

DAMPAK PEMBANGUNAN YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT DI DAERAH RAWAN BENCANA TSUNAMI DENGAN DUKUNGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

THE CONSTRUCTION IMPACT OF YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT IN TSUNAMI DISASTER PRONE AREA WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM SUPPORT

*Ilham Satria**

Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada

Djati Mardiatno dan Evita Hanie Pangaribowo

Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Submitted: 2022-01-28; Revised: 2022-02-27; Accepted:2022-04-04

ABSTRACT

The construction of a new airport in tsunami disaster prone area in Kulon Progo Regency has been impacting in land use and land value. The changes in land use will impact on changing tsunami hazard model. This research aims to analyze the impact of a new airport on physical changes and land value changes in Temon District with geographic information system. The research begins with inventory of spatial data from various agencies. Multi-temporal image interpretation is resulted in 2015 and 2020 land use maps. Physical changes and tsunami models analysis were carried out using spatial analysis in ArcGIS. The making land value change maps using 2015 and 2021 land value zone maps. The analysis effect of new airports and tsunami hazard using multiple linear regression. Data validation was carried out by sampling techniques and field surveys. The results of spatial analysis is physical growth from 2015-2020 covering an area 418,019 m² and loss of a built area 149,261 m². The changes in the tsunami model from 2015-2020 increased by 118,740 m². The changes in land value from 2015-2021 is increasing the average value of Rp. 1,317,088/ meter² or 652%. The results of multiple linear regression analysis and community interviews concluded that the existence of an airport is very influential on increasing land value compared to the effect of tsunami vulnerability.

Keywords: *Spatial Analysis; Yogyakarta International Airport; Physical Change; Tsunami Model; Land Value*

ABSTRAK

Pembangunan bandara baru di daerah rawan tsunami Kabupaten Kulon Progo, berdampak adanya perubahan penggunaan lahan dan nilai lahan. Perubahan penggunaan lahan akan berdampak berubahnya model bahaya tsunami. Penelitian ini bertujuan menganalisa dampak bandara baru terhadap perubahan fisik dan nilai lahan di Kecamatan Temon dengan dukungan sistem informasi geografis. Penelitian dimulai dengan inventarisasi data spasial dari berbagai instansi. Interpretasi citra multi temporal menghasilkan peta penggunaan lahan tahun 2015

*Corresponding author: ilham.satria@mail.ugm.ac.id

Copyright ©2023 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

dan 2020. Analisis perubahan fisik dan model tsunami dilakukan dengan analisis spasial pada ArcGIS. Pembuatan peta perubahan nilai lahan menggunakan peta zona nilai tanah 2015 dan 2021. Analisis pengaruh bandara dan kerawanan tsunami menggunakan regresi linear berganda. Validasi data dilakukan dengan teknik sampling dan survei lapangan. Hasil analisis spasial terjadinya pertumbuhan fisik dari 2015-2020 seluas 418.019 m² dan hilangnya area terbangun seluas 149.261 m². Perubahan model tsunami dari 2015-2020 bertambah seluas 118.740 m². Perubahan nilai lahan dari 2015-2021 terjadi peningkatan nilai rata-rata sebesar Rp. 1.317.088/meter² atau 652%. Hasil analisis regresi linear berganda dan wawancara masyarakat menyimpulkan adanya bandara sangat berpengaruh pada peningkatan nilai lahan dibandingkan pengaruh kerawanan bencana tsunami.

Kata Kunci: Analisis Spasial; Yogyakarta International Airport; Perubahan Fisik; Model Tsunami; Nilai Lahan

PENGANTAR

Wilayah pesisir menjadi sangat penting karena menjadi tempat tinggal yang banyak dihuni manusia untuk menjalani aktivitas kehidupan. Wilayah pesisir terdiri sekitar 4% dari luas permukaan bumi dan tempat hidup sekitar sepertiga populasi (Aslam dkk., 2020). Salah satu bencana yang memberikan dampak serius bagi wilayah pesisir adalah tsunami (Marfai dkk., 2019). Tsunami adalah gelombang raksasa yang sebagian besar dipicu oleh gempa bumi dan tanah longsor bawah laut. Meskipun jarang terjadi, tsunami telah menarik perhatian dunia sejak awal abad kedua puluh satu (Cankaya dkk., 2016).

Negara Indonesia memiliki banyak wilayah pesisir dengan kerawanan bencana tsunami yang tinggi. Banyak kejadian tsunami telah terjadi di Indonesia, salah satu yang terparah di Samudera Hindia tahun 2004 dengan perkiraan 280.000 jiwa menjadi korban (Salmanidou dkk., 2021). Salah satu daerah dengan tingkat kerawanan tinggi bencana tsunami ada di pesisir selatan Pulau Jawa, Indonesia. Ada potensi besar terjadi gempa dan tsunami di selatan Pulau Jawa (Chusnayah, 2017). Berdasarkan data Peraturan Kepala BNPB 02/2012 dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana, wilayah pesisir

pulau Jawa bagian selatan adalah kawasan yang memiliki prioritas dengan resiko bencana tsunami tinggi (Dewatama, 2020)

Wilayah pesisir selatan Jawa mengalami perkembangan fisik bangunan dan ekonomi dengan adanya bandar udara baru *Yogyakarta International Airport* (YIA) yang berlokasi di Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo. Monitoring perubahan fisik wilayah rawan bencana perlu dilakukan untuk menganalisa tingkat kerentanan (Amri & Giyarsih, 2021). Analisis perubahan fisik bangunan dapat dilakukan dengan menggunakan citra multi temporal (Mardiatno dkk., 2020). Pembangunan YIA memberi dampak pada peningkatan ekonomi khususnya nilai lahan (Irawati, 2017).

Perubahan fisik suatu wilayah dengan tingkat kerawanan bencana tsunami perlu dilakukan kajian yang mendalam. Perubahan pemukiman terjadi dipengaruhi beberapa faktor seperti tingkat kerawanan bencana, sarana prasarana, nilai lahan, jarak ke pusat kota dan lainnya (Amri & Giyarsih, 2021). Perubahan nilai lahan perlu dianalisis untuk berbagai kepentingan pembangunan.

Perubahan fisik dan penggunaan lahan suatu wilayah akan memengaruhi pemodelan landaan tsunami. Pemodelan landaan dipengaruhi skenario tinggi gelombang memasuki pantai, penggunaan lahan, koefisien kekasaran permukaan dan kemiringan permukaan (Berryman, 2006). Pemodelan landaan tsunami bertujuan untuk memahami tingkat bahaya dan menyusun strategi mitigasi dalam menghadapi bencana tsunami (Roshan dkk., 2016).

Dampak adanya sarana prasarana dan kerawanan bencana terhadap perubahan nilai lahan (*land value*) perlu dilakukan kajian lebih dalam. Pada hasil kajian yang telah dilakukan Amri & Giyarsih (2021) menunjukkan bahwa faktor ekonomi lebih berpengaruh dibandingkan faktor lingkungan (kerawanan tsunami) dalam pemilihan tempat tinggal dan nilai lahan di Banda Aceh, pasca tsunami 2004. Hasil kajian lain di Kota Padang faktor lingkungan jarak dari pantai (kerawanan tsunami) lebih memengaruhi nilai lahan dibandingkan dari faktor ekonomi sehingga nilai lahan di tepi pantai menurun (Soetjipto

dkk., 2017). Penelitian ini terbukti dengan adanya kriteria zona aman tsunami dalam iklan properti di Kota Padang.

Analisis perubahan nilai lahan dapat dilakukan secara spasial dengan peta zona nilai lahan. Analisis lebih rinci terhadap perubahan nilai lahan dapat dilakukan dengan teknik wawancara langsung (Rajapaksa dkk., 2017). Pengolahan dan penyajian data dapat dilakukan secara spasial dengan *software GIS* (Cankaya dkk., 2016). Hasil pengolahan data untuk melihat faktor-faktor yang memengaruhi nilai lahan dapat dilakukan dengan analisis regresi linear berganda (Bhattacharya & Nakamura, 2021).

Pemilihan tahun 2015 merupakan awal dari waktu pelaksanaan perencanaan pembangunan jangka menengah nasional. Analisis perubahan fisik dilakukan dalam waktu 5 tahun dari tahun 2015-2020 yang merupakan durasi waktu pembangunan jangka menengah nasional. Analisis perubahan nilai lahan dari tahun 2015-2021 ditambah 1 tahun agar hasil survei nilai lahan aktual dan sesuai dengan waktu penelitian

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini untuk melakukan pemodelan tsunami dan menganalisa dampak pembangunan YIA terhadap perubahan fisik dan nilai lahan di daerah rawan bencana tsunami dengan dukungan GIS. Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah dapat menjadi data geoinformasi untuk monitoring perubahan fisik, model bahaya tsunami dan nilai lahan untuk kebijakan mitigasi bencana bagi pemerintah serta masyarakat.

Studi sebelumnya juga menunjukkan penelitian tentang pemodelan bencana tsunami (Chusnayah, 2017; Yuniansyah, 2018; Mardiatno dkk., 2020), hubungan pembangunan & bencana terhadap nilai lahan (Aji, 2015; Irawati, 2017; Soetjipto dkk., 2017; Amri & Giyarsih, 2021; Saputra dkk., 2021) dan masih banyak peluang untuk meneliti mengenai dampak pembangunan serta kerawanan bencana terhadap nilai lahan. Penelitian ini mencoba untuk menganalisa bagaimana pengaruh pembangunan bandar udara (bandara), kerawanan bencana terhadap perubahan fisik dan nilai lahan dengan dukungan sistem informasi geografis. Penelitian

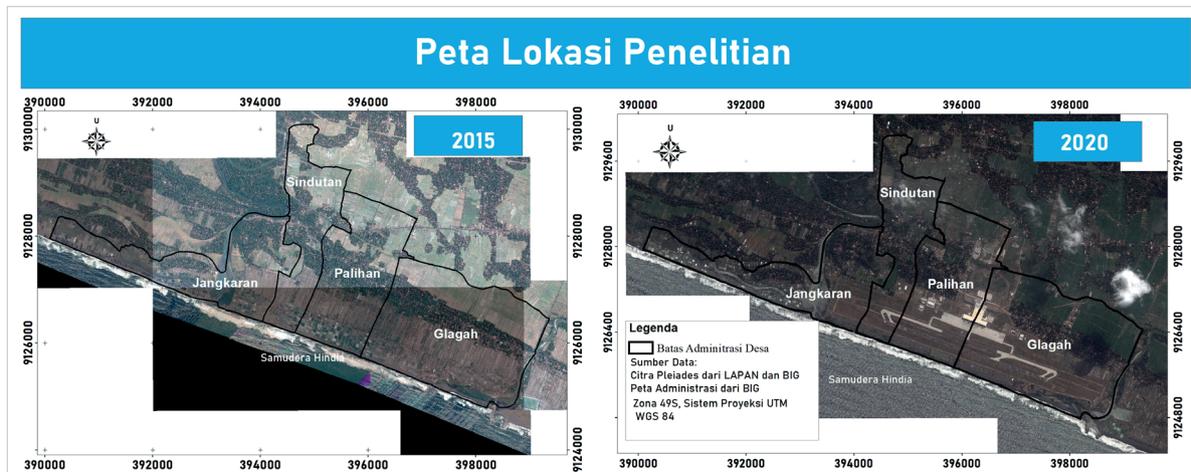
ini menggunakan citra satelit multi temporal untuk analisis perubahan fisik. Untuk analisis perubahan nilai lahan menggunakan peta znt. Metode pemodelan tsunami Berryman berbasis raster digunakan dalam penelitian untuk menganalisis model landaan tsunami dengan skenario terburuk 19 meter memasuki garis pantai. Metode regresi linear berganda digunakan untuk menganalisis secara statistik pengaruh jarak ke bandara dan jarak ke pantai terhadap nilai lahan. Wawancara masyarakat dilakukan untuk validasi hasil analisis spasial dan statistik.

METODE

Lokasi Penelitian

Kecamatan (Kapanewon) Temon merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Kulon Progo. Kecamatan Temon terdiri dari 15 Desa (Kalurahan) dengan luasan sekitar 3.629 hektar atau sekitar 6,19 persen dari luas wilayah Kabupaten Kulon Progo (BPS, 2020). Menurut BNPB, Kecamatan Temon memiliki daerah rawan bencana tsunami tinggi karena berbatasan dengan Samudera Hindia. Bandara YIA dibangun di Kecamatan Temon tepatnya ada di Desa Jangkar, Sindutan, Palihan, Glagah dan Kebonrejo. Penelitian ini dilakukan pada 4 dari 5 Desa yang termasuk daerah rawan bencana tsunami yaitu Jangkar, Sindutan, Palihan dan Glagah. Empat Desa tersebut memiliki daerah pantai dan berbatasan dengan Samudera Hindia.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yakni laptop sebagai media pengerjaan dan pemrosesan data, *smartphone* untuk pengambilan data sampel dan survei lapangan, *ArcGIS* untuk pengolahan data spasial, *Microsoft Office 365* sebagai pengolah data serta pelaporan, *software SPSS* untuk pengolahan data regresi linear berganda, alat tulis untuk mencatat data lapangan. Bahan yang digunakan antara lain Citra Satelit Tegak Resolusi Tinggi (CTSRT) Pleiades tahun 2015 dan 2020, Peta Batas Administrasi, *Digital Elevation Model (DEM)* Nasional, Peta garis pantai dari BIG. Peta Zona Nilai Tanah (znt) 2015 dan 2021 dari Badan Pertanahan Nasional (BPN).



Gambar 1.
Peta Lokasi Penelitian dengan Citra Pleiades 2015 dan 2020
Sumber: Pengolahan Data (2021)

Kemudian, pembuatan peta penggunaan lahan dilakukan dengan interpretasi visual melihat karakteristik bentuk atap, batas dan penampakan warna obyek. Kunci interpretasi yang digunakan untuk identifikasi pemukiman, kebun, sawah dan jalan adalah bentuk, rona atau warna, dan ukuran. Citra pleiades yang digunakan telah dikoreksi dan dimosaik oleh BIG, dengan resolusi spasial 0,5 meter.

Pembuatan peta perubahan fisik, menggunakan analisis spasial *overlay* pada *ArcGIS* terhadap 2 peta penggunaan lahan. Definisi fisik dibatasi pada bangunan yang tumbuh dan hilang. Teknik *overlay* dilakukan pada area terbangun, untuk melihat jumlah dan luasan bangunan yang tumbuh dan hilang selama 2015-2020 (sebelum dan sesudah YIA beroperasi).

Pembuatan model landaan tsunami dilakukan berdasarkan pengolahan data menggunakan rumus *Hloss* landaan tsunami (Berryman, 2006) pada *ArcGIS*. Data kemiringan lereng diperoleh dari DEMNAS dan data penggunaan lahan hasil digitasi visual. Pengolahan data dilakukan pada *ArcGIS* dengan operasi *raster calculator* dan penambahan atribut koefisien kekasaran permukaan. Tinggi gelombang (*run up*) memasuki pantai berdasarkan skenario tsunami terburuk yang dilakukan penelitian sebelumnya yaitu 19 meter (Yuniansyah, 2018). Pemodelan landaan tsunami menggunakan 2 data peta penggunaan

lahan hasil digitasi. Dua model landaan tsunami tahun 2015 dan 2020 diklasifikasi tingkat bahayanya sesuai tingkat bahaya tsunami BNPB. Kedua model dianalisis perubahannya dengan *ArcGIS*. Data pertumbuhan fisik tahun 2015-2020 dilakukan *overlay* dengan model landaan tsunami 2020 untuk memonitoring pertumbuhan fisik berdasarkan tingkat bahaya bencana tsunaminya.

Pembuatan peta nilai lahan dilakukan dengan teknik *overlay* dengan peta znt tahun 2015 dan 2021 untuk melihat perubahan nilai lahan secara spasial. Analisis perubahan nilai lahan di lokasi penelitian dilakukan dengan melihat selisih nilai lahan rata-rata tahun 2015 dan 2021.

Validasi hasil digitasi penggunaan lahan tahun 2020, dilakukan untuk menganalisis kesesuaian hasil digitasi penggunaan lahan dengan kondisi lapangan. Karena peta penggunaan lahan akan digunakan untuk analisis perubahan fisik dan perubahan model landaan tsunami. Sebaran sampel dilakukan secara acak dan merata pada setiap penggunaan lahan. Jumlah sampel ditetapkan menggunakan rumus slovin dengan tingkat kesalahan 5%. Populasi pada penelitian ini adalah jumlah bangunan yang tumbuh di luar bandara. Validasi lapangan penggunaan lahan dan perubahan fisik dilakukan dengan foto *geotagging*. Penggunaan aplikasi *avenza map* mempermudah untuk foto *geotagging* dan menemukan lokasi sampel. Validasi perubahan

nilai lahan menggunakan teknik *sampling* yang sama dengan validasi perubahan fisik. Analisis regresi linear berganda dilakukan menggunakan data sampel nilai lahan. Validasi perubahan nilai lahan dilakukan melalui wawancara.

Analisis pengaruh lingkungan terhadap perubahan nilai lahan atau *hedonic price* dilakukan dengan regresi linear berganda. Data jarak diperoleh menggunakan data jarak terdekat secara garis lurus dari titik sampel ke kawasan bandara dan garis pantai. Data nilai lahan yang digunakan adalah data nilai lahan znt 2015, znt 2021, survei lapangan 2015 dan survei lapangan 2021 pada setiap titik sampel yang telah ditetapkan. Pengujian model *hedonic price* dilakukan dengan uji statistik regresi untuk mengetahui derajat hubungan kesesuaian model. Uji statistik regresi linear berganda yang dilakukan pada *software SPSS* yaitu uji koefisien determinasi (R^2), uji F dan uji t. Pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa besar persentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dan kehandalan model regresi yang dihasilkan.

Wawancara masyarakat digunakan untuk validasi hasil analisis regresi linear berganda tentang pengaruh adanya bandara dan bahaya tsunami di lokasi penelitian terhadap nilai lahan. Wawancara dilakukan pada 120

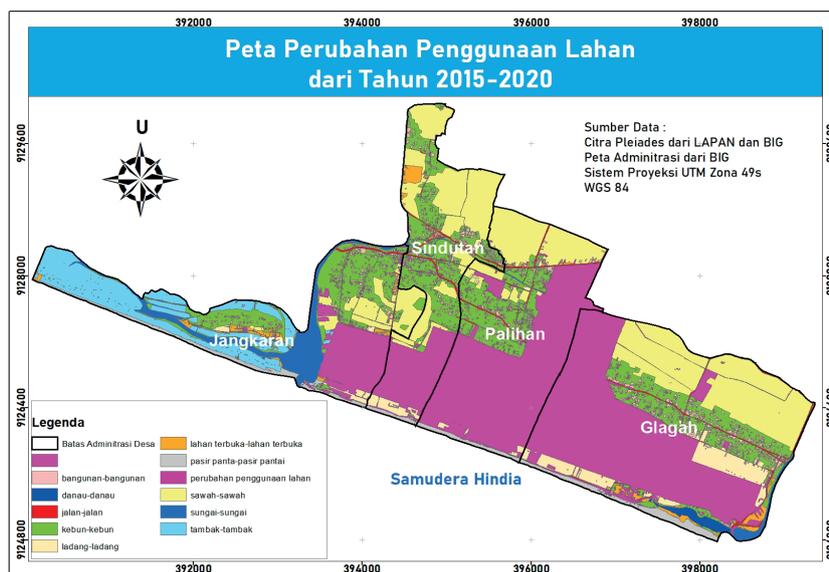
narasumber dengan komposisi 30 orang setiap Desa, sebagai syarat minimal jumlah sampel. Menurut Cohen, et.al (2007), jumlah 30 merupakan jumlah sampel minimal yang disarankan pada suatu penelitian. Narasumber yang terdiri dari berbagai macam profesi, yaitu aparatur Desa, petani, pedagang, PNS dan profesi lainnya. Wawancara dilakukan dengan menggunakan kuisisioner dan *google form*.

Lebih lanjut, data penelitian ini disajikan dalam bentuk peta, tabel dan grafik. Kegiatan visualisasi pada penelitian ini menggunakan *Microsoft Office* dan *ArcGIS*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Spasial Perubahan Fisik Wilayah

Pelaksanaan digitasi dilakukan pada *ArcGIS* menggunakan dua citra multi temporal. Pengelompokan kelas digitasi penggunaan lahan secara umum yaitu jalan, bangunan (area terbangun), danau, kebun, ladang, lahan terbuka, pasir pantai, sawah, sungai dan tambak. Hasil digitasi 2 peta penggunaan lahan tahun 2015 dan 2020 dilakukan *overlay* untuk melihat perubahan penggunaan lahan. Berikut hasil peta perubahan penggunaan lahan tahun 2015-2020 seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2.
Peta Perubahan Penggunaan Lahan dari Tahun 2015-2020,
Sumber: Data Analisis (2021)

ILHAM SATRIA, DJATI MARDIATNO, DAN EVITA HANIE PANGARIBOWO ❖ DAMPAK PEMBANGUNAN YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT DI DAERAH RAWAN ...

Berdasarkan hasil pengolahan data dari peta perubahan lahan dapat diketahui luasan perubahan penggunaan lahan (PL) untuk kawasan bandara disarikan dalam Tabel 1.

Tabel 1.
Perubahan Penggunaan Lahan di Kawasan Bandara

No	Penggunaan Lahan 2015	Penggunaan Lahan 2020	Luas (m ²)
1	Bangunan	Bandara	132.782
2	Jalan	Bandara	53.483
3	Kebun	Bandara	1.053.293
4	Ladang	Bandara	3.298.624
5	lahan terbuka	Bandara	10.490
6	Sawah	Bandara	627.592
7	Sungai	Bandara	2.785
8	Tambak	Bandara	369.119
		Total	5.548.168

Sumber: Data Analisis (2021)

Berdasarkan data di Tabel 1, perubahan lahan paling luas terjadi pada kebun dan ladang yang banyak berubah fungsi menjadi bandara yakni seluas 4.351.917 m² atau 435 hektar. Pada tabel 1, terlihat bahwa ada 132.782 m² atau 13,2 hektar bangunan yang tergusur dampak pembangunan YIA. Untuk memperjelas dampak YIA terhadap perubahan fisik, dilakukan analisis perubahan fisik

berdasarkan data perubahan area terbangun. Perubahan fisik terdiri dari pertumbuhan dan hilangnya bangunan. Bertambahnya bangunan diklasifikasikan pada bangunan yang berlokasi didalam kawasan dan diluar kawasan bandara. Perubahan fisik pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3, luasnya disarikan pada Tabel 2.



Gambar 3.
Peta Perubahan Fisik dari Tahun 2015-2020,
Sumber: Data Analisis (2021)

Tabel 2.
Pertumbuhan Fisik di Lokasi Penelitian dari Tahun 2015-2020, Pasca Adanya YIA.

No	Desa	Diluar Bandara		Didalam Bandara
		Jumlah Bangunan	Luas (m ²)	Luas (m ²)
1	Glagah	257	57.431	93.726
2	Palihan	220	50.680	165.719
3	Sindutan	134	19.401	5.501
4	Jangkaran	271	25.395	166
Total		882	152.907	265.112

Sumber: Data Analisis (2021)

Berdasarkan Tabel 2, ada 882 jumlah bangunan yang bertambah di luar bandara. Pertumbuhan paling banyak ada di Desa Jangkaran, kebanyakan bangunan yang tumbuh adalah bangunan kecil semi permanen untuk tempat bekerjanya para petani tambak udang. Untuk pertumbuhan di Desa Glagah

dan Palihan kebanyakan adalah relokasi pemukiman yang tergusur pembangunan YIA. Jumlah 882 bangunan merupakan populasi yang digunakan untuk validasi perubahan fisik dan perubahan nilai lahan. Untuk bangunan yang hilang dampak pembangunan YIA, disarikan pada Tabel 3.

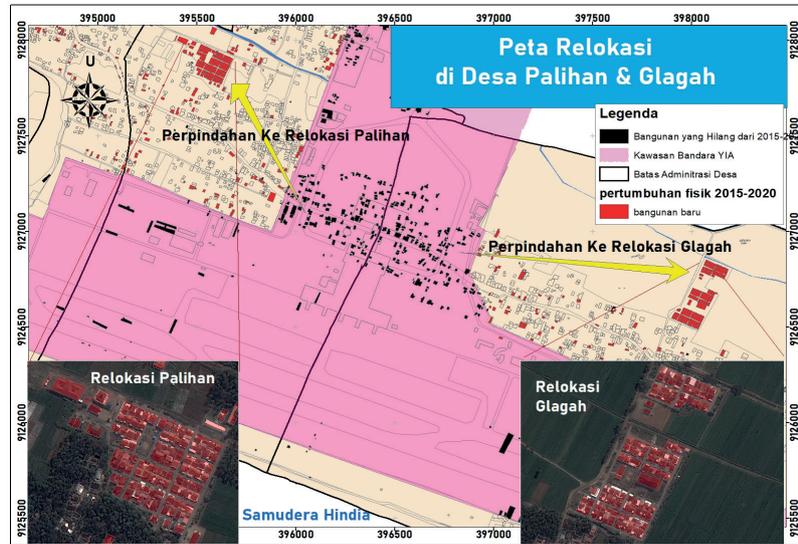
Tabel 3.
Bangunan yang Hilang di Lokasi Penelitian 2015-2020, Pasca Adanya YIA

No	Desa	Jumlah Bangunan	Luas (m ²)	Lokasi
1	Glagah	233	66.135	Bandara
2	Palihan	226	58.584	Bandara
3	Sindutan	11	4.545	Bandara
4	Jangkaran	22	3.518	Bandara
Total		492	132.782	Bandara
1	Glagah	89	10.277	Luar Bandara
2	Palihan	18	1.242	Luar Bandara
3	Sindutan	10	1.552	Luar Bandara
4	Jangkaran	76	3.408	Luar Bandara
Total		193	16.479	Luar Bandara

Sumber: Data Analisis (2021)

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa di Desa Palihan dan Glagah merupakan Desa terluas terdampak pembangunan YIA, ada sekitar 124.719 m² atau 12,4 hektar pemukiman yang tergusur di dua (2) Desa tersebut. Dampak dari pembangunan YIA telah memengaruhi perubahan lokasi tempat tinggal masyarakat di Desa Palihan dan Glagah yang dulu bertempat tinggal di kawasan bandara harus pindah ke relokasi. Untuk posisi relokasi secara umum mengarah ke arah utara dari pemukiman awal dan menjauhi garis pantai yang merupakan sumber datangnya bencana tsunami, terutama di Desa Palihan. Secara kajian mitigasi bencana, proses relokasi ini merupakan hal yang baik untuk pengurangan

risiko bencana tsunami bagi masyarakat yang direlokasi. Lahan untuk relokasi sendiri disediakan hanya untuk pemukiman, pasca YIA tidak disediakan alternatif pengganti lahan pertanian yang tergusur, sehingga para petani banyak kehilangan pekerjaannya. Seharusnya pembangunan YIA memberi solusi terkait pemulihan kegiatan masyarakat tergusur sesuai dengan kajian Rachmawati (2021) tentang pengembangan kota, tata guna lahan dan tata ruang di Yogyakarta, program rusunawa untuk relokasi masyarakat, tepi Sungai Code, mengupayakan pemulihan aktivitas dan kondisi lingkungan masyarakat sama seperti sebelum relokasi. Berikut peta relokasi di Desa Palihan dan Glagah seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4.
Peta Lokasi Relokasi Masyarakat Desa Palihan dan Glagah
Sumber: Data Analisis (2021)

Validasi Peta Penggunaan Lahan dan Perubahan Fisik

Validasi hasil perubahan fisik, dilakukan dengan teknik sampling. Tujuannya adalah untuk memastikan peta yang dihasilkan sesuai dengan kondisi lapangan. Penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Slovin dimana populasi adalah jumlah bangunan yang tumbuh, dari tahun 2015-2020 yaitu 882 bangunan diluar kawasan bandara, dengan tingkat kesalahan 0,053 maka jumlah sampel

adalah 254. Penambahan sampel dilakukan untuk validasi peta penggunaan lahan dengan jumlah 192 sampel selain di area terbangun, sehingga total sampel menjadi 446. Validasi peta penggunaan lahan (PL) dan perubahan fisik perlu dilakukan sebagai kontrol kualitas, sebelum digunakan untuk analisis perubahan fisik, perubahan model landaan tsunami dan perubahan nilai lahan. Berikut hasil validasi kesesuaian peta penggunaan lahan dan perubahan fisik pada Tabel 4.

Tabel 4.
Validasi Peta Penggunaan Lahan dan Perubahan Fisik

No	Desa	Sampel Bangunan	Sesuai(%)	PL Lain	Sesuai (%)
1	Glagah	75	100	59	98%
2	Palihan	80	100	63	100%
3	Sindutan	56	100	35	91%
4	Jangkar	43	100	35	94%
Total		254	100	192	97%
Tingkat kesesuaian					98,6%

Sumber: Data Analisis (2021)

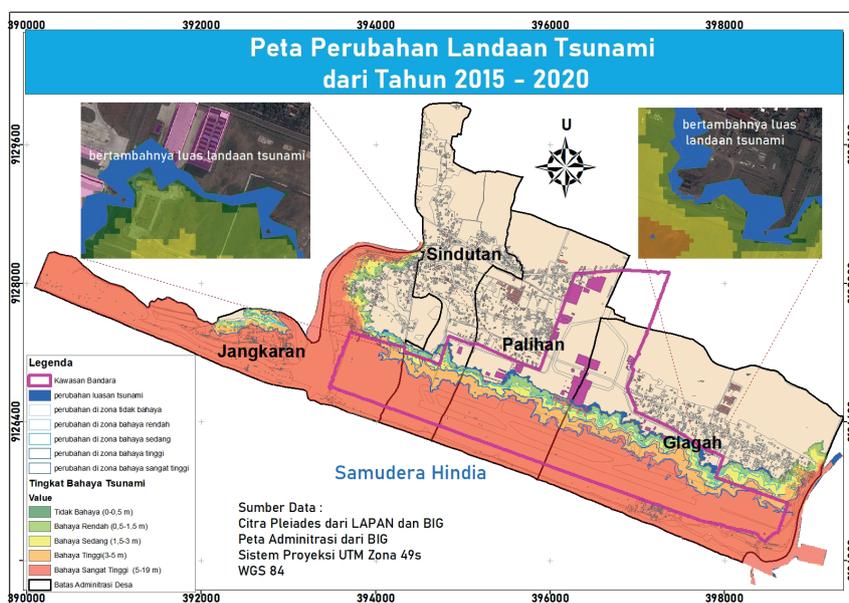
Hasil validasi lapangan dengan foto *geotagging* dan bantuan *avenza map* didapatkan 440 dari 446 atau sekitar 98,6% adalah sesuai. Hasil kesesuaian data pertumbuhan fisik adalah 100%, melebihi tingkat kepercayaan

yaitu 95%, sehingga data dapat diterima kebenarannya. Salah satu faktor utama hasil digitasi penggunaan lahan ini akurat adalah penggunaan citra *pleiades* yang memiliki resolusi spasial tinggi hingga 0,5 meter.

Analisis Spasial Perubahan Model Landaan Tsunami

Pemodelan landaan tsunami menggunakan metode Berryman (2006), dilakukan dengan skenario ketinggian air memasuki pantai setinggi 19 meter. Pemodelan landaan tsunami dilakukan dengan menggunakan dua data digitasi penggunaan lahan tahun 2015 dan 2020. Data lain yang dibutuhkan yaitu data DEMNAS yang diproses menjadi data kemiringan lereng. Data garis pantai digunakan sebagai acuan model landaan tsunami memasuki daratan. Proses pemodelan dilakukan pada

ArcGIS dengan analisis spasial, berbasis *raster calculator* dan pembobotan koefisien kekasaran permukaan. Klasifikasi pemodelan bahaya tsunami dilakukan mengikuti klasifikasi model bahaya tsunami BNPB. Dua model landaan tsunami yang dihasilkan dilakukan teknik *overlay* untuk mengetahui perubahan luasan landaan dan perubahan tingkatan bahaya model tsunami dengan menggunakan data penggunaan lahan 2015 dan 2020. Berikut merupakan hasil perubahan luasan landaan secara visual pada Gambar 5 dan luasan perubahannya disarikan pada Tabel 5.



Gambar 5. Peta Perubahan Model Landaan Tsunami dari Tahun 2015-2020, Sumber: Data Analisis (2021)

Tabel 5. Perubahan Luasan Model Landaan dan Tingkatan Bahaya Tsunami Tahun 2015-2020

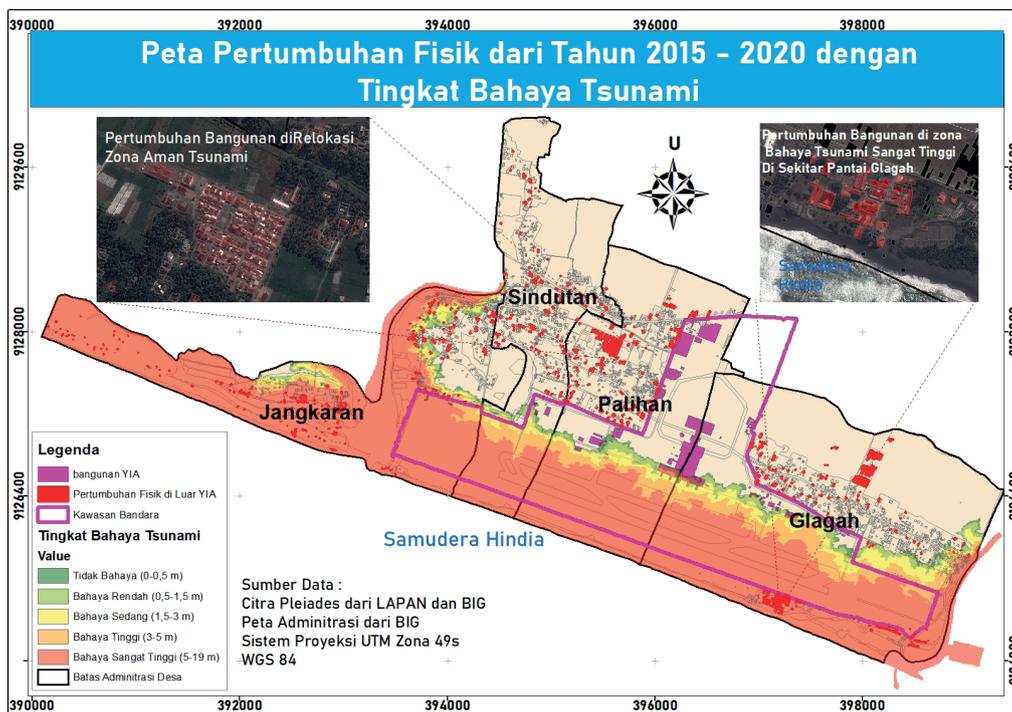
No	Desa	Tidak Berbahaya (m ²)	Bahaya Rendah (m ²)	Bahaya Sedang (m ²)	Bahaya Tinggi (m ²)	Bahaya Sangat Tinggi (m ²)	Total
1	Glagah	54.026	19.380	-	-	-	Perubahan Luasan Landaan 2015-2020 = 118.740 m ²
2	Palihan	23.276	348	-	-	-	
3	Sindutan	16.503	1.334	-	-	-	
4	Jangkar	3.774	99	-	-	-	
1	Glagah	-42	-19.653	8.220	3.079	81.804	Perubahan Tingkatan Bahaya Model = 118.740 m ²
2	Palihan	3.095	-2.272	10.556	-3.359	15.604	
3	Sindutan	-354	5.431	-4.057	5.115	11.699	
4	Jangkar	2.176	-4.097	-111	-140	6.046	

Sumber : Data Analisis (2021)

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 5, hasil analisis spasial menggunakan dua data penggunaan lahan terjadi pertambahan luasan model landaan tsunami dan perubahan tingkat bahaya tsunami. Bertambahnya luasan model landaan disebabkan adanya perubahan penggunaan lahan kebun dan ladang yang menjadi lahan terbuka yaitu landasan pacu bandara. Perubahan luasan landaan tsunami dari tahun 2015-2020 tidak terlalu luas yaitu hanya 118.740 m² (1,8 hektar) di tingkat tidak bahaya dan bahaya rendah bencana tsunami atau 1,5% dari luas landaan tahun 2015. Hasil kajian ini mirip dengan kajian Yuniansyah (2018) tentang pemodelan landaan tsunami metode numerik dengan *software Flow 3D* menggunakan skenario waktu sebelum dan

sesudah adanya YIA, menghasilkan luas genangan yang relatif sama.

Penggunaan metode Berryman dalam pemodelan landaan tsunami dipengaruhi oleh faktor pembobotan koefisien kekasaran permukaan. Pembobotan koefisien kekasaran permukaan pada penelitian ini masih cukup umum, dimana menyamakan bobot bangunan bandara dan bangunan masyarakat, padahal berbeda secara ukuran dan kekuatan. Monitoring pertumbuhan fisik dilakukan secara spasial dengan *overlay* data pertumbuhan fisik dan model landaan tsunami. Hasil pengolahan analisis spasial tersebut dapat mengidentifikasi bangunan yang tumbuh berdasarkan tingkat bahaya tsunaminya. Berikut hasil pembuatan peta pertumbuhan fisik dan tingkat bahaya tsunami.



Gambar 6.
Peta Pertumbuhan Fisik dan Tingkat Bahaya Tsunami.
Sumber: Data Analisis (2021)

Berdasarkan Gambar 6, hasil analisis spasial terhadap pertumbuhan fisik yang

terjadi diluar bandara dengan tingkatan bahaya tsunaminya disarikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6.
Luas Pertumbuhan Fisik Bangunan dari Tahun 2015-2020 di Luar Bandara dengan Tingkat Bahaya Bencana Tsunami.

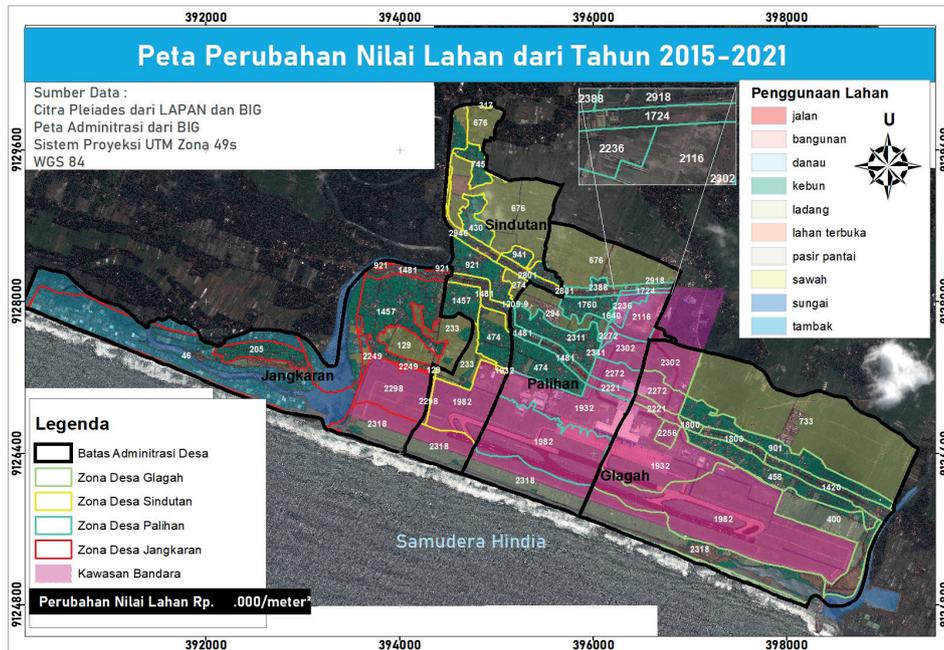
No	Desa	Aman (m ²)	Tidak Berbahaya (m ²)	Bahaya Rendah (m ²)	Bahaya Sedang (m ²)	Bahaya Tinggi (m ²)	Bahaya Sangat Tinggi (m ²)
1	Glagah	39.041	186	136	59	144	17.866
2	Palihan	50.680	-	-	-	-	-
3	Sindutan	19.401	-	-	-	-	-
4	Jangkaran	7.003	540	195	1.338	3.663	12.654
Total (m ²)		116.125	726	331	1.397	3.807	30.520
Persentase (%)		75,9 %	0,5 %	0,2 %	0,9 %	2,5%	20,0%
Luas Total (m ²)		152.907 m ²					

Sumber: Data Analisis (2021)

Berdasarkan Tabel 6, seluas 116.125 m² atau sekitar 75,9% pertumbuhan fisik bangunan di luar bandara berada di zona aman tsunami. Desa yang paling luas pertumbuhan fisik di zona bahaya tinggi dan sangat tinggi bencana tsunami ada di Desa Glagah dan Jangkaran dengan total seluas 30.520 m². Di Desa Glagah pertumbuhan fisik dengan bahaya tinggi dan sangat tinggi tsunami banyak berada di Kawasan Pantai Glagah. Bangunan yang tumbuh berfungsi sebagai wisma dan penginapan untuk wisatawan yang bernilai ekonomi. Di Desa Jangkaran pertumbuhan fisik bangunan banyak tumbuh dengan bahaya tinggi dan sangat tinggi tsunami berfungsi sebagai tempat wisata dan bangunan semi permanen tempat bekerjanya para petani tambak udang. Berdasarkan Gambar 6, di Pantai Glagah tampak masyarakat lebih mementingkan faktor ekonomi dari pada faktor bahaya bencana tsunami. Sedangkan di Desa Palihan dan Sindutan semua pertumbuhan fisik bangunan berada di zona aman bencana tsunami. Data geoinformasi untuk monitoring pertumbuhan fisik di wilayah rawan bencana bermanfaat sebagai pendukung pengambilan kebijakan mitigasi bencana sesuai dengan penelitian Amri dan Giyarsih (2021) yang dilakukan di Banda Aceh.

Analisis Spasial Perubahan Nilai Lahan

Analisis spasial perubahan nilai lahan dilakukan menggunakan data peta znt 2015 dan 2021 dari BPN. Teknik *overlay* dilakukan untuk melihat perubahan nilai lahan, hasil analisis spasial perubahan nilai lahan terlihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7, terlihat perubahan pada peningkatan nilai lahan secara keseluruhan di lokasi penelitian. Rata-rata nilai lahan permeternya untuk tahun 2015 dengan data peta znt BPN adalah Rp. 201.864/meter². Untuk tahun 2021 rata-rata nilai lahan permeter adalah Rp.1.518.952/ meter². Perubahan rata-rata nilai lahan di lokasi penelitian dari tahun 2015-2021 adalah Rp. 1.317.088/ meter², terjadi kenaikan sebesar 652%. Kenaikan ini sesuai dengan hasil penelitian dari Irawati (2017) tentang peningkatan nilai lahan di Kabupaten Kulon Progo dengan adanya pembangunan YIA. Salah satu perubahan nilai lahan paling tinggi nominalnya terdapat pada zona dekat Jalan Nasional di Desa Palihan dan dekat ke akses masuk YIA, sebesar Rp. Rp.2.918.000/ meter², hasil ini sesuai dengan temuan hasil penelitian Saputra dkk. (2021) bahwa ada pengaruh jarak ke jalan utama dan aksesibilitas terhadap nilai lahan di Semarang.



Gambar 7.
Peta Perubahan Nilai Lahan dari Tahun 2015-2021
Sumber: Data Analisis (2021)

Analisis Pengaruh Jarak ke Bandara dan Jarak ke Pantai terhadap Perubahan Nilai Lahan

Hasil analisis spasial peta znt 2015 dan 2021, perlu dilakukan validasi data terkait nilai lahannya. Mengamati peta znt dari BPN zonasi yang masih umum, karena ditemukan pemukiman dan kebun masih berada dalam satu zona. Kegiatan validasi dilakukan melalui wawancara ke masyarakat dan aparatur Desa. Penentuan jumlah sampel dan sebarannya menggunakan teknik *proportionate stratified random sampling* yang dilakukan secara acak dan proporsional berdasarkan pada tingkatan tertentu. Jumlah sampel ditentukan dengan rumus Slovin, sama dengan jumlah sampel validasi pertumbuhan fisik yaitu 254. Hasil validasi lapangan nilai lahan di tahun 2015

dan tahun 2021 dilakukan analisis regresi linear berganda menggunakan *software SPSS* untuk melihat pengaruh YIA (jarak ke bandara) dan kerawanan bencana tsunami (jarak ke pantai) terhadap nilai lahan. Pengukuran jarak sampel ke kawasan bandara dan ke garis pantai dilakukan menggunakan *ArcGIS* dengan mengambil jarak terpendek. Kawasan bandara pada penelitian ini definisikan secara keseluruhan kawasan tanpa memperhatikan sub bagian dan fungsi bandara.

Variabel bebas yaitu jarak ke bandara (x1) dan jarak ke pantai (x2) dianalisis pengaruhnya terhadap variabel terikat yaitu nilai lahan (Y). Analisis menggunakan 4 data yaitu znt 2015, znt 2021, survei lapangan 2015 dan survei lapangan 2021. Berikut hasil analisis regresi linear berganda menggunakan *software SPSS* yang disarikan pada Tabel 7.

Tabel 7.
Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

No	Uji	Nilai signifikansi ZNT 2015	Nilai signifikansi ZNT 2021	Nilai signifikansi Survei Lapangan 2015	Nilai signifikansi Survei Lapangan 2021
1	Uji F (uji kedua variabel bebas secara simultan)	< 0,001 (berpengaruh)	< 0,001 (berpengaruh)	0,385 (tidak berpengaruh)	< 0,001 (berpengaruh)
2a	Uji t (uji variabel bebas secara parsial) x1 jarak ke bandara	< 0,001 (berpengaruh)	< 0,001 (berpengaruh)	< 0,827 (tidak berpengaruh)	< 0,001 (berpengaruh)
2b	Uji t (uji variabel bebas secara parsial), x2 jarak ke pantai	< 0,007 (berpengaruh)	< 0,001 (berpengaruh)	< 0,172 (tidak berpengaruh)	< 0,001 (berpengaruh)
3	Uji R ² (Koefisien Determinasi) seberapa besar kemampuan model variabel bebas menerangkan variabel terikat	0,122 (12%)	0,182 (18%)	0,008 (0.8%)	0,123 (12%)
4	Persamaan regresi linear berganda ($Y = a + b_1.x_1 + b_2.x_2$)	$Y = 177.130,516 - 162,241 x_1 + 58,231 x_2$	$Y = 464.728,659 - 590,546 x_1 + 659,298 x_2$	$Y = 524.408.594 + 13,526 x_1 - 66,157 x_2$	$Y = 659.924,591 - 554,017 x_1 + 689,728 x_2$

Sumber: Data Analisis (2021)

Berdasarkan hasil pengolahan data regresi linear berganda pada Tabel 7, Uji F dan uji t, jika nilai signifikansi lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ dengan tingkat kepercayaan 95% (Aji,2015), disimpulkan berpengaruh. Berdasarkan uji F dan uji t pada model regresi znt 2015, znt 2021 dan survei lapangan 2021 hasil pengujian menunjukkan ada nilai signifikansi variabel (x1) jarak ke bandara dan (x2) jarak ke pantai berpengaruh terhadap nilai lahan (Y). Sedangkan untuk uji F dan uji t pada survei lapangan 2015 menyimpulkan bahwa variabel (x1) dan (x2) berdasarkan nilai signifikansinya tidak memengaruhi variabel (Y) nilai lahan, hasil ini disebabkan tahun 2015 belum ada bandara.

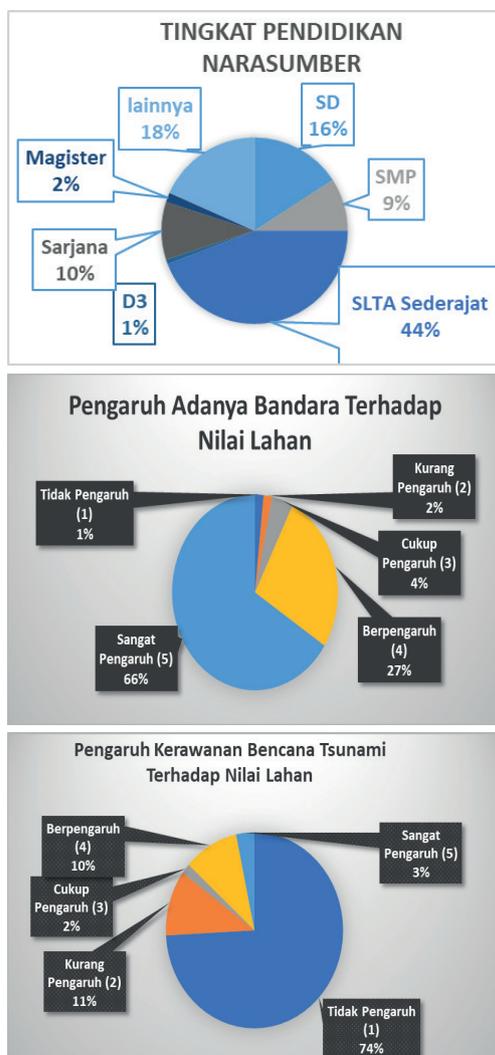
Untuk menjelaskan besarnya pengaruh variabel (x1) dan (x2) pada model regresi yang dihasilkan dapat dilihat pada nilai uji koefisien determinasi (R²) pada Tabel 7. Hasil uji (R²) menjelaskan keterandalan model regresi dihasilkan 0,12 untuk znt 2015, 0,18 untuk znt 2021, 0,008 untuk survei lapangan 2015 dan

0,12 untuk survei lapangan 2021. Menurut Anggrasari (2009) tingkat keterandalan model regresi dinilai tinggi apabila nilai R² lebih dari 0,6 (60%). Salah satu penyebab rendahnya nilai adalah karena jumlah variabel yang digunakan hanya 2 variabel.

Berdasarkan data uji F dan uji t pada model regresi linear berganda terutama pada data survei lapangan 2015 dan 2021, terjadi perubahan tidak signifikan (tidak berpengaruh) menjadi signifikan (berpengaruh) variabel bebas x1 dan x2 terhadap variabel terikat (Y). Peningkatan nilai koefisien determinasi berubah dari 0,008 menjadi 0,123, hasil tersebut menyimpulkan bahwa adanya YIA lebih tinggi pengaruhnya dibandingkan dengan pengaruh kerawanan bencana tsunami terhadap nilai lahan. Karena tahun 2015 belum ada YIA, sedangkan tahun 2021 YIA sudah beroperasi. Untuk pengaruh bencana tsunami dari tahun 2015 hingga tahun 2021 kejadian bencana tsunami belum terjadi dan masih bersifat abstrak.

Wawancara Masyarakat

Untuk melihat pengaruh bandara dan kerawanan bencana tsunami terhadap nilai lahan juga dilakukan wawancara masyarakat di lokasi penelitian. Narasumber dalam penelitian ini berjumlah 120 orang, dengan komposisi 30 orang per Desa. Narasumber terdiri dari petani, pedagang dan perangkat Desa. Wawancara dilakukan secara acak dengan berbagai tingkat pendidikan. Hasil wawancara pengaruh bandara dan kerawanan tsunami terhadap nilai lahan pada Gambar 8.



Gambar 8.

Tingkat pendidikan narasumber dan Hasil survei kuisioner

Sumber: Data Analisis (2021)

Wawancara dilakukan untuk menganalisis pengaruh bandara YIA dan kerawanan

bencana tsunami terhadap nilai lahan sesuai pandangan masyarakat. Hasil wawancara pada 120 orang narasumber di lokasi penelitian untuk melihat pengaruh YIA terhadap nilai lahan menunjukkan hasil bahwa adanya YIA sangat berpengaruh (66%), berpengaruh (27%) dan pilihan lainnya (7%). Hasil ini menguatkan adanya pengaruh YIA terhadap peningkatan nilai lahan di lokasi penelitian sesuai dengan hasil analisis perubahan nilai lahan secara spasial dan analisis regresi linear berganda.

Hasil wawancara masyarakat mengenai pengaruh kerawanan bencana tsunami terhadap nilai lahan di lokasi penelitian menunjukkan hasil bahwa kerawanan bencana tsunami tidak berpengaruh (74%), kurang berpengaruh (11%) dan pilihan lainnya (15%). Hasil ini sesuai dengan hasil pengolahan data spasial perubahan fisik dimana ada bangunan yang tumbuh ditempat wisata pantai yang sangat tinggi bahaya tsunami dan hasil analisis regresi linear berganda.

Menurut masyarakat kerawanan bencana tsunami tidak memengaruhi nilai lahan karena belum ada pengalaman bencana tsunami yang melanda lokasi penelitian, dalam waktu dekat dan belum bisa diprediksi waktu riil kejadiannya. Masyarakat memandang nilai lahan lebih tinggi dipengaruhi faktor sarana dan prasarana YIA yang meningkatkan ekonomi dibandingkan dengan faktor kerawanan bencana yang masih abstrak kapan kejadiannya. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya seperti penelitian Saputra dkk. (2021) bahwa kerawanan bencana tidak memengaruhi nilai lahan di Semarang. Hasil penelitian lain yang sesuai yaitu Rajapaksa dkk. (2017) bahwa bencana banjir tidak memengaruhi nilai properti di Australia. Hasil penelitian Aji (2015) yang menyimpulkan bahwa pengaruh bencana gempa bumi di Bantul terhadap nilai lahan bersifat temporal, hanya beberapa waktu saja setelah kejadian bencana itu terjadi. Hasil penelitian sebelumnya yang berbeda adalah penelitian Soetjipto dkk. (2017) di Kota Padang, yang menyimpulkan bahwa ada pengaruh kerawanan bencana gempa bumi dan tsunami terhadap perubahan nilai lahan. Hasil tersebut diperkuat dengan adanya temuan penurunan

nilai lahan di pinggir pantai dan meningkatnya nilai lahan di zona aman bencana tsunami di Kota Padang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis spasial, dampak dari pembangunan bandara baru *Yogyakarta International Airport* (YIA) di lokasi penelitian terjadinya perubahan fisik (area terbangun) dari tahun 2015-2020 seluas 418.019 m² yang terdiri dari 152.907 m² diluar kawasan bandara dan 265.112 m² didalam kawasan bandara. Adanya bangunan yang hilang seluas 142.961 m² terdiri dari 132.782 m² didalam kawasan bandara dan 16.479 m² diluar kawasan bandara. Terjadinya perubahan model landaan tsunami dari tahun 2015-2020 dengan bertambahnya landaan tsunami seluas 118.740 m². Terjadinya perubahan nilai lahannya dari tahun 2015-2021 di lokasi penelitian dengan rata-rata kenaikan sebesar Rp.1.317.088/ meter² atau sekitar 652%. Hasil analisis regresi linear berganda dan wawancara masyarakat menyimpulkan pengaruh bandara terhadap nilai lahan lebih tinggi dibandingkan pengaruh kerawanan bencana tsunami.

Disarankan untuk penelitian selanjutnya terkait monitoring perubahan fisik wilayah dapat melakukan analisis yang lebih detail terhadap pertumbuhan jumlah hotel, penginapan dan berbagai jenis usaha di sekitar kawasan YIA. Untuk pemodelan landaan tsunami pada pembobotan kekasaran permukaan metode Berryman, dapat meneliti tentang pembobotan yang cocok untuk pemodelan landaan tsunami di peta skala besar. Untuk analisis pengaruh YIA terhadap nilai lahan dapat melakukan kajian lebih detail terkait pengaruh jarak terhadap sub bagian bandara, misal jarak ke landasan pacu, jarak ke pintu masuk dan jarak ke bagian fungsi bandara lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. rer.nat. Djati Mardiatno, M.Si. dan Dr. Evita Hanie Pangaribowo, MIDEK. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu dan saran beserta masukan

dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kepada Bappenas yang telah membiaya Pendidikan S-2.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A.C. (2015). Analisis Perubahan Nilai Tanah Akibat Gempa Bumi Yogyakarta Tahun 2006 Di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul. *Skripsi*. Jurusan Teknik Geodesi. Universitas Gadjah Mada.
- Anggrasari, N., 2009, "Perbandingan Nilai Tanah Sebelum dan Sesudah Gempa Bumi 27 Mei 2006 di Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten", *Skripsi*, Teknik Geodesi, UGM, Yogyakarta.
- Amri, I., & Giyarsih, S. R. (2021). Monitoring urban physical growth in tsunami-affected areas: a case study of Banda Aceh City, Indonesia. *GeoJournal*, 6. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10362-6>
- Aris Marfai, M., Fatchurohman, H., & Cahyadi, A. (2019). An Evaluation of Tsunami Hazard Modeling in Gunungkidul Coastal Area using UAV Photogrammetry and GIS. Case Study: Drini Coastal Area. *E3S Web of Conferences*, 125(2019). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912509005>
- Aslam, B., Ismail, S., & Maqsoom, A. (2020). Geospatial mapping of Tsunami susceptibility of Karachi to Gwadar coastal area of Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(17). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05916-4>
- Berryman, K. (2006). *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*. Lower Hutt: Institute of Geological & Nuclear Sciences.
- BPS (2020) *Kapanewonan Temon Dalam Angka Tahun 2020*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo.
- Bhattacharya, Y., & Nakamura, H. (2021). Spatial hedonic analysis to support tourism-sensitive tsunami

- mitigation planning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60, 102283. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102283>
- Cankaya, Z. C., Suzen, M. L., Yalciner, A. C., Kolat, C., Zaytsev, A., & Aytore, B. (2016). A new GIS-based tsunami risk evaluation: MeTHuVA (METU tsunami human vulnerability assessment) at Yenikapl, Istanbul. *Earth, Planets and Space*, 68(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0507-0>
- Chusnayah, F. (2017). Mereduksi Energi Tsunami Menggunakan Model. *Tesis*. Magister Teknik Geomatika. Universitas Gadjah Mada
- Cohen, dkk. (2007). *Metode Penelitian dalam Pendidikan*. New York. Routledge. 657 Hal.
- Dewatama, E. (2020). Arahan Perancangan Kawasan Yogyakarta International Airport (YIA) Berbasis Mitigasi Bencana Tsunami. *Tesis*. Magister Teknik Arsitektur dan Perencanaan Konsentrasi Megister Kawasan Binaan. Universitas Gadjah Mada
- Mardiatno, D., Malawani, M. N., & Nisaa', R. M.rifatun. (2020). The future tsunami risk potential as a consequence of building development in Pangandaran Region, West Java, Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46.
- Rachmawati, R. (2021). Urban Development, Land Use, and Spatial Planning for Settlements: Lessons Learned from Yogyakarta City, Indonesia. *American Journal of Economics and Sociology*, 80(2), 757-775. <https://doi.org/10.1111/ajes.12393>
- Rajapaksa, D., Zhu, M., Lee, B., Hoang, V. N., Wilson, C., & Managi, S. (2017). The impact of flood dynamics on property values. *Land Use Policy*, 69(August), 317-325. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.038>
- Roshan, A. D., Basu, P. C., & Jangid, R. S. (2016). Tsunami hazard assessment of Indian coast. *Natural Hazards*, 82(2), 733-762. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2216-1>
- Salmanidou, D. M., Ehara, A., Himaz, R., & Heidarzadeh, M. (2021). Impact of future tsunamis from the Java trench on household welfare: Merging geophysics and economics through catastrophe modelling. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 61, 102291. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102291>
- Saputra, E., Ariyanto, I. S., & Ghiffari, R. A. (2021). Land Value in a Disaster-Prone Urbanized Coastal Area : A Case Study from Semarang City , Indonesia. *Land* 2021, 10, 1187. <https://doi.org/10.3390/land10111187>
- Soetjipto, Budi and Maipita, Indra and Idris and Rahman, Haikal, The Impact of Earthquake/ Tsunami Threat on Land Prices in Padang, West Sumatera, Indonesia (June 29, 2017). *Journal of Business and Economics Review (JBER)*, Vol. 2(3), p. 39-45, 2017, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3010065>
- Yuniansyah, I. (2018). Pemodelan Run Up Tsunami Menggunakan Skenario Jamak, Studi Kasus Bandara Kulon Progo. *Skripsi*. Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh November.