

Penggunaan InSAR untuk identifikasi daerah terdampak gempa dan likuefaksi di Kota Palu

Syachril Warasambi Mispaki ^{a, 1*}, Mitha Asyita Rahmawaty ^{a, 2}

^a Program Studi Perencanaan Tata Ruang dan Pertanahan, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Jawa Tengah, Indonesia

¹ syachrilwarasambim@lecturer.undip.ac.id*;

² mithaasyitara@lecturer.undip.ac.id*;

*korespondensi penulis

Informasi artikel	A B S T R A K
<p><i>Sejarah artikel</i> Diterima : 14 April 2021 Revisi : 25 Mei 2021 Dipublikasikan : 30 November 2021</p>	<p>Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 di Kota Palu dan Kabupaten Donggala mengakibatkan dampak kerusakan yang besar. Pendataan daerah terdampak gempa menjadi hal yang sangat penting karena menentukan tindakan penanganan bencana. Proses pendataan dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti survei langsung dan survei tak langsung. Survei tak langsung memiliki beberapa keunggulan yaitu cepat dan area yang disurvei luas. Beberapa metode survei tak langsung antara lain penggunaan penginderaan jauh pasif seperti citra optis dan penginderaan jauh aktif seperti SAR. Penggunaan metode SAR menjadi alternatif yang dapat digunakan dikarenakan tidak terhambat oleh awan dan cahaya matahari sehingga dapat digunakan dalam berbagai keadaan. Hasil pengolahan data SAR menggunakan metode InSAR dapat mengidentifikasi kerusakan area terdampak menggunakan penurunan nilai <i>coherence</i>. Seperti yang ditunjukkan pada penelitian ini daerah kecamatan Palu Timur mengalami kerusakan paling besar dengan penurunan nilai <i>coherence</i> sebesar 0,3694. Terdapat beberapa kelemahan dalam metode InSAR ketika daerah yang diteliti berupa tutupan vegetasi maka hasilnya akan tidak sesuai seperti daerah likuefaksi yang berada di sidera Jono Oge yang hanya terjadi penurunan 0,064 padahal terjadi peristiwa likuefaksi.</p>
<p>Kata kunci: Gempa bumi Penginderaan jauh SAR InSAR Likuefaksi</p>	<p>A B S T R A C T The earthquake that occurred on September 28, 2018, in Palu City and Donggala Regency resulted in major damage impacts. Data collection on the areas affected by the earthquake is very important because it determines disaster management actions. The data collection process can be carried out by several methods such as direct surveys and indirect surveys. The indirect survey has several advantages, namely, it is fast, and the area surveyed is wide. Some indirect survey methods include the use of passive remote sensing such as optical imagery and active remote sensing such as SAR. The use of the SAR method is an alternative that can be used because it is not obstructed by clouds and sunlight so it can be used in various circumstances. The results of processing SAR data using the InSAR method can identify damage to the affected area using a decrease in the coherence value. As shown in this study, the East Palu sub-district suffered the greatest damage with a decrease in the coherence value of 0.3694. There are several weaknesses in the InSAR method when the area under study is in the form of vegetation cover, so the results will</p>
<p>Keywords: Earthquake Remote sensing SAR InSAR Liquefaction</p>	

not match the liquefaction area in the Jono Oge sidera which only decreased 0.064 in the event of a liquefaction.

Pendahuluan

Peristiwa gempa bumi yang terjadi di Kota Palu yang memiliki magnitudo 7,8 SR dan diikuti Peristiwa Tsunami pada tanggal 28 September 2018 mengakibatkan dampak kerusakan yang cukup besar di Kota Palu dan sekitarnya. Identifikasi area terdampak akibat gempa bumi menjadi kegiatan yang sangat penting sesaat setelah terjadinya gempa bumi. Proses identifikasi area terdampak dapat digunakan sebagai data acuan dalam menentukan proses pemulihan (Yamazaki dkk, 2018).

Proses identifikasi daerah terdampak gempa bumi dan Tsunami dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu survei langsung dan menggunakan metode penginderaan jauh (Vu dkk., 2009). Penggunaan metode survei langsung sangat bergantung dengan keadaan area setelah terjadinya bencana. Pada daerah yang akses terputus akibat gempa bumi dan tsunami maka proses identifikasi daerah terdampak bencana akan menjadi sulit. Selain itu, waktu yang diperlukan pada proses identifikasi menjadi panjang sehingga untuk menentukan langkah-langkah selanjutnya menjadi terhambat (Matsuoka & Yamazaki, 2006; Yamazaki dkk., 2018).

Penggunaan metode penginderaan jauh menjadi lebih menjanjikan untuk proses identifikasi daerah terdampak bencana. Hal tersebut disebabkan pemrosesan data penginderaan jauh dapat dilakukan tanpa harus melakukan survei langsung dan waktu yang digunakan lebih cepat. Metode penginderaan jauh yang biasa digunakan untuk proses identifikasi adalah data citra optis dan citra SAR (Casagli dkk., 2017).

Penggunaan data citra optis dapat menunjukkan keadaan *real* pada saat setelah kejadian bencana. Salah satu kekurangan yang dimiliki oleh citra optis adalah adanya tutupan awan. Tutupan awan ini sering terjadi dikarenakan posisi Indonesia yang berada di garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia memiliki curah hujan yang tinggi. Perlu ada metode alternatif lain yang dapat digunakan

untuk melakukan proses identifikasi daerah terdampak bencana (Stier, 2016).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk proses identifikasi dan tidak terpengaruh oleh awan adalah menggunakan metode penginderaan jauh sensor aktif. Metode penginderaan jauh yang kemudian dipilih adalah dengan menggunakan data SAR. Penggunaan data SAR menjadi pilihan dikarenakan data yang tersedia sangat banyak berbeda dengan data lain seperti Lidar. Data Lidar yang tersedia sangat terbatas, sehingga potensi penggunaan data SAR lebih besar daripada metode- metode yang lain (Yamazaki dkk., 2018).

Metode

Langkah-langkah identifikasi data SAR

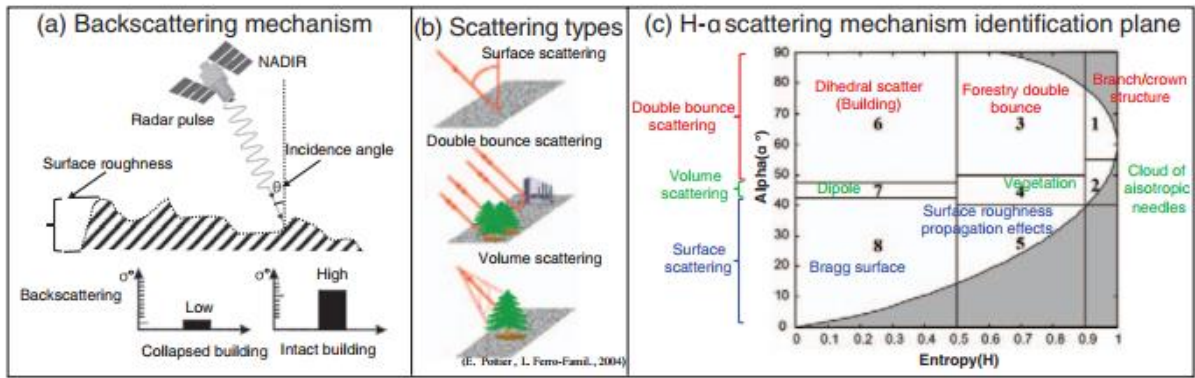
Pada proses identifikasi daerah yang mengalami kerusakan penelitian ini menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 2 dimana proses InSAR dilakukan dua kali. Proses pertama dilakukan sebelum terjadinya gempa dan proses kedua dilakukan setelah terjadinya gempa. Pada proses InSAR hasil yang digunakan sebagai analisis bangunan rusak adalah nilai *coherence* yang dihasilkan dari setiap pasangan data SAR, ditunjukkan Gambar 1.

Nilai *coherence* diperoleh dari perkalian bilangan kompleks dari dua data SAR. *Coherence* dapat dirumuskan menjadi (Zebker & Villasenor, 1992):

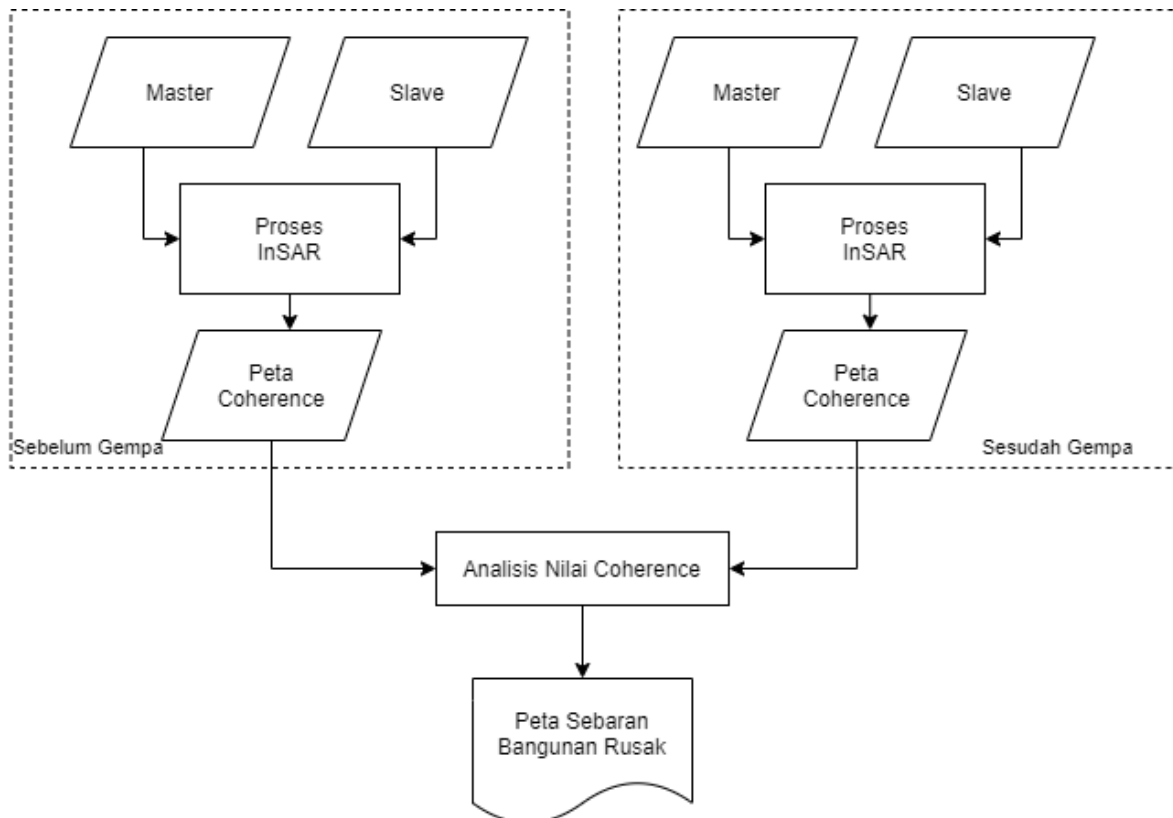
$$\gamma = \frac{(S_1 S_2^*)}{\sqrt{(S_1 S_1^*)(S_2 S_2^*)}}$$

S₁ dan S₂ adalah nilai kompleks dari dua data SAR. Besaran nilai *coherence* di lambangkan dengan γ . Nilai *coherence* memiliki rentang diantara 0 sampai dengan 1. Nilai *coherence* yang kompleks memiliki nilai 1. Tetapi pada proses data SAR nilai *coherence* tidak pasti sama. Perbedaan nilai ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu geometri, volumetrik, temporal dan termal (Sandwell dkk., 2008; Wei & Sandwell, 2010).

$$\gamma = \gamma_{Geometri} \gamma_{Volumetrik} \gamma_{temporal} \gamma_{thermal}$$



Gambar 1. Diagram mekanisme pantulan pada data SAR (Bai dkk., 2017)



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Data Penelitian

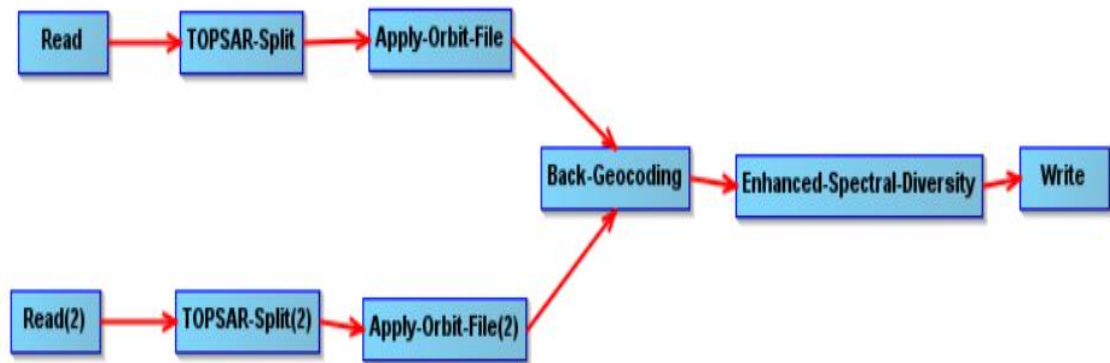
No	Tanggal Akuisisi	Tipe Produce	Misi	Mode Akuisisi	Jenis Terbang	Track	Orbit	Polarisasi
1	26-May-18	SLC	Sentinel-1A	IW	Descending	134	22081	VV-VH
2	07-Jun-18	SLC	Sentinel-1A	IW	Descending	134	22256	VV-VH
3	04-Nov-18	SLC	Sentinel-1B	IW	Descending	134	13460	VV-VH

Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data Sentinel-1 yang diakuisisi sebelum dan sesudah peristiwa gempa bumi terjadi. Data Sentinel-1 kemudian dipilih untuk menjadi citra *Master* dan citra *Slave*. Data yang digunakan dalam penelitian ini disebutkan pada Tabel 1. Data yang digunakan sebagai data awal sebelum gempa adalah pasangan

data yang diakuisisi sebelum tanggal 28 September 2018 yaitu data no 1 dan no 2. Penggunaan data pada bulan Mei dan Juni bertujuan untuk melihat keadaan awal Kota Palu yang belum terpengaruh dengan gempa. Sedangkan, pasangan kedua adalah pasangan data yang digunakan setelah terjadinya gempa dan Tsunami di Palu, yaitu data no 3.

Proses InSAR



Gambar 3. Proses persiapan data sentinel-1

Data penelitian yang sudah disebutkan pada Tabel 1 akan diproses menjadi dua tahapan. Tahapan yang pertama adalah untuk mempersiapkan data yang disajikan melalui Gambar 3 digambarkan proses awal sampai dengan proses akhir dari persiapan data. Proses ini bertujuan untuk menyiapkan data yang sudah siap untuk dilakukan proses InSAR.



Gambar 4. Pemrosesan data coherence

Proses kedua adalah untuk menghasilkan data nilai *coherence*. Proses ini dilakukan dengan mengikuti alur pada Gambar 4. Pemrosesan ini menghasilkan nilai *coherence* untuk setiap pasang data. Dari nilai *coherence* ini akan dilakukan proses analisis kerusakan pada daerah terdampak gempa dan tsunami di Palu.

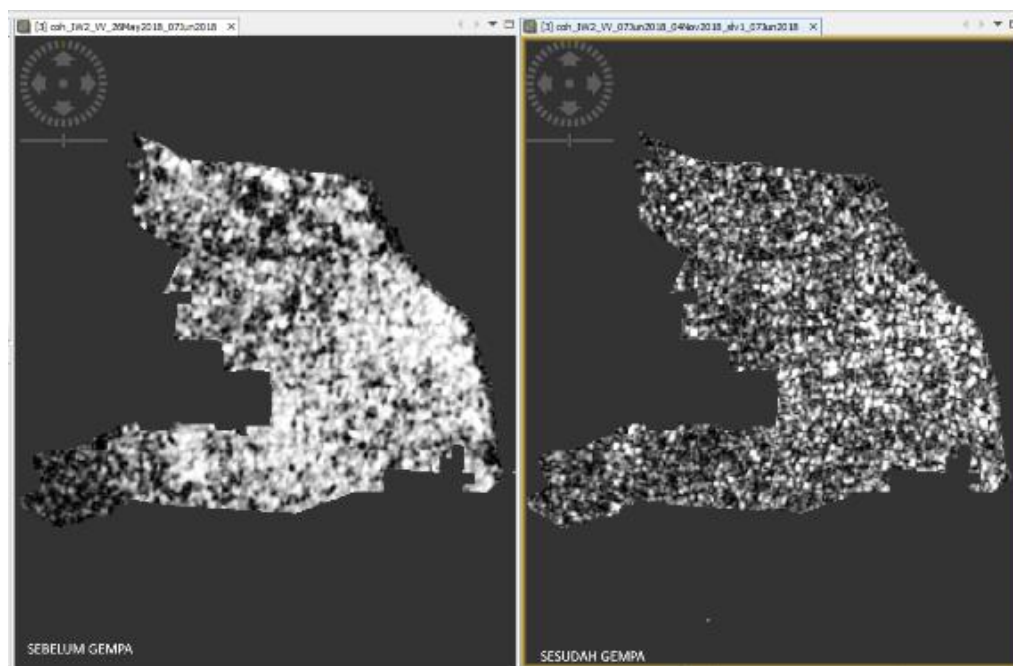
Hasil dan pembahasan

Coherence

Nilai *coherence* yang dihasilkan dari proses InSAR antara pasangan pertama dan pasangan kedua menghasilkan nilai yang berbeda. Hasil yang berbeda ini dipengaruhi dari objek yang memantulkan gelombang untuk kembali ke *receiver*. Perbedaan hasil ini yang menjadi dasar untuk menentukan dampak kerusakan yang diakibatkan oleh Gempa Bumi di Kota Palu. Sebagai contoh nilai *coherence* yang dihasilkan pada proses InSAR data sebelum gempa ditunjukkan dengan nilai statistik dan nilai kesalahan pada kecamatan Palu Barat yang ditunjukkan pada Gambar 6. Sedangkan, visualisasi kenampakan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil berbeda ditunjukkan pada peristiwa setelah terjadinya peristiwa gempa bumi, hal itu ditunjukkan pada Gambar 7 yang berisi mengenai statistik dan *error* kesalahan pada proses pembentukan *coherence* pada daerah kecamatan palu Barat setelah peristiwa Gempa Bumi. Perbedaan nilai *coherence* pada kecamatan palu barat dapat dilihat dari beberapa nilai yang dihasilkan

seperti minimum, *mean*, median dan *maximum coherence*. Nilai *mean* pada saat kondisi sebelum terjadi peristiwa gempa di daerah kecamatan Palu Barat adalah 0,5989. Nilai *mean* tersebut berubah setelah peristiwa gempa bumi yaitu menjadi 0,3203. Penurunan nilai

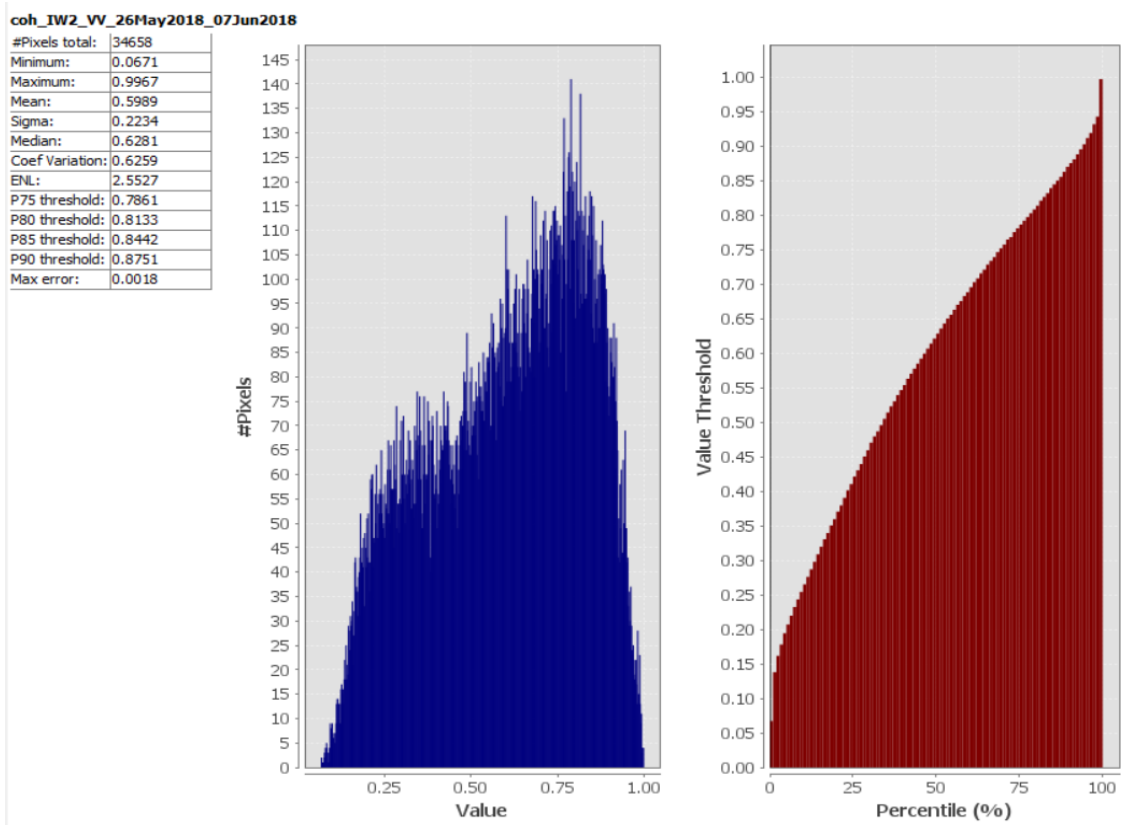
coherence ini menunjukkan perubahan terhadap objek yang diamati. Selain nilai *coherence* yang berubah, perubahan juga ditunjukkan secara visual pada Gambar 5 dominasi putih sudah berkurang.



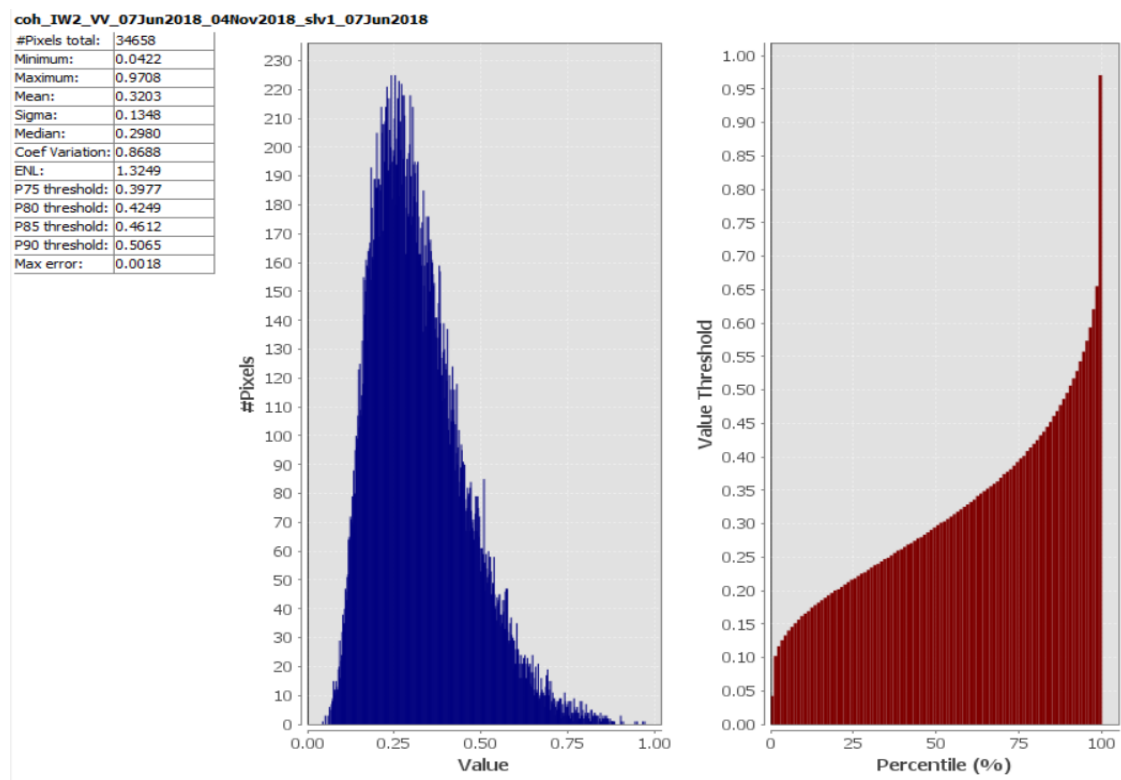
Gambar 5. Nilai *Coherence* Sebelum (kanan) dan Sesudah (Kiri) Gempa Bumi kecamatan Palu Barat

Tabel 2. Hasil nilai *coherence* sebelum dan sesudah gempa bumi

No	Kecamatan	Sebelum Gempa				Setelah Gempa			
		<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Median</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Median</i>
1	Palu Barat	0,0671	0,9967	0,5989	0,6276	0,0422	0,9708	0,3203	0,2976
2	Palu Timur	0,0571	0,9969	0,6537	0,6876	0,0389	0,9145	0,3438	0,3182
3	Palu Selatan	0,0376	0,997	0,487	0,4629	0,0307	0,9559	0,3096	0,2839
4	Ulujadi	0,0356	0,997	0,3245	0,2894	0,0334	0,9886	0,2818	0,265
5	Palu Utara	0,0334	0,995	0,3307	0,3002	0,034	0,9336	0,2764	0,2589
6	Mantikulore	0,0241	0,997	0,3184	0,2848	0,0314	0,9804	0,2748	0,2582
7	Sigi Biomaru	0,0297	0,9934	0,2926	0,2697	0,0237	0,9787	0,2692	0,2548
8	Marawola	0,0365	0,993	0,3424	0,3072	0,0289	0,9343	0,2741	0,2589
9	Tatanga	0,0444	0,9978	0,4323	0,3914	0,0356	0,9863	0,2943	0,2739



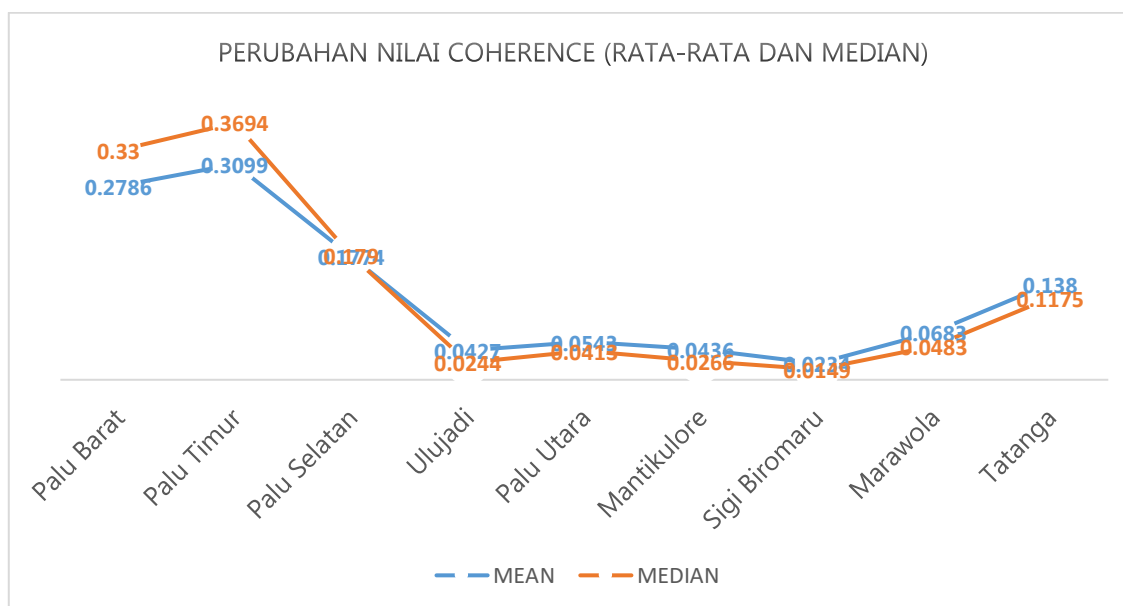
Gambar 6. Histogram dan Nilai Statistik Nilai *Coherence* Kecamatan Palu Barat Sebelum Terjadinya Gempa Bumi



Gambar 7. Histogram dan Nilai Statistik Kecamatan Palu Barat Setelah Terjadinya Gempa Bumi

Selain pada daerah kecamatan Palu Barat yang menunjukkan perubahan pada nilai *coherence*, daerah lain yang terdampak gempa juga mengalami perubahan. Perubahan nilai *coherence* dapat dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan nilai statistika *coherence* dari sebelum dan sesudah terjadinya peristiwa Gempa Bumi di Kota Palu pada tanggal 28 September 2018.

Pada Tabel 2 menunjukkan daerah Kecamatan Palu Timur mengalami penurunan nilai *coherence* yang paling besar. Penurunan nilai *mean* dan *median* yang terjadi adalah sebesar 0,3694 dan 0,3099. Hal tersebut dapat menjadi sebuah indikasi bahwa di daerah Kecamatan Palu Timur mengalami dampak kerusakan yang besar disebabkan oleh Gempa Bumi.



Gambar 8. Grafik perubahan nilai *coherence* sebelum dan sesudah gempa bumi

Tabel 3. Nilai *coherence* sebelum dan sesudah daerah likuefaksi

No	Daerah Likuefaksi	Sebelum Gempa		Setelah Gempa	
		Mean	Median	Mean	Median
1	Balaroa	0,610431	0,636389	0,247322	0,235489
2	Petobo	0,426313	0,37406	0,252989	0,23856
3	Sidera Jono Oge	0,318406	0,27784	0,254483	0,239694

Sumber: Analisis Penulis, 2019

Perubahan nilai *mean* dan *median* juga terjadi di kecamatan yang lain. Sebaran perubahan nilai *coherence* ditunjukkan pada grafik Gambar 8 yang menunjukkan bahwa daerah yang mengalami perubahan terkecil adalah Kecamatan Sigi Biromaru yang hanya mengalami perubahan nilai *mean* dan *median* sebesar 0,0234 dan 0,0149.

Daerah Likuefaksi

Gempa bumi yang terjadi di Kota Palu mengakibatkan kerusakan bangunan dan juga peristiwa likuefaksi di beberapa daerah. Daerah yang mengalami peristiwa likuefaksi antara lain Balaroa, Petobo dan Sidera Jono Oge. Nilai *coherence* yang terjadi di daerah likuefaksi dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 terjadi hal menarik pada nilai perubahan *coherence* yang terjadi di daerah Sidera Jono Oge yaitu perubahan nilai *coherence mean* dan *median* hanya 0,064 dan 0,038. Sedangkan, perubahan yang untuk daerah lain terdampak likuefaksi ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil dari nilai *coherence* pada daerah likuefaksi menjadi menarik ketika di sandingkan dengan data luasan terdampak likuefaksi yang dikeluarkan oleh BNPB. Daerah yang terdampak ditentukan menggunakan metode digitasi berdasarkan citra satelit Sentinel-2. Hasil dari proses deliniasi daerah terdampak menghasilkan luasan yang ditunjukkan pada Tabel 4. Daerah Sidera jono Oge menjadi wilayah terdampak likuefaksi terluas dengan luasan mencapai 209,588 Ha. Nilai luasan tersebut menjadi tanda bahwa daerah tersebut mengalami proses likuefaksi yang luar biasa. Tetapi pada pemrosesan nilai *coherence*, daerah Sidera Jono Oge menjadi daerah yang tidak mengalami perubahan besar.

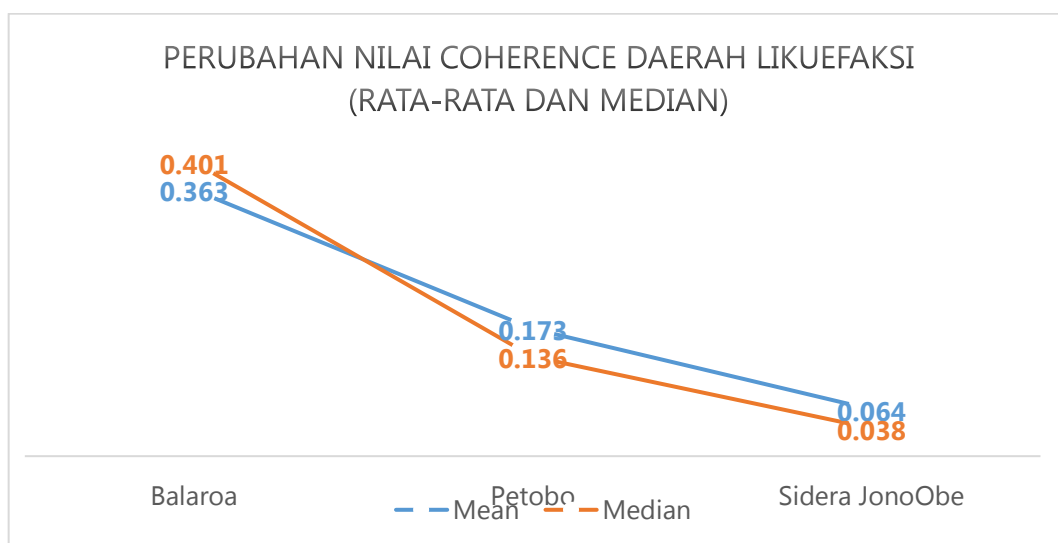
Berbeda dengan daerah lain seperti Balaroa dan Petobo.

Perubahan nilai *coherence yang* kecil ini dapat dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya daerah tersebut dipenuhi oleh vegetasi (Watanabe dkk., 2016). Pada daerah Sidera Jono Oge hal tersebut ditunjukkan pada nilai *median* dan *mean* yang juga kecil hal tersebut mengindikasikan daerah tersebut didominasi oleh vegetasi. Hal tersebut dapat dilihat dari citra optis sebelum dan sesudah Gempa Bumi pada Gambar 10

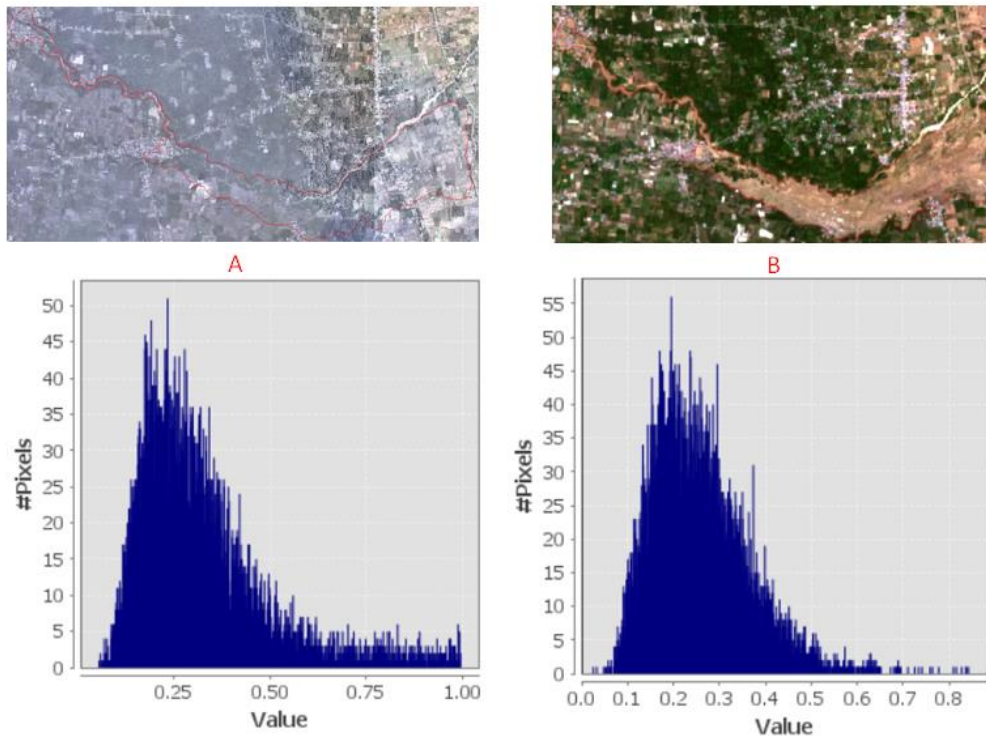
Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa daerah Sidera Jono Oge memiliki tutupan lahan yang didominasi oleh sawah. Sehingga dari awal sebelum terjadinya peristiwa gempa bumi dan likuefaksi nilai *coherence* didaerah ini sudah cukup rendah berbeda dengan daerah terdampak likuefaksi lainnya yang didominasi tutupan lahan berupa rumah tinggal (*man made*).

Tabel 4. Luas Wilayah terdampak Likuefaksi

N0	Daerah Likuefaksi	Luas (Ha)
1	Balaroa	40,0029
2	Petobo	181,214
3	Sidera Jono Oge	209,588



Gambar 9. Perubahan nilai *coherence* pada daerah terdampak likuefaksi



Gambar 10. Citra optis sebelum (A) dan sesudah (B) gempa bumi dan likuefaksi

Simpulan

Penggunaan metode InSAR dalam pemetaan bencana bisa digunakan dikarenakan mampu menampilkan nilai perubahan obyek. Hal ini ditunjukkan dari perubahan nilai *coherence* kecamatan – kecamatan yang ada di kota Palu seperti palu Barat yang memiliki nilai *coherence* 0,5989 kemudian turun menjadi 0,3203. Perubahan nilai *coherence* menunjukkan telah terjadinya dekorelasi antara data sebelum dan sesudah terjadinya gempa. Dekorelasi ini disebabkan oleh perubahan obyek atau kerusakan obyek yang terjadi karena gempa.

Pada daerah yang terjadi peristiwa likuefaksi terdapat satu daerah yang datanya memiliki keanehan yaitu daerah Sidera Jono Oge. Keanehan tersebut ditunjukkan dengan nilai *coherence* sebelum terjadi peristiwa gempa 0,3184 dan sesudah terjadinya gempa 0,2544. Nilai perubahan *coherence* sangat kecil berbanding terbalik dengan luasan daerah likuefaksi Sidera Jono Oge yang mencapai 209,588 Ha. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya penggunaan data Sentinel-1 yang menggunakan gelombang C memiliki keterbatasan dalam penetrasi terhadap tutupan

vegetasi. Sehingga nilai *coherence* yang didapat sangat kecil baik sebelum maupun sesudah terjadinya peristiwa gempa bumi.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada *Alaska Satellite Facility* yang menyediakan data dalam penelitian ini.

Referensi

- Bai, Y., Adriano, B., Mas, E., & Koshimura, S. (2017). Building damage assessment in the 2015 Gorkha, Nepal, Earthquake using only post-event dual polarization synthetic aperture radar imagery. *Earthquake Spectra*, *33* (Special issue 1), S185–S195. <https://doi.org/10.1193/121516EQS232M>
- Casagli, N., Frodella, W., Morelli, S., Tofani, V., Ciampalini, A., Intrieri, E., Raspini, F., Rossi, G., Tanteri, L., & Lu, P. (2017). Spaceborne, UAV and ground-based remote sensing techniques for landslide mapping, monitoring and early warning. *Geoenvironmental Disasters*, *4*(1). <https://doi.org/10.1186/s40677-017-0073-1>
- Matsuoka, M., & Yamazaki, F. (2006). Use of SAR

- Imagery for Monitoring Areas Damaged Due to the 2006 Mid Java, Indonesia Earthquake. *Distribution*, 2–6.
- Sandwell, D. T., Myer, D., Mellors, R., Shimada, M., Brooks, B., & Foster, J. (2008). Accuracy and resolution of ALOS interferometry: Vector deformation maps of the Father's Day intrusion at Kilauea. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(11), 3524–3534. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2000634>
- Stier, P. (2016). Limitations of passive remote sensing to constrain global cloud condensation nuclei. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(10), 6595–6607. <https://doi.org/10.5194/acp-16-6595-2016>
- Vu, T. T., Yamazaki, F., & Matsuoka, M. (2009). Multi-scale solution for building extraction from LiDAR and image data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(4), 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.03.005>
- Watanabe, M., Thapa, R. B., Ohsumi, T., Fujiwara, H., Yonezawa, C., Tomii, N., & Suzuki, S. (2016). Detection of damaged urban areas using interferometric SAR coherence change with PALSAR-2. *Earth, Planets and Space*, 68(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0513-2>
- Wei, M., & Sandwell, D. T. (2010). Decorrelation of L-band and C-band interferometry over vegetated areas in California. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48 (7), 2942–2952. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2010.2043442>
- Yamazaki, F., Liu, W., & Kojima, S. (2018). *Use of Airborne Sar Imagery To Extract Earthquake Damage in Urban Areas*.
- Zebker, H. A., & Villasenor, J. (1992). Decorrelation in interferometric radar echoes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(5), 950–959. <https://doi.org/10.1109/36.175330>