



ANALISIS DAMPAK KERUSAKAN INFRASTRUKTUR AKIBAT LIKUIFAKSI DI PALU

Sainuddin^{1*)}

¹⁾Universitas Sulawesi Barat

Email: ^{1)}sainuddin@unsulbar.ac.id

ABSTRACT

The objectives of this study was to (1) analyze infrastructure damages (buildings and roads) due to liquefaction based on Open Street Map (OSM) data, (2) analyze spatial distribution patterns of infrastructure damage due to liquefaction, (3) analyze the characteristics of satellite imagery before and after liquefaction based on the time series (sentinel 2) satellite image index. The results showed that the Petobo was the most affected by liquefaction, with a percentage of damage in roads is 83.7% and buildings is 99.68%. Then the results was obtained from the spatial spread analysis of pattern have been analyzed and mapped with the heatmap method and the 100mmx100m grid method. The tendency of the distribution pattern of buildings (Petobo, Balaroa, and Jono Oge) follows the standard distance ellips method, while the distribution of buildings (Lolu) follows the standard distance pattern. Furthermore, the results of the spatial analysis of NDVI satellite images show the colors shading that indicate vegetation or the level of density (greening) on a land where the green color indicates the density on a land. While the results of the spatial analysis of NDWI images explain the distribution of colors that show humidity in a land.

Keywords: *liquifaction, QGIS, OSM, spatial analysis*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki struktur tektonik yang unik dan kompleks (Kusumawardani, Nugroho, & Isnaeni, 2018). Palu merupakan salah satu daerah di Indonesia yang sering terjadi gempa dan mempunyai seismisitas tinggi. Geologi regional daerah Palu dan sekitarnya didominasi oleh endapan kuarter yang terdiri atas endapan fluvial dan alluvium. Kondisi alam tersebut memiliki beberapa potensi yang merugikan di antaranya adalah potensi likuifaksi (Murtianto, 2012). Peristiwa gempa bumi besar dapat menimbulkan dampak primer seperti guncangan, kenaikan dan penurunan tektonik,

patahan permukaan, dan dampak sekunder seperti tsunami, longsor dan likuifaksi (Tohari, Sugianti, Syahbana, & Soebowo, 2015).

Peristiwa likuifaksi saat gempa dapat ditandai dengan adanya pergerakan tanah dalam arah horizontal, rembesan air keluar dari rekahan tanah, bergesernya bangunan ke elevasi terendah dengan kondisi miring atau turun, penurunan muka tanah, serta terjadinya longsor pada tanggul dan lereng. Pada bangunan yang berada pada daerah terlikuifaksi dapat berakibat terjadinya ambles, miring atau bergerak ke samping atau bahkan mengakibatkan keruntuhan bangunan tersebut (Warman & Jumas, 2013). Kriteria kerusakan

akibat gempa bumi di kategorikan menjadi 3 (tiga) kategori yaitu rusak berat, rusak sedang dan rusak ringan. Penentuan kategori untuk menentukan kriteria kerusakan berbeda antara wilayah yang satu dengan wilayah yang lain (Kementerian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan, 2013).

Kejadian gempa berkekuatan 7,4 skala Richter (SR) yang mengguncang Palu dan sejumlah daerah di Sulawesi Tengah pada 28 September 2018, beberapa daerah seperti Kawasan Petobo, Balaroa, Jono Oge dan Lolu mengalami fenomena alam yang disebut likuifaksi. Proses yang terjadi karena gempa ini menyebabkan berbagai rumah roboh, permukaan tanah bergerak dan ambles sehingga semua bangunan hancur. Likuifaksi masif pasca gempa seperti kawasan Petobo, Balaroa, Jono Oge, dan Lolu masuk zona rawan bencana 4 atau zona terlarang.

Berdasarkan perumusan masalah tersebut di atas maka tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis kerusakan infrastruktur (bangunan dan jalan) akibat likuifaksi berdasarkan data Open Street Map (OSM).
2. Menganalisis model pola sebaran spasial kerusakan infrastruktur akibat likuifaksi.
3. Menganalisis karakteristik citra satelit sebelum dan sesudah likuifaksi berdasarkan indeks citra satelit time series (sentinel 2).

2. METODOLOGI

1. Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Petobo, Balaroa, Jono Oge, dan Lolu sebagai karakteristik model spasial daerah yang dianalisis berbasis GIS (*Geographic Information System*) dan remote sensing. Fokus utama dalam penelitian ini adalah daerah Petobo, Balaroa, Jono Oge, dan Lolu.



Gambar 1. Peta Lokasi Sebelum Likuifaksi
Sumber: Google Earth



Gambar 2. Peta Lokasi Sesudah Likuifaksi
Sumber: Google Earth

2. Metode Pengumpulan Data

Pada pengujian ini data di peroleh dari program QGIS menggunakan metode OSM (Open Street Map), analisis Spasial dan Analisis Spasial Index Citra Satelit. Adapun analisis model spasial yang akan dilakukan dengan bantuan program QGIS open Source dalam hal : Karakteristik pemetaan jaringan jalan berbasis GIS, Analisis Digital Elevation Model (Kontur wilayah, slope, hillshade dan DAS sungai), Analisis karakteristik spasial dengan citra landsat (Analisis indeks vegetasi ((NDVI, NDBI, Analisis indeks hidrologi (NDWI)).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

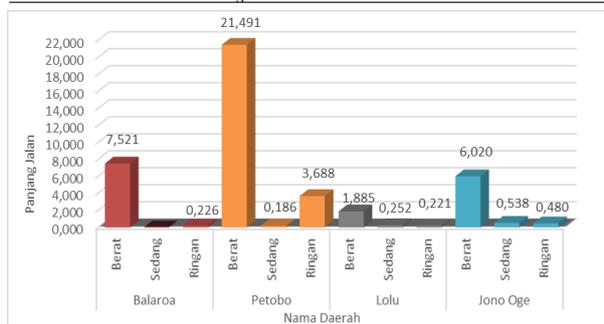
a. Data OSM (Open Street Map)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan software QGIS dengan metode analisis spasial, peta jaringan jalan daerah yang terdampak likuifaksi dan data jaringan jalan diunduh dari Open Street Map melalui aplikasi QGIS berupa file shp. Dimana

panjang jalan pada setiap daerah yang sebelum terjadinya bencana likuifaksi dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 1. Panjang jalan sesudah terjadinya likuifaksi

Nama Wilayah	Tipe Kerusakan	Panjang
Balarooa	Berat	7.521
	Sedang	0.000
	Ringan	0.226
Petobo	Berat	21.491
	Sedang	0.186
	Ringan	3.688
Lolu	Berat	1.885
	Sedang	0.252
	Ringan	0.221
Jono Oge	Berat	6.020
	Sedang	0.538
	Ringan	0.480

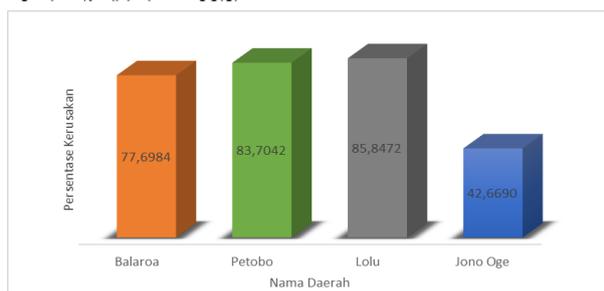


Gambar 3. Grafik Panjang jalan setelah likuifaksi

Pada Gambar 3 dapat dilihat besar kerusakan jaringan jalan yang terjadi dimana kerusakan jaringan jalan terpanjang terjadi pada daerah Petobo dengan panjang total jaringan jalan yang mengalami kerusakan berat 21.491 km, panjang jaringan jalan yang mengalami kerusakan sedang 0.186 km dan panjang jalan yang mengalami kerusakan ringan.

Tabel 2. Rekapitulasi Panjang jalan sebelum dan sesudah likuifaksi

Nama	Panjang Jalan Sebelum Likuifaksi (Km)	Panjang Jalan Setelah Likuifaksi (Km)	Persentase Kerusakan (%)
Balarooa	9.9702	7.7467	77.6984
Petobo	30.3024	25.3644	83.7042
Lolu	2.7469	2.3581	85.8472
Jono Oge	16.4931	7.0374	42.6690

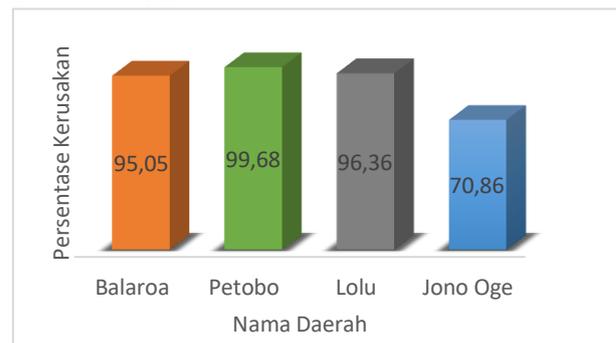


Gambar 4. Barchart rekapitulasi Panjang jalan sebelum dan sesudah likufaksi

Pada Gambar 4 persentase kerusakan jaringan jalan akibat terjadinya bencana likuifaksi kerusakan jaringan jalan terparah pada daerah Lolu dengan persentase kerusakan 85.8472% dan daerah yang mengalami kerusakan jaringan jalan paling sedikit pada daerah Jono Oge dengan persentase kerusakan 42.6690%.

Tabel 3. Panjang bangunan sebelum dan sesudah likuifaksi

Nama	Luas Tapak Bangunan (m ²)	Jumlah Bangunan
Balarooa	171782.00	1421
Petobo	284226.66	2375
Lolu	18363.61	224
Jono Oge	53452.59	625



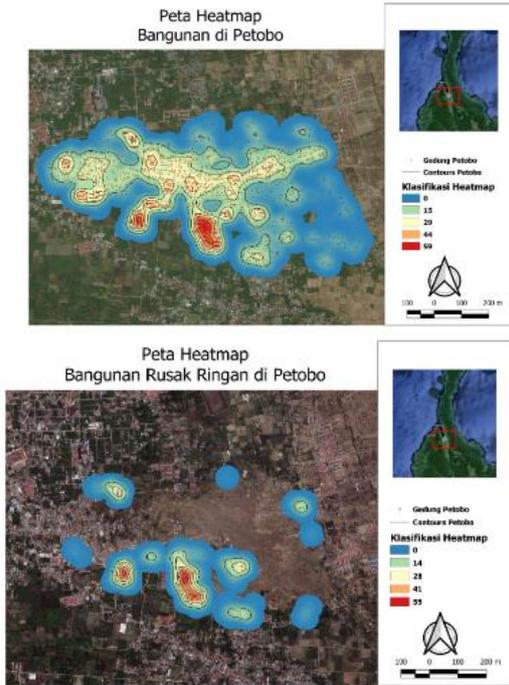
Gambar 5. Barchart bangunan setelah likuifaksi

Pada Gambar 5 persentase kerusakan bangunan akibat terjadinya bencana likuifaksi kerusakan bangunan terparah pada daerah Petobo dengan persentase kerusakan 99.68% dan daerah yang mengalami kerusakan bangunan paling sedikit pada daerah Jono Oge dengan persentase kerusakan 70.86%.

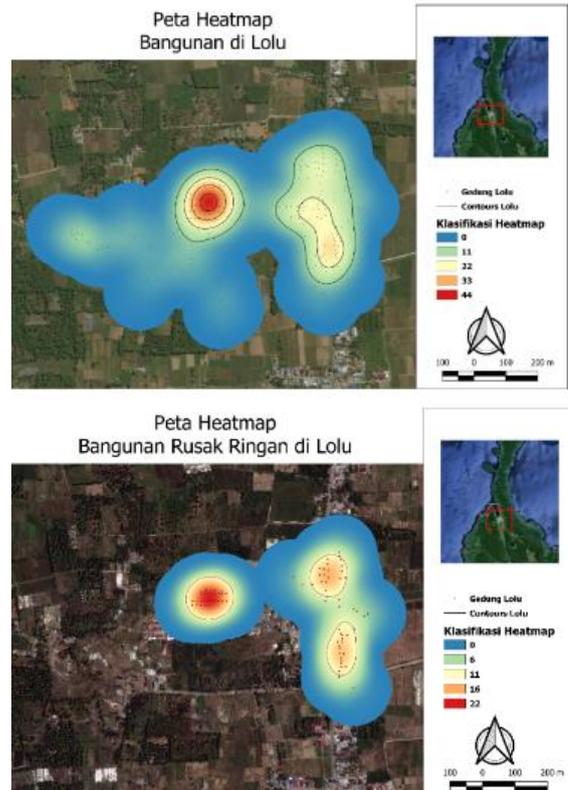
b. Kebutuhan Lahan Permukiman

1. Heatmap Bangunan Penduduk

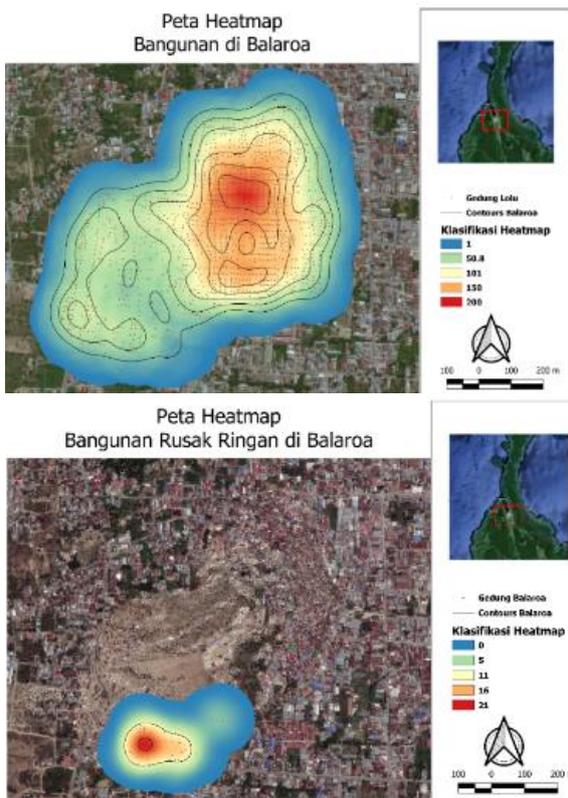
a. Petobo



Gambar 6. Peta heatmap bangunan Petobo
b. Balaroa

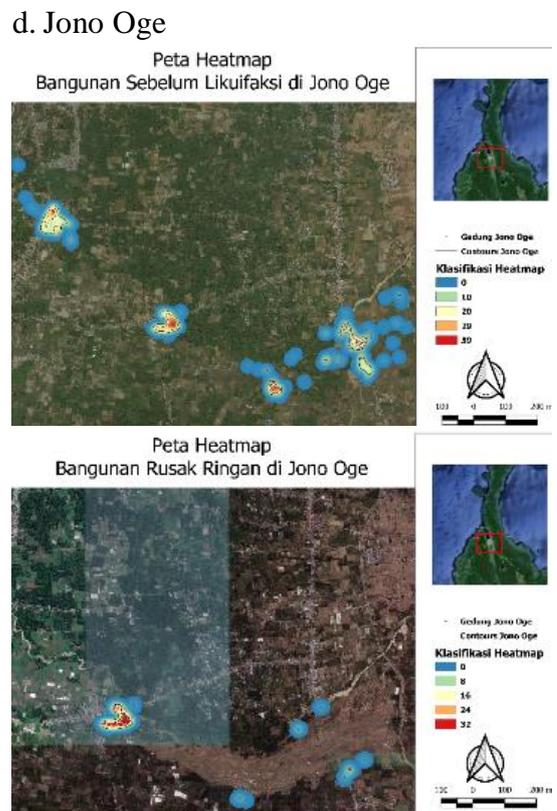


Gambar 8. Peta heatmap bangunan Lolu



Gambar 7. Peta heatmap bangunan Balaroa

c. Lolu



Gambar 9. Peta heatmap bangunan Jono Oge

Berdasarkan hasil analisis spasial pada peta heatmap bangunan, bahwa dapat dilihat kondisi sebelum dan sesudah terjadinya likuifaksi. Warna merah menandakan tipe kerusakan berat pada masing-masing daerah tersebut. Warna orans menandakan kerusakan sedang dan warna kuning untuk jenis kerusakan ringan.

2. Pola Spasial Diagram Standard Distantance dan Standard Distance Ellip

Tabel 4. Diagram SD dan SDE

Nama	Sampel	SD	Persentase (%)	Sampel	SDE	Persentase (%)
Balaroa	1421	865	60.87	1421	800	56.30
Petobo	2375	1463	61.60	2375	1358	57.18
Lolu	224	150	66.96	224	139	62.05
Jono Oge	625	289	46.24	625	339	54.24

Berdasarkan Tabel 4 tersebut metode SD dan SDE adalah untuk mengetahui kecenderungan pola pengembangan dan kepadatan bangunan di daerah yang terdampak likuifaksi.

Tabel 5. Rekapitulasi diagram SD dan SDE terjadinya likuifaksi

Nama	Tipe Kerusakan	Sampel	SD	Persentase (%)	Sampel	SDE	Persentase (%)
Balaroa	Berat	1129	762	67.49	1129	654	57.93
	Sedang	118	68	57.63	118	70	59.32
	Ringan	49	39	79.59	49	33	67.35
Petobo	Berat	1662	1002	60.29	1662	1028	61.85
	Sedang	131	98	74.81	131	99	75.57
	Ringan	568	371	65.32	568	437	76.94
Lolu	Berat	126	73	57.94	126	85	67.46
	Sedang	4	2	50.00	4	4	100.00
	Ringan	77	41	53.25	77	44	57.14
Jono Oge	Berat	206	150	72.82	206	132	64.08
	Sedang	75	62	82.67	75	71	94.67
	Ringan	144	123	85.42	144	123	85.42

Berdasarkan Tabel 5 di atas dengan kedua metode tersebut (metode SD dan SDE) dapat dilihat bahwa kerusakan berat berada pada daerah Petobo sebesar 1002,00 pada metode SD dengan presentase 60,29% dan pada nilai SDE sebesar 1028 dengan presentase 61,85%.

3. Analisis Spasial Pola dan Tes Clustering Spasial

Berdasarkan hasil analisis dengan metode indeks tetangga terdekat maka diperoleh kesimpulan bahwa sebelum terjadinya likuifaksi kecenderungan

keempat lokasi sebaran bangunan (Balaroa, Petobo, Lolu dan Jono Oge) adalah pola clustered. Hasil analisis dengan metode indeks tetangga terdekat disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Tabel Pola dan Clustering Spasial sebelum likuifaksi

No	Nama Daerah	Z-Score	Pola Sebaran Bangunan
1	Balaroa	-1.4224	Clustered
2	Petobo	-9.9637	Clustered
3	Lolu	-24.1614	Clustered
4	Jono Oge	-38.032	Clustered

Tabel 7. Tabel Pola dan Clustering Spasial Setelah likuifaksi

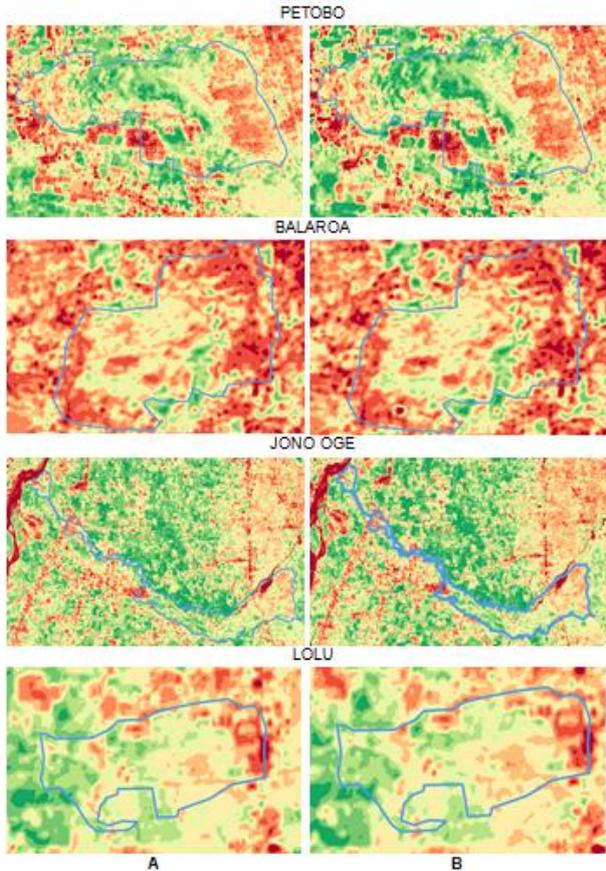
No	Nama Wilayah	Tipe Kerusakan	Z-Score	Pola Sebaran Bangunan
1	Balaroa	Berat	-7.1189	Clustered
		Sedang	8.0795	Regular
		Ringan	-1.5316	Clustered
2	Petobo	Berat	-23.0254	Clustered
		Sedang	-16.1065	Clustered
		Ringan	-28.7589	Clustered
3	Lolu	Berat	-7.6204	Clustered
		Sedang	1.9695	Random
		Ringan	-9.4472	Clustered
4	Jono Oge	Berat	-16.4676	Clustered
		Sedang	-14.2129	Clustered

Menurut hasil dari Tabel 7 yaitu setelah terjadinya likuifaksi berdasarkan hasil analisis dengan metode indeks tetangga terdekat maka diperoleh kesimpulan pola sebaran kecenderungan keempat lokasi sebaran bangunan (Balaroa, Petobo, Lolu dan Jono Oge) adalah masih pola clustered sama seperti sebelum terjadinya likuifaksi.

c. Analisis Spasial Index Citra Satelit

1. Index Citra NDVI

Analisis Citra bertujuan mengolah data citra penginderaan jauh. Data citra penginderaan jauh tersebut berupa data raster yang akan diolah dengan tool Raster Calculator pada QGIS. Kemampuan analisis citra GIS yang dimanfaatkan pada penelitian ini adalah untuk menganalisis indeks vegetasi dan indeks hidrologi pada daerah yang terdampak likuifaksi.



Gambar10. Indeks Vegetasi A) Sebelum Likuifaksi B) Sesudah Likuifaksi

Tabel 8. Keterangan Index Citra NDVI pada luas area sebelum dan sesudah likuifaksi

Klasifikasi Warna	Keterangan	Luas Area Sebelum Likuifaksi				Luas Area Setelah Likuifaksi			
		Petobo	Balaroa	Lolu	Jono Oge	Petobo	Balaroa	Lolu	Jono Oge
Dark Green	Dense Vegetation	64.16	3.16	6	97.32	70.8	4.32	5.48	91.16
Light Green	Moderate Vegetation	63.04	14.84	10.4	93.28	57	14.52	10.44	96.64
Yellow	Sparse Vegetation	55.24	17.68	4.64	50.76	52	16.04	5.08	53.64
Orange	Open Soil	8.92	8.32	0.84	8.64	11	8.36	0.88	8.64
Red	No Vegetation	1.56	1.76	0.2	5.72	2.12	2.52	0.2	6.64

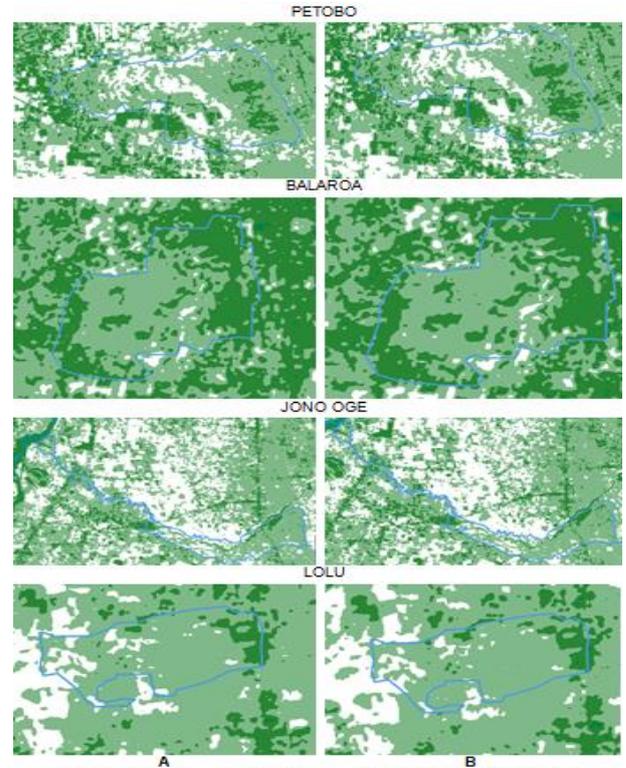
Tabel 9. Perubahan Index Citra NDVI

Klasifikasi Warna	Keterangan	Perubahan Index (ha)			
		Petobo	Balaroa	Lolu	Jono Oge
Dark Green	Dense Vegetation (Vegetasi Padat)	3.44	-1.16	0.52	6.16
Light Green	Moderate Vegetation (Vegetasi Sedang)	-3.13	0.32	-0.04	-2.36
Yellow	Sparse Vegetation (Vegetasi Ringan)	-1.68	1.64	-0.44	-2.88
Orange	Open Soil (Lahan Kosong)	1.08	-0.04	-0.04	0.00
Red	No Vegetation	0.29	-0.76	0.00	-0.92

Berdasarkan Gambar 10 dan Tabel 8,9 tersebut Keberadaan vegetasi ditandai dengan warna hijau, sedangkan daerah ditandai dengan warna merah pada peta ditandai dengan tidak ada vegetasi. Daerah vegetasi yang dimaksudkan adalah keberadaan tumbuhan yang terbaca oleh satelit, sedangkan

daerah tidak ada vegetasi adalah daerah yang terdapat pemukiman atau adanya sebaran bangunan didalamnya.

2. Index Citra NDWI



Gambar 11. Indeks NDWI a) Sebelum Likuifaksi b) Sesudah Likuifaksi

Tabel 10. Keterangan Index Citra NDWI pada luas area sebelum dan sesudah likuifaksi

Klasifikasi Warna	Keterangan	Luas Area Sebelum Likuifaksi				Luas Area Setelah Likuifaksi			
		Petobo	Balaroa	Lolu	Jono Oge	Petobo	Balaroa	Lolu	Jono Oge
Blue	Water Surface	0	0	0	0.05	0.01	0	0	0.00
Light Blue	Flooding, humidity	0.1	0.01	0.02	0.16	3.83	0.08	0.02	0.04
Green	Moderate drought, non-aqueous surfaces	28.87	18.44	1.95	23.98	34	20	2.23	4.45
White	Drought, non-aqueous surfaces	160.87	25.69	18.7	218.23	152	24.06	18.42	36.76

Tabel 11. Perubahan Index Citra NDWI

Klasifikasi Warna	Keterangan	Perubahan Index (ha)			
		Petobo	Balaroa	Lolu	Jono Oge
Blue	Water Surface (Permukaan Air)	0.00	0.00	0.00	-0.02
Light Blue	Flooding, humidity (Banjir, Kelembaban)	1.53	0.16	0.00	-0.03
Green	Moderate drought (Kekeringan Sedang)	-1.18	3.53	1.35	-5.44
White	Drought, non-aqueous surfaces (Permukaan Tidak Berair)	-22.04	-3.69	-1.35	-53.26

Berdasarkan hasil Gambar 12 dan Tabel 10, 11 diatas bahwa warna biru pada peta menandakan keberadaan daerah berair. Daerah berair yang dimaksudkan adalah

daerah genangan atau aliran air seperti danau, sawah berair, rawa, sungai dan pantai. NDWI dapat membaca daerah berair dan membedakan dengan daerah kering disekitarnya dengan jelas. Sedangkan warna hijau adalah daerah kekeringan sedang.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kerusakan terbesar jaringan jalan dan bangunan akibat terjadinya likuifaksi pada daerah Petobo dengan panjang kerusakan jalan terbesar 25.36 km dengan persentase kerusakan 83.7% dari panjang jalan yang ada (30.30 km) dan kerusakan bangunan terbesar 283.307,24 m² dengan persentase kerusakan 99.68 %. Pada peta heatmap pengelompokan warna menandakan jenis kerusakan berat sampai ringan. Dan pada analisis citra berdasarkan NDVI dan NDWI pengelompokan warna menjelaskan tentang keadaan lahan berdasarkan kepadatan vegetasi dan daerah aliran air.

Data Spt (Studi Kasusproyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari). Jurnal Fondasi.

Perdana, A. P. (2011). Pengelolaan Informasi Geospasial Berbasis Gis Open Source. Bogor.

Sukiyah, E. (2017). Sistem Informasi Geografis. Bandung: Unpad Press.

Supartoyo, Sulaiman, C., & Junaedi, D. (2014). Kelas Tektonik Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah. Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi.

Suseno, A., & T., St, Ssi, Mm, R. A. (2012). Penggunaan Quantum Gis Dalam Sistem Informasi Geografis. Bogor.

Tohari, A., Sugianti, K., Syahbana, J. A., & Soebowo, E. (2015). Kerentanan Likuifaksi Wilayah Kota Banda Aceh Berdasarkan Metode Uji Penetrasi Konus Cone Penetration Test (Cpt)-Based Liquefaction Susceptibility Of Banda Aceh City. Pusat Penelitian Geoteknologi Lipi.

Warman, H., & Jumas, D. Y. (2013). Kajian Potensi Likuifaksi Pasca Gempa Dalam Rangka Mitigasi Bencana Di Padang. Jurnal Rekaya Sipil.

DAFTAR PUSTAKA

Team, H. O. (2008). Openstreetmap.

Hidayati, I. N. (2017). Pemetaan Lahan Terbangun Perkotaan Menggunakan Pendekatan Ndbi Dan Segmentasi Semi-Atomatik. Prosiding Seminar Nasional Feografi Ums .

Kementerian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian Dan Pengembangan. (2013). Panduan Praktis Pemeriksaan Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Bumi.

Kusumawardani, R., Nugroho, U., & Isnaeni, N. N. (2018). Back Analysis Fenomena Likuifaksi Akibat Gempa Padang 2009 Menggunakan Metode Semi Empiric. Fmipa Unismus.

Mina, E., Indera, R., & Sudirman. (2018). Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan