Badan Meteorologi dan Geofisika dengan parameter berupa curah hujan, ketinggian, zona banjir dan tata guna lahan.

Hasil dari metode DInSAR, penurunan muka tanah terjadi di empat dari enam kecamatan dengan besar -0,18 cm/tahun sampai dengan -2,45 cm/tahun dimana 61% penurunan muka tanah terjadi pada kawasan terbangun, 25% terjadi di kawasan tidak terbangun dan 14% terjadi kawasan sekitar perairan. Kemudian, hasil dari metode pembobotan adalah 82% dari wilayah Jakarta Utara merupakan zona banjir ancaman tinggi, 15% merupakan zona banjir ancaman sedang dan 3% merupakan zona banjir ancaman rendah. 81% zona ancaman banjir terdiri dari kawasan terbangun, 12% terdiri dari kawasan tidak terbangun dan 7% terdiri dari kawasan perairan. Selanjutnya, korelasi penurunan muka tanah terhadap banjir dibagi menjadi tiga tingkat kesesuaian, yaitu tinggi sebesar 74%, sedang sebesar 22% dan rendah sebesar 4%. 77% wilayah yang terdeteksi adanya korelasi penurunan muka tanah terhadap banjir merupakan kawasan terbangun, 17% merupakan kawasan tidak terbangun dan 6% merupakan kawasan perairan.

Harapannya, penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai penurunan muka tanah dan zona ancaman banjir di Jakarta Utara. Hal ini, dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk perencanaan tata kota yang lebih baik.

Kata Kunci : Banjir, DInSAR, Korelasi, Pembobotan, Penurunan Muka Tanah

ABSTRACT

The population growth in North Jakarta forces the Government to enhance the land by reclamation. Reclamation was done to fulfill the settlement needs and to increase the economic revenues of Local Government, so that a lot of skyscrapers were built. A lot of skyscrapers, taking groundwater continuously and geological structure of Jakarta which most of it is alluvial become the factors cause land subsidence. Quoted from Kompas (2016), land subsidence rate in Jakarta is increasing from 5-6 cm to 10-11 cm a year. Land subsidence causes some serious problems, one of them is flood.

This research used Sentinel-1A image in 2015 and 2016 to know the land subsidence rate in North Jakarta by using DInSAR method. Then, in order to know the flood threat zone in North Jakarta, used scoring method which referred to the Catalogue of Geo Hazard Map Methodology Based on GIS by Endro Santoso from Indonesian Agency for Meteorological, Climatological and Geophysics with parameters of rainfall, topographic height, flood zone and land use.

The result of DInSAR method, prove that land subsidence occurred in four of out six sub-districts with the rate of to -0,18 cm/year to -2,5 cm/year which 61% of the land subsidence occurred in a well-built area, 25% occurred in a non-built area and 14% occurred at around the waters area. The result of scoring method is 82% of North Jakarta area is high the flood threat zone, 15% is medium the flood threat zone and 3% is low the flood threat zone. 81% of the flood threat zone consist of the built area, 12% consist of non the built area and 7% consist of the waters area. Then, the correlation land subsidence to flood is divided into three levels, 74% for high correlation, 22% for medium correlation and 4% for low correlation. 77% of area which detected to have the correlation land subsidence to flood is well-built area, 17% is non-built area and 6% is waters area.

Hopefully, this research can provide information about land subsidence and flood threat zone in North Jakarta. So that, it can be used for better urban planning.

Keywords: Correlation, DInSAR, Flood, Land Subsidence, Scoring

**)Penulis, Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk Jakarta dari 8.347.100 jiwa pada tahun 2000 menjadi 10.075.300 pada tahun 2014 (BPS, 2015), memaksa pemerintah untuk menambah lahan melalui reklamasi. Reklamasi dilakukan di sebagian kota Jakarta Utara yang berbatasan langsung dengan Teluk Jakarta untuk memenuhi kebutuhan lahan pemukiman dan meningkatkan pendapatan ekonomi Pemerintah Daerah, sehingga banyak didirikannya gedung-gedung pencakar langit di Jakarta Utara. Banyaknya gedung-gedung bertingkat, pengambilan air tanah secara terus menerus dan struktur geologi tanah Jakarta yang sebagian besar adalah *alluvial* menjadi beberapa faktor penyebab penurunan muka tanah.

Dikutip dari Kompas (2016) laju penurunan muka tanah di Jakarta meningkat dari 5 sampai dengan 6 cm menjadi 10 sampai dengan 11 cm per tahunnya. Bahkan, sejumlah titik penurunan muka tanah di Jakarta Utara mencapai 26 sampai dengan 32 cm per tahun. Penurunan muka tanah menyebabkan berbagai macam masalah yang serius, salah satunya adalah banjir.

Banjir menyebabkan lumpuhnya ekonomi, korban jiwa, masalah kesehatan serta semakin rendahnya muka tanah. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang analisis korelasi spasial dan dampak yang ditimbulkan antara pola penurunan muka tanah terhadap pola banjir di Jakarta Utara.

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh dengan citra Sentinel-1A pada tahun 2015 dan 2016, karena citra tersebut dapat diunduh secara gratis dan memiliki resolusi spasial skala menengah. Citra Sentinel-1A digunakan untuk menganalisis penurunan muka tanah dengan metode DInSAR (*Differential Interferometry Synthetic Radar*). Kemudian, hasil DInSAR berupa DEM yang digunakan untuk membuat peta penurunan muka tanah. Kemudian, peta ancaman banjir dibuat dengan metode pembobotan yang mengacu pada Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Berbasis GIS karya Endro Santoso dari Badan Meteorologi dan Geofisika dengan parameter berupa curah hujan, ketinggian, zona banjir dan tata guna lahan.

Selanjutnya, dilakukan analisis korelasi spasial antara penurunan muka tanah dengan dengan zona ancaman bencana banjir di Jakarta Utara yang disajikan dalam bentuk peta. Harapannya, penelitian ini dapat digunakan untuk perencanaan tata kota di Jakarta Utara sehingga dapat mengurangi dampak buruk dari banjir yang selalu melanda Jakarta Utara.

I.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis deskriptif fenomena penurunan muka tanah dan banjir di Jakarta Utara?
2. Bagaimana analisis korelasi spasial antara pola penurunan muka tanah dan pola banjir di Jakarta Utara?
3. Bagaimana analisis dampak yang ditimbulkan dari banjir di Jakarta Utara terhadap hasil klasifikasi penggunaan lahan?

I.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui penurunan muka tanah di Jakarta Utara dengan menggunakan metode DInSAR.
- b. Mengetahui zonasi ancaman bencana banjir di Jakarta Utara dengan menggunakan metode pembobotan.
- c. Mengetahui dampak terhadap spasial yang ditimbulkan dari penurunan muka tanah dan banjir.

2. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

- a. Aspek Keilmuan
Memberikan kontribusi bagi ilmu penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, khususnya mengenai DInSAR dan pembobotan.
- b. Aspek Rekayasa
Harapannya hasil penelitian dapat digunakan untuk kepentingan tata kota Jakarta Utara.

I.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Metode yang digunakan untuk mengetahui penurunan muka tanah pada citra Sentinel-1A menggunakan metode DInSAR.
2. Ketelitian hasil penurunan muka tanah berdasarkan Root Mean Square error internal dan tidak dilakukan validasi lapangan, namun diverifikasi terhadap hasil pengukuran GPS tahun 1997 sampai dengan 1999.
3. Metode yang digunakan untuk mengetahui zona ancaman bencana banjir menggunakan metode pembobotan yang mengacu pada Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Berbasis GIS karya Endro Santoso dari Badan Meteorologi dan Geofisika.
4. Metode yang digunakan untuk mengetahui dampak spasial penurunan muka tanah terhadap banjir menggunakan peta tata guna lahan yang dibuat oleh BAPPEDA Jakarta.
5. Zona ancaman banjir yang dihasilkan dari metode pembobotan hanya berupa luasan secara horizontal.
6. Keluaran dari penelitian Tugas Akhir ini adalah Peta Penurunan Muka Tanah (PMT),

Peta Zona Ancaman Banjir, Peta Korelasi PMT terhadap Banjir, Peta Korelasi Spasial PMT terhadap Penggunaan Lahan, Peta Korelasi Spasial Zona Ancaman Banjir terhadap Penggunaan Lahan, Peta Korelasi PMT terhadap Banjir dan Peta Korelasi Spasial PMT dan Banjir terhadap Penggunaan Lahan. Semua peta tersebut dibuat dengan skala 1:50.000.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

I.5.1 Lokasi Penelitian

Area studi penelitian ini adalah Kota Jakarta Utara pada koordinat lintang 6°8'18,29"S dan bujur 106°51'50,24"E dengan luas sekitar 146,7 km² serta mencakup 6 kecamatan.

I.5.2 Alat dan Data Penelitian

1. Peralatan keras yang dibutuhkan pada penelitian adalah:
 - a. Laptop yang memiliki spesifikasi prosesor AMD-A8, RAM 4 GB dengan sistem operasi Windows 64-bit.
 - b. Workstation yang memiliki spesifikasi prosesor Intel Core i5, RAM 8 GB dengan sistem operasi Windows 64-bit.
 - c. Komputer yang memiliki spesifikasi RAM 8 GB dengan sistem operasi Ubuntu 16.04 LTS 64-bit.
2. Perangkat Lunak yang dibutuhkan pada penelitian adalah : SNAP 5.0, SNAPHU 1.4.2, ArcMap 10.2
3. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini :

Tabel I-1. Data Penelitian

No	Data	Tahun Akuisisi
1.	Citra Sentinel-1A IW level 1 SLC	2015 – 2016
2.	DEM SRTM TerraSAR	2011
3.	Peta Penggunaan Lahan DKI Jakarta	2009
4.	Data Curah Hujan	2015 – 2016
5.	Data Kejadian Banjir	2015 – 2016
6.	Data GPS Jakarta	1997-1999

2 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 Banjir

Undang-undang RI Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menyebutkan bahwa banjir adalah peristiwa atau keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat.

Secara umum penyebab terjadi banjir disebabkan karena banjir yang disebabkan oleh faktor alami dan karena banjir yang disebabkan oleh tindakan manusia (Kodatie dan Sugiyanto, 2002 dalam Pratiwi, 2016). Adapun banjir yang disebabkan oleh faktor-faktor alami, berupa curah hujan, pengaruh fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase yang tidak memadai dan pengaruh air pasang. Kemudian, banjir yang disebabkan oleh faktor manusia, berupa perubahan kondisi DAS, kawasan kumuh dan sampah, drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali air, perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat dan rusaknya hutan.

II.3 DInSAR

DInSAR adalah teknik akuisisi dua citra SAR berpasangan kombinasi data citra kompleks pada posisi spasial yang sama atau posisinya sedikit berbeda pada area sama dengan melakukan perkalian konjugasi berganda yang hasilnya berupa model elevasi digital (DEM) atau pergeseran suatu permukaan bumi (Cumming dan Wong, 2005).

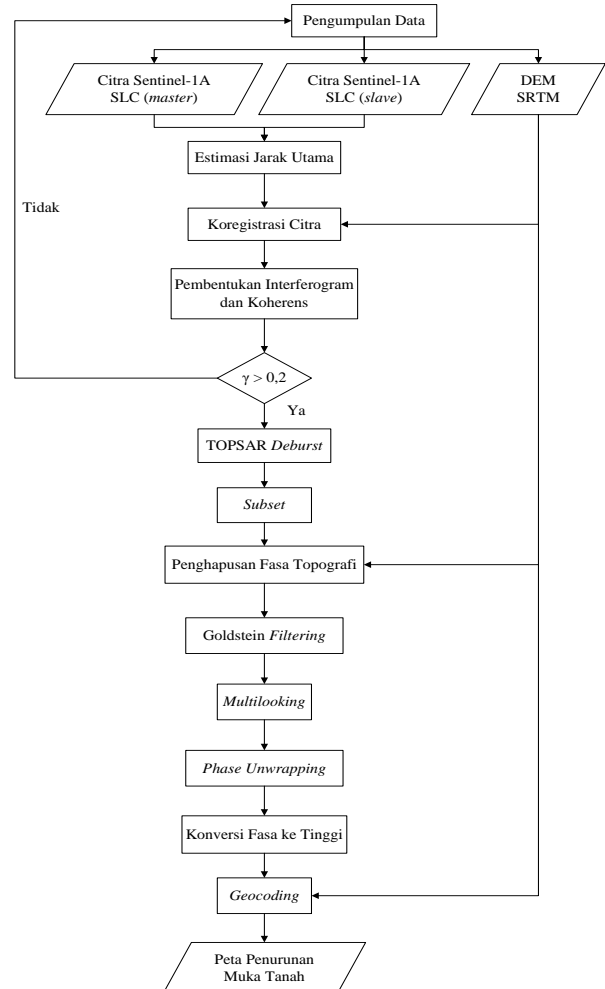
Metode DInSAR memanfaatkan koheren dalam pengukuran fase untuk mendapatkan beda jarak dan perubahan jarak dari dua atau lebih citra SAR yang memiliki nilai kompleks dari permukaan yang sama. Hasil dari perbedaan fase menghasilkan jenis citra baru yang disebut interferogram. Interferogram akan menunjukkan apakah wilayah yang diteliti tersebut mengalami penurunan muka tanah atau kenaikan muka tanah.

II.5 Pembobotan

Metode pembobotan atau disebut juga *weighting* adalah suatu metode yang digunakan apabila setiap karakter memiliki peranan berbeda atau jika memiliki beberapa parameter untuk menentukan kemampuan lahan atau sejenisnya (Sholahuddin, 2015).

Tabel II-1. Pembobotan Tiap Variabel (Santoso, 2012 dan Abdhika, 2016)

Variabel	Kriteria	Skor	Bobot	Bobot Akhir
Curah Hujan (mm/tahun)	>3000	5	0,25	1,25
	2500-3000	4	0,25	1,00
	2000-2500	3	0,25	0,75
	1500-2000	2	0,25	0,50
	<1500	1	0,25	0,25
Ketinggian (m)	< 10	5	0,25	1,25
	10-50	4	0,25	1,00
	50-100	3	0,25	0,75
	100-200	2	0,25	0,50
	>200	1	0,25	0,25
Zona Banjir (m)	< 0,76	1	0,25	0,25
	0,76-1,5	2	0,25	0,50
	> 1,5	3	0,25	0,75
Penggunaan Lahan	Pemukiman	5	0,25	1,25
	Gedung	5	0,25	1,25
	Sawah	4	0,25	1
	Sawah	4	0,25	1
	Tadah Hujan			
	Kebun	3	0,25	0,75
	Tanah	2	0,25	0,50
	Ladang			
	Tanah Berbatu	1	0,25	0,25
	Hutan	1	0,25	0,25
	Rumput	1	0,25	0,25
	Belukar	1	0,25	0,25
Air Tawar	0	0,25	0	



Gambar III-1. Diagram Alir DInSAR

Metode pembobotan yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada masing-masing variabel dan kriteria banjir yang diperoleh dari buku Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS, yang ditulis oleh Endro Santoso dari Badan Meterologi dan Geofisika. Untuk kriteria pada variabel curah hujan mengacu pada penelitian Abdhika (2016). Adapun pembobotan masing-masing variabel ditampilkan pada tabel II-1

3 Tahapan Pelaksanaan

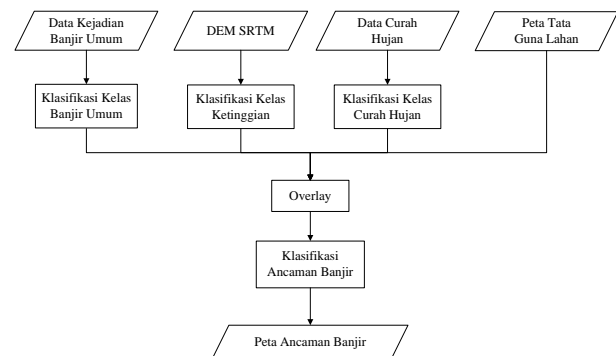
III.1 Tahapan Pelaksanaan DInSAR

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan DInSAR dijelaskan pada Gambar III-1.

Hasil akhir dari pengolahan DInSAR adalah peta penurunan muka tanah Kota Jakarta Utara. Penurunan muka tanah ini dibagi menjadi 3 kelas yang telah ditentukan.

III.2 Tahapan Pelaksanaan Pembobotan

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan pembobotan dijelaskan pada Gambar III-2.



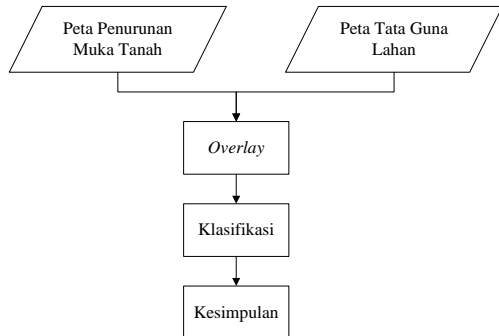
Gambar III-2. Diagram Alir Pembobotan

Hasil akhir dari pengolahan pembobotan adalah peta zonasi ancaman banjir Kota Jakarta Utara. Zona ancaman banjir dibagi menjadi 3 kelas yang ditentukan, yaitu ancaman tinggi, ancaman sedang dan ancaman rendah.

III.3 Tahapan Overlay

III.3.1 Tahapan Overlay PMT terhadap Penggunaan Lahan

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan *overlay* PMT terhadap penggunaan lahan dijelaskan pada Gambar III-3.

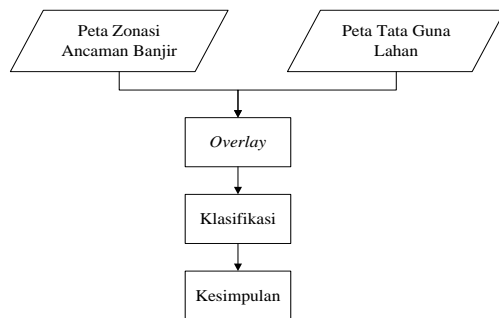


Gambar III-3. Diagram Alir *Overlay* PMT terhadap Penggunaan Lahan

Hasil akhir dari pengolahan *overlay* PMT terhadap penggunaan lahan adalah peta korelasi spasial penurunan muka tanah Kota Jakarta Utara. Korelasi spasial penurunan muka tanah dibagi menjadi 3 kelas yang ditentukan, yaitu kesesuaian tinggi, kesesuaian sedang dan kesesuaian rendah.

III.3.2 Tahapan Overlay Banjir terhadap Penggunaan Lahan

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan *overlay* banjir terhadap penggunaan lahan dijelaskan pada Gambar III-4.



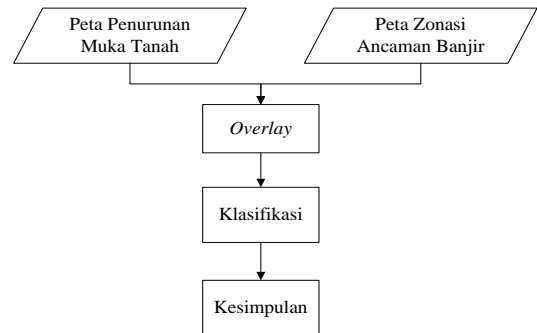
Gambar III-4. Diagram Alir *Overlay* Banjir terhadap Penggunaan Lahan

Hasil akhir dari pengolahan *overlay* banjir terhadap penggunaan lahan adalah peta korelasi spasial banjir Kota Jakarta Utara. Korelasi spasial penurunan muka tanah dibagi menjadi 3 kelas yang ditentukan, yaitu kesesuaian tinggi, kesesuaian sedang dan kesesuaian rendah.

III.3.3 Tahapan Overlay Penurunan Muka Tanah terhadap Banjir

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan

overlay PMT terhadap banjir dijelaskan pada Gambar III-5.

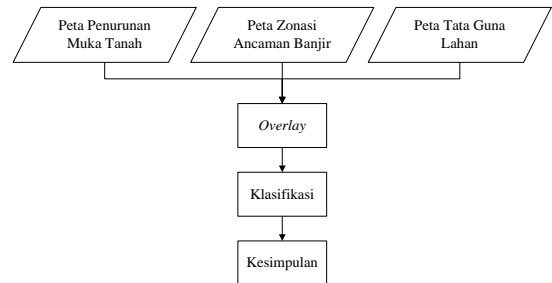


Gambar III-5. Diagram Alir *Overlay* PMT terhadap Banjir

Hasil akhir dari pengolahan *overlay* PMT terhadap banjir adalah peta korelasi penurunan muka tanah terhadap banjir Kota Jakarta Utara. Korelasi penurunan muka tanah terhadap banjir dibagi menjadi 3 kelas yang ditentukan, yaitu kesesuaian tinggi, kesesuaian sedang dan kesesuaian rendah.

III.3.4 Tahapan Overlay Penurunan Muka Tanah dan Banjir terhadap Penggunaan Lahan

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan pelaksanaan *overlay* PMT dan banjir terhadap penggunaan lahan dijelaskan pada Gambar III-6.



Gambar III-6. Diagram Alir *Overlay* PMT dan Banjir terhadap Penggunaan Lahan

Hasil akhir dari pengolahan *overlay* PMT dan banjir terhadap penggunaan lahan adalah peta korelasi spasial penurunan muka tanah terhadap banjir Kota Jakarta Utara. Korelasi spasial penurunan muka tanah terhadap banjir dibagi menjadi 3 kelas yang ditentukan, yaitu kesesuaian tinggi, kesesuaian sedang dan kesesuaian rendah.

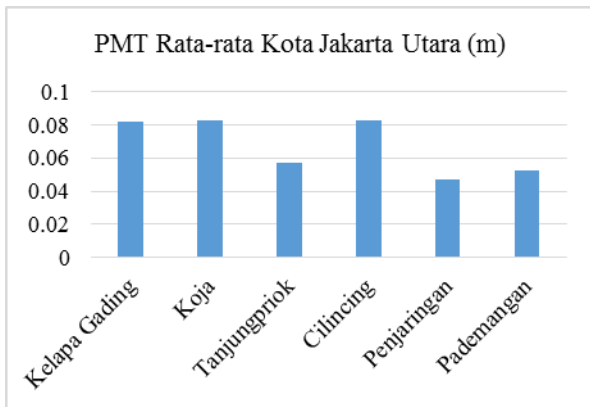
4 Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil dan Analisis Pengolahan DInSAR

Nilai kecepatan penurunan muka tanah dapat dilihat pada Tabel IV-1. Pada Tabel IV-1, 4 dari 6 kecamatan terdeteksi adanya penurunan muka tanah, dapat dilihat bahwa penurunan muka tanah tertinggi terjadi pada Kecamatan Penjarangan, dengan besar - 0,0437 meter/tahun.

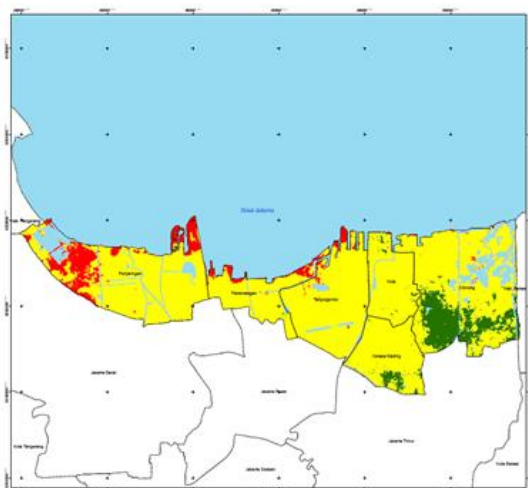
Tabel IV-1. Statistik Penurunan Muka Tanah

Kecamatan	Rata-rata (m)	Minimal (m)	Maksimal (m)
Kelapa Gading	0,0821	0,0247	0,1294
Koja	0,0823	0,0331	0,1270
Tanjungpriok	0,0573	-0,0245	0,1082
Cilincing	0,0829	-0,0018	0,1566
Penjaringan	0,0469	-0,0437	0,1118
Pademangan	0,0522	-0,0042	0,1186



Gambar IV-1. Diagram PMT Rata-rata

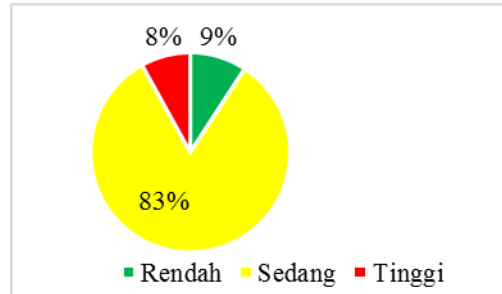
Dari Gambar IV-1 dapat dilihat bahwa penurunan muka tanah rata-rata Kota Jakarta bernilai positif. Kenaikan muka tanah yang terbesar terjadi di Kecamatan Cilincing dengan besar 0,1566 meter/tahun.



Gambar IV-2. Peta Penurunan Muka Tanah

Dari Gambar IV-2, dapat ada beberapa bagian yang tidak memiliki data ketinggian, hal tersebut karena data interferogram tidak terdeteksi di beberapa titik yang merupakan perairan, karena terjadinya *backscatter* pada citra, karena sifat saluran gelombang C tidak semua gelombang dapat dipantulkan secara sempurna di perairan. Dari Gambar IV-2 dapat dilihat

warna merah merupakan representasi dari ketinggian -4,1 sampai dengan 2,8 cm, warna kuning merupakan representasi dari ketinggian 2,8 sampai dengan 9,7 cm dan warna hijau merupakan representasi dari ketinggian 9,7 sampai dengan 16,6 cm.

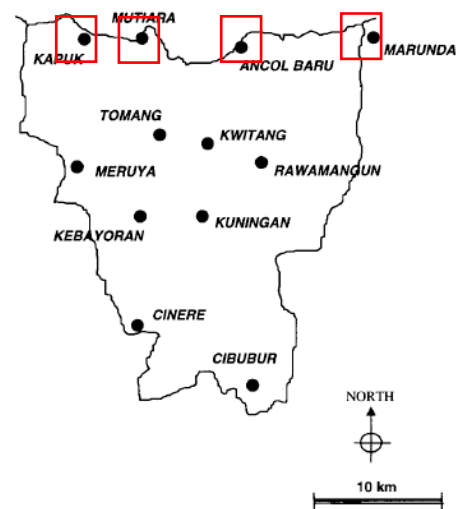


Gambar IV-3. Presentase Luas PMT

Dari Gambar IV-3, 83% terdeteksi ketinggian 2,8 sampai dengan 9,7 cm dengan luas 108.369.350,7 m², 9% terdeteksi ketinggian 9,7 sampai dengan 16,6 cm dengan luas 10.531.629,951 m² dan 8% terdeteksi ketinggian -4,1 sampai dengan 2,8 cm dengan luas 12.068.653,259 m².

IV.2 Hasil dan Analisis Verifikasi GPS terhadap Pengolahan DInSAR

Untuk memverifikasi hasil pengolahan DInSAR digunakan data sekunder pengamatan GPS dari penelitian Abidin, dkk. (2001) pada tahun 1997 dan 1999 dengan sejumlah 4 titik pengamatan yang diberi tanda lingkaran merah seperti yang terlihat pada Gambar IV-4. Sedangkan data GPS tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.2.



Gambar IV-4 Sebaran Titik Pengamatan GPS (Abidin, dkk., 2001)

Penelitian penurunan muka tanah di Jakarta yang dilakukan oleh Abidin, dkk. dengan melakukan pengukuran GPS di beberapa titik, dengan 4 titik diantaranya terdapat di Kota Jakarta Utara menunjukkan bahwa seluruh titik tersebut mengalami penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah tertinggi dengan GPS terdapat di titik Ancol Baru

sebesar -11,3 cm/tahun. Sedangkan, penurunan muka tanah terendah dengan GPS terdapat di titik Mutiara sebesar -1,1 cm/tahun.

Tabel IV-2. Data GPS Penurunan Muka Tanah Kota Jakarta Utara (Abidin, dkk., 2001)

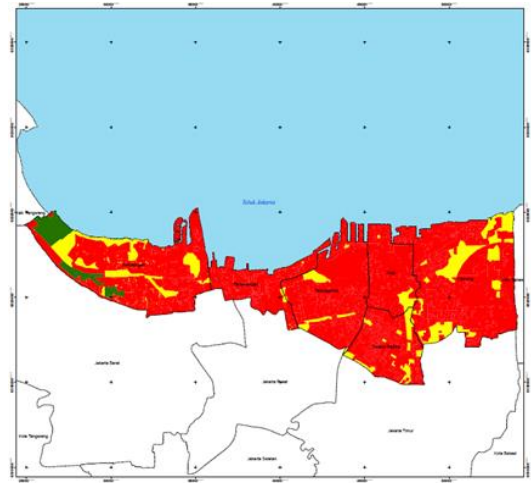
Titik	LS	BT	GPS (cm/tahun)
Marunda	-6,113	106,962	-2,6
Mutiara	-6,110	106,787	-1,1
Kapuk	-6,101	106,737	-4,3
Ancol Baru	-6,115	106,863	-11,3

Penurunan muka tanah sifatnya adalah kontinuitas, jika pada tahun sebelumnya suatu daerah mengalami penurunan muka tanah, maka ditahun berikutnya penurunan muka tanah didaerah tersebut semakin besar. Pada kasus dipenelitian ini, hasil DInSAR sebagian besar menunjukkan kenaikan muka tanah. Beberapa kemungkinan terjadi penyebab tidak terdeteksinya penurunan muka tanah di beberapa titik, antara lain adalah pengurukan tanah dan genangan air. Pembangunan di Kota Jakarta Utara cukup aktif sehingga memungkinkan terjadi pengurukan tanah di hampir seluruh wilayah Jakarta Utara. Sedangkan, untuk kemungkinan genangan dikarenakan penelitian ini menggunakan citra pada akuisisi bulan Desember 2015 dan bulan April 2016. Dari data curah hujan yang didapat oleh BMKG, pada bulan Desember 2015 besarnya curah hujan di tiga stasiun klimatologi mencapai 750 mm/bulan dan pada bulan April 2016 curah hujan di tiga stasiun klimatologi mencapai 350 mm/bulan. Mengingat, sifat dari gelombang saluran C yang mengalami *backscatter* saat menerima pantulan dari air, sehingga kemungkinan ada beberapa kesalahan dari proses DInSAR tersebut.

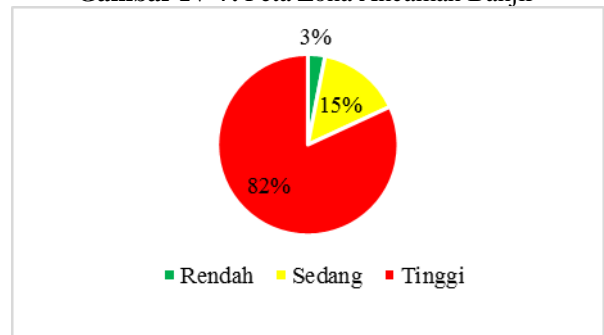
IV.3 Hasil dan Analisis Pemetaan Zona Ancaman Banjir

Gambar IV-7 dan IV-8 dapat dilihat bahwa representasi warna merah merupakan zona ancaman banjir tinggi yang mencapai 82% atau seluas 115.706.032,444 m², warna kuning merupakan zona ancaman banjir sedang yang mencapai 15 % atau seluas 21.229.545,740 m² dan warna hijau merupakan zona ancaman banjir rendah yang mencapai 3% atau seluas 4.350.438,643 m².

Dari hasil yang didapat, bahwa hampir seluruh wilayah Kota Jakarta Utara berpotensi tinggi terhadap ancaman banjir. Hal tersebut karena hampir seluruh wilayah Jakarta Utara digunakan sebagai pemukiman, sedangkan skor terbesar pada parameter penggunaan lahan adalah pemukiman dengan nilai skor sebesar 5. Sehingga, pemodelan ancaman bencana banjir yang dihasilkan dengan metode pembobotan cenderung memiliki kelas ancaman banjir tinggi. Hal tersebut juga dibuktikan oleh nilai persentasi ancaman banjir tinggi yang mencapai 82%.



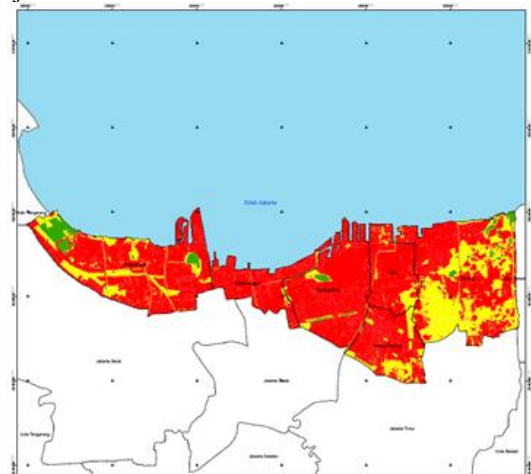
Gambar IV-7. Peta Zona Ancaman Banjir



Gambar IV-8. Persentase Luas Zona Ancaman Bnjir

IV.4 Hasil dan Analisis Korelasi Penurunan Muka Tanah Zona Ancaman Banjir

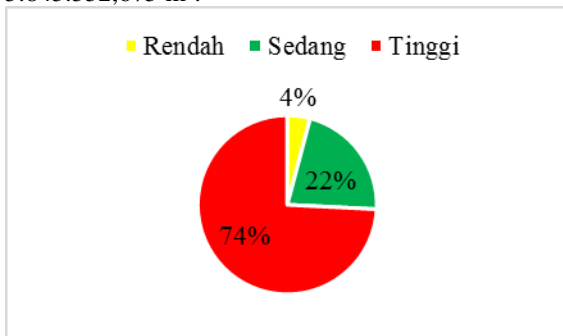
Pada Gambar IV-11, warna merah merupakan kesesuaian tinggi berupa representasi dari korelasi ketinggian 2,8 sampai dengan 9,7 cm terhadap zona ancaman banjir tinggi, warna kuning merupakan kesesuaian sedang berupa representasi dari korelasi ketinggian -4,1 sampai dengan 2,8 cm terhadap zona ancaman banjir sedang dan warna hijau merupakan kesesuaian rendah berupa representasi dari ketinggian 9,7 sampai dengan 16,6 cm terhadap zona ancaman banjir rendah.



Gambar IV-11. Peta Korelasi PMT terhadap Banjir

Pada kesesuaian tinggi yang mendominasi wilayah Jakarta Utara, ketinggian tidak mengalami penurunan. Hal tersebut dapat disebabkan adanya pembangunan yang terjadi seperti pengurukan tanah, mengingat sangat aktifnya pembangunan yang terjadi di Jakarta Utara sehingga terjadinya kenaikan muka tanah.

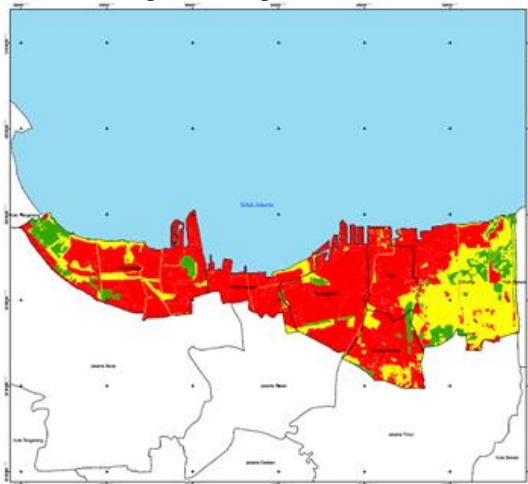
Gambar IV-12 dapat dilihat bahwa persentase luas kelas kesesuaian tinggi, yaitu mencapai 74% dengan luas 104.822.927,092 m², 22% kelas kesesuaian sedang dengan luas 30.617.537,06 m² dan 4% kelas kesesuaian rendah dengan luas 5.845.552,675 m².



Gambar IV-12. Persentase Luas Korelasi PMT terhadap Banjir

IV.5 Hasil dan Analisis Korelasi Spasial Penurunan Muka Tanah terhadap Penggunaan Lahan

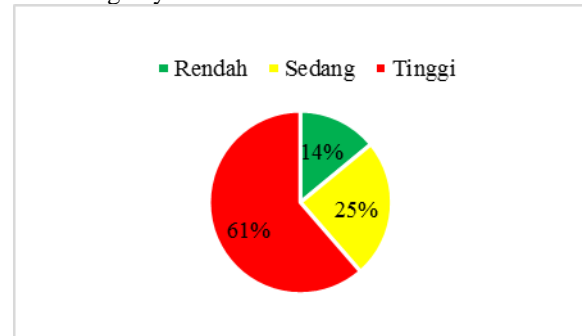
Tujuan dari pembuatan peta ini adalah untuk menganalisis dampak spasial yang ditimbulkan dari fenomena penurunan muka tanah. Adapun hasil pembuatan peta korelasi penurunan muka tanah Kota Jakarta Utara dapat dilihat pada Gambar IV-6.



Gambar IV-5. Peta Korelasi Spasial PMT

Warna merah merupakan representasi dari kesesuaian tinggi fenomena penurunan muka tanah terhadap spasial berupa kawasan terbangun, seperti: pemukiman, kawasan industri, kawasan transportasi, kawasan pemerintahan, dan lain sebagainya. Kemudian, warna kuning merupakan representasi dari kesesuaian sedang fenomena penurunan muka tanah terhadap spasial berupa bukan kawasan terbangun,

seperti: lahan pertanian dan peternakan, lahan kosong, hutan bakau, dan lain sebagainya. Selanjutnya, warna hijau merupakan representasi dari kesesuaian rendah fenomena penurunan muka tanah terhadap spasial berupa kawasan perairan, seperti: sungai, waduk, dan lain sebagainya.



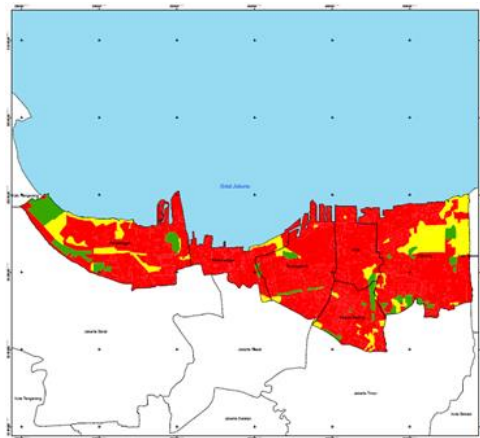
Gambar IV-6. Persentase Luas Korelasi Spasial PMT

Gambar IV-6 dapat dilihat bahwa persentase luas korelasi spasial penurunan muka tanah tertinggi adalah kelas kesesuaian tinggi, yaitu mencapai 61% atau seluas 86.762.837,094 m² yang tersebar merata di seluruh kecamatan di Kota Jakarta Utara. Sedangkan, untuk persentase luas korelasi spasial penurunan muka tanah kedua tertinggi adalah kelas kesesuaian sedang, yaitu mencapai 25% atau seluas 34.703.273,64 m². Sedangkan, untuk persentase kelas ancaman banjir yang terakhir adalah kelas kesesuaian rendah, yaitu mencapai 14% atau seluas 19.819.906,090 m².

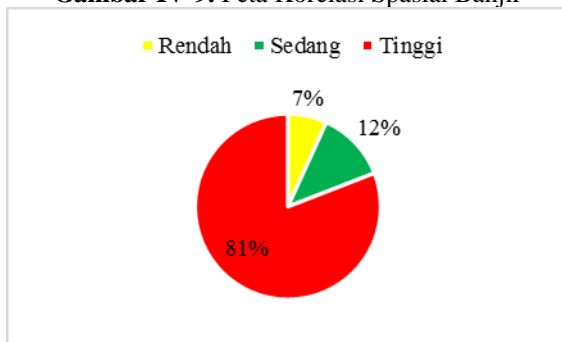
IV.6 Hasil dan Analisis Korelasi Spasial Zona Ancaman Banjir

Tujuan dari pembuatan peta ini adalah untuk menganalisis dampak spasial yang ditimbulkan dari fenomena penurunan muka tanah. Adapun hasil pembuatan peta ancaman banjir Kota Jakarta Utara dapat dilihat pada Gambar IV-9. Warna merah merupakan representasi dari kesesuaian tinggi fenomena banjir terhadap spasial berupa kawasan terbangun, seperti: pemukiman, kawasan industri, kawasan transportasi, kawasan pemerintahan, dan lain sebagainya. Kemudian, warna kuning merupakan representasi dari kesesuaian sedang fenomena banjir terhadap spasial berupa bukan kawasan terbangun, seperti: lahan pertanian dan peternakan, lahan kosong, hutan bakau, dan lain sebagainya. Selanjutnya, warna hijau merupakan representasi dari kesesuaian rendah fenomena banjir terhadap spasial berupa kawasan perairan, seperti: sungai, waduk, dan lain sebagainya.

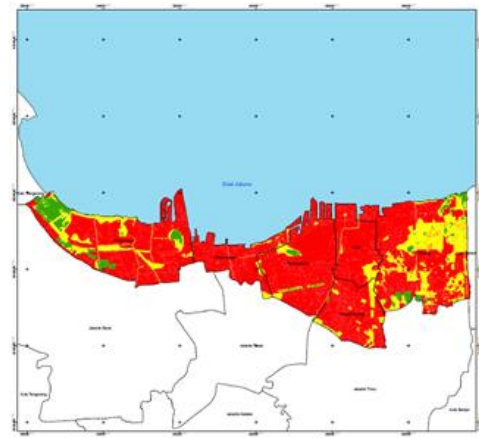
Pada Gambar IV-10 dapat dilihat bahwa persentase luas korelasi spasial penurunan muka tanah tertinggi adalah kelas kesesuaian tinggi, yaitu mencapai 81% atau seluas 114.284.882,530 m², 12% kelas kesesuaian sedang atau seluas 17.365.058,16 m² dan 7% atau seluas 9.636.076,131 m²



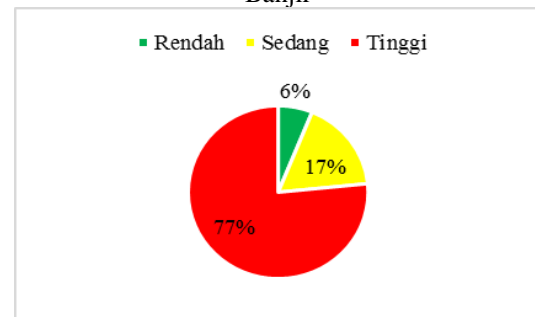
Gambar IV-9. Peta Korelasi Spasial Banjir



Gambar IV-10. Persentase Luas Korelasi Spasial Banjir



Gambar IV-13. Peta Korelasi Spasial PMT terhadap Banjir



Gambar IV-14. Persentase Luas Korelasi Spasial PMT terhadap Banjir

IV.6 Hasil dan Analisis Korelasi Spasial Penurunan Muka Tanah Zona Ancaman Banjir

Tujuan dari pembuatan peta ini adalah untuk menganalisis dampak spasial yang ditimbulkan dari fenomena penurunan muka tanah terhadap banjir. Adapun hasil pembuatan peta ancaman banjir Kota Jakarta Utara dapat dilihat pada Gambar IV-13. Warna merah merupakan representasi dari kesesuaian tinggi spasial fenomena penurunan muka tanah dan banjir terhadap spasial berupa kawasan terbangun, seperti: pemukiman, kawasan industri, kawasan transportasi, kawasan pemerintahan, dan lain sebagainya. Kemudian, warna kuning merupakan representasi dari kesesuaian sedang fenomena penurunan muka tanah dan banjir terhadap spasial berupa bukan kawasan terbangun, seperti: lahan pertanian dan peternakan, lahan kosong, hutan bakau, dan lain sebagainya. Selanjutnya, warna hijau merupakan representasi dari kesesuaian rendah fenomena penurunan muka tanah dan banjir terhadap spasial berupa kawasan perairan, seperti: sungai, waduk, dan lain sebagainya.

Pada Gambar IV-14 dapat dilihat bahwa persentase luas korelasi spasial penurunan muka tanah tertinggi adalah kelas kesesuaian tinggi, yaitu mencapai 77% dengan luas 108.182.957,001 m², 17% kelas kesesuaian sedang dengan luas 24.392.097,28 m² dan 6% kelas kesesuaian rendah dengan luas 8.710.962,545 m².

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang tinggi dan positif antara penurunan muka tanah dan banjir di Jakarta Utara. Karakteristik penurunan muka tanah yang bersifat linier menunjukkan bahwa penurunan muka tanah selalu terjadi setiap tahunnya secara konstan. Dibuktikan dari hasil penelitian Abidin, dkk. (2001) bahwa pada tahun 1997 sampai dengan 1998 terjadi penurunan muka tanah di Jakarta sebesar -11,3 sampai dengan -1,1 cm/tahun. Karena bersifat konstan, maka penurunan muka tanah ditahun berikutnya akan bertambah besar. Kemudian, dilihat dari data kejadian banjir umum Kota Jakarta Utara, pada tahun 2016 luas genangan banjir bertambah luas dibandingkan dengan tahun 2015. Sehingga, disimpulkan bahwa adanya korelasi yang tinggi antara penurunan muka tanah dan banjir.

5 Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Fenomena penurunan muka tanah dari hasil pengolahan DInSAR terjadi di empat dari enam kecamatan di Jakarta Utara, yaitu di Kecamatan Tanjungpriok sebesar -2,45 cm/tahun, Kecamatan Cilincing sebesar -0,18 cm/tahun, Kecamatan Penjaringan sebesar -4,37 cm/tahun dan Kecamatan Pademangan sebesar -

0,42 cm/tahun. Namun, dari hasil penelitian penurunan muka tanah di Jakarta yang dilakukan Abidin, dkk., pada tahun 2001, seluruh titik pengukuran GPS yang ada di Jakarta Utara terdeteksi adanya penurunan muka tanah sebesar -1,1 cm/tahun sampai dengan -11,3 cm/tahun. Fenomena penurunan muka tanah ini, dikarenakan sebagian besar wilayah Jakarta Utara berupa area terbangun, hal tersebut dapat dilihat dari Peta Penggunaan Lahan Jakarta Utara yang terdiri dari 71,6% area terbangun. Semakin padat pemukiman, maka semakin padat pula penduduk di Jakarta Utara, sehingga terjadinya pengambilan air terus menerus dan menyebabkan adanya rongga di dalam tanah. Selain itu, banyaknya gedung bertingkat berupa apartemen dan sektor industri menambah beban tanah Jakarta Utara yang sebagian besar sudah berongga dan merupakan jenis tanah *alluvial*, sehingga terjadilah fenomena penurunan muka tanah di Jakarta Utara.

2. Hasil dari korelasi spasial penurunan muka tanah terhadap banjir sebagian besar memiliki korelasi tinggi. Hal tersebut dikarenakan hampir diseluruh zona bencana banjir ancaman tinggi terdeteksi adanya penurunan muka tanah. Persentase zona bencana ancaman banjir tinggi di Jakarta Utara sebanyak 82% dengan luas 115.706.032,444 m² dan penurunan muka tanah yang terdeteksi terdapat di empat dari enam kecamatan Jakarta Utara. Selain itu, wilayah yang memiliki kesesuaian penurunan muka tanah dan banjir terhadap penggunaan senilai 77% dengan luas 108.182.952,001 m².
3. Dampak spasial yang ditimbulkan dari fenomena penurunan muka tanah terhadap banjir adalah 77% berkesesuaian tinggi dengan luas 108.182.952,001 m², 17% berkesesuaian sedang dengan luas 24.392.097,28 m² dan 6% berkesesuaian rendah dengan luas 8.710.962,545 m². Hal tersebut, dikarenakan sebagian besar wilayah Jakarta Utara terdiri dari 71,6% area terbangun, berupa: kawasan pemukiman yang mayoritas padat, kawasan industri, kawasan transportasi, kawasan pemerintahan, kawasan perkantoran dan kawasan fasilitas sosial.

V.2 Saran

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

1. Sebaiknya menggunakan citra SAR yang memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi agar hasil yang didapatkan lebih teliti.
2. Pengolahan DInSAR yang dilakukan sebaiknya menggunakan temporal yang lebih bervariasi agar dapat lebih mudah membandingkan penurunan muka tanah yang terjadi di Jakarta Utara.

3. Harapannya ada pembaharuan pada perangkat lunak SNAP agar bisa menggunakan DEM *external* mulai dari proses koregistrasi agar bisa mendapatkan hasil yang lebih baik dengan menggunakan citra Sentinel-1A.
4. Sebaiknya menggunakan data curah hujan di seluruh stasiun curah hujan Jakarta Utara agar menghasilkan pemodelan zona ancaman bencana banjir yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdhika. 2016. *Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk Prediksi Daerah Rawan Banjir di Kota Semarang*. Skripsi Sarjana. Universitas Dian Nuswantoro: Semarang.
- Abidin, dkk. 2001. *Land Subsidence of Jakarta (Indonesia) and its Geodetic Monitoring System*. *Natural Hazards* 23: 365–387, 2001.
- ACT. 2016. *Berbagai Jenis Banjir dan Penyebabnya*. Tersedia pada: <http://blog.act.id/berbagai-jenis-banjir-dan-penyebabnya/>. Diakses pada tanggal 18 November 2016.
- BPS. 2015. *Data Statistik Provinsi DKI Jakarta*. Tersedia pada: <https://jakarta.bps.go.id/>. Pada tanggal 3 April 2017.
- Cumming dan Wong. 2005. *Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data*. Norwood. Artech House, Inc.
- Kompas. 2016. *Tanah Turun Ancaman Serius*. Tersedia pada: <http://print.kompas.com/baca/metropolitan/2016/03/18/Tanah-Turun-Ancaman-Serius>. Diakses pada tanggal 16 Desember 2016.
- Marfai dan King. 2006. *Impact Of The Escalated Tidal Inundation Due to Land Subsidence in a Coastal Environment*. *Nat Hazards* (2008) 44:93–109.
- Pratiwi. 2016. *Pemetaan Multibencana Kota Semarang*. Skripsi Sarjana. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Republik Indonesia. 2007. *Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Diunduh pada: https://bnpb.go.id/ppid/file/UU_24_2007.pdf. Diakses pada tanggal 6 Januari 2017.
- Santoso. 2012. *Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS*. BMKG: Jakarta.
- Sholahuddin. 2015. *SIG untuk memetakan daerah banjir dengan metode skoring dan pembobotan (studi kasus kabupaten Jepara)*. Skripsi Sarjana. Universitas Dian Nuswantoro: Semarang.
- Yuwono. 2013. *Analisa Geospasial Penyebab Penurunan Muka Tanah di Kota Semarang*. Prosiding SNST ke-4. Universitas Wahid Hasyim: Semarang.