

Citra sebelum (kiri) dan setelah (kanan) diolah dengan analisis NDVI di kawasan kebun binatang Gembira Loka

Majalah Ilmiah Globe diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) bekerja sama dengan Masyarakat Ahli Penginderaan jauh Indonesia (MAPIN). Majalah Ilmiah Globe sebagai media komunikasi ilmiah, riset dan teknologi terkait pengumpulan, pengolahan dan analisis data menghasilkan informasi Geospasial Tematik, antara lain mencakup Analisis Tematik (Hidrologi, Geomorfologi, Penginderaan Jauh, Kartografi, dan Geografi Fisik), dan Aplikasi Sistem Informasi Geografi. Pernyataan penulis dalam artikel yang dimuat pada majalah ini merupakan pendapat individu penulis bukan pendapat penerbit.

Jurnal terbit 2 kali setiap tahun, 2 nomor 1 volume, bulan **Oktober** dan **Oktober**.

Pengarah:

Kepala Badan Informasi Geospasial

Penanggung Jawab:

Kepala Pusat Penelitian Promosi dan Kerja Sama

Mitra Bestari :

Nama :

Prof. Dr. Sobar Sutisna
Prof. Junun Sartohadi
Prof. Bangun Mulyo Sukojo
Prof. Widiatmaka
Dr. Projo Danoedoro
Dr. Djati Mardiatno
Dr. Wikanti Asriningrum
Dr. Ibnu Sofian
Dr. Sri Hartini
Dr. Muhamad Buce Saleh

Kepakaran :

Geodesi Batas Wilayah
Geografi Fisik
Penginderaan Jauh
Evaluasi Sumberdaya Lahan
Sistem Informasi Geografis
Manajemen Kebencanaan
Geomorfologi
Oceanografi
Penginderaan Jauh - SIG
Penginderaan Jauh - SIG

Instansi :

Universitas Pertanian
Universitas Gadjah Mada
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Institut Pertanian Bogor
Universitas Gadjah Mada
Universitas Gadjah Mada
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Institut Pertanian Bogor

Dewan Editor:

Nama :

Prof Dewayany Sutrisno
Prof. Dr. Ing. Fahmi Amhar
Dr. Jonson Lumban-Gaol
Ir. Yatin Suwarno, M.Sc
Ir. Irmadi Nahib, M.Si
Ahmad Cahyadi, S.Si., M.Sc

Jabatan

Ketua Dewan Editor
Anggota
Anggota
Anggota
Anggota
Anggota

Instansi :

Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Institut Pertanian Bogor
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Universitas Gadjah Mada



Alamat Redaksi:

Sekretariat Redaksi Majalah Ilmiah Globe
Gedung S, Lt. 1 Badan Informasi Geospasial (BIG)
Jl. Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong 16911
Telp/fax: +62-21- 87906041, E-mail: majalah.globe@big.go.id
Webs Jurnal: <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL>

Redaktur Pelaksana:

Nama :

Dr. Yosef Prihanto
Agung Syetiawan, S.T
Nadya Oktaviani, S.T
Danang Budi Susetyo, S.T
Mochamad Irwan Hariyono, S.T
Nugroho Purwono, S. Si
Prayudha Hartanto, S.T
Intan Pujawati, S.Si
Munawaroh, S.Si
Tia Rizka Nuzula Rachma, S.T
Fahrul Hidayat, S.T
Ayu Nur Safii, S.T
Aninda Wisaksanti Rudiastuti, S.Pi
Ellen Suryanegara, S.Sos
Yustisi Ardhitasari, S.T
Rizka Windiastuti, B.Sc, M.IT
Utami Yulaila, S.E

Jabatan

Ketua Redaksi
Administrator
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Lay Out & Desain Grafis
Proof Reader
Proof Reader
Proof Reader
Proof Reader
Proof Reader
Sirkulasi

Instansi

Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial

DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	ii
DAFTAR ISI	iv
LEMBAR ABSTRAK (ID)	vi
LEMBAR ABSTRAK (EN)	viii
PENGANTAR REDAKSI	x
ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU DENGAN NDVI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT <i>WORLDVIEW-2</i> DI KOTA YOGYAKARTA <i>(Analysis of The Availability of Green Open Space with NDVI using Worldview-2 in Yogyakarta City)</i>	
Ika Kristina Noviyanti dan Muhammad Sani Roychansyah Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.....	63-70
DINAMIKA SPASIAL DAN TEMPORAL KERENTANAN SOSIAL DAMPAK BENCANA GEMPA BUMI, Studi Kasus: Dusun Joho <i>(Spatiotemporal Dynamics of Social Vulnerability Impact of Earthquakes, Case Study at Joho Hamlet)</i>	
Acintya Nurmaya, Muhammad Anggri Setiawan, dan Taufik Hery Purwanto Minat Studi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada.....	71-78
PENILAIAN KERENTANAN BANGUNAN TERHADAP TSUNAMI MENGGUNAKAN MODEL PTVA-4 DI WILAYAH KEPESISIRAN BATUHIU, KABUPATEN PANGANDARAN <i>(Building Vulnerability Assessment to Tsunami using PTVA-4 Model in Batuhiu Coastal Area, Pangandaran Region)</i>	
Ratri Ma'rifatun Nisaa', Junun Sartohadi, dan Djati Mardiatno Minat Studi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.....	79-86
RESPONS PANTAI TERHADAP GELOMBANG PASANG AKIBAT SIKLON DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA <i>(Shore response due to tidal wave triggered by cyclone in Daerah Istimewa Yogyakarta)</i>	
Mukhamad Ngainul Malawani, Muh Aris Marfai, Danang Sri Hadmoko, Mega Dharma Putra, Nicky Setiawan, Sigit Hadi Prakoso, Mardiyanto, Brianardi Widagdo, Aldhila Gusta H. Yoga, Mohamad Haviz D.Sasongko, dan Tiara Handayani Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, UGM.....	87-94
PENGAYAAN INFRASTRUKTUR DATA SPASIAL MENGGUNAKAN DATA DARI <i>CROWD</i> UNTUK TANGGAP DARURAT BENCANA <i>(Spatial Data Infrastructure Enrichment using Crowdsourced Data for Emergency Response)</i>	
Arie Yulfa, Trias Aditya, dan Heri Sutanta Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM.....	95-104
KELIMPAHAN DAN SEBARAN SPASIAL-TEMPORAL FITOPLANKTON DI ESTUARI SUNGAI SIAK KAITANNYA DENGAN PARAMETER OSEANOGRAFI <i>(The Abundance and The Spatio-Temporal Distribution of Phytoplankton In Siak River Estuarine and Their Relationships with Oceanographic Parameters)</i>	
Khairul Amri, Asep Ma'mun, Asep Priatna, Ali Suman, Eko Prianto dan Muchlizar Balai Riset Perikanan Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan.....	105-116
PENAMBANGAN POLA RUANG WAKTU PADA PETA PRAKIRAAN DAERAH PENANGKAPAN IKAN DI PERAIRAN WILAYAH PENGELOLAAN PERIKANAN (WPP) 712, 713, DAN 573 <i>(Space Time Pattern Mining on the Fishing Ground Forecast Map in the Fisheries Management)</i>	



Nomor Akreditasi: 30/E/KPT/2018

Hasil Penelitian, Kajian dan Tinjauan Ilmiah dalam Bidang Informasi Geospasial Tematik

Vol. 21 No. 2 Oktober 2019

Area (WPP) 712, 713, and 573)

Nur Mohammad Farda, dan Dinarika Jatisworo

Lab. Sistem Informasi Geografis, Dep. Sains Informasi Geografi, Fak. Geografi, Universitas

Gadjah Mada..... 117-128

LEMBAR ABSTRAK (ID)

MAJALAH ILMIAH GLOBë (Globë Scientific Magazine)	
P-ISSN 1411-0512/E-ISSN 2502-2172	Cibinong, Oktober 2019
Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa izin dan biaya	
<p>DDC 622.526 Noviyanti (Universitas Gadjah Mada) Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau dengan NDVI menggunakan Citra Satelit <i>Worldview-2</i> di Kota Yogyakarta <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 63-70</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketersediaan RTH di Kota Yogyakarta sebagai salah satu variabel kota sehat. Hasil identifikasi RTH pada WorldView-2 tahun 2015 dengan analisis NDVI mampu memberikan deteksi area vegetasi secara lengkap, cepat dan akurat.</p> <p style="text-align: right;">(Noviyanti)</p> <p>Kata kunci: Ruang terbuka hijau, <i>NDVI</i>, WorldView-2</p>	<p>DDC 620.4285 Nurmaya (Universitas Gadjah Mada) Dinamika Spasial dan Temporal Kerentanan Sosial Dampak Bencana Gempa Bumi <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 71-78</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan sosial secara spasial setiap unit rumah pada pagi, siang, sore, dan malam hari. Metode pengolahan data dengan teknik sensus untuk mendapatkan informasi anggota penghuni rumah. Interpretasi citra Quickbird dilakukan untuk menganalisis kenampakan tapak bangunan.</p> <p style="text-align: right;">(Nurmaya)</p> <p>Kata kunci: spasial-temporal, gempa bumi, kerentanan sosial, AHP, SIG partisipatif, peta interaktif</p>
<p>DDC 690.0285 Nisaa' (Universitas Gadjah Mada) Penilaian Kerentanan Bangunan terhadap Tsunami Menggunakan Model PTVA-4 di Wilayah Kepesisiran Batuhui Kabupaten Pengandaran <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 79-68</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk menilai kerentanan bangunan terhadap tsunami menggunakan PTVA-4. Namun, diperlukan penyesuaian parameter dan atribut PTVA-4 sesuai dengan kondisi bangunan di wilayah kepesisiran Batuhui. Model genangan tsunami dibuat dengan menggunakan formula yang dikembangkan oleh Berryman.</p> <p style="text-align: right;">(Nisaa')</p> <p>Kata kunci: kerentanan bangunan, tsunami, PTVA-4, SIG</p>	<p>DDC 771.526 Malawani (Universitas Gadjah Mada) Respons Pantai Terhadap Gelombang Pasang Akibat Siklon Di Daerah Istimewa Yogyakarta <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 87-94</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji respons wilayah pesisir akibat kenaikan muka air laut atau gelombang pasang. Gelombang pasang dapat diakibatkan oleh berbagai faktor. Analisis pada penelitian ini hanya mencakup gelombang pasang yang diakibatkan oleh fenomena siklon.</p> <p style="text-align: right;">(Malawani)</p> <p>Kata kunci: gelombang pasang, morfologi, pesisir, siklon</p>

<p>DDC 526.8 Yulfa (Universitas Gadjah Mada) Pengayaan Infrastruktur Data Spasial Menggunakan Data Dari <i>Crowd</i> Untuk Tanggap Darurat Bencana <i>Majalah Ilmiah Globè Oktober, Vol 21 No 1, Hal 95-104</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah usulan sistem yang dapat menggabungkan dua sumber data dari pemerintah dan kerumunan daring pada kegiatan tanggap darurat bencana. Metode untuk mencapai tujuan tersebut adalah melakukan studi pustaka, analisis kebutuhan, desain dan implementasi sistem berdasarkan rancangan skenario tanggap darurat bencana.</p> <p style="text-align: right;">(Yulfa)</p> <p>Kata kunci: infrastruktur data spasial, <i>crowdsourcing</i>, tanggap darurat bencana</p>	<p>DDC 551.456 Amri (Kementerian Kelautan dan Perikanan) Kelimpahan dan Sebaran Spasial-Temporal Fitoplankton di Estuari Sungai Siak Kaitannya Dengan Parameter Oseanografi <i>Majalah Ilmiah Globè Oktober, Vol 21 No 2, Hal 105-116</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengkajian kondisi komunitas dan kelimpahan fitoplankton serta hubungannya dengan kondisi oseanografi yang menggambarkan produktivitas perairannya. Untuk itu, telah dilakukan penelitian mengenai hubungan antara kelimpahan dan sebaran spasial-temporal fitoplankton dengan parameter oseanografi di estuari Sungai Siak.</p> <p style="text-align: right;">(Amri)</p> <p>Kata kunci: Kelimpahan-distribusi fitoplankton, estuari Sungai Siak, dan parameter oseanografi</p>
<p>DDC 526.285 Farda (Universitas Gadjah Mada) Penambahan Pola Ruang Waktu Pada Peta Prakiraan Daerah Penangkapan Ikan di Perairan Wilayah Pengelolaan Perikanan (Wpp) 712, 713, Dan 573 <i>Majalah Ilmiah Globè Oktober, Vol 21 No 2, Hal 117-128</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk untuk mendapatkan pola <i>hot spot</i> dengan intensitas yang tinggi dari kumpulan titik-titik PDPI dalam kurun waktu tahun 2012 hingga 2017. Metode yang digunakan meliputi <i>space time cube</i> untuk menghasilkan basis data <i>multitemporal</i>, <i>Getis-Ord Gi* statistic (hot spot analysis)</i> untuk menghasilkan <i>hot</i> dan <i>cold spot trends</i>, dan selanjutnya <i>trends</i> tersebut dievaluasi menggunakan <i>Mann-Kendall trend test</i>.</p> <p style="text-align: right;">(Farda)</p> <p>Kata kunci: Penambahan Pola Ruang Waktu, PDPI, Daerah Penangkapan Ikan</p>	

LEMBAR ABSTRAK (EN)

Globë Scientific Magazine (MAJALAH ILMIAH GLOBë)	
P-ISSN 1411-0512/E-ISSN 2502-2172	Cibinong, Oktober 2019
<i>The keywords given are free terms. This abstract sheet may be reproduced without permission or charge</i>	
<p>DDC 622.526 Noviyanti (Universitas Gadjah Mada) <i>Analysis of The Availability of Green Open Space with NDVI using Wordlview-2 in Yogyakarta City</i> <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 63-70</i></p> <p><i>The purpose of this study was to determine the availability of GOS of Yogyakarta City as one of the healthy city variables. GOS identification in WorldView-2 in 2015 with NDVI analysis were able to provide complete, fast and accurate detection of vegetation areas.</i></p> <p style="text-align: right;">(Noviyanti)</p> <p>Keywords: <i>Green open space, NDVI, WorldView-2</i></p>	<p>DDC 620.4285 Nurmaya (Universitas Gadjah Mada) <i>Saptiotemporal Dynamics of Social Vulnerability Impact of Earthquakes</i> <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 71-78</i></p> <p><i>The purpose of this study to analyze the level of social vulnerability spatially every house in the morning, afternoon, evening and night. Data processing methods with census techniques to obtain information on members of the house occupants. Interpretation of Quickbird imagery is done to analyze the appearance of the building footprint.</i></p> <p style="text-align: right;">(Nurmaya)</p> <p>Keywords: <i>spatial-temporal, earthquake, social vulnerability, AHP, participatory GIS, interactive map</i></p>
<p>DDC 690.0285 Nisaa' (Universitas Gadjah Mada) <i>Building Vulnerability Assessment to Tsunami using PTVA-4 Model in Batuhui Coastal Area, Pangandaran Region</i> <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 79-68</i></p> <p><i>This study aims to assess the vulnerability of buildings using PTVA-4. However, it is necessary to adjust the parameters and attributes of PTVA-4 according to the condition of the building in the Batuhui tourist area. Tsunami inundation model was made using formula that developed by Berryman.</i></p> <p style="text-align: right;">(Nisaa')</p> <p>Keywords: <i>tsunami, building vulnerability, PTVA-4, GIS</i></p>	<p>DDC 771.526 Malawani (Universitas Gadjah Mada) <i>Shore response due to tidal wave triggered by cyclone in Daerah Istimewa Yogyakarta</i> <i>Majalah Ilmiah Globë Oktober, Vol 21 No 2, Hal 87-94</i></p> <p><i>This study aims to find potential locations for air quality observation stations based on population density models and spatial variations of pollutant sources in the Jakarta area.</i></p> <p style="text-align: right;">(Malawani)</p> <p>Keywords: <i>tidal wave, morphology, coast, cyclone</i></p>

<p>DDC 526.8 Yulfa (Universitas Gadjah Mada) <i>Spatial Data Infrastructure Enrichment using Crowdsourced Data for Emergency Response</i> <i>Majalah Ilmiah Globè Oktober, Vol 21 No 1, Hal 95-104</i></p> <p><i>The aim of this article make a proposed system that can combine two sources of data from the official informantion and the online crowd for disaster emergency needs. The method to achieve this goal is to conduct a literature study, needs requirement, system design, and implementation based on the design of a disaster emergency response scenario.</i></p> <p style="text-align: right;">(Yulfa)</p> <p><i>Keywords: spatial data infrastructure, crowdsourcing, disaster response</i></p>	<p>DDC 551.456 Amri (Kementerian Kelautan dan Perikanan) <i>The Abundance and The Spatio-Temporal Distribution of Phytoplankton In Siak River Estuarine and Their Relationships with Oceanographic Parameters</i> <i>Majalah Ilmiah Globè Oktober, Vol 21 No 2, Hal 105-116</i></p> <p><i>This study aims to describe the productivity of the waters. The study has been carried out on the abundance and spatial-temporal distribution of phytoplankton its relation to the oceanographic parameters in Siak River estuary.</i></p> <p style="text-align: right;">(Amri)</p> <p><i>Keywords: Phytoplankton abundance-distribution, Siak River estuarine, and oceanographic parameters</i></p>
<p>DDC 526.285 Farda (Universitas Gadjah Mada) <i>Space Time Pattern Mining on the Fishing Ground Forecast Map in the Fisheries Management Area (WPP) 712, 713, and 573</i> <i>Majalah Ilmiah Globè Oktober, Vol 21 No 2, Hal 117-128</i></p> <p><i>The aim of the study is to obtain a pattern of hot spots with high intensity from a collection of PDPI in the period of 2012 to 2017. The method used includes a space-time cube to generate the multi-temporal database, Getis-Ord G_i^* statistic (hot spot analysis) to generate hot and cold spot trends, then the trends are evaluated using the Mann-Kendall trend test.</i></p> <p style="text-align: right;">(Farda)</p> <p><i>Keywords: Space Time Pattern Mining, PDPI, Fishing Grounds</i></p>	

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Majalah Ilmiah Globe Volume 21 No. 1 Oktober 2019 dapat kembali terbit. Dengan semangat untuk selalu memberikan yang terbaik, redaksi berharap agar setiap edisinya semakin berkualitas dengan memuat hasil penelitian yang berguna dan sesuai perkembangan di bidang Informasi Geospasial Tematik, antara lain mencakup Analisis Tematik (Hidrologi, Geomorfologi, Penginderaan Jauh, Kartografi, dan Geografi Fisik), dan Aplikasi Sistem Informasi Geografi.

Majalah Ilmiah Globe Volume 21 No. 1 Oktober 2019 ini menyajikan berbagai tulisan penelitian yang terdiri dari tujuh karya tulis ilmiah oleh penulis dari beberapa instansi yaitu Universitas Gadjah Mada, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Karya tulis ilmiah yang dimuat pada edisi ini yang pertama bertujuan untuk mengetahui ketersediaan RTH di Kota Yogyakarta sebagai salah satu variabel kota sehat.. Naskah kedua bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan sosial secara spasial setiap unit rumah pada pagi, siang, sore, dan malam hari. Naskah ketiga bertujuan untuk menilai kerentanan bangunan terhadap tsunami menggunakan PTVA-4. Namun, diperlukan penyesuaian parameter dan atribut PTVA-4 sesuai dengan kondisi bangunan di wilayah kepesisiran Batuhieu. Model genangan tsunami dibuat dengan menggunakan formula yang dikembangkan oleh Berryman. Naskah keempat bertujuan untuk mengkaji respons wilayah pesisir akibat kenaikan muka air laut atau gelombang pasang. Gelombang pasang dapat diakibatkan oleh berbagai faktor. Analisis pada penelitian ini hanya mencakup gelombang pasang yang diakibatkan oleh fenomena siklon. Naskah kelima bertujuan untuk membuat sebuah usulan sistem yang dapat menggabungkan dua sumber data dari pemerintah dan kerumunan daring pada kegiatan tanggap darurat bencana. Naskah keenam bertujuan untuk mengkajian kondisi komunitas dan kelimpahan fitoplankton serta hubungannya dengan kondisi oseanografi yang menggambarkan produktivitas perairannya. Untuk itu, telah dilakukan penelitian mengenai hubungan antara kelimpahan dan sebaran spasial-temporal fitoplankton dengan parameter oseanografi di estuari Sungai Siak. Naskah ketujuh bertujuan untuk mendapatkan pola *hot spot* dengan intensitas yang tinggi dari kumpulan titik-titik PDPI dalam kurun waktu tahun 2012 hingga 2017.

Redaksi mengucapkan terima kasih atas kontribusi para penulis, editor, mitra bestari, dan berbagai pihak sehingga edisi ini dapat diterbitkan. Juga kepada pembaca yang budiman, kami harapkan saran dan kritik serta sumbangan pemikiran untuk perbaikan dan kemajuan Majalah Ilmiah Globe ini kedepan. Semoga terbitan ini bermanfaat bagi pembaca.

Cibinong, 30 Oktober 2019

Redaksi

ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU DENGAN NDVI MENGUNAKAN CITRA SATELIT WORLDVIEW-2 DI KOTA YOGYAKARTA

(Analysis of The Availability of Green Open Space with NDVI using Worldview-2 in
Yogyakarta City)

Ika Kristina Noviyanti¹, dan Muhammad Sani Roychansyah²

¹Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281 Indonesia

E-mail: ikakristinanoviyanti@gmail.com

Diterima: 20 Februari 2019; Direvisi: 11 Juni 2019; Disetujui untuk Dipublikasikan: 26 Juli 2019

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk di kota berimplikasi pada pengelolaan ruang perkotaan yaitu penyediaan ruang terbuka hijau (RTH). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan, mengindikasikan perlunya ketersediaan RTH baik secara kuantitas maupun kualitas di wilayah urban. Terdapat penelitian yang menyebutkan bahwa terdapat penurunan kuantitas RTH di beberapa kota termasuk diantaranya Kota Yogyakarta. Pengukuran ketersediaan RTH dengan memanfaatkan teknologi fotogrametri dan penginderaan jauh, selama ini menggunakan berbagai macam metode dan citra satelit dengan resolusi spasial yang beragam. Pada penelitian ini digunakan citra resolusi tinggi yaitu citra WorldView-2 yang belum pernah dipakai dalam penelitian sejenis. Analisis dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sesuai rekomendasi beberapa penelitian sebelumnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketersediaan RTH di Kota Yogyakarta sebagai salah satu variabel kota sehat. Hasil identifikasi RTH pada WorldView-2 tahun 2015 dengan analisis NDVI mampu memberikan deteksi area vegetasi secara lengkap, cepat dan akurat. Berdasarkan hasil analisis NDVI dapat dilihat bahwa RTH berada pada kelas dengan kerapatan vegetasi sedang dan tinggi yaitu sejumlah 3,57 km² atau 10,98% dari seluruh luas area. Kecamatan dengan luasan RTH terbesar berada di Umbulharjo dan luasan RTH terkecil ada di Pakualaman. Ketersediaan ruang terbuka hijau di Kota Yogyakarta belum memenuhi ketentuan luasan ruang terbuka hijau untuk setiap penduduk yaitu baru seluas 8,64 m²/jiwa.

Kata kunci: Ruang terbuka hijau, NDVI, WorldView-2

ABSTRACT

Increase in population in the city has implications for the management of urban space, namely the provision of green open space (GOS). Regulation of the Minister of Public Works No.05/PRT/M/2008 on Guidelines for the Provision and Utilization of GOS in Urban Areas, indicates the need for availability of GOS both in quantity and quality in urban areas. There is research that states that there is a decrease in the quantity of GOS in several cities including Yogyakarta City. Measuring the availability of GOS by utilizing photogrammetry and remote sensing technology, all this time using a variety of methods and satellite imagery with diverse spatial resolutions. In this study, high-resolution images were used, namely WorldView-2 that had never been used in similar studies. Analysis with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) according to the recommendations of several previous studies. The purpose of this study was to determine the availability of GOS of Yogyakarta City as one of the healthy city variables. GOS identification in WorldView-2 in 2015 with NDVI analysis were able to provide complete, fast and accurate detection of vegetation areas. It can be seen that GOS is in the class with medium and high vegetation density which is 3.57 km² or 10.98% of the total area. The sub-district with the largest GOS area is in Umbulharjo and the smallest GOS area is in Pakualaman. The availability of green open space in the city of Yogyakarta has not fulfilled the provisions of GOS for each resident, namely an area of 8,64 m²/soul.

Keywords: Green open space, NDVI, WorldView-2

PENDAHULUAN

Tantangan terhadap pengelolaan ruang di perkotaan semakin berat akibat tingginya arus urbanisasi. Peningkatan jumlah penduduk perkotaan juga berimplikasi pada tingginya tekanan terhadap pemanfaatan ruang kota sehingga

penataan ruang kota perlu mendapatkan perhatian khusus, terutama terkait penyediaan kawasan hunian, fasilitas umum dan sosial serta ruang terbuka hijau (RTH) untuk publik di perkotaan.

Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 menyebutkan bahwa ruang terbuka hijau merupakan area memanjang/jalur dan/atau

mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman baik secara alamiah maupun sengaja ditanam. Speiregen dalam Sugandhy & Hakim (2007) menyatakan bahwa secara sistem ruang terbuka hijau kota pada dasarnya adalah bagian dari kota yang tidak terbangun, yang umumnya terdiri dari ruang pergerakan linier atau koridor dan ruang pulau atau oasis, yang berfungsi menunjang kenyamanan, kesejahteraan, peningkatan kualitas lingkungan dan pelestarian alam. Perloff (2015) menyampaikan bahwa ruang terbuka hijau pada pembentukannya memiliki beberapa fungsi. Salah satu fungsi tersebut adalah menyediakan cahaya dan sirkulasi udara ke dalam bangunan terutama pada bangunan tinggi di pusat kota. Fungsi berikutnya adalah menghadirkan kesan perspektif pada pemandangan kota (*urban scene*) terutama di kawasan yang padat di pusat kota. Selain itu, RTH juga menyediakan area rekreasi dengan bentuk aktivitas yang spesifik. RTH juga berfungsi untuk melindungi fungsi ekologis kawasan dan memberikan bentuk *solid void* kawasan kota. Selain fungsi yang sudah disebutkan di atas, RTH juga sebagai area cadangan pengembangan bagi penggunaan di masa yang akan datang.

Menteri Pekerjaan Umum (2008) menyebutkan bahwa ketersediaan dan pemanfaatan RTH di kawasan perkotaan bertujuan untuk menjaga ketersediaan lahan sebagai kawasan resapan air, menciptakan aspek planologis perkotaan melalui keseimbangan antara lingkungan alam dan lingkungan binaan yang berguna untuk kepentingan masyarakat, serta meningkatkan keserasian lingkungan perkotaan sebagai sarana pengaman lingkungan perkotaan yang aman, nyaman, segar, indah dan bersih.

Penelitian Budiman, Sulistyantara, & Zain (2014) membuktikan bahwa perubahan pola RTH dipengaruhi oleh perkembangan kota. Pendeteksian pola perubahan ini ditandai dengan perubahan *landuse* pada kota-kota yang diamati yaitu Jakarta, Kota Bandung, Kota Semarang, Surabaya dan Kota Yogyakarta. Pada kota-kota tersebut terdapat kecenderungan penurunan kualitas RTH publik pada 30 tahun terakhir. Budiman et al. (2014) menjelaskan bahwa tren penurunan luas RTH yang terjadi di Kota Yogyakarta dalam kurun waktu 41 tahun berkurang dari tahun 1972 seluas 14,30 km² ke tahun 2013 menjadi seluas 10,40 km², terjadi penurunan sebesar 28% atau 1,5%/tahun. Menurunnya kuantitas RTH ini mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan perkotaan.

Pengukuran ketersediaan ruang terbuka hijau sangat penting dilakukan demi keberlanjutan suatu kota. Salah satu cara untuk mengidentifikasi ketersediaan RTH yaitu dengan memanfaatkan teknologi fotogrametri dan penginderaan jauh. Metode yang biasa digunakan yaitu pengamatan manual dengan digitasi *on screen* pada citra satelit terkoreksi seperti yang telah dilakukan oleh (Wicaksono & Zuharnaen, 2017), (Indraputra &

Hidayat, 2016), dan (Afriyanti, Awaluddin, & Sabri, 2014). Utami, Suharyadi, & Iswari (2012) melakukan penelitian dengan digitasi *on screen* menggunakan citra Quickbird dengan hasil persentase ketelitian untuk interpretasi liputan vegetasi sebesar 86,84%. Cara identifikasi dengan digitasi *on screen* membutuhkan akurasi yang tinggi sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Selain itu penerapan metode dengan interpretasi manual memiliki keterbatasan subjektivitas dari setiap interpreter.

Cara lain yang digunakan untuk identifikasi ketersediaan RTH yaitu dengan mengelompokkan seluruh piksel atau objek pada suatu citra ke dalam sejumlah kelas atau biasa disebut dengan klasifikasi terbimbing. Yusof (2012) melakukan klasifikasi terbimbing berbasis objek pada citra IKONOS 2002 dengan hasil klasifikasi penggunaan lahan berupa pembagian jenis tanaman yaitu rumput, semak dan pohon. Cara identifikasi dengan klasifikasi terbimbing sulit dilakukan untuk data yang besar dan membutuhkan pengeditan pada nilai piksel yang mirip padahal memiliki kelas yang berbeda.

WHO (2016) menyebutkan bahwa salah satu indikator untuk mengukur ketersediaan ruang terbuka hijau adalah menggunakan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yaitu metode standar yang digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi pada tumbuhan yang sumber datanya bersumber dari citra satelit. Myneni & Williams (1994) menyampaikan bahwa NDVI memiliki hubungan yang erat dengan FAPAR (*Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation*). Zavaleta et al, (2003) juga menyampaikan bahwa NDVI sensitif terhadap kandungan klorofil tanaman. Sinaga, Suprayogi, & Haniah (2018) menyatakan bahwa metode NDVI dianggap paling sesuai dipakai dalam penentuan luasan ketersediaan RTH menggunakan indeks kehijauan. NASA (2018) juga menyampaikan bahwa pada pengolahan citra digital, analisis NDVI populer dipakai untuk identifikasi kerapatan vegetasi.

Li, Kustas, Anderson, Prueger, & Scott (2008) menyampaikan bahwa resolusi spasial yang tinggi dari data penginderaan jauh sangat penting untuk membedakan tutupan vegetasi pada daerah yang memiliki tutupan lahan heterogen sehingga dapat dihindari kesalahan-kesalahan interpretasi. Pendapat ini didukung oleh penelitian Febrianti, Ayu, & Sofan (2014) bahwa pemanfaatan citra resolusi spasial yang tinggi sangat diperlukan untuk identifikasi RTH di daerah perkotaan dengan tingkat keragaman penutup lahan yang heterogen dan luasan yang sempit.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, untuk memperoleh gambaran ketersediaan ruang terbuka hijau di Kota Yogyakarta secara lengkap, cepat dan relatif lebih akurat diperlukan analisis terhadap citra dengan resolusi spasial tinggi. Citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra WorldView-2 yang belum pernah digunakan dalam

penelitian-penelitian sebelumnya. Analisis terhadap citra tersebut menggunakan indeks vegetasi/ NDVI yang dapat secara langsung membedakan tanaman dan bukan tanaman. Hasil analisis citra ini juga menghasilkan data digital yang dapat diolah secara kuantitatif untuk kepentingan penelitian selanjutnya. Ketersediaan ruang terbuka hijau dalam penelitian ini juga sebagai salah satu variabel kota sehat yang merupakan bagian dari atribut lingkungan (WHO, 2003).

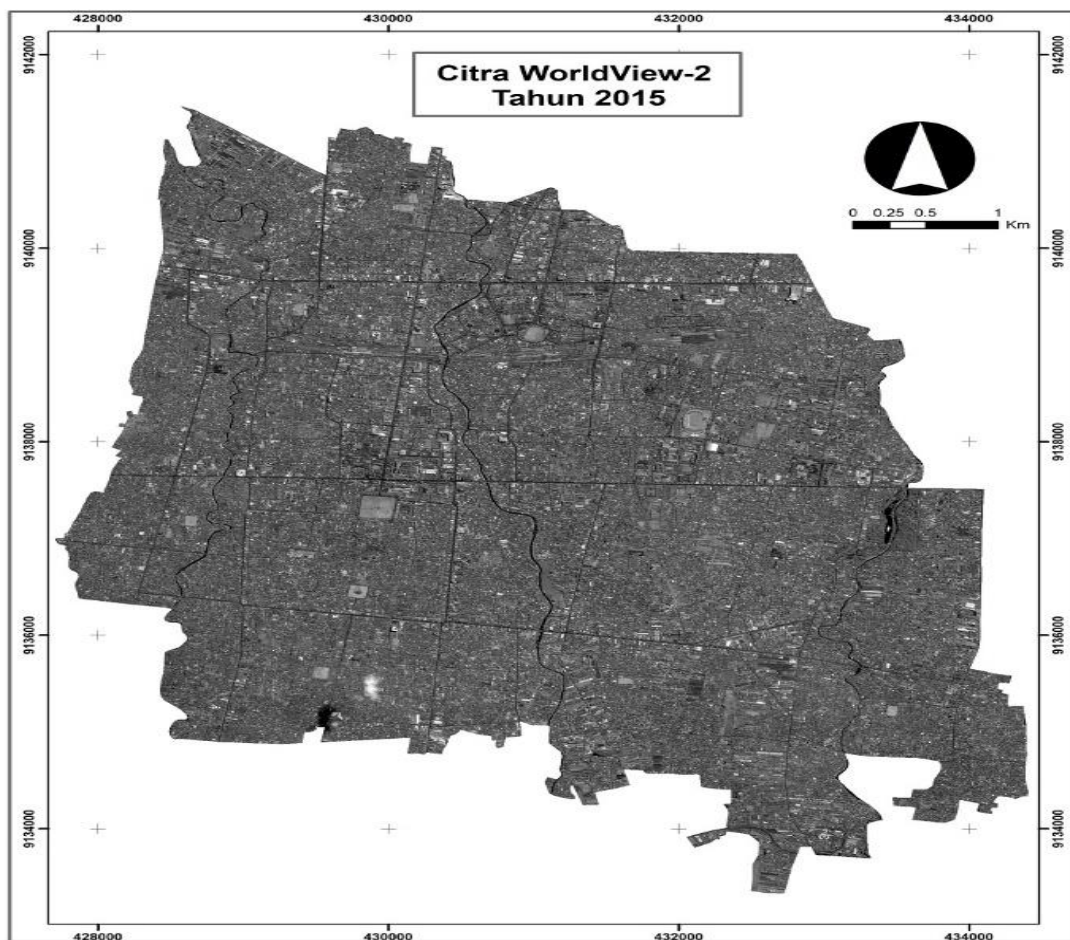
METODE

Penelitian ini berlokasi di Kota Yogyakarta yang secara geografis terletak pada koordinat 110°24'19" - 110°28'53"BT dan 7°15'24" - 7°49'26"LS dengan luas wilayah 32,5 km² atau 1,02% dari luas wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (BPS, 2018). Secara administratif Kota Yogyakarta berbatasan dengan Kabupaten Bantul di sebelah barat dan selatan, Kabupaten Bantul dan Sleman sebelah timur, dan Kabupaten Sleman di sebelah utara. Penelitian ini mencakup seluruh area di Kota Yogyakarta yaitu 14 kecamatan dengan jumlah penduduk menurut proyeksi BPS pada tahun 2015 sebanyak 421.704 dan tahun 2017 sebanyak 422.732 jiwa.

Penelitian ini menggunakan citra satelit WorldView-2 tahun 2015. Citra WorldView-2 adalah

salah satu citra satelit penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk ekstraksi informasi penggunaan lahan khususnya di perkotaan. Citra satelit ini merupakan generasi terbaru yang diluncurkan pada tanggal 8 oktober 2009 oleh sebuah perusahaan Amerika yaitu Digitalglobe. Citra WorldView-2 memiliki resolusi spektral yang lebih lengkap dan resolusi spasial yang tinggi yaitu 46 – 50 cm untuk citra pankromatik dan 1,84 – 2,05 m untuk citra multispektral. Citra WorldView-2 memiliki citra multispektral yang terdiri dari 8 band sehingga sangat memadai bagi keperluan analisis spasial sumber daya alam dan lingkungan hidup terutama di wilayah urban (Digitalglobe, 2018). Citra pankromatik WorldView-2 Kota Yogyakarta tahun 2015 dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Citra WorldView-2 dipakai karena citra tersebut memiliki resolusi tinggi dan merupakan data spasial terbaik yang tersedia secara gratis di Badan Informasi Geospasial untuk area Kota Yogyakarta. Data tersebut telah terkoreksi orthorektifikasi sehingga telah terkoreksi reliefnya dan memiliki faktor skala yang seragam. Citra WorldView-2 juga memiliki informasi dengan penjaminan kualitas geometri yang memenuhi skala 1:5000 secara 2D. Citra WorldView-2 yang memiliki 8 band akan meningkatkan kemampuan dalam membedakan objek hasil rekaman sehingga dapat dilakukan analisa yang semakin akurat.



Gambar 1. Citra pankromatik WorldView-2 Tahun 2015 area Kota Yogyakarta.

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode NDVI dengan rumus sebagai berikut:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \dots\dots\dots(1)$$

di mana :

- NDVI = nilai NDVI
- NIR = Near Infrared Band
- R = Red Band

Output dari NDVI berupa *file/layer* citra baru yang memiliki nilai berkisar dari -1 sampai 1 dengan klasifikasi nilai kelas seperti pada **Tabel 1**. Analisis terhadap citra menggunakan perangkat lunak ENVI 5.0 untuk mendapatkan nilai NDVI. Setelah nilai kerapatan diperoleh maka dilanjutkan perhitungan luas dari masing-masing kerapatan dengan perangkat lunak ArcGIS 10.4. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian diinput ke dalam Microsoft Excel 2016 sehingga dapat dilakukan klasifikasi sesuai dengan rentang kelas hasil NDVI.

Tabel 1. Klasifikasi nilai kelas NDVI.

Kelas	Kerapatan Vegetasi	Jenis RTH
< 0	Non RTH	Tubuh air seperti sungai dll.
0 – 0,1	Sangat rendah	Permukiman lahan terbuka yang dilapisi dengan aspal atau paving maupun jalan aspal.
0,11 – 0,5	Rendah	Lahan vegetasi penutup tanah, seperti pada jalan tanah, lapangan kosong tanpa dilapisi aspal atau paving.
0,51 – 0,7	Sedang	Lahan vegetasi penutup berupa perkebunan kelapa, kebun campuran, vegetasi rerumputan, padang golf, alang-alang.
> 0,71	Tinggi	Vegetasi berhutan.

Sumber: (Putra, 2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi Ruang Terbuka Hijau menggunakan metode NDVI memberikan hasil yang cukup merepresentasikan sebaran dari ketersediaan vegetasi di Kota Yogyakarta. Nilai terendah dari pengkelasan ini berada pada kelas badan air yaitu aliran Sungai Gajahwong, Sungai Code dan Sungai Winongo sedangkan nilai tertinggi dari pengkelasan ini berada pada kelas vegetasi berhutan yang merupakan vegetasi penghasil oksigen. Luasan dari kelas vegetasi tersebut dapat dilihat dari **Tabel 2**. Analisis citra dengan NDVI memberikan gambaran bahwa RTH berada pada kelas dengan kerapatan vegetasi sedang dan tinggi yaitu sejumlah 3,57 km² atau 10,98% dari keseluruhan luas Kota Yogyakarta. Kelas klasifikasi berupa badan air berupa sungai dan danau memiliki luasan 0,27 km² atau sekitar 0,82% dari luas

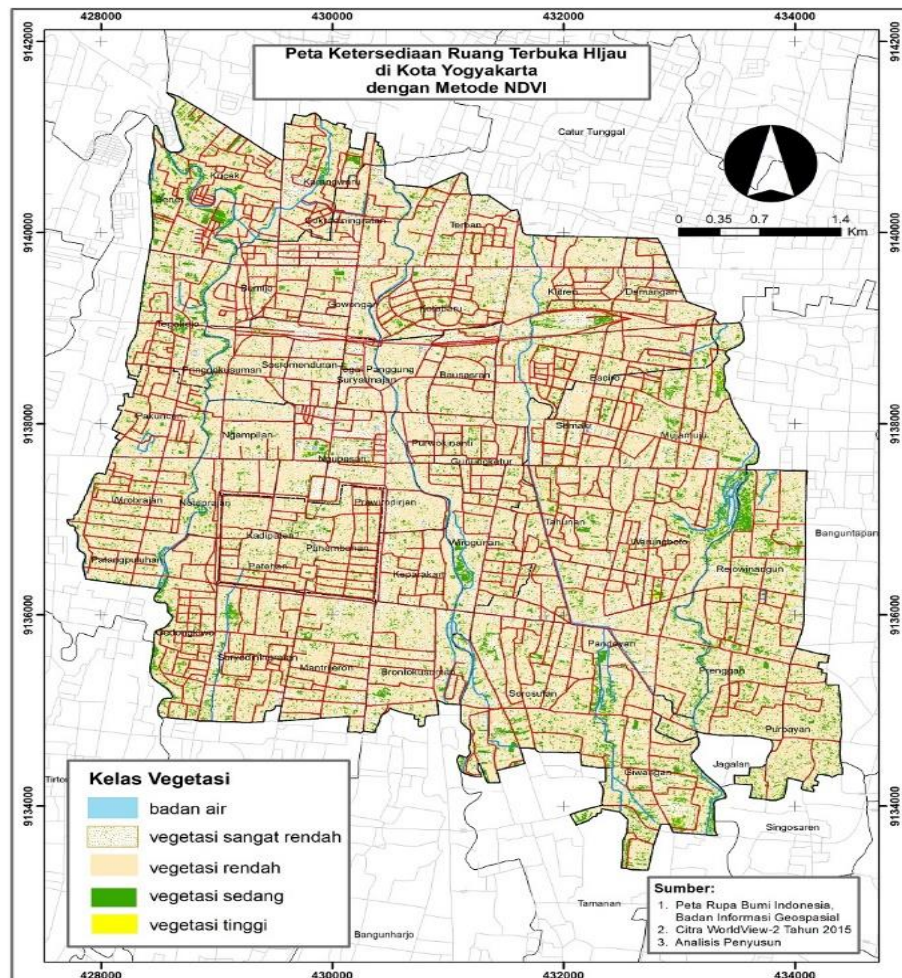
wilayah secara keseluruhan. Sedangkan luasan tertinggi berada pada kerapatan vegetasi sangat rendah dan rendah yaitu berupa lahan permukiman dan lahan terbuka dengan luas total 27,66 km² atau 85,10% dari luas keseluruhan. Sebaran dari kerapatan vegetasi hasil analisis dengan metode NDVI disajikan secara spasial dalam bentuk peta (**Gambar 2**).

Tabel 2. Hasil Analisis NDVI Kota Yogyakarta

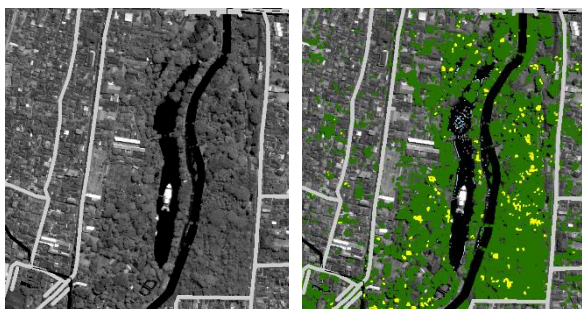
Nama kelas	Kerapatan Vegetasi	Luas (km ²)	Persentase (%)
Badan Air	Non RTH	0,27	0,82
Lahan Permukiman	Sangat rendah	6,55	20,17
Lahan Terbuka	Rendah	21,10	64,93
Vegetasi Rerumputan	Sedang	3,52	10,82
Vegetasi Hutan	Tinggi	0,05	0,16
<i>unclassified</i>	-	1,01	3,11
Total		32,50	100

Hasil identifikasi vegetasi atau area hijau di area kota Yogyakarta berdasarkan data citra WorldView-2 tahun 2015 dengan metode NDVI memberikan hasil yang cukup baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil deliniasi area vegetasi dan non vegetasi yang tepat dan sesuai dengan kondisi eksisting. Vegetasi juga dapat diidentifikasi secara menyeluruh baik di area terbuka maupun yang berada di sekitar permukiman kota. Selain detail, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan sebaran vegetasi juga sangat singkat sehingga hasil deliniasi ini dapat digunakan sebagai pendekatan ketersediaan RTH di area urban yaitu di Kota Yogyakarta. Peta Ketersediaan RTH di Kota Yogyakarta memberikan gambaran bahwa sebaran RTH di Kota Yogyakarta tersebar secara merata di seluruh area kota. Akan tetapi kerapatan vegetasi dengan kelas tinggi hanya berada di beberapa titik diantaranya di sebelah timur yaitu Kebun Binatang Gembira Loka (**Gambar 3**) dan di sebelah selatan yaitu RTH Giwangan dan RTH Gajahwong. Ketiga RTH ini secara administrasi masuk dalam Kecamatan Umbulharjo.

Ruang Terbuka Hijau di kebun binatang Gembira Loka menjadi salah satu penyumbang luasan RTH terbesar di kecamatan ini. Hal ini sesuai dengan data hasil analisis NDVI yaitu kecamatan dengan luas kerapatan vegetasi sedang dan tinggi berada di Kecamatan Umbulharjo yaitu 1,09 km² atau sekitar 30,67% dari luasan RTH keseluruhan pada kelas sedang dan tinggi. Analisis citra dengan NDVI memberikan gambaran bahwa luasan terendah pada kerapatan kelas sedang dan tinggi berada di kecamatan pakualaman yaitu 0,04 km² atau 1,19% dari luasan RTH keseluruhan pada kelas sedang dan tinggi.



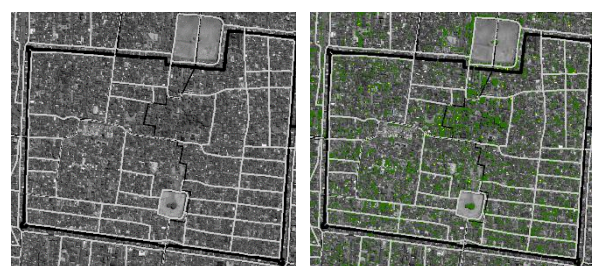
Gambar 2. Peta ketersediaan ruang terbuka hijau di Kota Yogyakarta dengan NDVI



Gambar 3. Citra sebelum dan sesudah diolah dengan analisis NDVI di kawasan kebun binatang Gembira Loka.

Analisis citra dengan NDVI juga memberikan gambaran bahwa daerah pusat kota terdapat ruang terbuka hijau yang cukup luas yaitu alun-alun yang berada di utara dan selatan keraton Yogyakarta, akan tetapi kualitas kerapatan vegetasinya masuk dalam kategori sangat rendah. Metode NDVI mampu mengidentifikasi tidak hanya kumpulan vegetasi namun juga pohon tunggal. Hal ini dapat dilihat pada pohon beringin yang berada di bagian tengah alun-alun yang masuk ke dalam kategori kelas vegetasi sedang. Hal ini bisa dilihat pada **Gambar 4**. Berdasarkan data hasil analisis NDVI, luasan RTH sesuai Citra Worldview-2 tahun 2015 dengan jumlah penduduk di tahun yang sama

maka untuk setiap penduduk sekitar 8,64 m²/jiwa. Tabel perhitungan kebutuhan luasan RTH sesuai dengan jumlah penduduk dapat dilihat pada **Tabel 3**.



Gambar 4. Citra sebelum dan sesudah diolah dengan analisis NDVI di kawasan keraton Yogyakarta.

Perhitungan yang dilakukan pada **Tabel 3** merupakan luas RTH sesuai dengan analisis NDVI dan dengan asumsi bahwa tidak ada konversi RTH yang signifikan selama dua tahun terakhir serta didukung hasil validasi data di lapangan. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa luasan RTH di Kota Yogyakarta masih belum memenuhi ketentuan luas sesuai dengan rekomendasi WHO maupun sesuai dengan peraturan pemerintah Indonesia. WHO merekomendasikan bahwa sebuah kota dapat menyediakan RTH untuk

kehidupan yang sehat dengan luas minimal 9,5 m²/jiwa (Anguluri & Narayan, 2017). Kota Yogyakarta perlu meningkatkan luasan RTH dengan vegetasi sebesar 448.566,496 m² untuk memperoleh kebutuhan RTH ideal sesuai dengan rekomendasi WHO tersebut.

Tabel 3. Kebutuhan luasan RTH sesuai dengan jumlah penduduk Tahun 2015 dan Tahun 2017 di Kota Yogyakarta.

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas RTH (m ²)	Kebutuhan RTH (m ² /jiwa)
2015	412.704	3.567.387,50	8,64
2017	422.732	3.567.387,50	8,44
Luas RTH sesuai dengan kebutuhan RTH minimal 9,5 m ² /jiwa (WHO) :			
2017	422.732	4.015.954,00	9,50
Luas RTH sesuai dengan kebutuhan RTH minimal 20 m ² /jiwa (Peraturan Menteri PU No.05/PRT/M/2008) :			
2017	422.732	8.454.640,00	20,00

Hasil perhitungan pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa luasan tersebut masih belum memenuhi ketentuan luas sesuai dengan Peraturan Menteri PU No.05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan. Sesuai peraturan tersebut setiap penduduk harus dilayani minimal 20 m²/jiwa. RTH tersebut terdiri dari Taman RT, Taman RW, Taman Kelurahan, Taman Kecamatan, Pemakaman, Taman Kota, Hutan Kota, dan RTH untuk fungsi-fungsi tertentu. Keberadaan vegetasi di Kota Yogyakarta juga belum menunjukkan peruntukannya sebagai RTH sesuai dengan apa yang tercantum dalam Rencana Detail Tata Ruang. Beberapa area memiliki peruntukan berupa Kawasan Permukiman atau Kawasan Komersial, hanya penghuni atau pengelola kawasan tersebut masih menyisakan halaman dengan taman/vegetasi. Pada penelitian ini, hasil analisis NDVI menunjukkan kondisi *existing* RTH berada jauh di bawah yang dipersyaratkan. Untuk mencapai luasan yang sesuai dengan peraturan tersebut di atas maka pemerintah Kota Yogyakarta perlu menambah luasan RTH dengan vegetasi sebesar 4.887.252,496 m². Peningkatan luasan vegetasi ini dapat dilakukan dengan inovasi bentuk dari penyediaan ruang terbuka hijau diantaranya dengan konsep *vertical garden*, konsep *roof top gardens* dan konsep *green buildings*. Hal ini dilakukan karena luasan lahan kosong di Kota Yogyakarta sudah sangat terbatas sehingga tidak mungkin menambah luasan RTH hanya dengan cara akuisisi lahan. Penyediaan RTH dapat dilakukan dengan berbasis komunitas yaitu melalui peningkatan peran serta masyarakat/partisipasi publik seperti yang sudah berhasil diterapkan di beberapa lokasi di Kota Yogyakarta yaitu RTH Kuwaru *Riverside* yang berada di Kecamatan Tegalrejo dan Gajah Wong *Educational Park* yang berada di Kecamatan Umbulharjo.

KESIMPULAN

Penggunaan citra resolusi tinggi yaitu Citra WorldView-2 dan analisis NDVI pada penelitian ini mampu memberikan deteksi area vegetasi secara lengkap, cepat dan relatif akurat. Sebaran Ruang Terbuka Hijau di Kota Yogyakarta tersebar merata di seluruh area kota namun hanya kecamatan tertentu yang memiliki RTH dengan kerapatan vegetasi kelas tinggi. Kecamatan dengan luasan RTH terbesar berada di Umbulharjo dan luasan RTH terkecil ada di Pakualaman. Ketersediaan ruang terbuka hijau di Kota Yogyakarta belum memenuhi ketentuan luas sesuai dengan rekomendasi WHO yaitu sekitar 9,5 m²/jiwa maupun sesuai dengan peraturan pemerintah Indonesia yaitu sekitar 20 m²/jiwa, karena ketersediaan ruang terbuka hijau di Kota Yogyakarta masih berkisar 8,64 m²/jiwa. Pemerintah Kota Yogyakarta diharapkan terus berupaya meningkatkan kuantitas dan kualitas serta sebaran dari ruang terbuka hijau dari kondisi yang ada sekarang.

Tantangan yang dihadapi adalah belum tersedianya citra resolusi tinggi yang *realtime* untuk keperluan analisis ketersediaan RTH pada tahun tertentu. Citra yang saat ini tersedia dan dapat diakses secara gratis masih memiliki resolusi yang rendah. Pemanfaatan analisa ketersediaan RTH dengan metode NDVI dapat digunakan untuk mengidentifikasi secara cepat terhadap objek vegetasi di area urban. Hasil identifikasi ini selanjutnya dapat digunakan untuk mendeteksi hubungan antara ketersediaan RTH dengan variabel kota sehat yang lainnya yaitu atribut penyakit spesifik misalnya asma, ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut), diabetes dan jantung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih ditujukan kepada Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim, BIG yang telah memberikan contoh data citra yang digunakan untuk penelitian ini, serta kepada Bappenas yang telah memfasilitasi dan memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian. Terimakasih juga kepada Kantor Wilayah ATR/ BPN Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melaksanakan tugas belajar serta semua pihak yang ikut membantu dan memberikan semangat pada proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, H. N., Awaluddin, M., & Sabri, L. (2014). Analisis Ruang Terbuka Hijau Kota Semarang Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(1), 289-299.
- Anguluri, R., & Narayanan, P. (2017). Role of Green Space in Urban Planning: Outlook Towards Smart Cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 25, 58-65

- BPS. (2018). *Kota Yogyakarta Dalam Angka 2018*. Yogyakarta: BPS Kota Yogyakarta.
- Budiman, A., Sulistyantara, B., & Zain, A. F. (2014). Deteksi Perubahan Ruang Terbuka Hijau pada 5 Kota Besar di Pulau Jawa (Studi Kasus : DKI Jakarta, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Yogyakarta, dan Kota Surabaya). *Jurnal Lanskap Indonesia*, 6(1), 7-15.
- Digitalglobe. (2018). satellite information. Retrieved from www.digitalglobe.com
- Febrianti, N., Ayu, K., & Sofan, P. (2014). Analisis Citra Satelit Penginderaan Jauh untuk Mengidentifikasi Ruang Terbuka Hijau di Daerah Perkotaan. *Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Pemantauan, Deteksi, dan Kajian Lingkungan* : Jakarta: Maxymum.
- Indraputra, A., & Hidayat, I. N. (2016). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau dan Tingkat Kenyamanan di Sebagian Kota Semarang. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(1).
- Li, F., Kustas, W. P., Anderson, M. C., Prueger, J. H., & Scott, R. L. (2008). Effect of Remote Sensing Spatial Resolution on Interpreting Tower-Based Flux Observations. *Remote Sensing of Environment*, 112(2), 337-349.
- Menteri Pekerjaan Umum (2008). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 5/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Penyediaan Dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Myneni, R. B., & Williams, D. L. (1994). On The Relationship between FAPAR and NDVI. *Remote Sensing of Environment*, 49(3), 200-211.
- NASA. (2018). Measuring Vegetation. Retrieved from https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php
- Perloff, H. S. (2015). *The Quality of the Urban Environment : Essay on "New Resources" in an Urban Age*. Washington D.C.: Resources For The Future, Inc.
- Putra, E. H. (2012). Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Pendekatan Kebutuhan Oksigen menggunakan Citra Satelit EO-1 ALI (Earth Oserver-1 Advanced Land Imager) di Kota Manado. *Earth Observer*, 1, 41-54.
- Sinaga, S. H., Suprayogi, A., & Haniah, H. (2018). Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index dan Soil Adjusted Vegetation Index Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2A (Studi Kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 202-211.
- Sugandhy, A., & Hakim, R. (2007). *Prinsip Dasar Kebijakan Pembangunan Berkelanjutan Berwawasan Lingkungan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Utami, S. A., Suharyadi, & Iswari, N. H. (2012). Penentuan Lokasi RTH Daerah Permukiman di Sebagian Kota Bekasi Menggunakan Aplikasi PJ dan SIG. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3).
- WHO. (2003). *Healthy Cities Technical Working Group: Phase IV of the WHO Healthy Cities Network in Europe_ Goals and Requirements*. Copenhagen: WHO.
- WHO. (2016). *Urban Green Spaces and Health*.
- Wicaksono, R. A., & Zuharnaen, Z. (2017). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Menentukan Lokasi Prioritas Pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Surakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 6(3).
- Yusof, M. (2012). Identifying Green Spaces in Kuala Lumpur Using Higher Resolution Satellite Imagery. *Alam Cipta, International Journal of Sustainable Tropical Design Research and Practice*, 5(2), 93-106.
- Zavaleta, E. S., Thomas, B. D., Chiariello, N. R., Asner, G. P., Shaw, M. R., & Field, C. B. (2003). Plants Reverse Warning Effect on Ecosystem Water Balance. *Proceedings National Academy of Science*, 100(17), 9892-893.

Halaman ini sengaja kami kosongkan

DINAMIKA SPASIAL DAN TEMPORAL KERENTANAN SOSIAL DAMPAK BENCANA GEMPA BUMI Studi Kasus: Dusun Joho

*(Spatiotemporal Dynamics of Social Vulnerability Impact of Earthquakes
Case Study at Joho Hamlet)*

Acintya Nurmaya¹, Muhammad Anggri Setiawan², dan Taufik Hery Purwanto²

¹Minat Studi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada

²Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Teknik Utara Pogung, Yogyakarta, 55281 Indonesia
E-mail: acintyan@gmail.com

Diterima: 19 Desember 2018, Direvisi: 24 Juni 2019, Disetujui untuk Dipublikasikan: 29 Agustus 2019

ABSTRAK

Peningkatan kepadatan penduduk dan permukiman berbanding lurus terhadap kerentanan sosial. Penelitian ini mengintegrasikan teknologi geoinformasi dalam penilaian kerentanan sosial secara spasial dan temporal dengan skala detail. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis tingkat kerentanan sosial secara spasial setiap unit rumah pada pagi, siang, sore, dan malam hari. Metode pengolahan data dengan teknik sensus untuk mendapatkan informasi anggota penghuni rumah. Interpretasi citra Quickbird dilakukan untuk menganalisis kenampakan tapak bangunan. Bobot dari tiap parameter kerentanan sosial menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Dinamika spasial dan temporal kerentanan sosial terhadap gempa bumi di Dusun Joho didukung dengan hasil analisis data berupa nilai kerentanan tertinggi terdapat pada parameter penduduk lansia sebesar 41% dan parameter kerentanan sosial terendah adalah kepadatan penduduk sebesar 7%. Di antara 354 total bangunan, 126 rumah terklasifikasikan dalam tingkat kerentanan sosial rendah (36%) pada pagi dan siang hari. Kerentanan sosial sedang (39%) pada sore dan malam hari sebanyak 138 bangunan dan kerentanan sosial tinggi (51%) pada sore dan malam hari sebanyak 179 rumah.

Kata kunci: spasial-temporal, gempa bumi, kerentanan sosial, AHP, SIG partisipatif, peta interaktif

ABSTRACT

Increased population density and settlements are directly proportional to social vulnerability. This study integrates geoinformation technology in spatial and temporal social vulnerability assessment with a detailed scale. The purpose of this study to analyze the level of social vulnerability spatially every house in the morning, afternoon, evening and night. Data processing methods with census techniques to obtain information on members of the house occupants. Interpretation of Quickbird imagery is done to analyze the appearance of the building footprint. The weight of each parameter of social vulnerability uses the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The spatial and temporal dynamics of social vulnerability to earthquakes in Joho Hamlet are supported by the results of data analysis in the form of the highest vulnerability found in the parameters of the elderly population of 41% and the lowest social vulnerability parameter is a population density of 7%. Among the 354 total buildings, 126 classified houses were in the low level of social vulnerability (36%) in the morning and afternoon. Medium social vulnerability (39%) in the afternoon and evening as many as 138 buildings and high social vulnerability (51%) in the afternoon and evening as many as 179 houses.

Keywords: spatial-temporal, earthquake, social vulnerability, AHP, participatory GIS, interactive map

PENDAHULUAN

Peningkatan kepadatan penduduk ditambah dengan kepadatan bangunan berbanding lurus dengan kerentanan sosial. Hasil penelitian yang dilakukan di wilayah Amerika Serikat dari tahun 1960 hingga 2008 oleh Cutter & Finch (2008) menunjukkan bahwa komponen yang secara konsisten meningkatkan kerentanan sosial untuk semua periode waktu adalah kepadatan (perkotaan), ras/etnis, dan status sosial ekonomi. Perkembangan Kota Yogyakarta yang sudah padat bangunannya menyebabkan perkembangan kota dengan kecenderungan pergeseran fungsi-fungsi

kekotaan ke daerah pinggiran kota (*urban fringe*) (Giyarsih, 2001). Dusun Joho, Desa Jambidan, terletak di area *urban fringe* Kota Yogyakarta dengan kepadatan bangunan yang tinggi dan perkembangan wilayah yang terus berkembang menunjukkan bahwa komponen yang secara konsisten meningkatkan kerentanan sosial untuk semua periode waktu adalah kepadatan (perkotaan), ras/etnis, dan status sosial ekonomi.

Setiap area permukiman terdapat unit rumah yang memiliki potensi menimbulkan kerentanan sosial dimana penduduk melakukan aktivitas harian di dalam bangunan rumah. Berdasarkan hasil analisis Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana

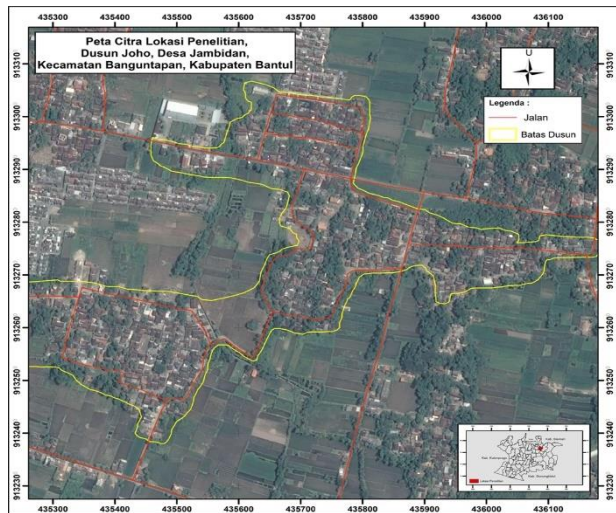
Geologi (PVMBG), wilayah Dusun Joho termasuk ke dalam tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi dengan intensitas gempa tinggi dan sangat dekat dengan lokasi patahan/sesar Opak. Hal ini meningkatkan kerentanan bagi penduduk yang tinggal di sekitar lokasi penelitian.

Penentuan batasan area kajian berpengaruh terhadap tingkat kedetailan analisis kerentanan. Analisis kerentanan dapat dilakukan pada skala nasional (Cutter & Finch, 2008; Frigerio et al., 2016), skala kabupaten (Khomarudin, 2010);(Hizbaron, Baiquni, Sartohadi, & Rijanta, 2012) (Wibowo & Sembri, 2016), skala kecamatan (Sofan; & Yulianto, 2014) skala desa (Hizbaron, Rahmat, & Setyaningrum, 2015); (Tiyansyah, Setiawan, & Mei, 2017). Setiap kajian memiliki tingkat kedetailan informasi yang berbeda-beda, sesuai dengan cakupan wilayah yang akan dikaji. Kajian kerentanan sosial pada skala dusun memberikan informasi detail yang dapat digunakan sebagai dasar perencanaan dan manajemen bencana untuk menentukan upaya pengurangan risiko bencana dan mitigasi bencana.

Analisis kerentanan sosial terhadap bencana gempabumi masih jarang diteliti secara temporal. Penelitian Khomarudin (2010) mengkaji kerentanan terhadap tsunami di Pacitan dan Padang pada siang hari dan malam hari menggunakan citra *Terra SAR-X* untuk mengkaji distribusi populasi pada kelas penggunaan lahan. Penelitian Mutaqin (2011) menilai risiko tsunami di Kabupaten Pacitan untuk memetakan sebaran penduduk menggunakan citra Quickbird pada waktu siang dan malam hari serta saat hari libur. Penelitian oleh Ara (2013) menilai kerentanan penduduk di Bangladesh pada hari kerja pada siang (pukul 14.00-16.00) dan malam hari (pukul 20.00-22.00). Penduduk merupakan prioritas utama dalam penanganan segala kondisi bencana. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang mengkaji kerentanan sosial terhadap gempa bumi secara spasial yaitu pada setiap unit rumah dan temporal pada pagi, siang, sore dan malam hari. Penelitian ini dilakukan berdasarkan dari aktivitas dan mata pencaharian dari penduduk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat kerentanan sosial pada setiap tapak bangunan dan mengkaji dinamika penduduk pada pagi, siang, sore, dan malam hari.

METODE

Penelitian kerentanan sosial dilakukan di Dusun Joho, Desa Jambidan, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul. Unit analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit rumah. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Pemilahan data penduduk telah dilakukan kemudian ditabulasikan dan disajikan dalam bentuk peta, tabel, dan diagram menggunakan MS. Excel 2013 dan ArcGIS 10.2. Pembobotan parameter kerentanan sosial terhadap gempa bumi melalui pendapat tokoh desa dilakukan dengan menggunakan metode AHP.



Gambar 1. Citra lokasi penelitian.

Teknik pengumpulan data berupa sensus data kartu keluarga. Oleh karena data kartu keluarga tidak tersedia secara publik, maka perlu dilakukan pemilahan data. Data kartu keluarga yang diperoleh dari 9 (sembilan) RT (rukun tetangga) telah dipilah berdasarkan informasi berupa nama kepala keluarga, jumlah anggota keluarga, jenis kelamin, kelas usia rentan, dan jenis pekerjaan. Wawancara secara mendalam (*in depth interviews*) dilakukan untuk menggali informasi kepada tokoh masyarakat yang berkompeten dan dinilai memiliki pengetahuan lokal, untuk melakukan delineasi batas dusun dan interpretasi citra. Data informasi titik lokasi rumah didapatkan dari pemetaan partisipatif.

Metode pemetaan partisipatif oleh tokoh kunci (*keyperson*) yang memiliki pengetahuan mengenai lokasi penelitian (*local knowledge*) dilakukan untuk membantu dalam memetakan lokasi rumah. Tokoh kunci dalam hal ini dilakukan oleh kepala desa dan ketua RT. Delineasi batas dusun dilakukan oleh kepala dusun yang memiliki pengetahuan batas wilayah menggunakan citra Quickbird. Interpretasi citra Quickbird berupa identifikasi tapak bangunan dilakukan menggunakan skala 1:5.000. Interpretasi citra dilakukan berdasarkan data penduduk pada tiap rumah dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil digitasi tapak bangunan.

Sebanyak 354 rumah telah teridentifikasi dari citra Quickbird. Data berupa peta citra yang telah didigitasi berupa poligon tapak bangunan kemudian ditandai dengan kode rumah untuk memudahkan

dalam memasukan data atribut. Kegiatan survei lapangan dilakukan untuk memverifikasi hasil interpretasi tapak bangunan dengan keadaan sebenarnya di lapangan.

Metode analisis multikriteria untuk menghasilkan bobot dari tiap parameter menggunakan AHP (*Analitycal Hierarchy Process*). Metode perbandingan berpasangan dikembangkan oleh Saaty (1990), untuk membantu para pengambil keputusan dalam menentukan tingkat kepentingan (*importance*) suatu kriteria relatif terhadap kriteria lain dapat dinyatakan dengan jelas. Kriteria dalam pengambilan keputusan dalam AHP dilakukan berdasarkan pengetahuan tokoh desa. Langkah awal dalam proses perhitungan bobot AHP adalah menyatukan pendapat dari beberapa kuisisioner, kuesioner yang diisi oleh para responden kemudian disatukan menggunakan **Persamaan 1**. Rata-rata geometri:

$$GM = \sqrt[n]{(X1)(X2) \dots (Xn)} \dots \dots \dots (1)$$

di mana :

GM = Geometric Mean

X1 = Pakar ke-1

X2 = Pakar ke-2

Xn = Pakar ke-n

Teknik perbandingan berpasangan *AHP* berdasarkan pendapat dari *key person* (tokoh kunci) di Dusun Joho. Wawancara tokoh desa dengan 4 (empat) tokoh desa yaitu, Kepala Dusun Joho, Kepala Dusun Pamotan, Ketua RT 1 dan Ketua RT 2 Dusun Joho. Tahapan analisis multikriteria terdiri dari proses penyusunan pohon masalah dan skenario.

Penilaian Kerentanan Sosial pada Pagi-Siang Hari dan Sore-Malam Hari

Dinamika temporal kerentanan sosial diklasifikasikan ke dalam 2 skenario kerentanan

sosial pada pagi dan siang hari kemudian kelas kedua adalah kerentanan sosial pada sore dan malam hari berdasarkan aktivitas penduduk di lokasi penelitian. Penelitian dari Mutaqin, (2011) membagi waktu kerentanan pada hari kerja dan hari libur selanjutnya penelitian oleh Ara (2013) menilai kerentanan penduduk di Bangladesh pada hari kerja pada siang (pukul 14.00-16.00) dan malam hari (pukul 20.00-22.00). Penelitian Li, Su, & Yuan (2015) menganalisis kerusakan pada gempa bumi di China dengan pembagian waktu malam hari pukul (19.00-07.00) sementara siang hari 12 jam dalam sehari.

Penelitian ini membagi waktu kerentanan sosial pada pagi dan siang hari dimulai pada pukul 06.00 WIB hingga 16.00 WIB dan untuk kerentanan sosial pada sore dan malam hari pada pukul 16.00 WIB hingga 06.00 WIB berdasarkan aktivitas masyarakat di Dusun Joho. Berdasarkan wawancara kepada kepala dusun mayoritas penduduk Dusun Joho bekerja sebagai petani dan buruh. Penduduk yang berada di luar rumah adalah penduduk pekerja dan pelajar. Peneliti mengasumsikan pekerja dan pelajar yang memulai aktivitasnya meninggalkan rumah dimulai pada pukul 06.00 dan asumsi waktu terlama untuk kembali ke rumah pada pukul 16.00 WIB.

Pohon Kriteria

Langkah awal dalam membuat pohon masalah dengan menentukan bobot terdiri atas tahapan penentuan fokus yaitu untuk mengetahui tingkat kerentanan sosial, menyusun pohon masalah yang terdiri atas kriteria penentu parameter kerentanan sosial (**Tabel 1** dan **Tabel 2**) dan menentukan bobot hasil penjumlahan skor akhir setiap variabel selanjutnya diklasifikasi menjadi 3 kelas, kerentanan tinggi, sedang dan rendah.

Tabel 1. Parameter kerentanan sosial.

Parameter	Nilai	Deskripsi
Jumlah Penduduk Wanita	(20)	Apabila jumlah penduduk wanita lebih banyak maka akan semakin rentan. Hal ini didasari dari kondisi fisik wanita dinilai lebih lemah dibandingkan dengan fisik laki-laki saat gempa bumi terjadi.
Jumlah Penduduk Difabel	(20)	Semakin tinggi jumlah penduduk difabel maka berpengaruh terhadap kerentanan sosial. Kondisi fisik pada penduduk difabel berbeda dengan layaknya penduduk normal sehingga kesulitan dalam proses saat gempa bumi terjadi dan pada proses evakuasi.
Jumlah Penduduk Balita	(20)	Semakin tinggi jumlah penduduk balita maka akan semakin rentan. Usia Balita (<5 Tahun) saat terjadi gempa bumi dan pada proses evakuasi, penduduk anak-anak dinilai mempunyai kemampuan yang lebih rendah.
Jumlah Penduduk Lansia	(20)	Semakin tinggi jumlah penduduk lansia maka berpengaruh terhadap kerentanan sosial. Usia lansia (>65 tahun) dinilai memiliki kemampuan yang lebih rendah saat terjadi gempa bumi dan pada proses evakuasi.
Kepadatan Penduduk	(20)	Semakin tinggi tingkat kepadatan penduduk pada luas unit rumah akan sangat berpengaruh terhadap kerentanan sosial.

Tabel 2. Parameter kerentanan sosial.

No.	Skala Dusun	Referensi
1.	Kepadatan Penduduk	(Habibi & Buchori, 2013) (Hizbaron, et al., 2015) (Rahman et al, 2015)
2.	Penduduk Balita	(Hizbaron et al., 2012) (Habibi & Buchori, 2013), (Wibowo, 2015) (Rahman et al., 2015)
3.	Penduduk Lansia	(Habibi & Buchori, 2013), (Hizbaron et al., 2012), (Wibowo, 2015), (Hizbaron, et al., 2015), (Rahman et al., 2015)
4.	Penduduk Difabel	(Hizbaron, et al., 2015), (Rahman et al., 2015)
5.	Penduduk Perempuan	(Habibi & Buchori, 2013), (Rahman et al., 2015)

Standardisasi

Standardisasi dilakukan untuk menyamakan ukuran data yang bervariasi menjadi memiliki nilai antara 0 sampai 1. Angka kriteria pada proses standardisasi memiliki tujuan untuk mengubah berbagai parameter menjadi unit yang sebanding (Malczewski, 1999). Untuk standardisasi kriteria terdapat beberapa metode dimana salah satunya menggunakan transformasi skala linier (Malczewski, 1999). Kriteria *benefit* digunakan apabila parameter-parameter tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap kerentanan (skor = 1), dan sebaliknya *cost* merupakan parameter yang tidak memberikan pengaruh besar pada kerentanan (skor = 0). Berikut **Persamaan 2** kriteria benefit (Malczewski, 1999).

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{i \max}} \dots \dots \dots (2)$$

dimana :
 X'ij = skor standar untuk objek alternatif dan atribut j
 Xij = skor baris
 Xi Max = skor maksimal untuk atribut j

Pembobotan

Metode pembobotan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) yaitu membandingkan faktor-faktor yang dipasangkan berdasarkan pada konsistensi dan selanjutnya memberikan nilai terhadap faktor-faktor tersebut adalah teknik terstruktur untuk mengatur dan menganalisis keputusan kompleks berdasarkan aljabar matriks dan psikologi (Saaty, 1990) Proses pembobotan disajikan pada Pendekatan AHP menggunakan skala mulai dari nilai bobot 1 sampai 9. Nilai bobot 1 menggambarkan "sama penting". Ini berarti bahwa nilai atribut yang sama skalanya, nilai bobotnya 1, sedangkan nilai bobot 9 menggambarkan kasus atribut yang "penting absolut" dibandingkan dengan yang lainnya. Skala

banding berpasangan dapat dilihat pada **Tabel 3.** Perbandingan normalisasi matriks ditunjukkan oleh **Tabel 4.**

Tabel 3. Perhitungan perbandingan berpasangan.

	A	B	C	D	E
Kepadatan Penduduk (A)	1	1	0,2	0,11	0,33
Perempuan (B)	1	1	1	0,33	0,33
Balita (C)	5	1	1	0,14	0,2
Lansia (D)	9	3	7	1	1
Difabel (E)	3	3	5	1	1

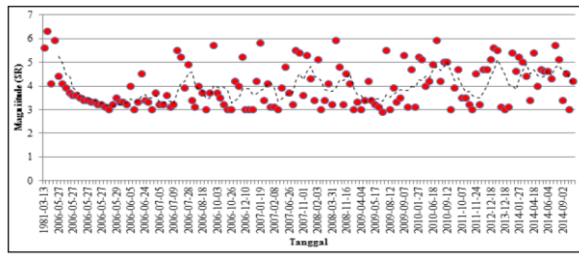
Skenario

Hasil penelitian dari Wibowo & Sembri (2016), menunjukkan bahwa sejarah kegempaan Jawa antara tahun 1981 hingga 2014 mencatat Daerah Istimewa Yogyakarta telah dilanda gempa bumi merusak sebanyak 4 (empat) kali dan ratusan gempa bumi terasa. Kecamatan Banguntapan termasuk dalam zona dengan PGA (*Peak Ground Acceleration*) antara 57,7- 91 gal, semakin besar nilai PGA maka memiliki potensi terhadap terjadinya kerusakan, wilayah pada zona >180 gal memiliki potensi kerusakan ringan untuk bangunan dengan konstruksi baik. Bencana gempa bumi merusak dengan skala magnitude tinggi menimbulkan terjadinya kerusakan dan kerugian terjadi pada tahun 1981, 2006 kemudian terjadi dengan skala magnitude sekitar 6 SR pada tahun 2008 dan 2010.

Data terkait kejadian gempa bumi dapat digunakan sebagai acuan untuk menganalisis tingkat kerentanan. Grafik *Moving Average Magnitude* Gempa bumi di Kabupaten Bantul disajikan pada **Gambar 3.** Peneliti memilih magnitudo gempa 6,4 SR untuk skenario terburuk. Hal ini berdasar kepada hasil kajian potensi gempa bumi terbesar yang pernah terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 di Kabupaten Bantul.

Tabel 4. Perbandingan normalisasi matriks.

	A	B	C	D	E	Average	Consistency
Kepadatan Penduduk (A)	0,05	0,11	0,01	0,04	0,12	0,067	4,991
Perempuan (B)	0,05	0,11	0,07	0,13	0,12	0,096	5,405
Balita (C)	0,26	0,11	0,07	0,06	0,07	0,114	5,863
Lansia (D)	0,48	0,33	0,5	0,39	0,35	0,407	5,931
Difabel(E)	0,16	0,33	0,4	0,39	0,35	0,316	5,644



Sumber: Wibowo & Sembri (2016)

Gambar 3. Grafik *moving average magnitude* gempa bumi terasa di Kabupaten Bantul.

Penilaian Kerentanan Sosial terhadap Gempa Bumi

Penelitian ini dilakukan pada skala dusun untuk mendapatkan informasi secara detail. Parameter kerentanan sosial digunakan untuk menilai kerentanan penduduk di dalam bangunan rumah mencakup kepadatan penduduk, penduduk wanita, lansia, balita, dan difabel di dalam bangunan rumah. Analisis data penduduk dikombinasikan dengan data hasil wawancara secara mendalam terkait aktivitas dan jenis mata pencaharian penduduk maupun informasi tentang pusat-pusat keramaian yang ada di wilayah Dusun Joho. Hasil wawancara diperoleh informasi mengenai lokasi rumah dan penduduk yang bekerja pada sektor tertentu setiap rumah selama pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari.

Faktor pembobotan juga ditentukan secara terpisah untuk kegiatan pagi dan siang hari selanjutnya sore hari dan malam hari, kegiatan penduduk sangatlah dinamis karena adanya aktivitas penduduk pada wilayah industri, kantor, sekolah, permukiman. Contoh kasus pada lokasi taman kanak-kanak, jumlah penduduk rentan balita yang tinggi selama siang hari kemudian akan berkurang secara signifikan pada malam hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan rata-rata skor normalisasi matrik menggunakan metode AHP pada **Tabel 5** menunjukkan bahwa bobot rata-rata tertinggi pada parameter kerentanan sosial sebesar 41% yaitu kerentanan pada penduduk lansia kemudian yang kedua terletak pada difabel mencapai 32%, sedangkan yang terendah adalah pada kepadatan penduduk sebesar 7%. Penduduk usia lansia yang berada di Dusun Joho pada umumnya masih bekerja pada sektor pertanian dan industri batu bata.

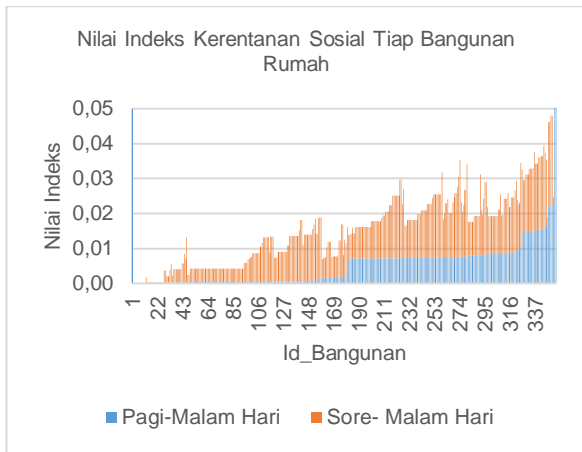
Sebanding dengan penelitian sebelumnya oleh Frazier, Thompson, & Dezzani (2014) pada skala

kabupaten, berdasarkan pembobotan yang telah dilakukan oleh Tokoh Desa di Dusun Joho menunjukkan hasil kerentanan sosial tertinggi terdapat pada penduduk usia lansia. Namun, terdapat perbedaan bobot pada parameter kerentanan sosial kedua dari penelitian sebelumnya, pada tingkatan kerentanan sosial tertinggi yang kedua terjadi pada kerentanan usia balita sedangkan untuk hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kerentanan sosial tertinggi kedua terdapat pada penduduk difabel. Hal ini terkait dengan upaya penyelamatan diri pada saat bencana gempa bumi terjadi. Dalam penelitian ini penduduk balita diasumsikan selalu berada pada pengawasan orang tua ataupun pengasuh. Berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Wibowo (2015) yang meletakkan urutan kepentingan difabel pada posisi paling atas dibandingkan dengan ibu hamil, balita, penduduk miskin, kepadatan penduduk, serta lansia. Kerentanan tersebut didasarkan pada kemampuan saat evakuasi dalam keadaan bencana, ketergantungan terhadap orang lain, kurang resisten terhadap penyakit dan pemulihan setelah bencana.

Penelitian Hizbaron et al., (2015) menyebutkan bahwa faktor yang mempengaruhi kerentanan sosial merupakan faktor demografi, di antaranya jumlah penduduk, kepadatan penduduk dan distribusi penduduk berdasarkan usia. Hasil dari analisis terhadap data kartu keluarga dan interpretasi citra (ketua RT) menunjukkan bahwa secara spasial, kerentanan sosial tertinggi pada rumah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi, maka semakin banyak anggota keluarga dan semakin kecil luasan dalam satu rumah maka semakin berpengaruh terhadap tingkat kerentanannya. Penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya oleh Rudiarto, Pamungkas, Annisa, & Adam (2016) dan Setyaningrum et al., (2017) bahwa parameter yang menyebabkan tingginya tingkat kerentanan sosial di antaranya kepadatan bangunan yang tinggi dan jumlah penduduk usia non-produktif yang banyak. Pada **Gambar 4** Tingkat kerentanan sosial tertinggi dengan jumlah luas bangunan rumah yang sempit. Hal ini atas dasar asumsi bahwa pola kepadatan penduduk memusat pada wilayah dengan kepadatan bangunan yang tinggi. Rumah dengan luasan yang kecil maka memiliki peluang tinggi akan jatuhnya korban jiwa maupun harta benda ditambah dengan sulitnya proses evakuasi yang membutuhkan waktu lebih lama.

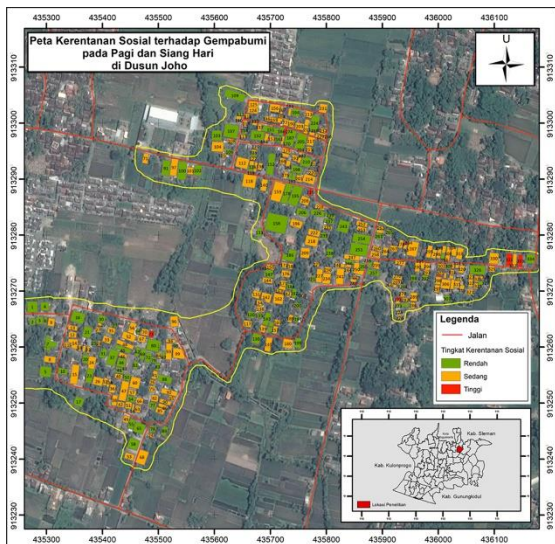
Tabel 5. Perbandingan normalisasi matriks.

	KP	P	B	L	D	Average
Kepadatan Penduduk	0,05	0,11	0,01	0,04	0,12	0,067
Perempuan	0,05	0,11	0,07	0,13	0,12	0,096
Balita	0,26	0,11	0,07	0,06	0,07	0,114
Lansia	0,48	0,33	0,5	0,39	0,35	0,407
Difabel	0,16	0,33	0,4	0,39	0,35	0,316
Total	1	1	1	1	1	



Gambar 4. Perbandingan nilai indeks pada tiap bangunan.

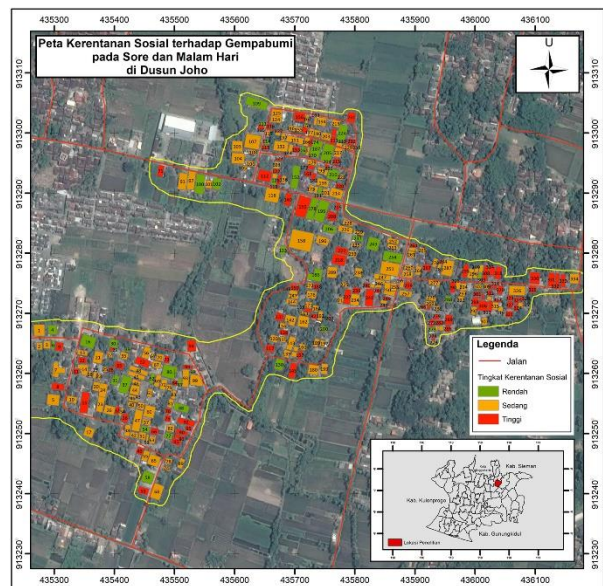
Hasil penelitian Naima et al., (2015) menyebutkan bahwa bangunan dengan pola tidak teratur baik dalam ketinggian dan perencanaan lebih rentan terhadap gempa daripada bangunan dengan bentuk teratur. Bangunan rumah dengan pola teratur pada umumnya berbentuk persegi panjang atau persegi sedangkan, bentuk bangunan tidak beraturan berbentuk L atau berbentuk T. Berdasarkan peta kerentanan sosial Dusun Joho (**Gambar 5**) dapat dilihat bahwa beberapa bangunan memiliki pola yang tidak teratur hal ini sering kita jumpai pola permukiman di wilayah pedesaan. Kondisi seperti ini akan meningkatkan tingkat kerentanan bagi penduduk yang berada di dalam bangunan tersebut.



Gambar 5. Peta kerentanan sosial pada pagi sampai siang hari.

Berdasarkan peta kerentanan sosial pada pagi dan siang hari yang disajikan pada **Gambar 5** terdapat rumah dengan kerentanan rendah sebanyak 126 rumah, kerentanan sedang sebanyak 205 rumah dan kerentanan tinggi mencapai 23 rumah. Peta kerentanan sosial pada sore dan malam hari (**Gambar 6**) menunjukkan bahwa rumah dengan kerentanan rendah sebanyak 37 rumah, kerentanan sedang sebanyak

138 rumah, dan kerentanan tinggi mencapai 179 rumah (**Tabel 6**).



Gambar 6. Peta kerentanan sosial pada sore sampai malam hari.

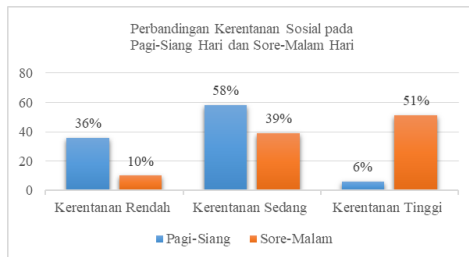
Tabel 6. Jumlah rumah pada tingkat kerentanan sosial.

	Rendah	Sedang	Tinggi
Pagi-Siang	126 Rumah	205 Rumah	23 Rumah
Sore-Malam	37 Rumah	138 Rumah	179 Rumah

Hasil penelitian kerentanan sosial menunjukkan bahwa kerentanan rendah terjadi pada waktu pagi dan siang hari yaitu sekitar 36%. Hal ini dikarenakan penduduk melakukan aktivitasnya di luar rumah sebagai pekerja dengan mata pencaharian sebagai buruh, petani, wiraswasta, karyawan swasta, pegawai negeri sipil (PNS), guru, perangkat desa, kepolisian, TNI, dan pelajar sedangkan sebagian penduduk balita, penduduk yang tidak bekerja, serta pensiunan berada di rumah. Sebanding dengan hasil penelitian Li et al (2015) korban akibat gempa bumi cenderung terjadi pada saat malam hari. Penelitian oleh Mutaqin (2011) menunjukkan bahwa pusat aktivitas penduduk pada siang hari terdapat di kawasan pendidikan, perdagangan, dan perkantoran. Berbeda dengan siang, pada malam hari terdapat di permukiman, alun-alun, dan pantai. Kerentanan sosial tinggi di Dusun Joho sebanyak 6% terjadi pada pagi dan siang hari di pada kawasan pendidikan.

Terdapat 2 (dua) Taman Kanak-kanak di lokasi penelitian dengan parameter jumlah penduduk rentan yaitu balita. Kerentanan sosial tinggi pada sore dan malam hari sebesar 51% dimana seluruh anggota keluarga yaitu penduduk balita, penduduk lansia, penduduk perempuan, penduduk difabel, penduduk pelajar, dan pekerja beristirahat di rumah setelah melakukan aktivitasnya di luar rumah dari pagi hingga sore hari. Diagram perbandingan kerentanan sosial

berdasarkan pembagian waktu pagi, siang, sore dan malam hari pada **Gambar 7** dengan kelas rendah pada waktu pagi dan siang hari mencapai 36% sedangkan pada kelas sedang mencapai 58%. Peningkatan kerentanan tinggi terjadi pada waktu pagi dan siang dari 6% meningkat mencapai 51% pada waktu sore dan malam hari. Hal ini menunjukkan pada saat pagi dan siang hari penduduk dikategorikan aman apabila terdapat bencana gempa bumi karena mayoritas penduduk melakukan aktivitas di luar bangunan rumah.



Gambar 7. Diagram perbandingan kerentanan sosial pagi-siang dan sore-malam hari.

Meningkatnya perkembangan wilayah harus didukung dengan penataan wilayah serta jalur evakuasi bencana mengingat lokasi Dusun Joho yang terdampak parah terkena bencana gempa bumi. Wilayah penelitian Dusun Joho masih terdapat pengaruh dari pedesaan yang sangat erat dengan pertanian, masyarakat biasa tinggal di daerah pertanian untuk bertahan hidup dengan menghasilkan pendapatan dari bertani di ladang atau sawah. Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, kemudian dilakukan proses pembuatan peta yang disajikan dengan skala 1:5.000. Peta yang ditampilkan dalam penelitian ini di antaranya adalah peta kelas indeks kerentanan sosial pada pagi sampai siang hari dan peta kelas indeks kerentanan sosial pada sore sampai malam hari.

Kemajuan teknologi berkembang pesat dan kebutuhan akan peta digital semakin meningkat. Untuk itu diperlukan peta digital dengan tampilan data yang lebih menarik, informatif, dan mudah diakses. Aplikasi internet yang sesuai adalah sebuah aplikasi portal pemetaan berbasis web. Kemudahan dalam akses internet membantu menyampaikan informasi terkait bencana gempa bumi kepada masyarakat di Dusun Joho. Peta dusun dalam aplikasi ini memiliki unsur titik koordinat rumah dan segala informasi mengenai anggota keluarga dalam satu rumah. Aplikasi ini menjadi salah satu teknologi yang dapat memfasilitasi upaya untuk pengurangan risiko bahaya bencana gempa bumi seperti pendataan jumlah penduduk dan penduduk dengan prioritas tertinggi untuk diselamatkan saat gempa bumi.

Penelitian ini menyajikan data spasial ke dalam sistem informasi berupa peta interaktif dengan menu pendukung yang dapat menampilkan dan menyembunyikan objek-objek yang sekiranya diperlukan untuk mempermudah pemahaman bagi pengguna. Hasil akhir penelitian ini berupa aplikasi peta interaktif berbasis flash.

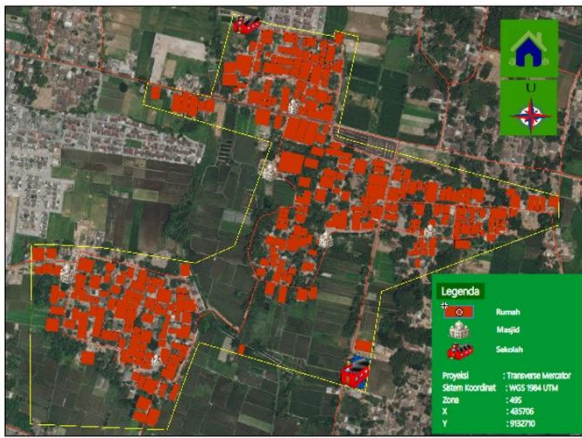
Software *Macromedia Flash 8* digunakan untuk merancang desain dan tampilan aplikasi dengan bahasa pemrograman *action script 2.0*. Format file yang digunakan adalah file *.fla*. Peta digital dinilai memiliki tampilan yang menarik, informatif dan mudah dipahami.



Gambar 8. Tampilan halaman menu.

Gambar 8 mengilustrasikan tampilan menu utama pada peta interaktif kerentanan sosial. Hasil aplikasi diperoleh dengan partisipasi dari warga yang memiliki pengetahuan lokal berupa unit rumah dinilai lebih unggul dibandingkan dengan menggunakan data yang pada umumnya dapat diakses secara publik yang tingkat kebenarannya belum terverifikasi. Hal ini terkait dengan pengetahuan penduduk lokal dikaji secara terstruktur dan spesifik pada lokasi penelitian tertentu.

Sebanding dengan Zolkafli, Liu, & Brown, (2017) yang mengatakan bahwa PGIS dapat bermanfaat sebagai mekanisme partisipasi, terutama di tahap awal proses persiapan rencana lokal. Aplikasi ini dapat dimanfaatkan oleh tokoh desa di Dusun Joho sebagai basis data digital berupa pendataan penduduk. Selain itu, aplikasi ini juga penting dalam persiapan perencanaan penyelamatan bencana gempa bumi untuk memudahkan dalam fokus penduduk yang diutamakan dalam penyelamatan bencana gempa bumi (**Gambar 9**). Penggunaan jangka panjang aplikasi ini dapat memberikan contoh perancangan aplikasi kepada wilayah lain untuk menyediakan data agar mudah diakses bagi pemerintah dengan area cakupan yang lebih besar berupa teknologi pengumpulan data penduduk untuk *rapid assessment* (pendugaan/penilaian cepat) guna mendapatkan data secara cepat dan akurat. Data penduduk yang ditampilkan sangat sensitif demi alasan keamanan, oleh sebab itu aplikasi ini hanya dapat diakses untuk kalangan pemerintah.



Gambar 9. Tampilan halaman peta.

KESIMPULAN

Parameter kerentanan sosial tertinggi terjadi pada penduduk usia lansia. Hasil analisis data yang dilakukan mengindikasikan bahwa semakin tinggi kepadatan bangunan dengan luas lahan yang sempit, maka akan mempengaruhi tingkat kerentanan sosialnya. Rumusan kesimpulan dari riset ini adalah wilayah dengan kepadatan bangunan yang semakin tinggi akan memiliki kecenderungan tingkat kerentanan sosial yang juga semakin tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bpk. Miarto selaku Kepala Dusun Joho atas kemudahan akses data penduduk dan membantu dalam pelaksanaan survei lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Ara, S. (2013). *Analyzing population distribution and its effect on earthquake loss estimation in Sylhet, Bangladesh*. University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation (ITC).

Cutter, S. L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2301–2306. <http://doi.org/10.1073/pnas.0710375105>

Frazier, T. G., Thompson, C. M., & Dezzani, R. J. (2014). A framework for the development of the SERV model: A Spatially Explicit Resilience-Vulnerability model. *Applied Geography*, 51, 158–172. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.04.004>

Frigerio, I., Ventura, S., Strigaro, D., Mattavelli, M., De Amicis, M., Mugnano, S., & Bof, M. (2016). A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy, 74, 12–22. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.014>

Giyarsih, S. R. (2001). Gejala Urban Sprawl Sebagai Pemicu Proses Densifikasi Permukiman di Daerah Pinggiran Kota (Urban Fringe Area). *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*.

Habibi, M., & Buchori, I. (2013). Model Spasial Kerentanan Sosial Ekonomi Dan Kelembagaan Terhadap Bencana Gunung Merapi. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 2(1), 1–10.

Hizbaron, D. R., Baiquni, M., Sartohadi, J., & Rijanta, R. (2012). Urban Vulnerability in Bantul District, Indonesia—Towards Safer and Sustainable Development. *Sustainability*, 4(9), 2022–2037. <http://doi.org/10.3390/su4092022>

Hizbaron, D. R., Rahmat, P. N., Setyaningrum, A., & Malawani, M. N. (2015). Kajian pola spasial kerentanan sosial, ekonomi dan fisik di wilayah rawan erupsi gunungapi merapi, yogyakarta. *Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia*, 1(1), 16–24.

Khomarudin, M. R. (2010). *Tsunami Risk and Vulnerability*. Universität München.

Li, Y. Y., Su, G. F., & Yuan, H. Y. (2015). Statistical Analysis on Earthquake Fatality Vulnerability in China. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 2, pp. 3–6).

Mutaqin, B. W. (2011). *Pemodelan Spasio Temporal Sebaran Penduduk untuk Penilaian Risiko Tsunami di Pacitan*. Gadjah Mada University.

Naima, R., A., A. M., & Ishrat, I. (2015). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 291–300. <http://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.07.003>

Rudiarto, I., Pamungkas, D., Annisa, H., & Adam, K. (2016). Kerentanan Sosio-Ekonomi terhadap Paparan Bencana Banjir dan Rob di Pedesaan Pesisir Kabupaten Demak. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 4(3), 153–170. <http://doi.org/10.14710/jwl.4.3.151-170>

Saaty, T. . (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [http://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](http://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)

Setyaningrum, A., Hizbaron, D. R., & Marfai, M. A. (2017). Kerentanan Sosial Terhadap Banjir Di Bantaran Sungai Bengawan Solo Pasca Relokasi Mandiri. *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2), 105–112. <http://doi.org/10.24895/mig.2017.19-2.467>

Sofan, P., & Yulianto, F. (2014). *Analisis Resiko Gunung Api Merapi Berdasarkan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana*. Jakarta: Maxymum.

Tiyansyah, A. F., Setiawan, M. A., Mei, E. T. W., & Sudibyakto. (2017). Analisis Spasial Tingkat Kerentanan Wilayah di Kawasan Rawan Bencana Piroklastik Gunungapi Kelud. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 8(2), 101–111.

Wibowo, N. B., & Sembri, J. N. (2016). Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) dan Intensitas Gempabumi berdasarkan Data Gempabumi Terasa Tahun 1981 - 2014 di Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(01), 65–72. <http://doi.org/10.13057/ijap.v6i01.1804>

Wibowo, T. W., Putri, E. A. W., & Loekman, H. Y. (2015). Evaluasi Multi-Kriteria Keruangan untuk Pemetaan Kerentanan terhadap Bahaya Tsunami di Pesisir Kabupaten Bantul. In *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS* (pp. 343–355). Solo. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.5152.2723>

Zolkafli, A., Liu, Y., & Brown, G. (2017). Bridging the knowledge divide between public and experts using PGIS for land use planning in Malaysia Bridging the knowledge divide between public and experts using PGIS for land use planning in Malaysia. *Applied Geography*, 83, 107–117. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.013>

PENILAIAN KERENTANAN BANGUNAN TERHADAP TSUNAMI MENGUNAKAN MODEL PTVA-4 DI WILAYAH KEPESISIRAN BATUHIU, KABUPATEN PANGANDARAN

*(Building Vulnerability Assessment to Tsunami using PTVA-4 Model
in Batuhiu Coastal Area, Pangandaran Region)*

Ratri Ma'rifatun Nisaa¹, Junun Sartohadi² dan Djati Mardiatno³

¹Minat Studi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

²Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

³Pusat Studi Bencana Alam Universitas Gadjah Mada

Jl. Teknik Utara, Pogung, Sleman, Yogyakarta 55281 Indonesia

E-mail: ratri.marifatun.n@mail.ugm.ac.id

Diterima: 29 Januari 2019; Direvisi: 28 Juli 2019; Disetujui untuk Dipublikasikan: 30 September 2019

ABSTRAK

Model PTVA-4 perlu dikaji lebih lanjut untuk wilayah pesisir di Indonesia. PTVA-4 merupakan salah satu metode untuk menilai kerentanan struktural bangunan di wilayah pesisir. Tujuan utama penelitian ini adalah menilai kerentanan bangunan terhadap tsunami menggunakan PTVA-4. Namun, diperlukan penyesuaian parameter dan atribut PTVA-4 sesuai dengan kondisi bangunan di wilayah kepesisiran Batuhiu. Model genangan tsunami dibuat dengan menggunakan formula yang dikembangkan oleh Berryman. Interpretasi foto udara dan survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi karakteristik bangunan. Model PTVA-4 diterapkan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil yang didapatkan adalah mayoritas bangunan di pesisir Batuhiu terklasifikasikan kerentanan tinggi (51 bangunan) dan kerentanan sedang (41 bangunan) dari total 180 bangunan. Sebanyak 88 bangunan terklasifikasikan kerentanan rendah karena berlokasi jauh dari pantai dan juga dihalangi oleh sebuah bukit kecil. Parameter PTVA-4 yang memerlukan penyesuaian adalah material bangunan dan kedalaman fondasi.

Kata kunci: kerentanan bangunan, tsunami, PTVA-4, SIG

ABSTRACT

PTVA-4 model needs to be studied further for coastal areas in Indonesia. PTVA-4 is one method for assessing structural vulnerability of buildings in coastal areas. The main objective of this study is to assess the vulnerability of buildings using PTVA-4. However, it is necessary to adjust the parameters and attributes of PTVA-4 according to the condition of the building in the Batuhiu tourist area. Tsunami inundation model was made using formula that developed by Berryman. Aerial photo interpretation and field surveys were carried out to obtain information on building characteristics. The PTVA-4 model was applied using a Geographic Information System (GIS). The results obtained were the majority of buildings in coastal Batuhiu classified as high vulnerability (51 buildings) and moderate vulnerability (41 buildings) out of a total of 180 buildings. A total of 88 buildings were classified as low vulnerabilities because they were located far from the coast and were also blocked by a small hill. The PTVA-4 parameters that require adjustment are building materials and foundation depth.

Keywords: tsunami, building vulnerability, PTVA-4, GIS

PENDAHULUAN

Bagian selatan Pulau Jawa merupakan wilayah yang berhadapan langsung dengan zona subduksi antara lempeng India-Australia dan Eurasia. Tanggal 17 Juli 2006, sebuah tsunami melanda pantai selatan Jawa, Indonesia. Gempa yang memicu terletak 225 km di lepas Pantai Pangandaran dengan magnitude 7,7 SR, sehingga menyebabkan lebih dari 730 korban jiwa (Lavigne et al., 2007). Lavigne et al., (2009) mengungkapkan bahwa bangunan yang berada dekat dengan pantai mengalami kerusakan parah. Kedalaman aliran hingga 5 m menyebabkan kehancuran 3000 rumah di Pangandaran (Fritz et al., 2007).

Bangunan selalu menjadi fokus dalam manajemen risiko. Bangunan merupakan salah satu aspek yang penting untuk dilindungi, karena selain memiliki nilai ekonomi bangunan juga berfungsi sebagai tempat tinggal bagi mereka yang selamat dari bencana (Wibowo et al., 2013). Kerentanan fisik bangunan menyebabkan cedera dan kematian bagi penduduk serta kerusakan barang milik mereka jika terjadi bencana (Thapaliya, 2006). Westen et al., (2009) menyebutkan bahwa hilangnya nyawa yang lebih besar akibat bencana di negara berkembang disebabkan oleh kurangnya kesadaran dan kesiapsiagaan bencana oleh masyarakat. Selain itu, bangunan yang memiliki kualitas buruk serta

kurangnya rencana tata ruang untuk bangunan yang dibangun di kawasan rawan bencana juga menjadi faktor hilangnya nyawa akibat bencana.

Setiap tindakan untuk mengelola risiko harus mempertimbangkan penilaian kerentanan bangunan dan berusaha memperbaiki ketahuannya terhadap bencana yang mungkin terjadi. Ukuran bentuk bangunan, teknik konstruksi, material, pondasi dan kombinasi diantaranya berbeda untuk hampir setiap bangunan. Informasi fisik, spasial, dan lokasi spesifik diperlukan untuk penilaian kerentanan bangunan yang lebih baik (Thapaliya, 2006).

Beberapa model dan metode telah banyak dikembangkan untuk menilai kerentanan bangunan. Model yang paling terkenal adalah Model *Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment* (PTVA) yang diperkenalkan pertama kali oleh Papathoma et al., (2003) disebut PTVA-1. Kemudian, model tersebut direvisi oleh Dominey-Howes & Papathoma (2007) menjadi PTVA-2, Dall’Osso et al., (2009a) untuk PTVA-3 dan Dall’Osso et al., (2016) untuk PTVA-4. Model tersebut telah banyak dikembangkan di beberapa wilayah di dunia seperti PTVA-1 – Greece (Papathoma & Dominey-Howes, 2003; Papathoma et al., 2003); PTVA-2 – Seaside, USA (Dominey-Howes, et al., 2010); PTVA-3 – Sydney (Dall’Osso, et al., 2009b), Pulau Aeolian, Italia (Dall’Osso et al., 2010), Malaysia (Ismail et al., 2012), Portugal (Santos et al., 2014), Jepang (Voulgaris & Murayama, 2014), Teluk Chabahar, Iran (Madani et al., 2017), Chili (Fritis et al., 2018); PTVA-4 – Sydney, Australia (Dall’Osso et al., 2016), Chili (Fritis et al., 2018).

Metode PVTA-4 merupakan metode yang relatif baru dan mutakhir untuk parameter yang dipertimbangkan untuk mempengaruhi kerentanan struktural bangunan. Model PTVA-4 sudah pernah diterapkan di Pulau Mentawai Sumatera Barat, namun perlu dikaji lebih lanjut untuk wilayah pesisir lainnya di Indonesia. Parameter yang bersifat universal memungkinkan untuk dihilangkan atau ditambahkan dalam penilaian kerentanan bangunan di wilayah pesisir Batuhiu. Perlunya ada penyesuaian (*adjustment*) atribut dari parameter sesuai dengan kondisi di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk 1) menilai kerentanan bangunan menggunakan Model PTVA-4, dan 2) menyesuaikan atribut dari model PTVA-4 sesuai dengan kondisi bangunan di wilayah kepesisiran Batuhiu.

METODE

Model Genangan Tsunami

Model genangan tsunami dibuat dengan perangkat lunak SIG menggunakan formula yang dikembangkan oleh Berryman (2006). Tiga input utama yang dibutuhkan terdiri dari ketinggian gelombang pada bibir pantai, kekasaran permukaan, dan kemiringan lereng. Ketinggian

gelombang pada garis pantai didasarkan pada penelitian Reese et al., (2007) yang menunjukkan ketinggian air mencapai 5 m pada Pantai Batuhiu. Kekasaran permukaan didapatkan dari turunan penggunaan lahan. Peta penggunaan lahan diinterpretasi melalui citra foto udara. Selanjutnya, DEM yang disediakan Pemerintah Indonesia melalui Badan Informasi Geospasial (BIG) digunakan untuk menurunkan informasi kemiringan lereng. DEM ini memiliki resolusi spasial 27-arcsecond atau 8,1 m dan dapat didownload melalui <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>. Formula untuk menghitung sebaran genangan tsunami adalah sebagai berikut (**Persamaan 1**).

$$H_{loss} = (176.n^2 / H_0^{\frac{1}{3}}) + 5 \sin S \dots \dots \dots (1)$$

- di mana
- H_{loss} = kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi
- H_0 = Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m),
- n = Koefisien kekasaran permukaan, dan S merupakan kemiringan lereng.

Penilaian Kerentanan Bangunan Menggunakan Model PTVA-4

Kerentanan Struktural (Sv)

Kerentanan struktural "Sv" sebuah bangunan ditentukan oleh atribut dari struktur bangunan (Bv), kedalaman air genangan (Ex) pada titik dimana bangunan berada; dan bangunan sekitarnya ($Surr$). Kerentanan struktural (Sv) dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2** berikut.

$$SV = Bv.Surr.Ex \dots \dots \dots (2)$$

Nilai "Bv" masing-masing bangunan dihitung dengan mempertimbangkan kontribusi yang dibuat oleh atribut jumlah lantai (s), material bangunan dan teknik konstruksi (m), hidrodinamisasi lantai dasar (g), fondasi (f), bentuk tapak bangunan (sh), dan pemeliharaan bangunan (pc) (**Tabel 1**). Persamaan yang digunakan untuk menghitung kerentanan bangunan (Bv) adalah sebagai berikut (**Persamaan 3**).

$$Bv = 1/409 (100.m + 85.s + 69.g + 69.f + 52.sh + 34.pc) \dots \dots \dots (3)$$

Elemen selanjutnya adalah bangunan sekitar "surr". Faktor-faktor yang mempengaruhi perlindungan yang diberikan ke bangunan oleh sekitarnya adalah baris bangunan (br), keberadaan *seawall* (sw), penghalang alami (nb): penghalang alami muncul untuk mengurangi kecepatan dan memerangkap puing-puing dan benda-benda berat mengambang yang akan merusak bangunan, kehadiran dinding bata di sekitar bangunan (w), dan objek bergerak (mo) (**Tabel 2**). **Persamaan 4** yang digunakan untuk menghitung bangunan sekitar ($Surr$) adalah sebagai berikut.

$$Surr = 1/356 (100.br + 84.sw + 72.nb + 58.mo + 42.w).....(4)$$

Eksposur "Ex" merupakan elemen yang berhubungan dengan kedalaman aliran air pada titik dimana bangunan berada. Tingkat kerusakan struktural diperkirakan meningkat dengan kedalaman air karena tekanan yang diberikan pada bangunan dan kecepatan aliran adalah fungsi langsung kedalaman aliran (Dall'Osso et al., 2009a). **Persamaan 5** untuk menghitung eksposur (Ex) adalah sebagai berikut.

$$Ex = WD/WD_{max}.....(5)$$

Dimana WD merupakan kedalaman air yang mempengaruhi bangunan, yaitu kedalaman air di atas *terrain level* pada titik area studi dimana bangunan berada; WD_{max} merupakan nilai

maksimum WD di antara semua bangunan yang kerentanannya dinilai.

Kerentanan Bangunan Terhadap Kontak Air (Wv)

Apabila lantai sebuah bangunan terendam, semua bagian lantai yang rusak oleh air (termasuk, dalam beberapa kasus, dinding sebelahnya) perlu diperbaiki atau diganti. Dengan demikian, kerentanan keseluruhan bangunan untuk kontak dengan air jelas tergantung pada jumlah lantai yang terendam di setiap bangunan (termasuk ruang bawah tanah). Oleh karena itu, ditetapkan "Wv" skor yang menunjukkan berapa persen dari lantai bangunan akan tergenang. Oleh karena itu, untuk setiap bangunan (**Persamaan 6**):

$$Wv = \frac{\text{Jumlah tingkat penggenangan/}}{\text{Jumlah total tingkat}}.....(6)$$

Tabel 1. Nilai numerik yang diberikan pada atribut komponen "Bv" berdasarkan karakteristik bangunan.

	-1	-0,5	0	+0,5	+1
Jumlah lantai (s)	Lebih dari 5 lantai	4 lantai	3 lantai	2 lantai	1 lantai
Material bangunan (m)	Beton bertulang atau baja		Batu bata		Kayu, timah, tanah liat atau bahan ringan
Hidrodinamisasi lantai dasar (g)	Ruang terbuka	Sekitar 75% ruang terbuka	Sekitar 50% ruang terbuka	Sekitar 25% ruang terbuka	Tidak ada ruang terbuka, tidak ada atau sangat sedikit bukaan di lantai dasar
Ketahanan fondasi (f)	Pondasi tiang dalam		Pondasi kedalaman rata-rata		Pondasi dangkal
Bentuk tapak bangunan (sh)	Seperti lingkaran atau segitiga	Persegi atau hampir persegi	Persegi panjang	Persegi panjang yang panjang	Kompleks (bentuk bangunan L, T, atau X, atau geometri kompleks lainnya)
Pemeliharaan bangunan (pc)	Sangat baik	Baik	Rata-rata	Buruk	Sangat buruk

Sumber: (Dall'Osso et al., 2016)

Tabel 2. Nilai numerik yang akan diberikan pada atribut komponen Surr berdasarkan bangunan sekitar

	-1	-0,5	0	+0,5	+1
Prot_br (baris bangunan)	>10	7-8-9-10	4-5-6	2-3	1
Prot_nb (penghalang alami)	Perlindungan sangat tinggi	Perlindungan tinggi	Perlindungan rata-rata	Perlindungan sedang	Tidak ada perlindungan
Prot_sw (tinggi dan bentuk seawall)	Vertikal dan >5m	Vertikal dan 3-5m	Vertikal dan 1,5-3m	Vertikal dan 0-1,5m atau miring dan 1,5-3m	Miring dan 0-1,5m atau tidak ada seawall
Prot_w (dinding batubata sekitar bangunan)	Tinggi dinding adalah dari 80%-100% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 60%-80% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 40%-60% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 20%-40% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 0%-20% dari kedalaman air
Objek bergerak (mo)	Risiko sangat rendah dari benda bergerak		Risiko rata-rata dari benda bergerak		Risiko sangat tinggi dari benda bergerak

Sumber: (Dall'Osso et al., 2016)

Relative Vulnerability Index (RVI)

Nilai RVI bangunan yang menggunakan Model PTVA-4 dihitung sebagai **Persamaan 7**:

$$RVI = 2/3 (SV) + 1/3 (WV).....(7)$$

Dimana SV adalah skor standar untuk kerentanan struktural, dan WV adalah skor standar untuk kerentanan terhadap intrusi air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Genangan Tsunami

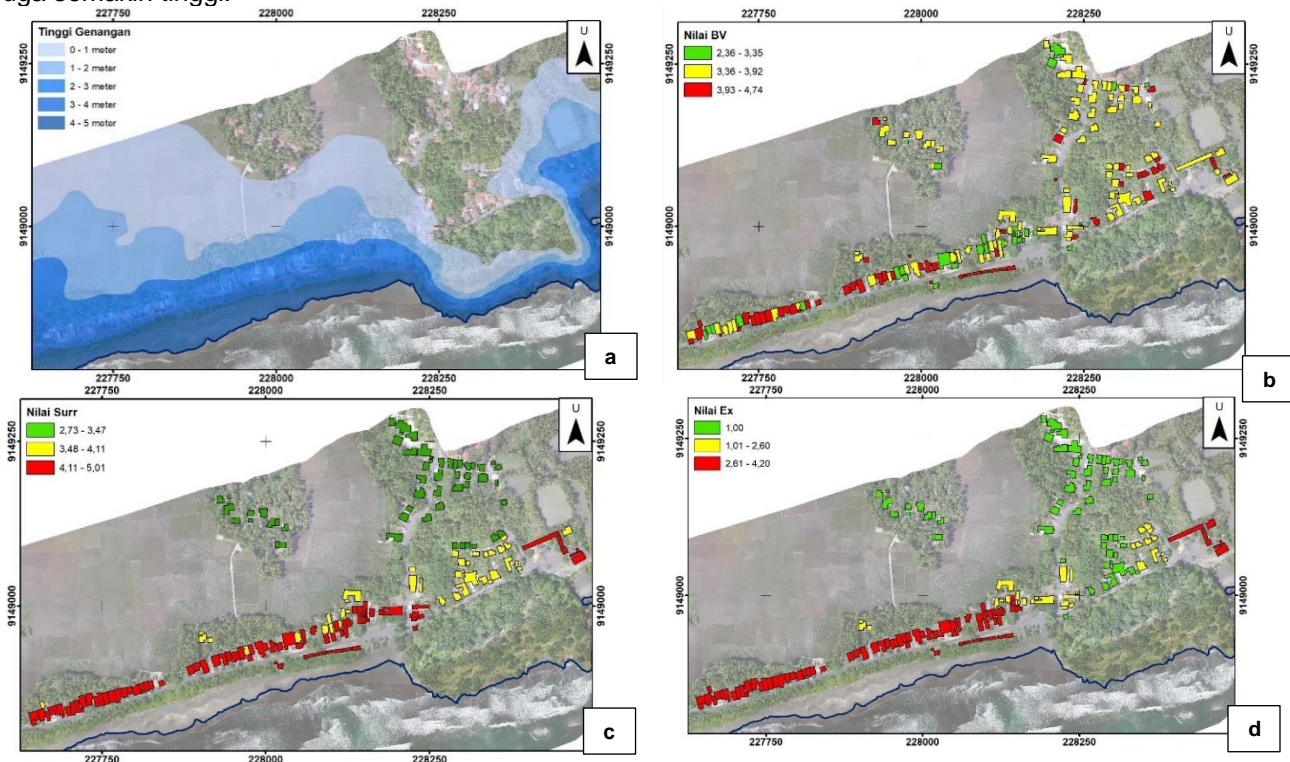
Peta genangan tsunami dibuat dengan menggunakan ketinggian gelombang pada garis pantai sebesar 5 m yang didasarkan pada Reese et al., (2007). Klasifikasi genangan tsunami terbagi menjadi 5 kelas yakni kedalaman 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m, dan 4-5 m dengan luas yang dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Gambar 1a**. Terdapat bukit kecil yang berada di pinggir pantai. Bukit ini memberikan perlindungan pada area di belakangnya dari gelombang laut. Bukit kecil tersebut merupakan komposisi dari kalkarenit dan batugamping klastika berselingan dengan napal. Berbeda dengan area sekitarnya yang cenderung datar hingga landai karena terbentuk dari endapan aluvial berupa lumpur, pasir dan kerikil. Peta genangan tsunami dibuat untuk mendapatkan nilai tinggi genangan pada setiap bangunan. Setiap bangunan memiliki nilai genangan tersendiri. Hal ini tentunya sangat berpengaruh terhadap kerentanan bangunan dimana semakin besar bahaya maka kerentanan juga semakin tinggi.

Penilaian Kerentanan Bangunan Terhadap Tsunami menggunakan PTVA-4

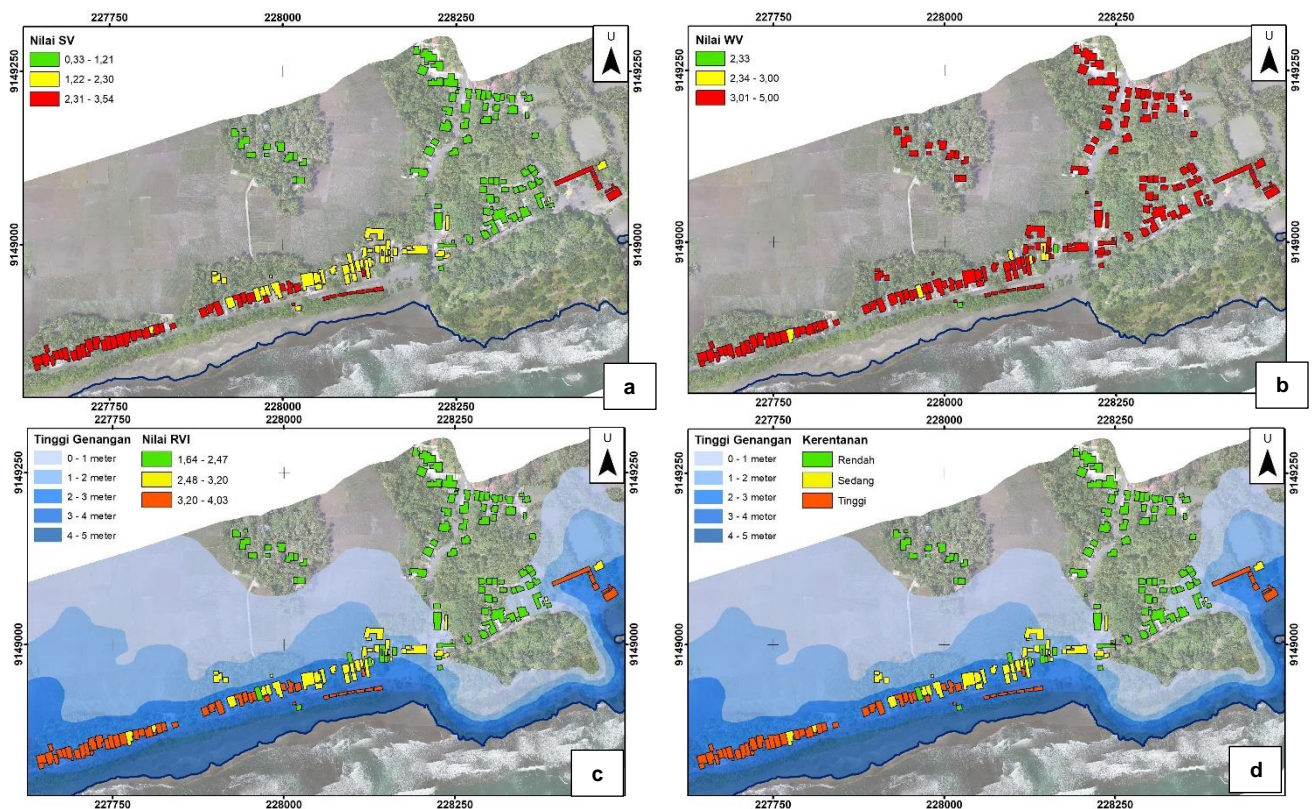
Nilai kerentanan struktural bangunan (SV) didapatkan dengan melakukan perkalian antara kerentanan bangunan (Bv) (**Gambar 1b**), kerentanan akibat bangunan sekitar (Surr) (**Gambar 1c**) dan eksposur (Ex) (**Gambar 1d**). Nilai perkalian tersebut memiliki rentang antara 8 hingga 87. Nilai tersebut kemudian diskalakan menjadi rentang 1 hingga 5 dengan dibagi oleh angka 25. Rentang nilai SV yang diskalakan berkisar antara 0,33 – 3,54. Pola yang sama antara nilai eksposur dan nilai SV terlihat pada peta kerentanan struktural bangunan (**Gambar 2a**). Bangunan yang berlokasi persis menghadap laut memiliki nilai SV tinggi (2,31 – 3,54) yang artinya kerentanannya termasuk dalam kategori tinggi. Kemudian diikuti oleh nilai SV menengah dengan rentang nilai 1,22 – 2,30.

Tabel 3. Luas area genangan pada masing-masing kelas.

Tinggi Genangan	Luas (ha)	Persentase (%)
Zona aman	10,59	30,72
0 - 1 meter	9,06	26,28
1 - 2 meter	5,98	17,35
2 - 3 meter	3,94	11,43
3 - 4 meter	2,34	6,79
4 - 5 meter	2,56	7,43
Total	35,47	100



Gambar 1. (a) Zona genangan tsunami, (b) Sebaran kerentanan bangunan (Bv), (c) Sebaran kerentanan bangunan sekitar (Surr), (d) Sebaran eksposur.

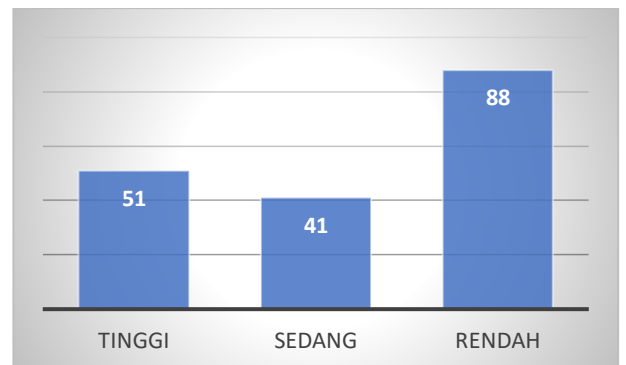


Gambar 2. (a) Sebaran kerentanan struktural (SV), (b) Sebaran bangunan terhadap kontak air WV, (c) Sebaran nilai indeks kerentanan relative RVI, (d) Sebaran kerentanan bangunan terhadap tsunami.

Kerentanan bangunan terhadap kontak air dihitung dengan membagi berapa lantai yang tergenang dengan jumlah semua lantai pada tiap bangunan. Skor WV menunjukkan berapa persen dari lantai bangunan yang akan tergenang. Jika dilihat pada **Gambar 2b**, sebagian besar bangunan memiliki kerentanan bangunan yang tinggi dengan rentang skor 3,01 – 5. *Relative Vulnerability Index* (RVI) didapatkan dengan mengolah SV yang merupakan skor standar untuk kerentanan struktural, dan WV adalah skor standar untuk kerentanan terhadap intrusi air. Keluaran dari model PTVA-4 adalah nilai RVI yang berkisar antara 1,64 – 4,03 (**Gambar 2c**). Skor RVI hanya dapat digunakan untuk membandingkan kerentanan bangunan yang berbeda, tidak untuk memperkirakan kerusakan absolut (Dall’Osso et al., 2016).

Nilai RVI diklasifikasikan berdasarkan Jenk’s interval pada ArcGIS ke dalam 3 kelas yakni kerentanan tinggi, kerentanan sedang dan kerentanan rendah (**Gambar 2d**). Sebanyak 51 bangunan terklasifikasi dalam kerentanan tinggi, 41 bangunan adalah kerentanan menengah, dan 88 bangunan terklasifikasikan kerentanan menengah (**Gambar 3**). Bangunan yang berada tepat di depan garis pantai memiliki kerentanan yang tinggi. Mayoritas bangunan berfungsi sebagai warung dan *café*. Beralih ke tengah, terdapat variasi bangunan kerentanan sedang dan kerentanan rendah. Bangunan ini rata-rata memiliki fungsi penginapan dan toko. Bangunan yang terlindung oleh bukit kecil serta bangunan yang lokasinya jauh dari pantai

memiliki kerentanan yang rendah dan berfungsi sebagai rumah tinggal. Berbagai jenis bangunan di lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Jumlah bangunan pada tiap kelas kerentanan

Penyesuaian Model PTVA-4

Dall’Osso et al., (2016) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa terdapat tiga jenis material pada kriteria kerentanan tsunami. Material sangat rentan adalah kayu atau bahan ringan, material kerentanan menengah adalah batu bata, dan kerentanan sangat rendah adalah beton bertulang. Dari hasil pengamatan di lapangan, terdapat dua jenis material yang tidak disebutkan oleh Dall’Osso et al., (2016) yakni kayu atau bambu dengan sedikit bata dan batu bata dengan kolom bertulang (konstruksi sederhana). Oleh, karena itu kedua material ini penulis tambahkan untuk disesuaikan dalam pengolahan data lebih lanjut (lihat **Tabel 4**).

Tabel 4. Penyesuaian nilai numerik yang diberikan pada atribut komponen “Bv” berdasarkan karakteristik bangunan di lapangan.

	-1	-0,5	0	+0,5	+1
Jumlah lantai (s)	Lebih dari 5 lantai	4 lantai	3 lantai	2 lantai	1 lantai
Material bangunan (m)	Beton bertulang atau baja	Bata dengan kolom bertulang	Batu bata	Kayu dan sedikit bata	Kayu, timah, tanah liat atau bahan ringan
Hidrodinamisi lantai dasar (g)	Ruang terbuka	Sekitar 75% ruang terbuka	Sekitar 50% ruang terbuka	Sekitar 25% ruang terbuka	Tidak ada ruang terbuka, tidak ada atau sangat sedikit bukaan di lantai dasar
Ketahanan fondasi (f)	Fondasi tiang dalam	Fondasi agak dalam	Fondasi kedalaman rata-rata	Fondasi agak dangkal	Pondasi dangkal
Bentuk tapak bangunan (sh)	Seperti lingkaran atau segitiga	Persegi atau hampir persegi	Persegi panjang	Persegi panjang yang panjang	Kompleks (bentuk bangunan L, T, atau X, atau geometri kompleks lainnya)
Pemeliharaan bangunan (pc)	Sangat baik	Baik	Rata-rata	Buruk	Sangat buruk

Tabel 5. Penyesuaian nilai numerik yang diberikan pada atribut komponen “Surr” berdasarkan karakteristik bangunan di lapangan.

	-1	-0,5	0	+0,5	+1
Prot_br (baris bangunan)	>10	7-8-9-10	4-5-6	2-3	1
Prot_nb (penghalang alami)	Perlindungan sangat tinggi	Perlindungan tinggi	Perlindungan rata-rata	Perlindungan sedang	Tidak ada perlindungan
Prot_w (dinding batubata sekitar bangunan)	Tinggi dinding adalah dari 80%-100% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 60%-80% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 40%-60% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 20%-40% dari kedalaman air	Tinggi dinding adalah dari 0%-20% dari kedalaman air
Objek bergerak (mo)	Risiko sangat rendah dari benda bergerak		Risiko rata-rata dari benda bergerak		Risiko sangat tinggi dari benda bergerak



Gambar 4. Berbagai jenis bangunan di wilayah kepesisiran Batuhiu, (a) rumah tinggal, (b) cafe, (c) sekolah, (d) masjid, (e) kantor, (f) hotel/penginapan.

Kriteria fondasi dalam Dall’Osso et al. (2016) terdiri dari tiga kelas yakni fondasi dangkal dengan kerentanan sangat tinggi, fondasi rata-rata untuk kerentanan menengah, dan fondasi sangat dalam

untuk kerentanan rendah. Di lapangan ditemui fondasi dangkal untuk material bangunan berupa kayu/bambu dan fondasi rata-rata untuk material bangunan yang terbuat dari konstruksi sederhana.

Bangunan baru dengan jumlah lantai lebih dari satu, fondasi yang digunakan adalah fondasi agak dalam. Selanjutnya, fondasi pada bangunan yang terbuat dari kayu atau bambu dengan sedikit bata memiliki fondasi yang agak dangkal. Sehingga, penulis menambahkan atribut fondasi agak dalam dan fondasi agak dangkal pada tabel kriteria. Keberadaan *seawall* (*sw*) pada kriteria bangunan sekitar (*surr*) dihilangkan (**Tabel 5**). Di lapangan, tidak ditemui adanya dinding laut yang dapat menghalangi tsunami memasuki daratan. Terdapat tembok pembatas setinggi 1 m yang sudah rusak akibat diterjang gelombang ekstrim pada 25 Juli 2018.

Susunan Keruangan (*Spatial Arrangement*) Bangunan Rentan

Analisis spasial merupakan suatu himpunan teknik untuk menganalisis data spasial. Hasil analisis spasial tergantung pada lokasi objek yang dianalisis. Susunan keruangan dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara satu bangunan dengan bangunan lain dan sebarannya di lokasi penelitian. Memperhatikan hasil peta kerentanan bangunan berdasarkan PTVA-4, bangunan yang berlokasi tepat di hadapan bibir pantai, memiliki kerentanan yang tinggi. Bangunan dengan kerentanan yang tinggi berada di depan barisan bangunan yang memiliki kerentanan sedang, sehingga keadaan tersebut berpotensi mengakibatkan kerusakan bangunan di belakangnya. Hal ini dapat disebabkan oleh sampah (puing-puing) atau adanya objek bergerak yang terbawa oleh bangunan di barisan depan. Pada hasil penilaian kerentanan menggunakan PTVA-4, bangunan yang berpotensi memiliki kerentanan tinggi adalah 41 bangunan atau 22,7%. Sedangkan, bangunan awal yang memiliki kerentanan tinggi adalah 51 bangunan. Total bangunan yang berpotensi memiliki kerusakan tinggi adalah 92 bangunan atau 50% dari jumlah keseluruhan bangunan.

KESIMPULAN

Hampir semua bangunan yang berlokasi di pinggir Pantai Batuhiu memiliki kerentanan yang tinggi. Penilaian kerentanan bangunan terhadap tsunami menggunakan Model PTVA-4 menunjukkan bahwa sebanyak 51 bangunan terklasifikasikan kerentanan tinggi, 41 bangunan terklasifikasikan kerentanan menengah, dan 88 bangunan terklasifikasikan kerentanan rendah. Bangunan dengan kerentanan rendah berlokasi jauh dari pantai atau berada di balik bukit kecil yang menghalangi gelombang laut masuk ke daratan. Penyesuaian atribut untuk model PTVA-4 diterapkan pada parameter material bangunan dan fondasi. Selain itu, pada komponen bangunan sekitar (*surr*), kriteria keberadaan dinding laut (*seawall*) dihilangkan karena tidak ditemui adanya dinding laut di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Studi Bencana Alam (PSBA) Universitas Gadjah Mada yang telah menyediakan data berupa foto udara dan keperluan lain dalam melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Berryman, K. (2006). *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*, report by the institute of geological and Nuclear Science. *New Zealand*.
- Dall'Osso, F., Dominey-Howes, D., Tarbotton, C., Summerhayes, S., & Withycombe, G. (2016). Revision and improvement of the PTVA-3 model for assessing tsunami building vulnerability using "international expert judgment": introducing the PTVA-4 model. *Natural Hazards*, 83(2), 1229–1256. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2387-9>
- Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G., & Dominey-Howes, D. (2009a). A revised (PTVA) model for assessing the Vulnerability of buildings to Tsunami damage. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(5), 1557–1565. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-1557-2009>
- Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G., & Dominey-Howes, D. (2009b). Assessing the vulnerability of buildings to tsunamis. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(6), 2015–2026. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-2015-2009>
- Dall'Osso, F., Maramai, A., Graziani, L., Brizuela, B., Cavalletti, A., Gonella, M., & Tinti, S. (2010). Applying and validating the PTVA-3 model at the Aeolian Islands, Italy: Assessment of the vulnerability of buildings to tsunamis. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10(7), 1547–1562. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1547-2010>
- Dominey-Howes, D., Dunbar, P., Varner, J., & Papatoma-Köhle, M. (2010). Estimating probable maximum loss from a Cascadia tsunami. *Natural Hazards*, 53(1), 43–61. <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9409-9>
- Dominey-Howes, D., & Papatoma, M. (2007). Validating a tsunami vulnerability assessment model (the PTVA Model) using field data from the 2004 Indian Ocean tsunami. *Natural Hazards*, 40(1), 113–136. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-0007-9>
- Fritis, E., Izquierdo, T., & Abad, M. (2018). Assessing the tsunami building vulnerability PTVA-3 and PTVA-4 models after the 16S 2015 event in the cities of Coquimbo- La Serena (Chile). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(6), 1703-1716.
- Fritz, H. M., Kongko, W., Moore, A., McAdoo, B., Goff, J., Harbitz, C., ... Synolakis, C. (2007). Extreme runup from the 17 July 2006 Java tsunami. *Geophysical Research Letters*, 34(12), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2007GL029404>
- Ismail, H., Wahab, A. K. A., Amin, M. F.M., Yunus, M. Z. M., Sidek, F. J., & Esfandier J., B. (2012). A 3-tier tsunami vulnerability assessment technique for the north-west coast of Peninsular Malaysia. *Natural Hazards*, 63(2), 549–573. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0166-9>
- Lavigne, F., Gomez, C., Giffó, M., Wassmer, P., Hoebreck, C., Mardiatno, D., ... & Paris, R. (2007). Field observations of the 17 July 2006 Tsunami in Java. *Natural Hazards and Earth System Science*, 7(1), 177–183. <https://doi.org/10.5194/nhess-7-177-2007>

- 177-2007
- Lavigne, F., Paris, R., Grancher, D., Wassmer, P., Brunstein, D., Vautier, F., ... & Fachrizal. (2009). Reconstruction of tsunami inland propagation on December 26, 2004 in Banda Aceh, Indonesia, through field investigations. *Pure and Applied Geophysics*, 166(1-2), 259-281. <https://doi.org/10.1007/s00024-008-0431-8>
- Madani, S., Khaleghi, S., & Jannat, M. R. A. (2017). Assessing building vulnerability to tsunami using the PTVA-3 model: A case study of Chabahar Bay, Iran. *Natural Hazards*, 85(1), 349-359. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2567-7>
- Papathoma, M., & Dominey-Howes, D. (2003). Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. *Natural Hazards and Earth System Science*, 3(6), 733-747. <https://doi.org/10.5194/nhess-3-733-2003>
- Papathoma, M., Dominey-Howes, D., Zong, Y., & Smith, D. (2003). Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete. *Natural Hazards and Earth System Science*, 3(5), 377-389. <https://doi.org/10.5194/nhess-3-377-2003>
- Reese, S., Cousins, W. J., Power, W. L., Palmer, N. G., Tejakusuma, I. G., & Nugrahadi, S. (2007). Tsunami vulnerability of buildings and people in South Java - Field observations after the July 2006 Java tsunami. *Natural Hazards and Earth System Science*, 7(5), 573-589. <https://doi.org/10.5194/nhess-7-573-2007>
- Santos, A., Tavares, A. O., & Emidio, A. (2014). Comparative tsunami vulnerability assessment of an urban area: An analysis of Setúbal city, Portugal. *Applied Geography*, 55, 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.08.009>
- Thapaliya, R. (2006). *Assessing Building Vulnerability for Earthquake using Field Survey and Development Control Data: A Case study in Lalitpur Sub-Metropolitan City, Nepal*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
- Voulgaris, G., & Murayama, Y. (2014). Tsunami vulnerability assessment in the southern boso peninsula, Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10, 190-200. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.08.001>
- Westen, C. J. V., Alkema, D., Damen, M. C. J., Kerle, N., & Kingma, N. C. (2009). Multi-hazard risk assessment. Distance education course. Guide book. United Nation University-ITC School on Disasater Geoinformation Management: Tokyo, Japan.
- Wibowo, T. W. M., Mardiatno, D & Sunarto (2013). Penilaian Kerentanan Bangunan Terhadap Bencana Tsunami Melalui Identifikasi Bentuk Atap Pada Citra Resolusi Tinggi. *Prosiding Simposium National Sains Geoinformasi*, III, 177-185. (<https://doi.org/10.13140/2.1.2175.8248>)

RESPONS PANTAI TERHADAP GELOMBANG PASANG AKIBAT SIKLON DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

(Shore response due to tidal wave triggered by cyclone in Daerah Istimewa Yogyakarta)

Mukhamad Ngainul Malawani¹, Muh Aris Marfai¹, Danang Sri Hadmoko¹, Mega Dharma Putra², Nicky Setiawan², Sigit Hadi Prakoso³, Mardiyanto⁴, Brianardi Widagdo⁵, Aldhila Gusta H. Yoga⁶, Mohamad Haviz D. Sasongko⁶, dan Tiara Handayani⁷

¹Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, UGM

²Parangtritis Geomaritime Science Park (PGSP)

³Stasiun Klimatologi BMKG, DIY

⁴Stasiun Geofisika BMKG, DIY

⁵Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik, UGM

⁶Magister Perencanaan Pengelolaan Wilayah Pesisir dan DAS F. Geografi, UGM

⁷Pusat Studi Bencana, UGM

Jl. Kaliurang Sekip Utara Bulaksumur, Yogyakarta, 55281 Indonesia

E-mail: malawani@ugm.ac.id

Diterima: 19 Maret 2019; Direvisi: 5 Agustus 2019; Disetujui untuk Dipublikasikan: 3 Oktober 2019

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji respons wilayah pesisir akibat kenaikan muka air laut atau gelombang pasang. Gelombang pasang dapat diakibatkan oleh berbagai faktor. Analisis pada penelitian ini hanya mencakup gelombang pasang yang diakibatkan oleh fenomena siklon. Secara alami wilayah pesisir dapat memiliki perbedaan dalam merespons kejadian gelombang pasang. Perbedaan respons tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi fisik pesisir seperti tipe pesisir, lebar gisik, dan kemiringan gisik. Lokasi sampel dalam penelitian ini ada di sembilan pantai di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Pantai tersebut antara lain adalah Pantai Pasir Medit (bermangrove), Pantai Glagah (berlaguna), Pantai Trisik, Pantai Baru, Pantai Goa Cemara, Pantai Depok (lurus-landai), Pantai Baron (berteluk), Pantai Somandeng (bertebing), dan Pantai Pulang Syawal (berteras). Observasi dilakukan dengan mengukur tinggi dan jangkauan genangan, pendataan kerusakan fasilitas wisata (termasuk jenis kerusakan dan estimasi kerugian dalam rupiah). Observasi ini dilakukan hari kesatu dan kedua setelah kejadian siklon tanggal 19 Juli 2018. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa berbagai jenis tipe pesisir yang ada di DIY memiliki respons yang berbeda-beda. Hasil dari penelitian ini berupa matriks yang dapat digunakan untuk mengetahui setiap tipe pantai mempunyai dampak dan kerawaan yang berbeda-beda dari kejadian gelombang pasang. Matriks ini diharapkan dapat digunakan untuk penelitian lanjutan guna menilai respons wilayah pesisir terhadap gelombang pasang dan dapat digunakan untuk kegiatan mitigasi bencana di wilayah pesisir.

Kata kunci: gelombang pasang, morfologi, pesisir, siklon

ABSTRACT

This study aims to assess the response of coastal areas due to sea-level rise or tidal waves. Tidal waves can be caused by various factors. The analysis in this study is concerned only with tidal waves caused by cyclone phenomena. Naturally, coastal areas have a difference in responses to tidal waves. That response is very influenced by the physical conditions of the coastal area such as coastal type, beach wide, and beach slope. This study was conducted at nine sampling sites with different types of beaches in the DIY. Those beaches are Pasir Medit Beach representative as mangrove shore; Glagah Beach representative as lagoon shore, Trisik Beach, Baru Beach, Goa Cemara Beach, and Depok Beach representative as straight shore, Baron Beach representative as bay-shaped shore, Somandeng Beach representative as cliffed shore, and Pulang Syawal Beach representative as platform shore. At each sampling location, the height and range of inundations are measured including data collection on facility damages (type of damage and estimated loss in IDR). The field observation was carried out in the first and second days after the cyclone incident on 19th July 2018. The results of this study show that various types of beaches in DIY have different responses to tidal waves. Based on matrix analysis, it can be seen that each type of beach has different impacts and vulnerabilities due to the occurrence of tidal waves. This matrix is expected to be used for further research to assess coastal area responses to tidal waves and can be used for disaster mitigation strategies in coastal areas.

Keywords: tidal wave, morphology, coast, cyclone

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis ekuator sehingga memiliki kemungkinan kecil terhadap kejadian siklon tropis, namun pusan angin yang membawa awan masih dapat mencapai Indonesia sehingga efeknya dapat dirasakan (Krismianto, 2015). Efek tersebut dapat berupa berubahnya kondisi cuaca dan berdampak pada gelombang pasang di kawasan pesisir (Dissanayake, Brown, & Karunarathna, 2015; Haryani & Zubaidah, 2012). Fenomena tersebut dapat mempengaruhi evolusi garis pantai seperti kejadian di Nha Trang, Vietnam pada tahun 2013-2014 akibat pengaruh monsun dan taifun (Almar et al., 2017).

Kawasan pesisir adalah kawasan yang dinamis namun rentan terhadap ancaman bencana, seperti gelombang pasang dari pengaruh astronomis, angin, dan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global (Marfai et al., 2008). Untuk mengurangi dampak kerusakan di wilayah pesisir, maka perlu pengelolaan yang tepat kasus per kasus, karena potensi ancaman juga berbeda-beda (Papageorgiou, 2016). Strategi pengelolaan ekosistem dan ekowisata berbasis konservasi dapat diterapkan di wilayah pesisir agar kelastarian sumber daya alam terjaga (Marasabessy, Fahrudin, Imran, & Agus, 2018). Ekosistem pesisir sangat berguna dalam pemulihan kembali suatu wilayah pesisir pasca terjadinya bencana, serta dapat pula mengurangi dampak negatif dari erosi pantai (Gracia, Rangel-Buitrago, Oakley, & Williams, 2018). Pada saat implementasi pengelolaan wilayah pesisir, unsur penting yang perlu diperhatikan adalah kondisi budaya, sejarah, dan karakteristik sosial masyarakat lokal (Hong et al., 2010).

Fenomena siklon adalah salah satu dampak dari variasi perubahan iklim. Salah satu dampak kejadian siklon berupa gelombang pasang yang pernah terjadi pada bulan Juli 2018 di perairan Indonesia, seperti di Laut Cina Selatan, Samudera Hindia, dan sepanjang pantai selatan Pulau Jawa yang menyebabkan kenaikan muka air laut khususnya pesisir DIY. Gelombang pasang tersebut menurut siaran pers BMKG 17 Juli 2018 adalah akibat dari adanya Siklon Tropis Son Tinh di Laut Cina Selatan. Tiga hari setelahnya rilis peringatan gelombang pasang akibat Siklon Tropis Ampil juga diterbitkan oleh BMKG. Kedua peringatan tersebut memberikan informasi bahwa akan terjadi peningkatan tinggi gelombang antara tanggal 17 – 26 Juli 2018 dengan tinggi gelombang maksimum berkisar dari 2 – 6 meter (**Tabel 1**). Kerugian material dari dampak yang dihasilkan gelombang pasang tersebut diestimasi mencapai milyaran rupiah di sepanjang pesisir DIY. Kajian tentang respons pantai akibat kenaikan air laut khususnya tsunami telah dilakukan (Mardiatno, Malawani, Annisa, & Wacano, 2017).

Tabel 1. Peringatan potensi gelombang pasang di pesisir selatan Jawa.

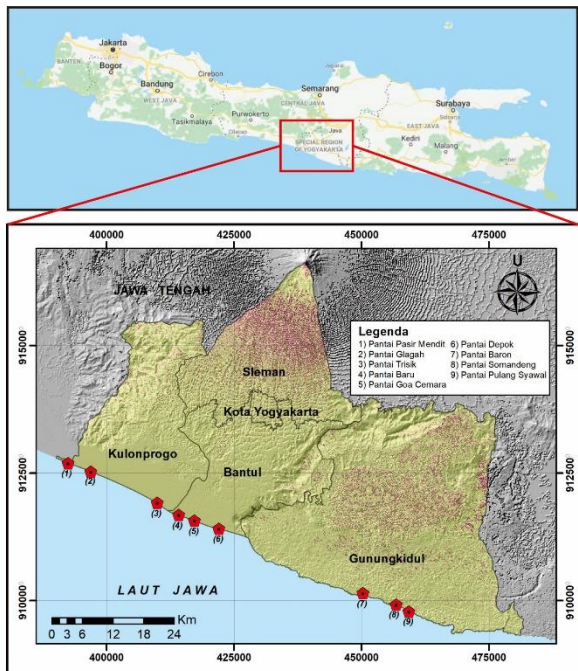
Tanggal	Perkiraan tinggi gelombang	Aktivitas Siklon
17 Juli 2018	2 – 3,5 m	TC Son Tinh
18 Juli 2018	2 – 3,5 m	TC Son Tinh
19 Juli 2018	2 – 4 m	TC Son Tinh
20 Juli 2018	2 – 6 m	TC Son Tinh/Ampil
21 Juli 2018	2 – 3,5 m	TC Son Tinh/Ampil
22 Juli 2018	2 – 3 m	TC Son Tinh/Ampil
23 Juli 2018	3 – 4 m	TC Ampil
24 Juli 2018	4 – 6 m	TC Ampil
25 Juli 2018	4 – 6 m	TC Ampil
26 Juli 2018	4 – 5 m	TC Ampil

Sumber: Siaran Pers BMKG: Potensi Tinggi Gelombang Laut di Pesisir Selatan Jawa rilis tanggal 17 dan 20 Juli 2018 (BMKG, 2018)

Respons pantai dari ancaman tsunami tersebut dikaji berdasarkan pada karakteristik tipologi pantai dan permukiman. Karakteristik tipologi yang digunakan berbeda dengan karakteristik tipologi menurut klasifikasi (Shepard, 1973), yaitu mengklasifikasi pantai berdasarkan proses pembentukannya. Sama halnya dengan tsunami, gelombang pasang juga dapat dikaji responsnya berdasarkan tipologi pantainya. Sampai saat ini masih sangat jarang ditemukan kajian respons pantai akibat dari kejadian siklon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari gelombang pasang akibat siklon di kawasan pantai DIY, mengetahui tingkat kerawaannya, serta mitigasi bencana yang dapat dilakukan. Kajian respons dalam kasus terjangan gelombang pasang di perairan DIY bila diamati lebih detail, maka terlihat bahwa setiap jenis pantai mengalami dampak yang berbeda. Oleh karena itu, kajian respons wilayah pantai terhadap gelombang pasang akibat bencana siklon diharapkan dapat bermanfaat untuk pengayaan ilmu kebumih yang selanjutnya dapat digunakan untuk dasar mitigasi bencana.

METODE

Lokasi pengukuran dampak gelombang pasang yang menerjang di pantai selatan DIY dilakukan pada sembilan pantai. **Gambar 1** menunjukkan lokasi sampel pantai yang diteliti. Pantai-pantai tersebut dipilih berdasarkan tipe kawasan pantainya serta dampak yang ditimbulkan akibat adanya gelombang pasang pada bulan Juli 2018. Pantai-pantai tersebut antara lain adalah Pantai Pasir Medit (bermangrove), Pantai Glagah (berlaguna), Pantai Trisik, Pantai Baru, Pantai Goa Cemara, Pantai Depok (lurus-landai), Pantai Baron (berteluk), Pantai Somandeng (bertebing), dan Pantai Pulang Syawal (berteras). Observasi ini dilakukan hari kesatu dan kedua setelah kejadian siklon tanggal 19 Juli 2018.



Gambar 1. Peta lokasi kajian di sembilan pantai di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Kajian respons pantai terhadap kejadian siklon dilakukan dengan tiga metode pengumpulan data, yaitu observasi, pengambilan foto udara, dan wawancara. Observasi dilakukan dengan mengukur tinggi dan jangkauan genangan air, serta pendataan kerusakan fasilitas. Pengambilan foto udara dilakukan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh kondisi area terdampak bencana. Foto udara juga dimanfaatkan untuk menghitung jangkauan gelombang secara umum. Wawancara dilakukan secara purposif kepada anggota SAR (*search and recue*) dan pemilik kios di sekitar area terdampak bencana. Wawancara dilakukan dengan tujuan mendapatkan deskripsi kerusakan akibat gelombang pasang. Khusus untuk anggota SAR, wawancara dilakukan untuk mendapatkan keterangan terkait upaya mitigasi yang telah dilakukan.

Tabel 2. Matriks yang digunakan dalam analisis dampak (A) dan untuk analisis kerawanan (B).

Tabel A			
Tipologi Pantai	Jarak jangkauan gelombang	Kedalaman genangan air	Kerusakan
Tipe 1	-	-	-
Tipe 2	-	-	-
Tipe 3	-	-	-
Tipe 4	-	-	-
Dst..	-	-	-

Tabel B			
Morfologi pantai	Dimensi Gisik		
	Lebar	Sedang	Sempit
Kelerengan Miring	-	-	-
Landai	-	-	-
Datar	-	-	-

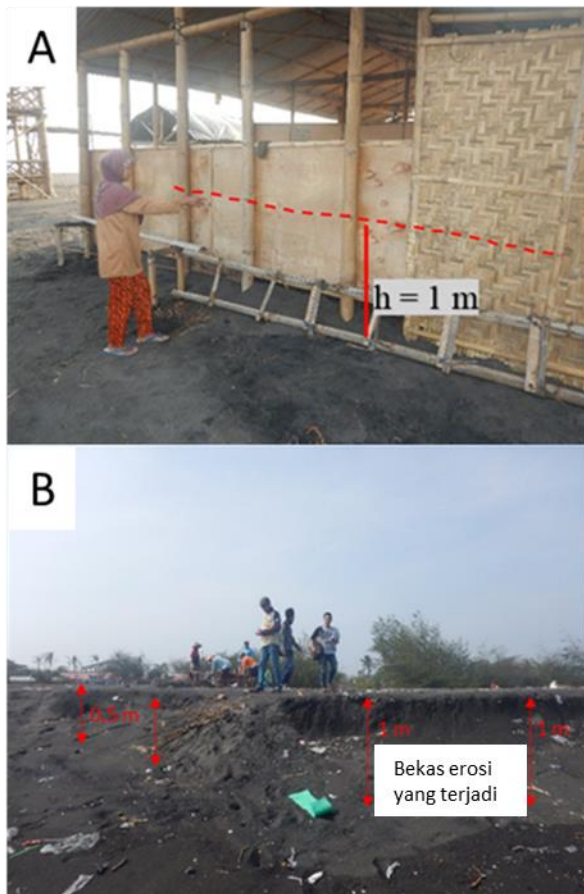
Analisis dampak dilakukan dengan membuat matriks tipologi pantai, sedangkan analisis kerawanan dilakukan dengan matriks morfologi pantai (**Tabel 2**). Tipologi pantai yang dimaksud mencakup jenis-jenis pantai, sedangkan morfologi pantai mencakup kelerengan dan dimensi pantai. Analisis matriks serupa juga pernah dilakukan namun untuk tingkat kerawanan tsunami pada berbagai tipe pantai (Mardiatno et al., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum dampak gelombang pasang yang menerjang kawasan pesisir DIY berbeda-beda pada beberapa lokasi sampel. Lokasi yang pertama adalah Pantai Glagah. Pantai Glagah adalah salah satu pantai yang memiliki laguna. Pantai ini mirip dengan Pantai Pasir Mendit/Kadilangu. Perbedaannya, Pantai Pasir Mendit/Kadilangu adalah pantai bermangrove yang memiliki laguna. Genangan yang terjadi di Pantai Glagah cukup tinggi mencapai kedalaman ± 1 meter yang dapat diamati bekasnya pada bangunan yang terbuat dari bambu (**Gambar 2A**). Banyak bangunan bambu yang tergenang namun tidak mengalami kerusakan yang signifikan. Kerusakan minor hanya terjadi pada struktur pondasi karena pasir mengalami pengikisan. Hal ini disebabkan juga karena bangunan dari anyaman bambu memiliki rongga-rongga yang cukup mudah meloloskan air yang lewat.

Keberadaan laguna di Pantai Glagah dan Kadilangu dapat menjadi penghambat datangnya gelombang pasang dan juga dapat menangkap arus balik. Sebagai upaya mitigasi, kelestarian laguna perlu dijaga sehingga mampu mempertahankan fungsi alaminya termasuk dalam menghambat gelombang pasang. Untuk penelitian lebih lanjut analisis dampak gelombang pasang juga dapat diukur pada laguna karena gelombang pasang dapat membawa sedimen dan mampu mempengaruhi morfologi laguna, seperti dinamika batimetri laguna (Miguel, Castro, & Nehema, 2017).

Gelombang pasang yang menerjang pada pantai-pantai dengan tipe lurus-landai, seperti Pantai Trisik, Pantai Baru, dan Pantai Depok berdampak terhadap bangunan dan munculnya erosi pantai yang cukup besar seperti yang terjadi di Pantai Trisik (**Gambar 2B**). Potensi erosi pada pantai tersebut juga dapat terjadi pada kondisi non siklon. Gelombang yang dapat menyebabkan erosi tersebut dapat berlangsung secara sporadis dan membentuk teluk-teluk kecil yang menjadi pusat terbentuknya *rip current* seperti yang terjadi di Pantai Depok (Freksi & Srijono, 2013).

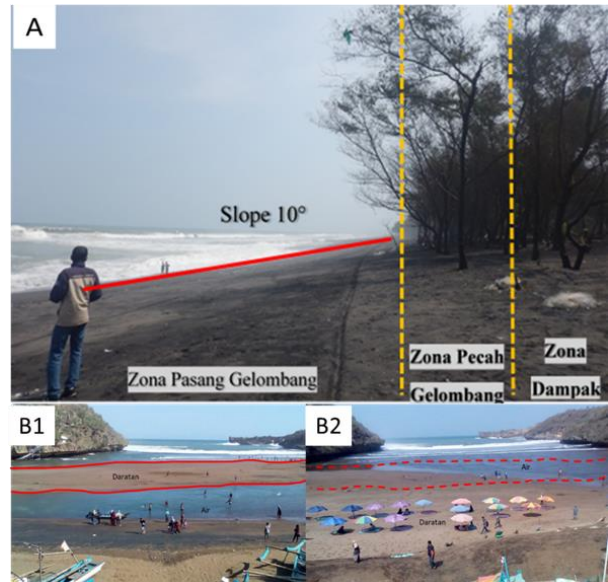


Gambar 2. Rekonstruksi genangan akibat gelombang pasang di pantai Glagah (A), dan erosi yang muncul setelah gelombang pasang di Pantai Trisik (B).

Pantai Goa Cemara (**Gambar 3A**) adalah pantai bertipe lurus, namun tidak mengalami erosi pantai yang signifikan, karena jarak jalur hijau pohon cemara udang sangat dekat dengan garis pantai sehingga erosi relatif dapat tertahan. Di Pantai Goa Cemara keberadaan jalur hijau cukup efektif dalam mencegah erosi lanjut dari gelombang pasang, sehingga bekas erosi tidak banyak ditemukan. Selain pohon cemara udang, jenis pohon lain yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampak erosi pantai adalah mangrove, lamun, serta jenis tumbuhan pantai lain yang sesuai dengan kondisi ekosistem pesisirnya (Gracia et al., 2018). Proses erosi yang signifikan juga terjadi di Pantai Baron. Erosi yang terjadi di lokasi tersebut dapat mengubah bentuk dan dimensi garis pantai. Bentuk gosong pantai (**Gambar 3B1**) yang ada di Pantai Baron hilang akibat adanya gelombang pasang dan mengubah Pantai Baron memiliki garis pantai yang lebih lebar dari sebelumnya (**Gambar 3B2**).

Jangkauan gelombang pasang yang terjadi di pesisir DIY dapat teramati juga melalui pantauan foto udara. **Gambar 4** menunjukkan hasil deliniasi dari foto udara berupa jangkauan gelombang di Pantai Depok, Bantul. Jangkauan di pantai ini cukup jauh ke darat dan mencapai area parkir kendaraan. Bangunan pada baris pertama di Pantai Depok terkena terangan gelombang

pasang. Morfologi Pantai Depok yang lurus dan relatif datar menyebabkan jangkauan gelombang pasang hampir sama dari bagian barat sampai timur. Pada Pantai Baron, Gunung Kidul yang berbentuk teluk terangan gelombang lebih terpusat di bagian tengah dan hanya sedikit bangunan yang terdampak. Dari hasil pengamatan melalui foto udara dapat diamati hampasan ombak normal berjarak cukup jauh dengan *run up* pada saat gelombang pasang (**Gambar 5**).



Gambar 3. Rekonstruksi kejadian gelombang pasang di Pantai Goa Cemara (A), dan kondisi morfologi Pantai Baron sebelum (B1) dan setelah (B2) kejadian gelombang pasang.



Gambar 4. Delineasi foto udara jangkauan gelombang pasang di Pantai Depok, Bantul.

Dampak terangan gelombang pasang akibat siklon di pantai DIY dapat dibedakan berdasarkan karakteristik pantai. Lokasi pengamatan di pesisir DIY mulai dari Pantai Pasir Mendit hingga Pantai Pulang Syawal dapat dibedakan menjadi enam jenis pantai (**Tabel 3**). Selanjutnya, dampak gelombang pasang berupa jarak jangkauan, kedalaman air genangan dan kerusakan yang ditimbulkan terhadap keenam tipologi pantai ditampilkan dalam bentuk matriks pada **Tabel 3**.



Gambar 5. Delineasi foto udara jangkauan gelombang pasang di Pantai Baron, Gunung Kidul.

Tabel 3. Matrik hubungan antara tipologi pantai dan dampak gelombang pasang.

Tipologi pantai	Jarak Jangkauan gelombang	Kedalaman air genangan	Kerusakan yang ditimbulkan
1 Lurus-landai	Jauh	Dalam	Mayor
2 Berlaguna	Sedang	Sedang	Sedang
3 Bermangrove	Sedang	Sedang	Sedang
4 Berteluk	Dekat	Sedang	Sedang
5 Bertebing	Dekat	Dalam	Minor
6 Berteras	Dekat	Dangkal	Minor

Berdasarkan matriks **Tabel 3** terlihat dengan jelas bahwa tipologi pantai yang lurus-landai (pantai Depok dan Pantai Baru) adalah jenis pantai yang memiliki dampak kerusakan terbesar akibat gelombang pasang. Tipe pantai berlaguna (Pantai Glagah), Pantai Bermangrove (Pantai Pasir Mendit) dan Pantai Berteluk (Pantai Baron) memiliki dampak kerusakan yang sedang, sedangkan tipe pantai bertebing (Pantai Somadeng) dan berteras (Pantai Pulang Syawal) adalah tipe pantai yang memiliki dampak paling ringan (minor). Pantai berteras memiliki dampak yang ringan karena gelombang lebih dahulu pecah sebelum mencapai gisik, sehingga kekuatannya sudah jauh berkurang.

Berdasarkan hasil pengamatan gelombang pasang akibat siklon pada bulan Juli 2018, kerawanan kawasan pantai terhadap gelombang juga dapat dinilai menurut morfologi kelerengan pantai (miring, landai dan datar), serta dimensi gisik (lebar, sedang dan sempit) seperti terlihat pada **Tabel 4**. Kawasan pantai yang memiliki kondisi rawan terhadap kejadian gelombang pasang adalah pantai dengan gisik berlereng datar dengan dimensi gisik yang sempit. Pada klasifikasi ini tidak ada pantai yang tidak rawan, karena semua wilayah pantainya mengalami kejadian gelombang pasang. Oleh sebab itu klasifikasi kerawanan terhadap gelombang pasang pada **Tabel 4** bersifat kualitatif, seperti sedikit rawan, agak rawan, dan rawan. Hasil observasi klasifikasi tipologi pantai terhadap dampak gelombang pasang di wilayah pantai beserta analisis kerawanan yang ditimbulkannya (**Tabel 3** dan **Tabel 4**), diharapkan dapat dijadikan sebagai

acuan awal penilaian kerawanan pantai untuk wilayah lain.

Tabel 4. Matriks kerawanan pesisir akibat gelombang pasang berdasarkan morfologi pantai dan dimensi gisik.

Morfologi pantai	Dimensi Gisik		
	Lebar	Sedang	Sempit
Miring	Sedikit Rawan	Sedikit Rawan	Agak Rawan
Landai	Sedikit Rawan	Agak Rawan	Rawan
Datar	Agak Rawan	Rawan	Rawan

Ancaman gelombang pasang di kawasan pesisir Indonesia pada dasarnya telah dipantau oleh BMKG yang sering diperingatkan melalui jejaring media sosial serta melalui internet. Peringatan ini sangat membantu dalam mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh terjangan gelombang pasang karena masyarakat di sekitar pesisir dapat mempersiapkan diri untuk antisipasi. Pantauan gelombang pasang tersebut baik akibat adanya siklon maupun tidak dapat diamati melalui laman <http://maritim.bmkg.go.id/prakiraan> dan laman <http://tcwc.bmkg.go.id/siklon>. Apabila siaran pers mengenai peringatan gelombang dan siklon tersebut dapat dimanfaatkan dengan baik untuk antisipasi dan peringatan dini maka dampak yang ditimbulkan akan dapat diminimalkan. Hasil wawancara dengan beberapa Petugas SAR di Parangtritis dan Baron menyebutkan bahwa data tersebut sangat bermanfaat untuk memberi peringatan dan anjuran aktivitas baik kepada masyarakat dan wisatawan di kawasan pantai. Sistem yang telah berlaku ini tentunya masih membutuhkan pendampingan dari pemerintah dan akademisi agar dapat berjalan secara baik, karena penanganan masalah gelombang pasang akibat siklon di Indonesia masih membutuhkan pembangunan infrastruktur kebencanaan yang sejalan dengan prinsip DRR (*disaster risk reduction*) (Mallick, Rahaman, & Vogt, 2011).

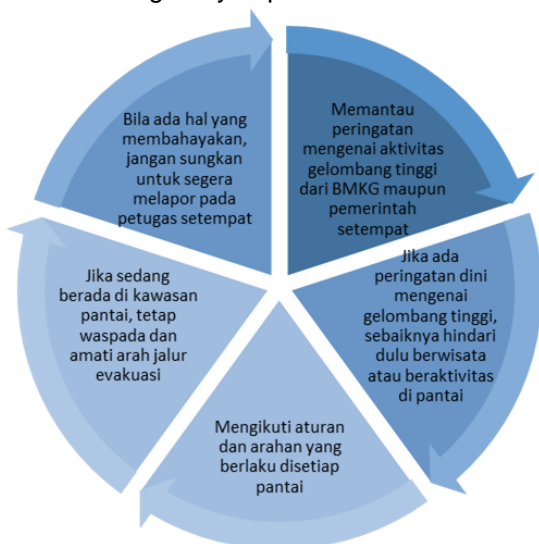


Gambar 6. Penanganan kerusakan erosi akibat gelombang pasang di Pantai Baron, Gunung Kidul.

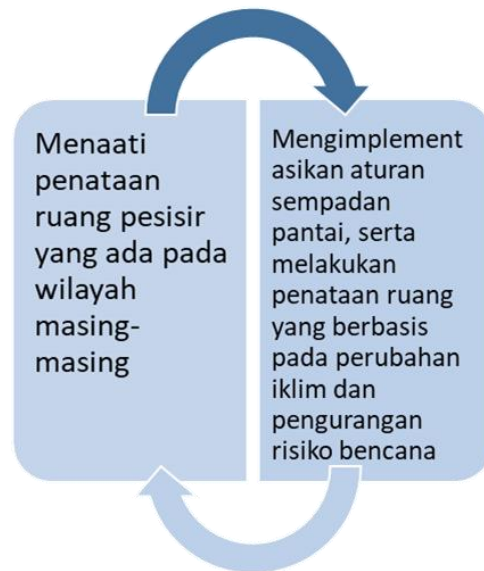
Penanganan kerusakan akibat terjangan gelombang pasang di pesisir DIY hampir dilakukan dengan metode yang sama, yaitu melakukan perlindungan dengan kantong pasir yang sangat berguna melindungi bangunan. Salah satu penanganan yang perlu segera dilakukan adalah di

Pantai Baron, karena terjangan gelombang pasang mengerosi bangunan pelindung pipa saluran air bersih utama yang menurut warga digunakan untuk memasok air untuk 5 kecamatan di Gunungkidul (**Gambar 6**). Apabila erosi tersebut tidak segera ditangani maka akan berdampak pada kekritisn air bersih di sebagian wilayah Gunungkidul. Selain itu, Pantai Baron adalah salah satu pantai yang memiliki ancaman erosi yang cukup besar terbukti dari profil gerong laut (*marine notch*) yang terdapat disana yang sudah merekam kejadian erosi dari masa lampau (Marfai, Sekaranom, & Cahyadi, 2015).

Berdasarkan hasil observasi dan pengalaman kesiapsiagaan masyarakat, maka strategi mitigasi bencana gelombang pasang setidaknya dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu strategi mitigasi jangka pendek (**Gambar 7**) dan jangka panjang (**Gambar 8**). Strategi mitigasi jangka pendek ini adalah mitigasi yang dilakukan selama peringatan diumumkan, sedangkan mitigasi jangka panjang adalah mitigasi yang dilakukan dengan jangka waktu yang lebih dan memperhatikan aspek penataan ruang pesisir. Sebagai besar wilayah pantai di DIY telah memiliki jaringan komunikasi yang baik melalui radio dan sangat berguna dalam mengkomunikasikan mitigasi jangka pendek tersebut. Untuk mendukung pengelolaan lingkungan wilayah pesisir, mitigasi jangka panjang dapat diimplementasikan dan dapat berguna untuk memperkuat kesiapsiagaan masyarakat dimasa mendatang. Selain itu integrasi antara kegiatan ekonomi yang ada di wilayah pesisir dengan kondisi lingkungan sangat penting untuk dilakukan untuk membangun pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan (Hong et al., 2010), yang dapat diwujudkan melalui penataan ruang wilayah pesisir.



Gambar 7. Strategi mitigasi jangka pendek di wilayah pesisir untuk anitisipasi terjangan gelombang pasang akibat siklon.



Gambar 8. Strategi mitigasi jangka panjang di wilayah pesisir untuk anitisipasi terjangan gelombang pasang akibat siklon.

KESIMPULAN

Hasil observasi respons wilayah pantai terhadap gelombang pasang akibat siklon di DIY memiliki karakteristik dan dampak yang berbeda. Perbedaan tersebut dikontrol oleh kondisi fisik berupa tipe pantai dan morfologinya. Pantai dengan tipe lurus-landai adalah jenis pantai yang memiliki dampak paling besar akibat gelombang pasang. Kerawanan juga dapat diketahui melalui morfologinya, yaitu wilayah pantai yang berlereng datar dengan lebar gisik yang sempit adalah pantai yang paling rawan. Penilaian dampak dan kerawanan tersebut diprediksi menggunakan matriks yang dapat juga diterapkan di wilayah lain. Dari hasil kejadian gelombang pasang di DIY ini diusulkan pula upaya mitigasi jangka pendek dan jangka panjang yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi gelombang pasang baik akibat siklon maupun gelombang pasang yang tidak diakibatkan oleh siklon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada teman-teman yang membantu dalam pengumpulan data lapangan Riha Ali M., Haftan, M., Maulana, Y., Dannis A.N., Krisna A.W. Terimakasih juga diucapkan kepada pihak-pihak yang membantu memberi masukan dan saran dalam penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Almar, R., Marchesiello, P., Almeida, L. P., Thuan, D. H., Tanaka, H., & Viet, N. T. (2017). Shoreline response to a sequence of typhoon and monsoon events. *Water (Switzerland)*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/w9060364>
 BMKG. (2018). *Siaran Pers BMKG: Potensi Tinggi Gelombang Laut di Pesisir Selatan Jawa.*

Yogyakarta.

- Dissanayake, P., Brown, J., & Karunaratna, H. (2015). Impacts of storm chronology on the morphological changes of the Formby beach and dune system, UK. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(7), 1533–1543. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-1533-2015>
- Freksi, Y., & Srijono. (2013). Mekanisme abrasi pesisir di kawasan pesisir depok, bantul, daerah istimewa Yogyakarta. *Seminar Nasional Kebumihan Ke-6*, 299–305.
- Gracia, A., Rangel-Buitrago, N., Oakley, J. A., & Williams, A. (2018). Use of ecosystem in coastal erosion management. *Ocean & Coastal Management*, 156, 277–280.
- Haryani, N. S., & Zubaidah, A. (2012). Dinamika siklon tropis di Asia tenggara menggunakan data penginderaan jauh. *Teknologi*, 54–58.
- Hong, S. K., Koh, C. H., Harris, R. R., Kim, J. E., Lee, J. S., & Ihm, B. S. (2010). Land Use in Korean Tidal Wetlands: Impacts and Management Strategies. *Environmental Management*, 45, 1014–1026.
- Krismianto. (2015). Analisis pertumbuhan, pergerakan, dan intensitas sikon tropis marcia berbasis data satelit MTSAT. *Berita Dirgantara*, 16(1), 37–45.
- Mallick, B., Rahaman, K. R., & Vogt, J. (2011). Coastal livelihood and physical infrastructure in Bangladesh after cyclone Aila. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 16, 629–648.
- Marasabessy, I., Fahrudin, A., Imran, Z., & Agus, A. B. (2018). Strategi pengelolaan berkelanjutan pesisir dan laut Pulau Nusa Manu dan pulau Nusa Leun di Kabupaten Maluku Tengah. *Jour. of Regional and Rural Development Palnning*, 2(1), 1–22.
- Mardiatno, D., Malawani, M. N., Annisa, D. N., & Wacano, D. (2017). Review on tsunami risk reduction in Indonesia based on coastal and settlement typology. *Indonesian Journal of Geography*, 49(2). <https://doi.org/10.22146/ijg.28406>
- Marfai, M. A., King, L., Singh, L. P., Mardiatno, D., Sartohadi, J., Hadmoko, D. S., & Dewi, A. (2008). Natural hazards in Central Java Province, Indonesia: An overview. *Environmental Geology*, 56(2), 335–351. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-1169-9>
- Marfai, M. A., Sekaranom, A. B., & Cahyadi, A. (2015). Profiles of marine notches in the Baron coastal area—Indonesia. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(1), 307–314. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1232-7>
- Miguel, L. L., Castro, J. W., & Nehema, F. P. (2017). Tidal impact on suspended sediments in the Macuse estuary in Mozambique. *Regional Studies in Marine Science*, (16), 1–14.
- Papageorgiou, M. (2016). Coastal and marine tourism: A challenging factor in Marine Spatial Planning. *Ocean and Coastal Management*, 129, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.05.006>
- Shepard, F. (1973). Seacoast classification in Submarine Geology. *Harper Row.*, 102–122.

Halaman ini sengaja kami kosongkan

PENGAYAAN INFRASTRUKTUR DATA SPASIAL MENGGUNAKAN DATA DARI CROWD UNTUK TANGGAP DARURAT BENCANA

(*Spatial Data Infrastructure Enrichment using Crowdsourced Data for Emergency Response*)

Arie Yulfa, Trias Aditya, dan Heri Sutanta
Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM
Jl. Grafika 2, Sleman, Yogyakarta 55281 Indonesia
E-mail: arie.yulfa@mail.ugm.ac.id

Diterima: 20 Februari 2019; Direvisi: 11 September 2019; Disetujui untuk Dipublikasikan: 07 Oktober 2019

ABSTRAK

Ketersediaan data spasial merupakan faktor penting bagi pelaku tanggap darurat dalam menjalankan misinya. Selama ini, sumber data utama adalah pemerintah, salah satunya melalui jaringan infrastruktur data spasial (IDS). Namun, realitanya menunjukkan bahwa pemerintah sering kesulitan dalam menyediakan data terkini pada masa tanggap darurat. Sementara itu, perkembangan teknologi *Web 2.0* telah memungkinkan kerumunan daring (*crowd*) untuk menjadi sumber data alternatif. Kerumunan daring ada yang berkontribusi data secara aktif dan pasif. Penggabungan antara dua sumber data tersebut diyakini menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan data bagi petugas tanggap darurat bencana. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah usulan sistem yang dapat menggabungkan dua sumber data dari pemerintah dan kerumunan daring pada kegiatan tanggap darurat bencana. Metode untuk mencapai tujuan tersebut adalah melakukan studi pustaka, analisis kebutuhan, desain dan implementasi sistem berdasarkan rancangan skenario tanggap darurat bencana. Hasil yang diperoleh adalah sebuah rangkaian aplikasi yang mengikuti usulan sistem untuk menggabungkan data pemerintah dan kerumunan daring. Rangkaian aplikasi tersebut adalah aplikasi geoportal, aplikasi peranti bergerak, media sosial dan peta daring. Secara garis besar penelitian ini menunjukkan bahwa mengadopsi dua sumber data dapat mengatasi potensi kekurangan data pada saat tanggap darurat bencana, meskipun isu terkait kualitas data belum tuntas diatasi dalam penelitian ini. Penelitian ini dapat dimanfaatkan bagi petugas tanggap darurat bencana di Pusat Pengendalian Operasi Penanggulangan Bencana.

Kata kunci: infrastruktur data spasial, *crowdsourcing*, tanggap darurat bencana.

ABSTRACT

Spatial data availability is an important factor for emergency responders in carrying out their mission. So far, the data sources mainly come from the official institutions, one of which is through the spatial data infrastructure (SDI) network. However, in reality shows that the institutions often have difficulty in providing up-to-date data during the emergency response period. Meanwhile, the development of Web 2.0 technology has enabled the online crowd to become an alternative source of data. An online crowd exists can be actively and passively contributes data. Merging between the two data sources is believed to be a solution to meet the data needs for disaster emergency response officers. The aim of this article make a proposed system that can combine two sources of data from the official informantion and the online crowd for disaster emergency needs. The method to achieve this goal is to conduct a literature study, needs requirement, system design, and implementation based on the design of a disaster emergency response scenario. The results are a series of applications that follow the proposed system to combine government and online crowd data. The application suite is a geoportal application, mobile device application, social media, and online maps. Broadly speaking, this study shows that adopting two data sources can overcome potential data shortages during a disaster emergency response, even though issues related to data quality have not been completely resolved in this study. This research can be utilized for disaster emergency response officers at the Centre of Disaster Management Operations.

Keywords: *spatial data infrastructure, crowdsourcing, disaster response.*

PENDAHULUAN

Data spasial memiliki peran penting untuk membuat sebuah keputusan yang terkait dengan kejadian di muka Bumi. Dalam konteks tanggap darurat bencana, misi utama dari kegiatan ini adalah menyelamatkan jiwa dan lingkungan para korban dalam waktu singkat (Altay & Green III,

2006). Tanggap darurat merupakan kegiatan yang sangat kompleks (Coppola, 2006). Keterbatasan data dan waktu adalah faktor-faktor yang menyulitkan para pelaku tanggap darurat.

Rentang waktu masa tanggap darurat dimulai semenjak bencana terjadi hingga pemerintah mencabut status darurat (Presiden Republik Indonesia, 2007). Pada masa tanggap darurat,

kegiatan yang dilakukan adalah menyelamatkan dan mengevakuasi korban termasuk properti mereka, memenuhi kebutuhan dasar mereka, menyediakan tempat penampungan, mengelola pengungsi, dan memulihkan fasilitas pendukung. Pemerintah atau organisasi terkait biasanya menyediakan data spasial untuk kegiatan ini. Mereka memiliki otoritas, dana, dan ahli yang akan menghasilkan data spasial berkualitas tinggi.

Fakta di lapangan menunjukkan, pemerintah tidak menjadi satu-satunya sumber data karena banyak prosedur yang harus ditempuh sehingga penyediaan data menjadi lambat untuk tanggap darurat bencana. Contoh di tingkat internasional adalah gempa bumi Haiti tahun 2010, pemerintah kesulitan menyediakan kebutuhan data spasial akibat gempa bumi, namun data yang disumbangkan oleh relawan dari seluruh dunia telah membantu para pelaku tanggap darurat bencana (Anderson-Tarver, 2015). Brabham (2013) menamakan mereka sebagai kerumunan daring atau *crowd*.

Kejadian serupa di Indonesia yaitu gempabumi tektonik yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 di Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah, telah memicu tsunami dan likuifaksi di Kota Palu, Kabupaten Donggala, Kabupaten Sigi, dan Kabupaten Parigi Moutong dengan kekuatan lebih dari 7 Skala Richter (BNPB, 2018b). Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia pada tanggal 28 Oktober 2018 melaporkan bahwa korban meninggal mencapai 2.086 jiwa, korban luka sebanyak 4.438 jiwa, dan korban hilang/tertimbun sebanyak 1.309 jiwa (BNPB, 2018a). Gempabumi telah mengakibatkan kota tersebut hancur dan terputus komunikasi dengan dunia luar (Merdeka, 2018). Gubernur Provinsi Sulawesi Tengah menetapkan masa tanggap darurat bencana selama 14 hari dari tanggal 28 September 2018 sampai dengan 12 Oktober 2018. Berdasarkan rapat koordinasi dengan sejumlah kementerian dan lembaga terkait situasi di lapangan, Gubernur memperpanjang masa tanggap darurat tersebut sampai 26 Oktober 2018 (KOMPAS, 2018).

Dari hasil pengamatan pasca kejadian pada situs yang dikelola oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Republik Indonesia, mereka telah meluncurkan geoportal yang berisi data spasial sebelum kejadian dan juga memfasilitasi orang lain untuk mengunggah data. Untuk keterbaruan peta dasar di wilayah terdampak, mereka juga meminta bantuan komunitas peta pada wahana *tasking manager* Open Street Map (<http://bit.ly/2UsinhJ>). Bangunan, jalan, saluran air, dan tempat-tempat penting menjadi fokus dari permintaan ini.

Selain BNPB, geoportal milik pemerintah provinsi Sulawesi Tengah juga tersedia tapi sebatas menyediakan data sebelum bencana dan tidak aktif pada saat bencana dan sesudah bencana (Pemerintah Provinsi Sulawesi Tengah, 2015). Badan Informasi Geospasial (BIG) selaku lembaga

pemerintah terkait informasi geospasial dan koordinator infrastruktur data spasial juga memfasilitasi kebutuhan peta dasar dan peta tematik sebelum gempabumi dan tsunami terjadi. Publik juga memanfaatkan Google My Maps sebagai wahana untuk menginformasikan lokasi pengungsian. Ada dua kelompok masyarakat yang memanfaatkan aplikasi dari Google tersebut yaitu yang diinisiasi oleh alumni kartografi dan penginderaan jauh Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (<http://bit.ly/2CUny2R>) dan Pos Gabungan Relawan Sulteng dengan *Indonesian Off-Road Federation* (<http://bit.ly/2MloQ5w>).

Internasional Disaster Charter yang merupakan organisasi yang terdiri dari lembaga antariksa dan juga penyedia citra satelit untuk kebutuhan kebencanaan juga ikut membantu setelah ada aktivasi permintaan bantuan dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Republik Indonesia (DisasterCharter, 2018). Selain memperoleh dukungan data citra satelit dari Charter, data hasil interpretasi beragam lembaga dari komunitas peta dan juga lembaga pemerintah dan lembaga Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) juga meningkatkan suplai data spasial untuk kebutuhan tanggap darurat. Media sosial menjadi salah satu sumber data atribut (non-spasial) yang juga penting dan terkini. Wahana media sosial yang paling menonjol seperti Twitter, Facebook, Instagram, WhatsApp, dan Youtube. Saluran berita daring juga ikut menyebarkan informasi. Seluruh upaya dukungan data tersebut masih terpisah-pisah dan belum terkoordinasi. Dari ulasan-ulasan tersebut di atas, masalah yang muncul adalah bagaimana menyatukan data yang tersebar tersebut, siapa yang akan melakukannya, dan dimana data-data tersebut akan disatukan. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab persoalan tersebut dengan membuat sebuah usulan sistem yang memanfaatkan konsep IDS dan *crowdsourcing*. Usulan sistem ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan data spasial bagi aktivis tanggap darurat bencana.

METODE

Area studi pada **Gambar 1** adalah dua daerah yang rawan bencana gempabumi dan tsunami dari sejumlah daerah lain yang mengalami kerawanan yang serupa di Indonesia. Bencana ini mengakibatkan korban jiwa paling banyak dibandingkan bencana alam lainnya, sebagaimana dikutip dari Data dan Informasi Bencana Indonesia (DIBI) – BNPB, jumlahnya mendekati 200.000 jiwa semenjak tahun 1815 hingga akhir tahun 2018. Daerah yang dipilih adalah Provinsi Sumatera Barat dan Provinsi Sulawesi Tengah. Provinsi Sumatera Barat merupakan lokasi yang berpotensi gempabumi dan tsunami karena posisinya yang dekat dengan Mentawai Megathrust (Kuncoro, Cubas, Singh, Etchebes, & Tapponnier, 2015). Sedangkan, Provinsi Sulawesi Tengah dipilih karena baru saja terjadi gempabumi dan tsunami

pada akhir bulan September 2018 lalu. Sehingga, data-data pendukung tersebut lebih mudah diakses.



Gambar 1. Area studi Prov. Sumatera Barat dan Prov. Sulawesi Tengah (pada kotak merah).

Usulan Sistem

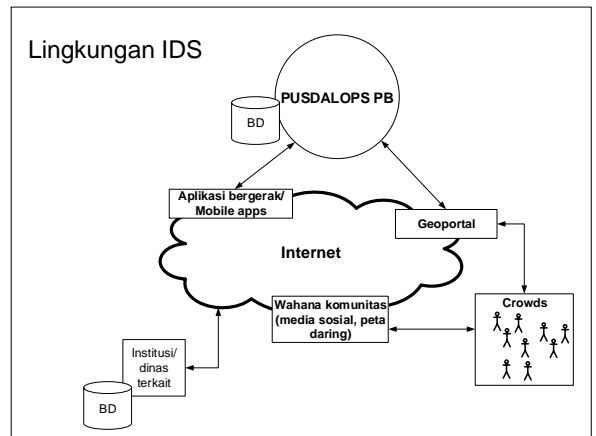
Kerangka kerja dari sistem yang diusulkan ini telah dirumuskan dalam (Yulfa, Aditya, & Sutanta, 2017). Kerangka kerja ini sudah mengadopsi dua pendekatan tersebut yaitu IDS dan *crowdsourcing*. Perumusannya dilandasi oleh beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan kebencanaan. Penelitian Mansourian, Rajabifard, Zoej, & Williamson (2006) digunakan sebagai dasar pengembangan karena memiliki kemiripan dengan sistem penyediaan data informasi pada operasi tanggap darurat bencana di Indonesia. Hal senada juga disampaikan oleh Soeryamihardja (2016) mengenai manfaat IDS dalam manajemen bencana.

Kekurangan yang ditemukan dengan model Mansourian, Rajabifard, Zoej, & Williamson (2006) adalah belum mengadopsi prinsip atau pendekatan *crowdsourcing*. Harris & Lafone (2012) menunjukkan bahwa *crowdsourcing* diperlukan dalam memperbarui dan memperkaya data yang ada di dalam IDS sehingga kebutuhan data pelaku tanggap darurat terpenuhi. Hal ini terbukti pada saat kebakaran hutan di Australia tahun 2013 (Haworth, 2016). Dari beberapa hal tersebut usulan sistem seperti **Gambar 2** menjadi relevan untuk diimplementasikan pada artikel ini.

Lembaga penyelenggara sistem informasi dan komunikasi penanggulangan bencana adalah kumpulan institusi dan lembaga pemerintah terkait operasi tanggap darurat. Mansourian, Rajabifard, Zoej, & Williamson (2006) menamainya pusat operasi tindakan tanggap darurat (EOC). Di Indonesia, unit tersebut adalah Pusat Pengendalian Operasi Penanggulangan Bencana (Pusdalops PB) (BNPB, 2012). Pusdalops PB merupakan pelaksana tugas dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) atau dinamakan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) di tingkat daerah Provinsi atau Kabupaten.

Pada **Gambar 2**, kerumunan daring (*crowd*) memiliki dua jalur untuk memberikan datanya. Satu melalui wahana kerumunan seperti media sosial atau peta daring yang tergolong kontribusi pasif dan atau melalui Geoportal yang tergolong kontribusi aktif menurut See et al. (2016). Di gambar ini,

Pusdalops PB memiliki sumber data tidak hanya dari sumber pemerintah saja tapi memungkinkan juga untuk memperoleh data dari kerumunan daring. Sumber data yang lebih banyak tentu akan memudahkan Pusdalops PB untuk menyuplai data bagi kegiatan tanggap darurat dan juga menjadi data awal bagi staf atau pelaku tanggap darurat di lapangan seperti Tim Reaksi Cepat. Cukup melengkapinya dengan aplikasi peranti bergerak (*mobile apps*) dalam kondisi daring atau luring dengan basis data Pusdalops PB. Penjelasan rinci mengenai usulan sistem ini bisa dilihat pada artikel Yulfa, Aditya, & Sutanta, (2017).



Sumber: Yulfa et al. (2017)

Gambar 2. Kerangka sistem pengayaan IDS dengan data dari crowd untuk tanggap darurat bencana yang telah dimodifikasi (catatan: BD- Basisdata).

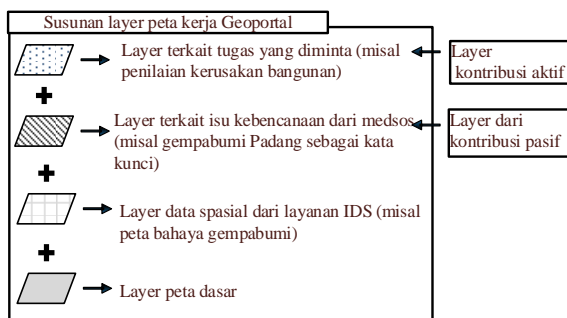
Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan (*requirements analysis*) dilakukan terlebih dahulu untuk mengidentifikasi sistem yang akan dikembangkan (Dennis, Wixom, & Tegarden, 2015). Analisis ini diperlukan untuk melengkapi usulan sistem pada **Gambar 2**. Analisis ini didasari oleh tiga aspek pada *crowdsourcing* yaitu pemilik sistem (inisiator), sistem dan pekerjaan, dan kerumunan itu sendiri (Howe, 2006). Pada aspek pemilik sistem dilakukan wawancara untuk menggali informasi terkait prosedur yang selama ini mereka lakukan dalam memenuhi kebutuhan data spasial. Pemilik sistem (inisiator) yang dimaksud dalam penelitian ini adalah Pusdalops PB. Selanjutnya, metode wawancara secara tidak terstruktur dilakukan kepada inisiator untuk menggali kebutuhan mereka. Metode ini disarankan oleh Dennis, Wixom, & Tegarden (2015). Metode observasi juga dilakukan untuk memahami bagaimana sistem menangani pekerjaan terkait tanggap darurat bencana (Alexander & Beus-Dukic, 2009). Objek observasi adalah sistem yang ada di Pusdalops PB dan situs web terkait kebencanaan di Indonesia.

Situs web yang dikunjungi adalah yang menerapkan pendekatan IDS dan atau *crowdsourcing* kebencanaan. IDS sumber data utamanya adalah instansi pemetaan pemerintah

terkait kebencanaan supaya peta yang dihasilkan menjadi satu sistem peta. Untuk *crowdsourcing* sumber data utamanya adalah kerumunan daring. Selanjutnya adalah melakukan survei daring (*online survey*) terhadap komunitas daring. Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan kuesioner, beberapa kebutuhan dirumuskan dan dikelompokkan sebagai persyaratan fungsional dan non-fungsional. Untuk kebutuhan fungsional, sistem harus menyediakan beberapa fungsi untuk pengguna. Pertama, sistem memiliki akses ke jaringan IDS karena kebanyakan orang menaruh kepercayaan pada sumber data pemerintah. Ini bisa dilakukan dengan membangun aplikasi berbasis web, Geoportal.

Beberapa geoportal dilengkapi dengan alat untuk membuat dan memperbarui data spasial. Fasilitas mengomentari data disediakan untuk komunikasi antar pengguna yang ternyata mempengaruhi motivasi kontributor. Untuk mengontrol penyalahgunaan data, registrasi pengguna adalah suatu keharusan bagi para kontributor. Pengguna yang hanya melihat data saja tidak diperlukan registrasi. Untuk mengundang orang ke Geoportal ini, pemilik harus memiliki saluran media sosial dan memberi tahu orang-orang ke saluran ini untuk berpartisipasi ke Geoportal. Sistem harus mengkonsumsi data media sosial untuk membuat lapisan (*layer*) tertentu seperti yang dijelaskan dalam **Gambar 3**. Lapisan dari media sosial, sumber daya pemerintah, dan peta dasar bertindak sebagai pedoman bagi kontributor dalam bekerja.



Gambar 3. Susunan layer untuk kontributor di Geoportal.

Untuk kebutuhan non-fungsional, itu berarti karakteristik sistem. Wahana (*platform*) media sosial, aplikasi bergerak, dan aplikasi berbasis web adalah antarmuka yang paling disukai pengguna secara berurutan. Jika dikategorikan, wahana media sosial untuk kontributor data pasif, aplikasi bergerak untuk staf lapangan atau aktivis, dan aplikasi berbasis web untuk kontributor data aktif. Teknologi berbagi data seperti layanan geo web (*geoweb services*) dan antarmuka pemrograman aplikasi (API) sangat berguna untuk menghubungkan data dalam kasus ini.

Ditemukan empat saluran media sosial yang paling aktif penggunaannya untuk menghimbau kontributor yaitu Facebook, Twitter, WhatsApp, dan

Instagram. Pemilik sistem harus membuat tagar tertentu untuk mengelompokkan informasi di media sosial dan membuat penggalian data (*data mining*) menjadi lebih mudah. Kontributor lebih menyukai pengisian formulir sesedikit mungkin. Mereka banyak menggunakan peramban (browser) Chrome, Firefox, dan Microsoft Edge.

Implementasi Perangkat Lunak Pendukung

Dari usulan sistem (**Gambar 2**) dan juga hasil analisis kebutuhan, diperoleh tiga komponen aplikasi yang akan digunakan untuk mendukung jalannya sistem tersebut. Tiga komponen tersebut adalah geoportal, aplikasi bergerak, wahana kerumunan daring. Berikut ini adalah penjelasan masing-masing komponen tersebut.

Geoportal

Geoportal adalah aplikasi berbasis web yang merupakan bagian dari IDS yang akan membantu menghubungkan orang dengan data (Maguire & Longley, 2005). Selama ini pada keadaan tanggap darurat data utamanya berasal dari sumber pemerintah saja. Pada penelitian ini aplikasi ini akan diarahkan untuk mengelola dan mengarahkan *crowd* berkontribusi data. Pada penelitian ini, aplikasi *Cartoview* digunakan untuk membangun geoportal ini. Pada artikel sebelumnya aplikasi yang digunakan adalah *GeoSHAPE* (Yulfa et al., 2017). Kedua aplikasi ini memiliki basis perangkat lunak yang sama yaitu Geonode yang cukup dikenal dalam membangun aplikasi geoportal dengan lisensi gratis. Yang membedakan adalah penambahan fungsi atau pengaturan-pengaturannya. Pada artikel ini, *Cartoview* memiliki fungsi yang lebih memenuhi kebutuhan penelitian dibandingkan *GeoSHAPE* yang digunakan pada penelitian sebelumnya.

Aplikasi Peranti Bergerak (Mobile Application)

Aplikasi peranti bergerak ini merupakan aplikasi yang berbasiskan kepada gawai (*gadget*) dengan perangkat lunak operasi seperti android. Tujuannya adalah membantu pengguna dalam berkontribusi data baik secara daring (*online*) maupun luring (*offline*). Kemampuan aplikasi seperti ini akan membantu staf lapangan tanggap darurat bencana seperti tim reaksi cepat dalam mengumpulkan data (Yulfa et al., 2017). Untuk keperluan penelitian ini, aplikasi bergerak memanfaatkan aplikasi *Arbiter*. *Arbiter* memiliki kemampuan yang dibutuhkan untuk bekerja secara daring atau luring. Selain itu, aplikasi ini juga bisa dipakai untuk merinci atau menuntun petugas di lapangan berdasarkan data yang telah masuk ke dalam geoportal baik yang bersumber dari pemerintah atau kerumunan. *Arbiter* juga cukup ringkas pengaturannya dalam berkomunikasi dengan Geoportal (*Cartoview*) melalui layanan geo web yang telah disediakan oleh sistem.

Media Sosial (Twitter)

Kerumunan atau komunitas daring dari hasil analisis kebutuhan menunjukkan sebagian besar mereka cenderung untuk memanfaatkan aplikasi berbasis media sosial yang sudah mereka kenal dibandingkan harus mengunjungi atau mengunduh terlebih dahulu aplikasi ke dalam gawai mereka. Untuk kasus seperti ini, See et al. (2016) mengelompokkan mereka sebagai kontributor pasif. Tantangan berikutnya adalah bagaimana penggalan data dari media sosial. Aplikasi yang digunakan adalah *Rapidminer*. Aplikasi ini merupakan aplikasi berbayar. Kemudahan dalam menjalankan aplikasi ini adalah cara kerjanya yang sangat membantu pengguna yang minim pengetahuan dalam *scripting* program. Proses penggalan data cukup dengan melakukan proses tarik dan taruh (*drag and drop*) modul yang sudah disediakan dalam aplikasi.

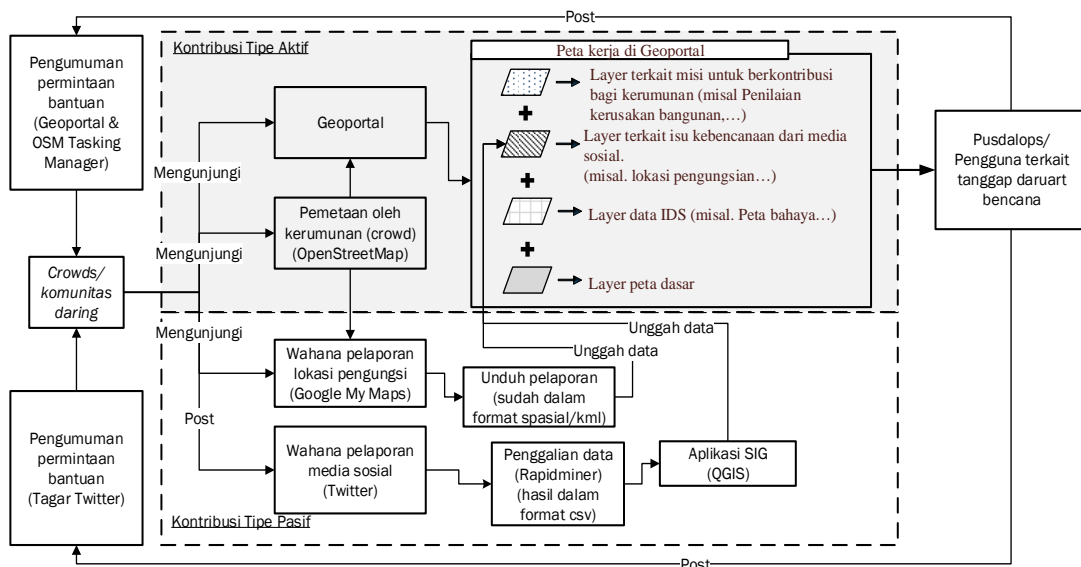
Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) juga dimanfaatkan untuk menyunting dan mengkonversi data CSV menjadi format yang bisa divisualisasikan di Geoportal. Aplikasi QGIS digunakan untuk mendukung aktivitas ini. Sebagai catatan, pada penelitian ini belum ditemukan cara untuk menjadikan layer kontribusi pasif bisa secara *real time* menggali data untuk disuplai ke sistem geoportal seperti rancangan pada **Gambar 3**. Jadi, proses manual masih dilakukan untuk mengimplementasikan rancangan layer peta kerja tersebut. Twitter digunakan sebagai wahana untuk menghimpun data. Hal ini disebabkan keterbatasan akses oleh media sosial lain terkait isu privasi sebagaimana juga disampaikan oleh See et al. (2016). Tentu hal ini akan menyulitkan jika ingin memanfaatkan data dengan metode kontribusi pasif.

Skenario Implementasi

Berdasarkan (Yulfa et al., 2017) dan hasil analisis kebutuhan, skenario yang realistis untuk

penerapan usulan sistem adalah dengan dua skenario. Skenario tersebut adalah tipe kontribusi aktif dan tipe kontribusi pasif (**Gambar 4**). Pada skenario tipe aktif, komunitas daring diundang untuk membantu pemilik sistem (inisiator) melalui Geoportal dan menyelesaikan tugas yang sudah disiapkan, misalnya penentuan bangunan yang mengalami kerusakan). Di sisi lain, inisiator juga meminta bantuan untuk mendelineiasi wilayah tertentu kepada kerumunan daring dengan memanfaatkan wahana peta daring *Open Street Map* melalui fasilitas *Tasking Manager*. Proses komunikasi ini dilakukan melalui kanal- media Twitter dengan tagar tertentu. Produk dari peta daring akan merinci peta dasar sebagai referensi ketika kerumunan ini menjalankan misi yang diminta (penentuan kerusakan bangunan).

Pada skenario tipe pasif, komunitas daring diajak berpartisipasi menyampaikan informasi terkait tanggap darurat bencana berupa laporan kejadian dengan menggunakan tagar yang telah diluncurkan oleh inisiator melalui akun Twitternya. Sedangkan, untuk mereka yang berkontribusi melalui wahana/*platform* lainnya seperti Google MyMaps bisa dikumpulkan data mereka dengan mengekstraksi informasi tersebut melalui fasilitas yang dimiliki oleh wahana tersebut. Untuk data Twitter proses penggalan datanya diperlukan aplikasi khusus seperti *Rapidminer* untuk memperoleh datanya. Selanjutnya data-data tersebut dipilah dan disesuaikan dengan tema layer yang terkait dengan misi yang telah ditetapkan inisiator dan divisualisasikan di dalam Geoportal. Pada tahap berikutnya, Pusdalops dapat memanfaatkan data-data yang telah dihimpun baik secara aktif ataupun pasif untuk kepentingan kegiatan tanggap darurat. Salah satu contoh adalah tim reaksi cepat/staf lapangan bisa memanfaatkan data tersebut untuk data awal di lapangan. Temuan tim di lapangan bisa digunakan untuk merevisi data yang dihasilkan dari kontribusi komunitas.



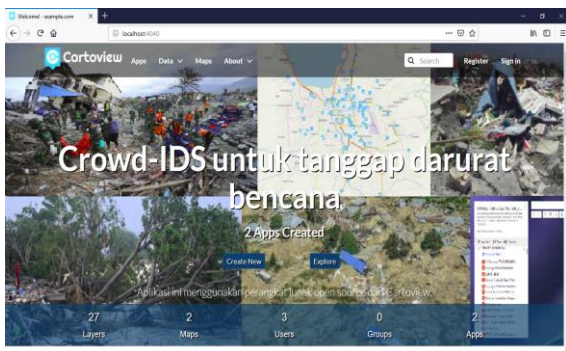
Gambar 4. Alur skenario pengayaan IDS dengan data dari crowd untuk tanggap darurat bencana.

Skenario ini dilengkapi dengan data-data saat gempa bumi dan tsunami di Provinsi Sulawesi Tengah. Tipe bencananya sama dengan potensi bencana di Provinsi Sumatera Barat. Berikut rincian data yang digunakan adalah: lokasi titik pengungsi dari alumni kartografi dan penginderaan jauh Universitas Gadjah Mada melalui aplikasi Google MyMaps yang mereka bangun (<http://bit.ly/2CUny2R>); data Twitter terkait tagar gempa palu; Peta Bahaya Tsunami dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana Republik Indonesia (BNPB); Peta dasar hasil deliniasi *OpenStreetMap tasking manager* yang diminta oleh BNPB. Data-data tersebut akan diunggah ke geoportal sebagai layer-layer pada peta kerja (**Gambar 3**). Fungsi dari layer-layer tersebut akan menuntun kontributor dalam melaksanakan pekerjaannya, seperti merevisi atau memperbarui lokasi bangunan rusak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geoportal

Geoportal sebagai aplikasi web untuk penelitian ini dibangun dari perangkat lunak Cartoview. Proses pertama yang dilakukan adalah instalasi Cartoview. Setelah instalasi selesai dilakukan, maka perlu dilakukan beberapa penyesuaian seperti tampilan halaman depan untuk mencerminkan peruntukan dari geoportal (**Gambar 5**). Saat observasi di Pusdalops PB, penggunaan geoportal sebagai pintu gerbang IDS sudah ada. Namun, geoportal tersebut tidak disiapkan khusus untuk menghadapi kegiatan tanggap darurat bencana. Data yang tersedia juga belum *ter-update*. Menurut wawancara dengan staf Pusdalops PB, salah satu upaya adalah memanfaatkan data dari Tim Reaksi Cepat yang dilakukan belum tersinkronisasi dengan basis data yang ada.



Gambar 5. Halaman depan geoportal.

Secara garis besar prinsip kerja geoportal yang diakses Pusdalops PB selama ini sama dengan geoportal pada penelitian ini. Perbedaannya adalah geoportal ini diperlakukan untuk kegiatan tanggap darurat bencana dan fungsi-fungsi yang tersedia juga lebih banyak dan gratis. Terkait dengan implementasi dari skenario 1 dan 2, maka fungsi yang akan digunakan adalah registrasi pengguna,

pengumuman, unggah data, dan pembuatan peta kerja sebagaimana rancangan pada **Gambar 4**.

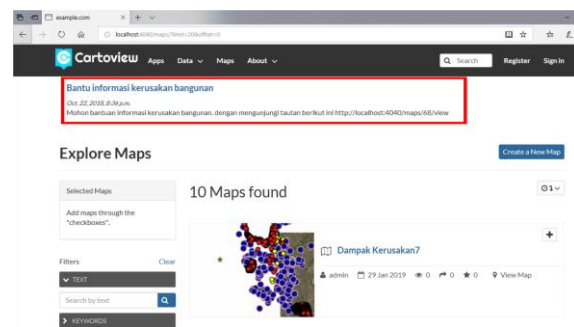
Registrasi

Fasilitas registrasi ini diperlukan dalam konteks aksesibilitas fungsi-fungsi yang disediakan pada geoportal. Registrasi ini juga menjadi penyaring untuk keperluan administrator mengenali (*profiling*) kontributor. Jika kontributor sudah melakukan registrasi, administrator akan memverifikasi kontributor dan memberikan akses ke geoportal.

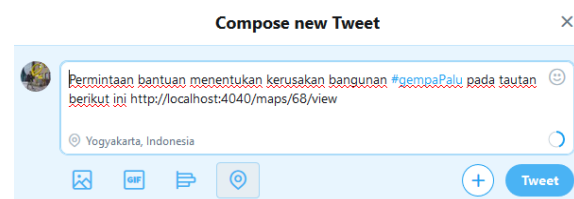
Pengumuman

Fasilitas ini dimanfaatkan untuk memberitahukan kepada seluruh pengunjung Geoportal. Misalnya permintaan untuk memberikan bantuan dan juga tautan dimana kontributor nantinya membantu menyelesaikan tugas atau misi yang diberikan oleh inisiator (pada geoportal ini disebut juga administrator). Setiap kontributor atau pengguna berpindah halaman pada geoportal, maka pemberitahuan ini akan selalu muncul sesuai dengan pengaturan waktu yang telah dibuat oleh administrator (**Gambar 6**).

Untuk kerumunan daring, pengumuman dilakukan melalui akun media sosial milik inisiator. Sebaiknya tagar dan juga tautan dari geoportal dicantumkan seperti **Gambar 7**. Upaya ini untuk mengundang *crowd* mengunjungi geoportal. Metode ini termasuk kategori kontribusi aktif. Jika, tidak banyak yang mengunjungi tautan, paling tidak inisiator mengusahakan tagar sering dicuitkan oleh kerumunan daring. Hal ini untuk memudahkan dalam mengumpulkan cuitan para kontributor pasif.



Gambar 6. Pengumuman dari administrator di geoportal.



Gambar 7. Contoh pengumuman dari administrator (inisiator) melalui akun Twitter.

Unggah Data

Data dari kontributor pasif yang melalui akun media sosial mereka akan diunggah melalui fasilitas ini sebab hasil penggalan data tidak bisa serta merta divisualisasikan ke dalam geoportal. Dari sisi teknis bisa dilakukan jika pemilik wahana media sosialnya memberikan semacam layanan data untuk bisa diakses melalui geoportal. Dari hasil observasi, biasanya inisiator harus membuat perjanjian terlebih dahulu dan dikenai besaran biaya tertentu. Namun, semenjak isu penyalahgunaan data pada saat pemilu di Amerika Serikat tahun 2016 prosedur ini semakin sulit dan ditutup untuk layanan yang bersifat gratis. Hal ini terjadi pada aplikasi penggalan data *Rapidminer* untuk media sosial Facebook yang digunakan pada penelitian ini. Untuk data dengan wahana peta daring OpenStreetMap, maka tidak perlu diperlakukan seperti wahana Twitter. Pemilik OpenStreetMap sudah memberikan layanan API, sehingga bisa diakses sebagai peta dasar pada geoportal ini.

Peta Kerja

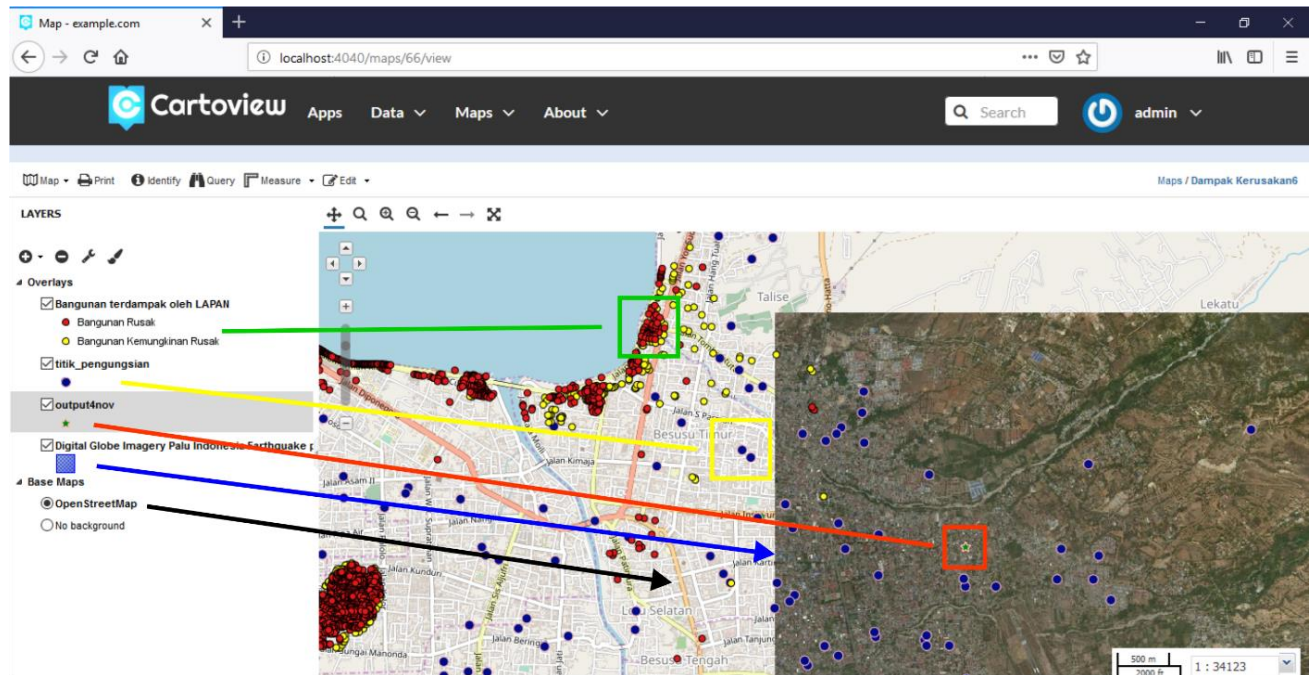
Peta kerja ini adalah susunan layer sebagaimana **Gambar 4**. Untuk itu maka administrator harus menyiapkannya terlebih dahulu. Pembuatan dilakukan melalui Menu *Maps* - > *Create Map* yang terdapat pada halaman depan geoportal.

Misinya adalah menentukan dan atau memperbaiki posisi dari lokasi kerusakan bangunan

hasil interpretasi oleh LAPAN. Selanjutnya, disiapkan layer-layer pendukung sebagaimana rancangan layer Crowd-SDI dan juga rancangan skenario. Layer-layer tersebut adalah: layer hasil interpretasi LAPAN; layer lokasi pengungsian dari Google MyMaps untuk memberikan gambaran daerah aman dari kerusakan bangunan; layer hasil penggalan data Twitter yang berisi informasi pengungsian; layer citra satelit dari *Internasional Disaster Charter*; layer data OSM sebagai peta dasar. Hasilnya seperti pada **Gambar 8**.

Untuk bisa melakukan perubahan data, ada beberapa fungsi yang tersedia, yaitu fungsi navigasi dan fungsi edit. Fungsi navigasi supaya pengguna bisa menggeser, memperbesar dan memperkecil tampilan peta, identifikasi untuk melihat informasi objek. Fungsi edit untuk menambahkan, menggeser atau menghapus objek posisi bangunan. Proses ini dituntun dengan bantuan layer dari Google MyMaps, Twitter, dan peta dasar OpenStreetMap.

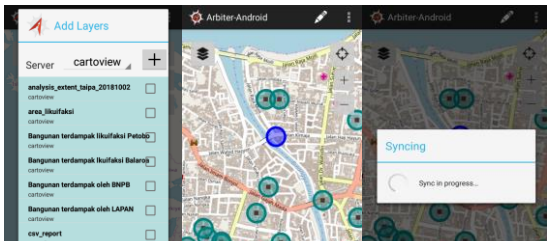
Sebagai catatan, tentunya isu mengenai akurasi antara citra satelit dan juga akurasi interpretasi dalam mendeliniasi oleh kontributor wahana peta daring OSM akan menjadi isu tersendiri yang perlu dicari solusinya pada penelitian berbeda nantinya. Namun, hasil ini akan membantu LAPAN dalam mendapatkan informasi tambahan dari publik secara terorganisir, sebab produk dari Geoportal ini akan masuk ke dalam jaringan IDS dimana LAPAN juga menjadi bagiannya. Pusdalops PB selaku inisiator akan mampu menyediakan data yang lebih lengkap dan diasumsikan kualitasnya lebih baik karena telah direvisi oleh *crowd* dan petugas lapangan.



Gambar 8. Susunan layer peta kerja untuk Crowd-SDI dalam upaya menentukan kerusakan bangunan (Garis hijau-data kerusakan bangunan LAPAN yang akan diperbarui oleh crowds; garis kuning – data dari Google MyMaps; garis merah – data dari Twitter; garis biru – data dari International charter; garis hitam- data OSM).

Aplikasi Peranti Bergerak

Aplikasi peranti bergerak yang digunakan adalah Arbiter. Aplikasi ini berbasis android. Aplikasi ini merupakan salah satu aplikasi yang kompatibel dengan Cartoview. Aplikasi ini sangat cocok untuk staf di lapangan dan praktis karena bisa bekerja secara daring atau luring. Untuk skenario yang telah ditetapkan, Tim Reaksi Cepat atau staf lapangan Pusdalops PB menghubungkannya dengan basis data pada peta kerja untuk selanjutnya menjadi acuan dan juga merevisi jika ada perbedaan data antara data temuan di lapangan dengan data di geoportal. Hal ini akan memberikan manfaat timbal balik bagi tim dan kontributor.



Gambar 9. Arbiter: terkoneksi dengan basis data geoportal (kiri), objek bangunan yang akan diperiksa (tengah), sinkronisasi setelah dilakukan perubahan data (kanan).

Pada **Gambar 9**, pengguna Arbiter juga dilengkapi fasilitas *editing*. Pada layar fasilitas *editing* tersebut ditunjukkan dengan logo pensil yang berada di bagian pojok kanan atas. Fasilitas ini memungkinkan staf lapangan untuk menggeser objek, menghapus, atau merubah data atributnya.

Social Media (Twitter)

Jika inisiator memiliki akun Twitter dan mencuitkan informasi yang berisi tagar seperti **Gambar 7**, maka proses penggalian data akan lebih terarah. Namun dalam implementasi saat ini kami mencoba dengan memakai kata kunci 'gempa palu'. Aplikasi *Rapidminer* (**Gambar 10**) akan menggali kata kunci tersebut. Beberapa langkah yang harus dilakukan adalah dengan memastikan bahwa *tools* terkait Twitter ada di dalam menu *Operators*. Selanjutnya, operator *Search Twitter* ditarik dan ditaruh pada kotak *Process* dan juga operator *Write CSV*. Kedua operator dihubungkan dengan klik kiri pada operator Twitter dan dilepaskan pada operator CSV. Hal yang sama dilakukan juga dari operator CSV ke dinding kanan *Process*. Langkah berikutnya adalah mengatur parameter pencarian di Twitter.

(a)

o-User-Id	Language	Sou Text	Geo-Locat	Geo-Locatic	Retweet	Id
1	in	Beberapa pengurus DPD KAKPN Sulawesi Tengah juga menjadi korban bencana gempa, tsunami, dan likuifaksi	-905812	119.843833	0	105871525807914188
1	in	Mereka Butuh Kita..... *Gempa, Tsunami dan Likuifaksi di Kota Palu, Donggala dan Sigi, Jum'at 28 September 2018	-897218	119.881650	0	105861603920909107
4034715	in	@mufftipramesta Wes gak sesering wingi muf, cuma mau subuh ono gempa neh ndek antara palu-poso			0	105850980524131123
1	in	Shelter 06 Pengungsian Jonooge-Sigi, Jum'at Sore 2 November 2018..... ntxr.palu*Gempa, Tsunami dan Likuifaksi	-1.050000	119.917000	0	105831232534883123
1	in	Assalamualaikum Wr Wb...Bantu Share ?????INFO ANAK HILANG: salah satu korban gempa palu yg terkena liquif	-901667	119.860000	0	105830418044678962
1	und	https://t.co/b3kRjgqfZx @muhammadiyah @MDMCIndonesia			0	105828610697254912
1	in	Saksikan Laga Amal yg dihelat pd tgl 3 Nov. 2018 Pukul 15.00 Wita. Hasil laga amal trsbt didonasikan tuk korban c	-908662	119.857051	0	105817030076709273
1	in	Shelter Pengungsian Balaroa, Sore 31 Oktober 2018..... *Gempa, Tsunami dan Likuifaksi di Kota Palu, Donggala c	-905812	119.843833	0	105765377318159974
1	in	Nikmat Hidup Bersama Mereka..... *Gempa, Tsunami dan Likuifaksi di Kota Palu, Donggala dan Sigi, Jum'at 28 Se	-901667	119.860000	0	105764537930960072
1	in	Pernyataan sikap masyarakat Kelurahan Talise terhadap Walikota hidayatlamakarate dan Wakil Walikota Palu p	-901400	119.858490	0	105732582967441408
0463984	in	NitaSellya Di palu sebelum gempa 5rb Teh, sekarang 10rb			0	105730002807350067

(b)

Gambar 10. Penggalian data dengan Rapidminer (a) dan hasilnya berupa format CSV (b).

Ada beberapa parameter yang perlu diatur sebelum menjalankan operator ini, caranya adalah klik operator twitter maka akan muncul parameter yang harus diisi disebelah kanan. Untuk penggunaan pertama kali maka perlu dibuat *token* twitter dengan menggunakan akun twitter inisiator/administrator. Dilengkapi dengan pengisian kata kunci 'gempa palu'. Untuk memperoleh informasi geolokasi dari cuitan, maka perlu mengisikan koordinat dari lokasi daerah bencana dan radius dari keberadaan kontributor. Upaya ini akan mencegah masuknya cuitan dari kontributor yang berada di luar daerah bencana. Kelemahan dari penggalian data ini adalah jika pengguna tidak mengaktifkan menu geolokasi dan mengatur cuitan bersifat pribadi, maka data tersebut tidak bisa diakses. Hal lain adalah jika inisiator tidak aktif di media sosial maka proses untuk menjaga motivasi kerumunan untuk terus berkontribusi data. Hasil dari penggalian data yang berupa format csv, masih perlu untuk dikonversi menjadi format data spasial supaya bisa diunggah ke dalam geoportal. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi qgis.

KESIMPULAN

Dari diskusi di atas dapat disimpulkan bahwa cara sistem ini melakukan pengayaan IDS dengan data dari kerumunan adalah dengan mengarahkan kerumunan daring untuk berkontribusi secara aktif pada Geoportal dan menyiapkan peta kerja untuk diselesaikan. Data yang berasal dari institusi pemetaan lebih mudah dilakukan karena bagian dari jaringan IDS. Pihak yang akan menyatukan data-data tersebut dalam skenario penelitian ini akan sesuai jika dilakukan oleh Pusdalops PB mengingat fungsi mereka dalam mensuplai data dan informasi bagi operasi tanggap darurat bencana. Geoportal adalah tempat data tersebut disatukan sebab dari hasil dan pembahasan menunjukkan aplikasi ini bisa melaksanakan- tugas tersebut dengan dukungan dari aplikasi bergerak dan wahana komunitas daring. Pekerjaan ke depan yang perlu dilakukan adalah simulasi dengan pelaku tanggap darurat. Simulasi ini untuk mengetahui kegunaan (*usability*) dari model sistem ini bagi pelaku tanggap darurat. Jika ini dilakukan maka kelemahan sistem yang ditemukan akan menjadi masukan penting untuk perbaikan kedepannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas beasiswa Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia. Beasiswa tersebut telah diberikan kepada penulis pertama untuk melaksanakan penelitian ini sebagai bagian penyelesaian studi Doktorat pada program studi Ilmu Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, I. F., & Beus-Dukic, L. (2009). *Discovering requirements: how to specify products and services*. John Wiley & Sons.
- Altay, N., & Green III, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175(1), 475–493. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.05.016>
- Anderson-Tarver, C. (2015). Crisis Mapping the 2010 Earthquake in OpenStreetMap Haiti. University of Colorado at Boulder, Ann Arbor.
- BNPB. (2012). *Pedoman pusat pengendalian operasi penanggulangan bencana (Pusdalops-PB)* (Vol. 15; B.-B. N. P. Bencana, Ed.).
- BNPB. (2018a). *Data Korban*.
- BNPB. (2018b). *Kronologi Kejadian*.
- Brabham, D. C. (2013). *Crowdsourcing*. Mit Press.
- Coppola, D. P. (2006). *Introduction to international disaster management*. Elsevier.
- Dennis, A., Wixom, B. H., & Tegarden, D. (2015). *Systems Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML* (5th ed.). John Wiley & Son.
- Harris, T. M., & Lafone, H. F. (2012). Toward an informal spatial data infrastructure: voluntary geographic information, neogeography, and the role of citizen sensors. *SDI, Communities and Social Media*, 8, 8–12.
- Haworth, B. (2016). Emergency management perspectives on volunteered geographic information: Opportunities, challenges and change. *Computers, Environment and Urban Systems*, 57, 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.02.009>
- Howe, J. (2006). The Rise of Crowdsourcing. *Wired Magazine*, 14(6), 1-4.
- International Charter Space & Master Disaster. (2018). *Earthquake and Tsunami in Indonesia*. <https://disasterscharter.org/web/guest/activations/-/article/earthquake-in-indonesia-activation-587->
- KOMPAS. (2018). *Masa Tanggap Darurat Bencana Sulteng Diperpanjang Sampai 26 Oktober 2018*.
- Kuncoro, A. K., Cubas, N., Singh, S. C., Etchebes, M., & Tapponnier, P. (2015). Tsunamigenic potential due to frontal rupturing in the Sumatra locked zone. *Earth and Planetary Science Letters*, 432, 311–322. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.10.007>
- Maguire, D. J., & Longley, P. A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(1), 3–14. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2004.05.012>
- Mansourian, A., Rajabifard, A., Zoj, M. V., & Williamson, I. (2006). Using SDI and web-based system to facilitate disaster management. *Computers & Geosciences*, 32(3), 303–315. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.06.017>
- Merdeka. (2018). BNPB: Palu, Donggala, Sigi dan Parigi Moutong wilayah terparah (N. Habibie, Ed.).
- Pemerintah Provinsi Sulawesi Tengah (2015). *Geoportal Povinsi Sulawesi Tengah Vol. 2018*. Retrieved from <http://geoportal.sultengprov.go.id/>
- Presiden Republik Indonesia. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
- See, L., Mooney, P., Foody, G., Bastin, L., Comber, A.,

- Estima, J., ... Rutzinger, M. (2016). Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced Geographic Information. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(5), 55.
- Soeryamihardja, R. D. (2016). Peranan IDS dalam Manajemen Bencana. *Majalah Ilmiah Globe*, 11(1).
- Yulfa, A., Aditya, T., & Sutanta, H. (2017). Towards SDI services for crowdsourcing spatial data in disaster response. In *2017 7th International Annual Engineering Seminar (InAES)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/INAES.2017.8068577>

KELIMPAHAN DAN SEBARAN SPASIAL-TEMPORAL FITOPLANKTON DI ESTUARI SUNGAI SIAK KAITANNYA DENGAN PARAMETER OSEANOGRAFI

(*The Abundance and The Spatio-Temporal Distribution of Phytoplankton in Siak River
Estuarine and Their Relationships with Oceanographic Parameters*)

Khairul Amri¹, Asep Ma'mun¹, Asep Priatna¹, Ali Suman¹, Eko Prianto² dan Muchlizar³

¹Balai Riset Perikanan Laut, BRSDMKP-KKP, Cibinong

²Pusat Riset Perikanan, BRSDMKP-KKP, Jakarta

³Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bengkalis, Riau

Jl. Raya Bogor KM 47, Nanggung Mekar, Cibinong, 16912 Indonesia

Email: kh_amri@yahoo.com dan khairulamriuyu@gmail.com

Diterima: 1 Maret 2019; Direvisi: 27 September 2019 Disetujui untuk Dipublikasikan: 14 Oktober 2019

ABSTRAK

Kelimpahan fitoplankton menunjukkan tingkat produktivitas perairan. Dalam upaya pemanfaatan sumberdaya hayati estuari Sungai Siak, diperlukan kajian kondisi komunitas dan kelimpahan fitoplankton serta hubungannya dengan kondisi oseanografi yang menggambarkan produktivitas perairannya. Untuk itu, telah dilakukan penelitian mengenai hubungan antara kelimpahan dan sebaran spasial-temporal fitoplankton dengan parameter oseanografi di estuari Sungai Siak. Penelitian ini dilakukan secara *in-situ* di 16 titik *sampling* pada April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober dan November 2015. Hasil penelitian menemukan 54 genera dari 3 kelas yaitu Chyanophyceae, Dinophyceae dan Bacilliriophyceae. Kelas Bacilliriophyceae merupakan yang dominan (85%) dengan jenis yang terbanyak dan selalu ditemukan di setiap stasiun adalah *Chaetoceros* dan *Rhizosolenia*. Kelimpahan fitoplankton tergolong sedang, dengan kelimpahan tertinggi pada Juni dan Oktober serta terendah April. Indeks keanekaragaman (H') dan indeks keseragaman (E) tergolong tinggi masing-masing 4,39-5,46 dan 0,83-0,94, sementara indeks dominansi (D) termasuk kategori rendah (0,03-0,16). Indeks komunitas ini menunjukkan fitoplankton di perairan ini keanekaragaman dan kestabilan komunitasnya sedang dan tidak ada spesies yang mendominasi. Uji korelasi menunjukkan terdapat keterkaitan yang erat antara kelimpahan dengan Oksigen (0,667); salinitas (0,663), kecerahan (0,628); pH (0,472); arus (0,283); dan suhu (0,046). Komponen utama oseanografi perairan ini mempengaruhi secara signifikan (75%) dengan selang kepercayaan 95%. Meskipun tingkat kecerahan perairan dan kandungan Oksigen terlarut tergolong rendah, namun parameter oseanografi lainnya seperti suhu, salinitas dan pH masih berada pada kisaran yang masih dapat mendukung kehidupan fitoplankton di estuari Sungai Siak.

Kata Kunci: Kelimpahan distribusi fitoplankton, estuari Sungai Siak, parameter oseanografi

ABSTRACT

Phytoplankton abundance shows the level of water productivity. To utilize the resources of Siak River estuary, a study of conditions and abundance of phytoplankton community and its relationship with oceanographic parameters is needed to describe the productivity of the waters. The study has been carried out on the abundance and spatial-temporal distribution of phytoplankton its relation to the oceanographic parameters in Siak River estuary. The study was conducted in-situ at 16 sampling points in April, May, June, August, September, October and November 2015. The results of the study found 54 genera of phytoplankton from 3 classes namely Chyanophyceae, Dinophyceae, and Bacilliriophyceae. Bacilliriophyceae class is the dominant (85%) with the most species and is always found at each station from this class are Chaetoceros and Rhizosolenia. The abundance of phytoplankton is classified as moderate, with the highest abundance in June and October and the lowest in April. Diversity index (H') and uniformity index (E) are classified as high respectively from 4.39 to 5.46 and 0.83 to 0.94, while the dominance index (D) belongs to the low category (0.03-0.16). This community index shows that phytoplankton in these waters has moderate diversity and stability and no species dominates. Correlation test shows that there is a close relationship between abundance and oxygen (0.667); salinity (0.663), brightness (0.628); pH (0.472); current (0.283); and temperature (0.046). The main components of oceanographic waters affected significantly (75%) with a confidence interval of 95%. Although the level of water transparency and dissolved oxygen matters are relatively low, the others oceanographic parameters (temperature, salinity and pH) can still support life of phytoplankton in the Siak River estuary.

Keywords: Phytoplankton abundance distribution, Siak River estuarine, oceanographic parameters

PENDAHULUAN

Estuari Sungai Siak merupakan salah satu lokasi penangkapan ikan yang produktif di pesisir timur Pulau Sumatera. Kawasan perairan ini meliputi sub area Selat Bengkalis yang mendapat pengaruh dominan massa air laut dari Selat Malaka; sub area Selat Padang yang mendapat pengaruh dominan massa air tawar dari Sungai Siak; dan sub area Selat Lalang yang dipengaruhi perluasan massa air campuran dari muara Sungai Kampar dan Selat Malaka (Amri, et al., 2018). Merta et al., (1999) menyatakan perairan estuari Sungai Siak terindikasi sudah mengalami penurunan kualitas lingkungan.

Hutabarat (2001) menyebutkan bahwa wilayah estuari merupakan perairan yang subur karena kaya akan nutrisi yang menyebabkan melimpahnya fitoplankton. Fitoplankton merupakan produsen primer dari mata rantai makanan dalam suatu perairan (Dawes, 1981). Fungsi ekologisnya sebagai produsen primer dan awal mata rantai dalam jaring makanan, menyebabkan kondisi komunitas fitoplankton sering dijadikan skala ukuran kesuburan perairan (Yuliana & Thamrin, 2006). Terdapat hubungan positif antara kelimpahan fitoplankton dengan produktivitas perairan. Jika kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tinggi maka perairan tersebut cenderung memiliki produktivitas yang tinggi pula (Raymon, 1980).

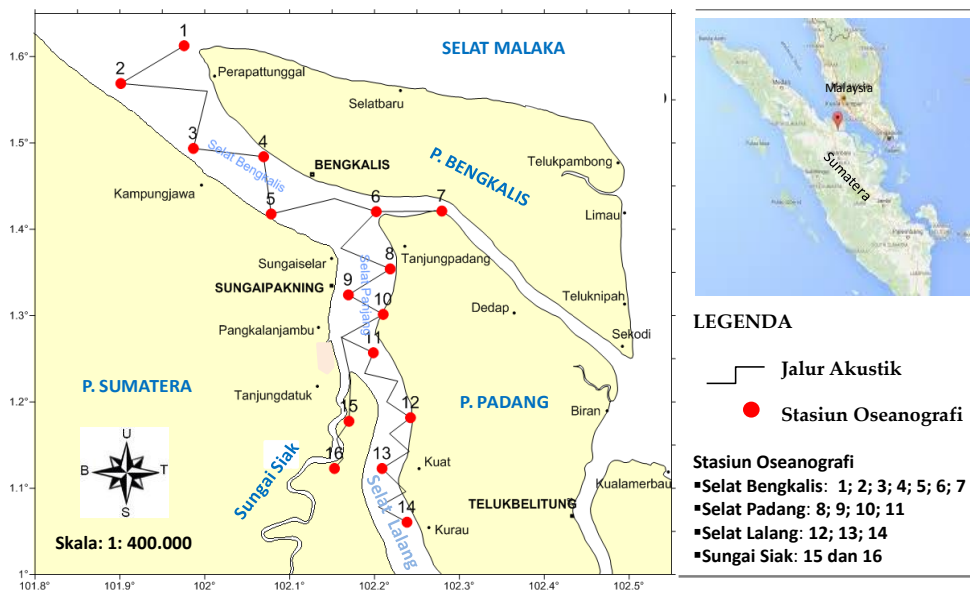
Menurut Kingsford et al (2002) distribusi dan kelimpahan plankton (termasuk fitoplankton) dipengaruhi oleh pasang surut air, salinitas, temperatur, kandungan bahan kimia, dan tekanan *hydrostatic*. Menurut Yuliana et al (2012) penelitian tentang kandungan fitoplankton di berbagai perairan menunjukkan adanya keberagaman jumlah dan jenisnya. Adanya perbedaan tersebut, menurut Davis (1955) disebabkan berbagai faktor

seperti angin, arus, suhu, salinitas, zat hara, kedalaman air dan pencampuran massa air.

Dalam upaya pemanfaatan sumberdaya hayati perairan estuari Sungai Siak secara maksimal, diperlukan kajian mengenai tingkat kesuburan perairan yang salah satunya dapat dilihat dari kondisi komunitas dan kelimpahan fitoplankton. Selama ini, penelitian terkait plankton di perairan ini umumnya dilakukan secara parsial dan dalam luasan terbatas, seperti dilaporkan Rahayu et al (2014) di bagian hulu Sungai Siak; Dwirastina (2013) di bagian hilir Sungai Siak, Fajri, & Kasry (2013) di muara Sungai Siak; dan Antoni et al, (2017) di perairan Bengkalis. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan data dan informasi mengenai kondisi komunitas dan kelimpahan fitoplankton pada wilayah perairan yang luas, meliputi seluruh perairan estuari Sungai Siak (sub area Selat Bengkalis; Selat Padang; Selat Lalang; dan bagian hilir-muara Sungai Siak), dengan waktu pengamatan selama 7 bulan.

METODE

Penelitian dilakukan dengan teknik survei *in-situ* menggunakan kapal KM. Tenualossa (10 GT) milik Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bengkalis. Periode survei pada bulan April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober dan November 2015, mewakili kondisi pada musim peralihan I (April-Mei); musim timur (Juni dan Agustus); musim peralihan II (September-Oktober); dan November (musim barat). Pengambilan sampel dilakukan selama 3-4 hari *cruise*. Lokasi sampling di estuaria Sungai Siak, Propinsi Riau, meliputi sub area perairan Selat Bengkalis (Stasiun 1 s.d 7); sub area Selat Padang (Stasiun 8 s.d 10); sub area Selat Lalang (Stasiun 11 s.d 14) dan sub area hilir-muara Sungai Siak (Stasiun 15 dan 16) dengan jumlah stasiun pengambilan sampel sebanyak 16 titik (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi penelitian dan posisi stasiun sampling di estuaria Sungai Siak.

Kualitas perairan yakni parameter oseanografi fisika (suhu, kecepatan arus; kecerahan perairan) dan parameter kimia (salinitas, pH; DO/Oksigen terlarut) diperoleh melalui pengukuran *in-situ* pada 16 stasiun sampling. Kecerahan perairan diukur menggunakan piringan *secchi disk*. Arus diukur pada lapisan permukaan dengan *floating drag* dan parameter suhu diukur menggunakan termometer *reverse* pada lapisan dasar dan permukaan. Parameter kimia perairan diukur dari air sampel yang diambil pada lapisan dasar dan lapisan permukaan menggunakan botol nansen. Data dasar parameter oseanografi fisika dan kimia telah dipublikasikan Amri et al., (2018-b) dan Amri et al., (2018-a). Dalam penelitian ini digunakan data re-analisis dari nilai rata-rata parameter oseanografi fisika dan kimia.

Sampel fitoplankton diperoleh dengan cara menyaring air di lokasi penelitian menggunakan plankton net. Spesifikasi fitoplankton net adalah diameter mulut jaring 30 cm, panjang jaring 100 cm dan ukuran mata jaring 0.08 mm dengan panjang tali 25 m. Pengoperasian fitoplanktonet dengan menarik secara vertikal sampai kedalaman 10-20 m (tergantung kedalaman perairan di lokasi sampling). Sampel fitoplankton untuk masing-masing stasiun diambil 1 botol berkapasitas 250 ml dan diawetkan dengan formalin 4% untuk kemudian dianalisa di laboratorium.

Pengolahan dan Analisa Data

Pencacahan dan penghitungan dilakukan menggunakan mikroskop binokuler dengan mengikuti metode sapuan, yaitu mencacah semua jenis plankton yang ada dalam volume air contoh. Identifikasi fitoplankton dilakukan dengan menggunakan literatur dari Davis (1955), Yamaji (1979), dan Tomas (1997). Kelimpahan sel fitoplankton dihitung dengan persamaan menurut APHA (1980) dengan **Persamaan 1**.

$$N = \frac{N_s \times V_a}{V_s \times V_c} \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

- N = Kelimpahan plankton (cell/l) atau (ind/l)
- Ns= Jumlah plankton pada *sedgwick-rafter*
- Va= Vol. air yang terkonsentrasi dalam contoh (ml)
- Vs= Vol. air dalam preparat *sedgwick-rafter* (ml)
- Vc= Vol. air contoh yang disaring (ml)

Indeks Shannon-Wiener digunakan untuk menghitung indeks keanekaragaman jenis (diversity index), indeks keseragaman dan indeks dominansi dihitung menurut Odum (1993), dengan **Persamaan 2, Persamaan 3, dan Persamaan 4**. Indeks keanekaragaman (H') "Shannon-Wiener":

$$H' = -\sum \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) / \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right] \dots\dots\dots(2)$$

Indeks keseragaman (E) Pielou (1975):

$$E_1 = \frac{H'}{\ln} (s) \dots\dots\dots(3)$$

Indeks dominansi jenis (D) Simpson:

$$D = \sum \left[\frac{n_i^2}{N} \right] \dots\dots\dots(4)$$

di mana:

- H' = Indeks keanekaragaman "Shannon-Wiener"
- E = Indeks keseragaman
- D = Indeks dominansi
- n_i = Jumlah individu/sel genus ke-i
- N =Jumlah total individu seluruh genera
- Ln = Indeks keanekaragaman maksimum

Tampilan indek dalam bentuk grafik dilakukan dengan menggunakan aplikasi Excel 2010 dan plot data dalam bentuk pola sebaran fitoplankton dilakukan menggunakan perangkat lunak Surfer Ver.12. Analisis keterkaitan antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter oseanografi dianalisis secara regresi linier berganda menggunakan metode *pearson correlation* dan uji F. Uji ini dilakukan untuk melihat hubungan antara komponen utama (oseanografi) terhadap variabel-variabel terikat (fitoplankton) dan untuk menentukan faktor yang paling mempengaruhi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-jenis Fitoplankton

Fitoplankton yang ditemukan di perairan estuari Sungai Siak terdiri dari 54 genera yang berasal dari tiga kelas yaitu Chyanophyceae, Dinophyceae dan Bacilliriophycaea (**Tabel 1**). Kelas Chyanophyceae ditemukan 1 famili yaitu Oscillatoriaceae dan 2 genera. Kelas Dinophyceae ditemukan 1 famili yaitu Dinophysiaceae dengan 7 genera. Kelas Bacilliriophycaea ditemukan 12 famili yaitu famili Achnanthaceae (2 genera); Bacteriastraceae (3 genera); Biddulphiaceae (7 genera); Chaetoceraceae (9 genera); Coscinodiscaceae (5 genera); Fragilariaceae (2 genera); Leptocylindraceae (1 genera); Naviculaceae (8 genera); Rhizosoleniaceae (9 genera); Skeletonemaceae (2 genera); Surirellaceae (genera); dan Thalassiosiraceae (1 genera).

Fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae yang juga dikenal sebagai Diatom, merupakan yang paling banyak ditemukan pada setiap bulan pengamatan (April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober dan November). Komposisi jenis total bulanan fitoplankton per stasiun pengamatan (**Tabel 2 dan Gambar 2**) dari kelas Cyanophyceae berkisar antara 0,10% (Agustus)-2,56% (Mei) atau rata-rata 0,96%; kelas Bacillariophyceae berkisar antara 86,12% (Oktober)-91,92% (April) atau rata-rata 89,19%; dan dari kelas Dinophyceae berkisar antara 6,40% (April)-13,75% (Oktober) atau rata-rata 9,85% dari total fitoplankton yang ditemukan.

Fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae ditemukan setiap bulan pengamatan di semua stasiun sampling dalam jumlah yang melimpah. Sementara kelas Dinophyceae juga ditemukan setiap bulan pengamatan di semua stasiun sampling, tetapi dalam jumlah sedikit. Adapun jenis

Cyanophyceae, hanya ditemukan di lokasi perairan tertentu dan bulan tertentu saja dalam jumlah yang jauh lebih kecil, yaitu bulan April-Juni di perairan Selat Bengkalis (stasiun 1-6); perairan Selat Lalang (stasiun 10-14); dan perairan muara Sungai Siak

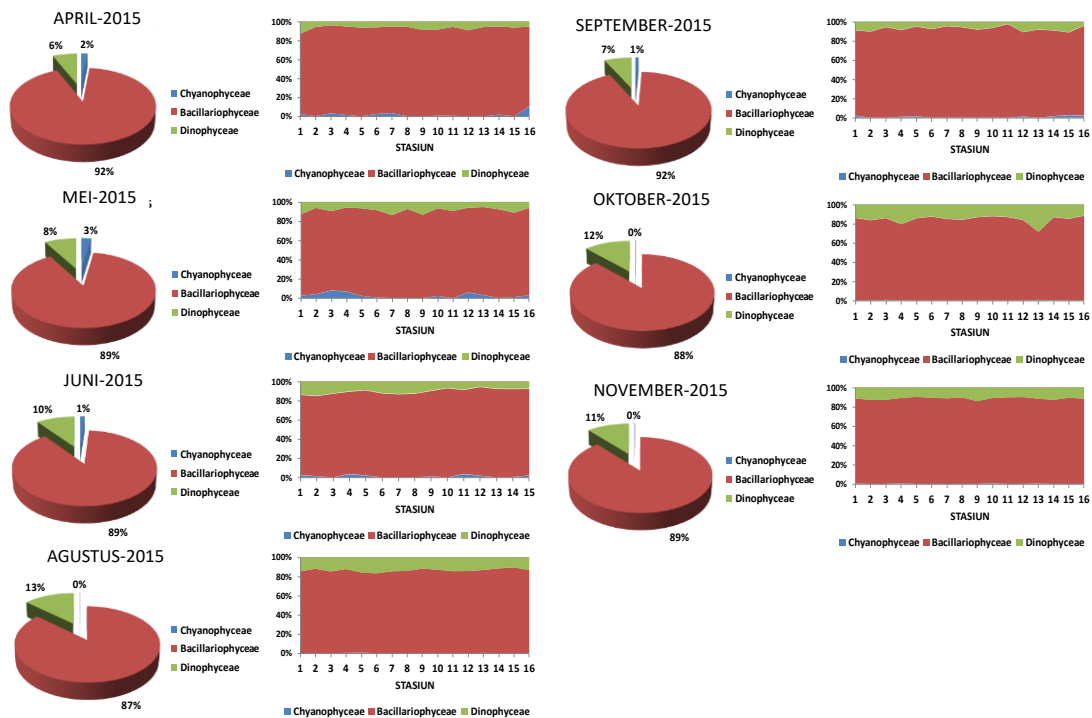
(stasiun 15 dan 16). Pada bulan Agustus-November, fitoplankton dari kelas Cyanophyceae ini tidak ditemukan sama sekali atau ditemukan dalam jumlah yang tidak signifikan (0,1-0,8%).

Tabel 1. Jenis-jenis fitoplankton di estuari Sungai Siak, 2015.

Divisi	Kelas	Famili	Genera
Cyanophyta	Chyanophyceae	Oscillatoriaceae	1. <i>Trichodesmium</i> sp1
			2. <i>Trichodesmium</i> sp2
			3. <i>Oscillatoria</i> sp
Dinophyta	Dinophyceae	Dinophysiaceae	1. <i>Ceratium</i> fibula
			2. <i>Ceratium</i> fusus
			3. <i>Ceratium</i> sp
			4. <i>Ceratium</i> sp2
			5. <i>Dinophysis</i> sp
			6. <i>Peridinium</i> sp1
			7. <i>Peridinium</i> sp2
Chrysophyta	Bacillariophyceae	Achnanthaceae	1. <i>Amphiprora</i> sp 2. <i>Amphora</i> sp
		Bacteriastreae	1. <i>Bacteriastrium</i> hyalinum 2. <i>Bacteriastrium</i> varians 3. <i>Bacteriastrium</i> sp
		Biddulphiaceae	1. <i>Biddulphia</i> mobiliensis 2. <i>Biddulphia</i> sinensis 3. <i>Eucampia</i> sp 4. <i>Hemiaulus</i> sinensis 5. <i>Hemiaulus</i> sp 6. <i>Triceratium</i> sp 7. <i>Triceratium</i> revale
		Chaetoceraeae	1. <i>Chaetoceros</i> affine 2. <i>Chaetoceros</i> bravis 3. <i>Chaetoceros</i> curviselum 4. <i>Chaetoceros</i> didymus 5. <i>Chaetoceros</i> leavis 6. <i>Chaetoceros</i> lorenzianum 7. <i>Chaetoceros</i> pendulum 8. <i>Chaetoceros</i> sp.1 9. <i>Chaetoceros</i> sp.2
		Coscinodiscaceae	1. <i>Coscinodiscus</i> asteromphalus 2. <i>Coscinodiscus</i> sp1 3. <i>Coscinodiscus</i> sp2 4. <i>Ethmodiscus</i> gazellae 5. <i>Hemidiscus</i> cuneiformis
		Fragilariaceae	1. <i>Thalassionema</i> nitzschiodes 2. <i>Thalassiothrix</i> frauenfeldii
		Leptocylindraceae	1. <i>Guinardio</i> flaccida
		Naviculaceae	1. <i>Navicula</i> sp 2. <i>Navicula</i> sp2 3. <i>Pleurosigma</i> angulatum 4. <i>Pleurosigma</i> elongatum 5. <i>Pleurosigma</i> normanii 6. <i>Pleurosigma</i> rectum 7. <i>Pleurosigma</i> sp 8. <i>Pleurosigma</i> sp2
		Rhizosoleniaceae	1. <i>Rhizosolenia</i> alata 2. <i>Rhizosolenia</i> arafurensis 3. <i>Rhizosolenia</i> calcar-avis 4. <i>Rhizosolenia</i> robusta 5. <i>Rhizosolenia</i> setigera 6. <i>Rhizosolenia</i> styliformis 7. <i>Rhizosolenia</i> stouterfothii 8. <i>Rhizosolenia</i> sp1 9. <i>Rhizosolenia</i> sp2
		Skeletonemaceae	1. <i>Stephanopyxis</i> sp 2. <i>Stephanopyxis</i> sp2
		Surirellaceae	1. <i>Surirella</i> sp
		Thalassiosiraceae	1. <i>Lauderia</i> boraelis

Tabel 2. Nilai kelimpahan dan jumlah jenis fitoplankton di estuari Sungai Siak, 2015.

Bulan/Month	Kelimpahan/ Abundance (sel/l)		Jumlah jenis/ Number of taksa	
	Kisaran/ Range	Rerata/ Average	Kisaran/ Range	Rerata/ Average
April/April	23584-37184	27870	32-41	35
Mei/May	56440-77688	65964	38-49	43
Juni/June	61770-95616	72858	41-49	45
Agustus/August	63744-75696	68143	43-54	50
September/September	62763-80012	73269	40-46	44
Oktober/October	71380-88644	80346	40-46	43
November/November	68060-78020	73434	40-44	42



Gambar 2. Komposisi jenis fitoplankton di estuari Sungai Siak 2015.

Kelas Bacillariophyceae yang ditemukan dalam jumlah melimpah di estuari Sungai Siak (rata-rata 89%) setiap bulan di semua stasiun pengamatan, mengindikasikan bahwa fitoplankton kelas ini memiliki penyebaran yang luas. Sebagai pembanding, di perairan pesisir Tangerang komposisi jenis fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae lebih dari 90% (Wulandari et al., 2014); di Teluk Banten 97,7% (Alianto, 2011); di Muara Bakambat (estuari DAS Barito) 60% (Abidin & Bintoro, 2017); sementara di Teluk Jakarta prosentase Bacillariophyceae lebih rendah yakni 58% (Yuliana et al., 2012).

Dominansi fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae menurut Nybakken (1992) merupakan hal umum yang terjadi di laut. Diduga, karena fitoplankton dari kelas ini mampu beradaptasi dengan lingkungan tempat hidupnya dibandingkan dengan jenis lainnya (Nybakken, 2005). Menurut Odum (1998), banyaknya kelas Bacillariophyceae (Diatom) di perairan selain karena kemampuannya beradaptasi juga bersifat kosmopolit, tahan terhadap kondisi ekstrim serta mempunyai daya reproduksi yang tinggi. Hal yang sama seperti dinyatakan Chandy et al., (1991); Skaloud & Rezacova (2004); dan Liu et al., (2014) bahwa fitoplankton yang umum terdapat di laut

biasanya didominasi yang berukuran besar yaitu Diatom dan Dinoflagelata.

Dari hasil pencacahan, jenis yang dominan dari kelas Bacillariophyceae adalah spesies *Chaetoceros* dan *Rhizosolenia*, yang selalu ditemukan di semua stasiun pengamatan setiap bulan. Pola ini sedikit berbeda dengan di perairan Teluk Jakarta yang didominasi oleh tiga spesies yaitu disamping *Chaetoceros* dan *Rhizosolenia* juga cukup dominan *Skeletonema* (Yuliana et al., 2012). Menurut Wulandari et al., (2014) dominansi *Chaetoceros* berkaitan dengan bentuk tubuhnya yang membentuk rantai atau kumpulan sel serta mempunyai *chaeta*, sehingga memiliki laju penenggelaman yang rendah serta kurang disukai pemangsa herbivora. Badylak & Philips (2004) menyatakan dominansi kelas Bacillariophyceae dibandingkan dengan kelompok fitoplankton jenis lainnya, umum terjadi pada perairan yang mengalami *mixing* dan perubahan karena pasang surut secara terus menerus. Kondisi ini sama seperti yang terjadi di estuari Sungai Siak, yang perairannya didominasi arus pasang dengan tipe pasutnya jenis campuran dominasi harian ganda (Amri et al., 2018).

Jumlah Taksa dan Kelimpahan

Jumlah taksa dan kelimpahan fitoplankton setiap bulan pengamatan umumnya berfluktuasi (**Tabel 2**). Jumlah taksa berkisar antara 32-54 dengan jumlah terendah pada bulan April (berkisar 42-41, rata-rata 35 taksa) dan terbanyak pada bulan Agustus (berkisar 43-54 taksa, rata-rata 50 taksa). Sementara nilai kelimpahan berkisar antara 23.584-95.616 sel/l dengan kelimpahan terendah pada bulan April (rata-rata 27.870 sel/l) dan tertinggi pada bulan Juni dan Oktober (rata-rata 80.346 sel/l). Fluktuasi jumlah taksa dan kelimpahan berdasarkan stasiun pengamatan (**Gambar 3**), menunjukkan jumlah taksa fitoplankton di bagian hilir dan muara Sungai Siak yaitu di Sungai Apit (Stasiun 15 dan 16) dan juga di sub area Selat Padang (Stasiun 8) umumnya selalu lebih rendah dibandingkan stasiun lainnya. Sebaliknya, pada sub area Selat Bengkalis (Stasiun 1) umumnya jenis taksa yang ditemukan selalu lebih tinggi.

Jumlah taksa fitoplankton di perairan estuari Bengkalis yang berkisar antara 32-54 relatif tinggi dibandingkan dengan di Perairan Dadap (Tangerang) yang berkisar antara 10-12 taksa (Djokosetiyanto & Rahardjo, 2006). Hasil penelitian (Radiarta et al., (2017) di perairan Kepulauan Natuna yaitu di perairan Pulau Tiga berkisar 9-32 jenis/taksa; dan di perairan Pulau Sedanau sekitar 17-30 jenis. Kelimpahan yang berkisar antara 23.584-95.616 sel/l jauh lebih rendah dengan kelimpahan fitoplankton di perairan Pulau Sedanau (Natuna) yang berkisar 252.051-702.772 sel/l (Radiarta et al., 2017) maupun di pesisir Tangerang yang berkisar antara 250.651-2.785.565 sel/l (Wulandari et al., 2014).

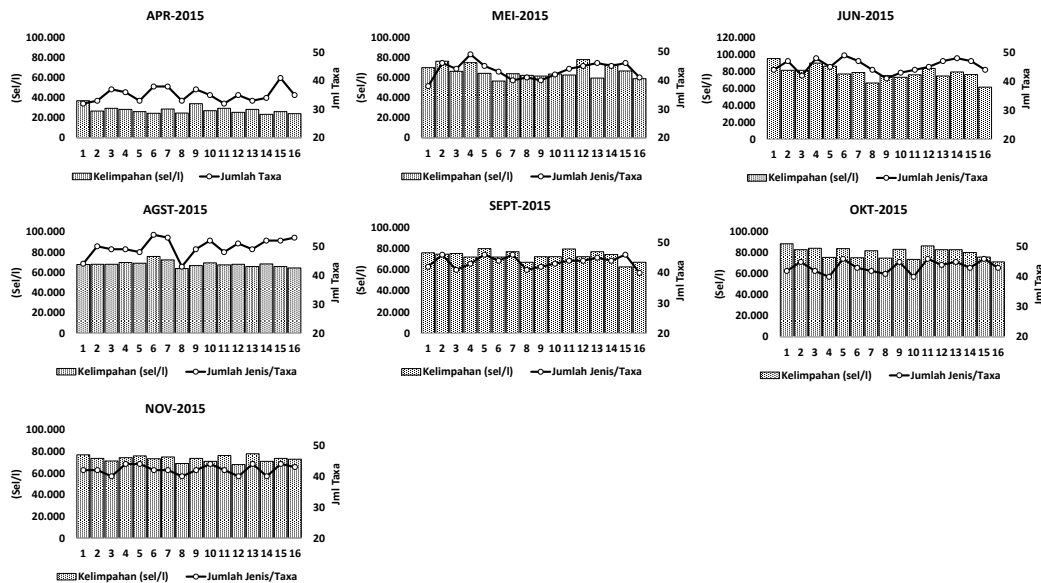
Sebaran Spasial dan Temporal

Pola sebaran spasial dan temporal (**Gambar 4**), menunjukkan pada bulan April jumlah

jenis dan kelimpahan fitoplankton sangat rendah di seluruh bagian perairan. Kelimpahan fitoplankton di sub area Selat Padang (Stasiun 8, 9 dan 10) dan muara Sungai Siak (Stasiun 15 dan 16) yang mendapat suplai massa air tawar dari sungai, umumnya selalu lebih rendah. Sementara di sub area Selat Bengkalis (Stasiun 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7) dan Selat Lalang (Stasiun 11, 12, 13, dan 14) yang massa airnya berhubungan langsung dengan laut terbuka, kelimpahannya tertinggi terutama pada bulan Juni dan Oktober.

Indeks Komunitas

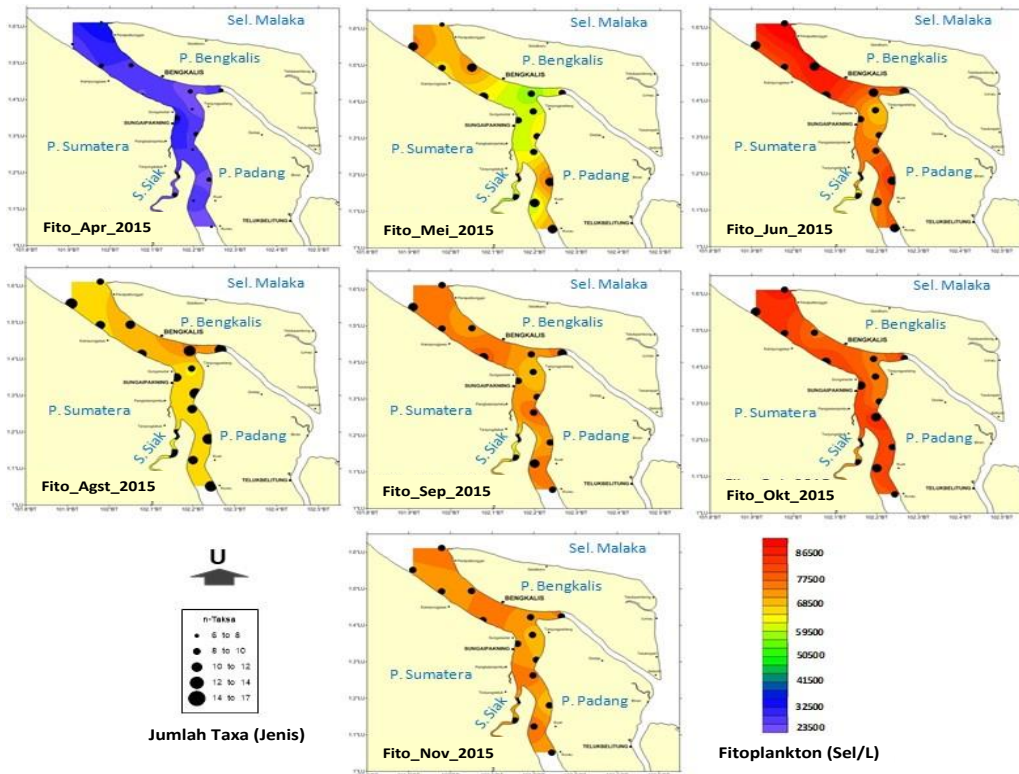
Kisaran dan rata-rata nilai indeks komunitas fitoplankton di estuari Sungai Siak berbeda setiap bulan pengamatan (**Tabel 3**). Menurut Odum (1998), nilai indek keseragaman (E) dan indeks dominasi (D) umumnya berkisar antara 0-1. Dengan kriteria tersebut, semakin kecil nilai E menunjukkan bahwa penyebaran jumlah individu tiap jenis tidak sama dan tidak ada spesies yang mendominasi. Sebaliknya, semakin besar indeks E dan D maka kesamaan dalam penyebaran jumlah individu tiap jenis semakin tinggi serta ada spesies tertentu yang mendominasi. Dari hasil penghitungan, nilai indeks keanekaragaman (H') bulanan fitoplankton di estuari Sungai Siak tergolong tinggi, berkisar antara 4,39-5,46 (rata-rata 4,67-5,40), dengan indeks terendah ditemukan pada bulan September dan tertinggi pada bulan November. Indeks keseragaman (E) juga menunjukkan kategori tinggi berkisar antara 0,83-0,94 (rata-rata 0,87-0,92), dengan indeks terendah ditemukan pada bulan Mei dan tertinggi pada bulan April. Sementara indeks dominansi (D) termasuk kategori rendah, berkisar antara 0,03-0,16 (rata-rata 0,04-0,10) dengan indeks terendah ditemukan pada bulan September dan tertinggi pada bulan Juni.



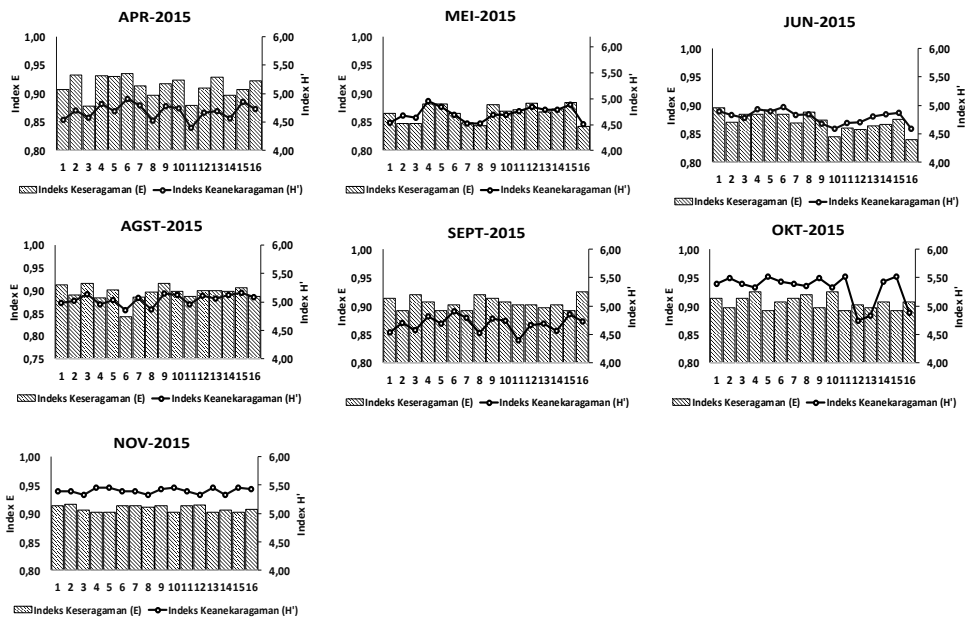
Gambar 3. Fluktuasi bulanan jumlah taksa dan kelimpahan fitoplankton per stasiun pengamatan di estuari Sungai Siak, 2015.

Tabel 3. Nilai kisaran dan rata-rata indeks biologi fitoplankton di estuari Sungai Siak, 2015.

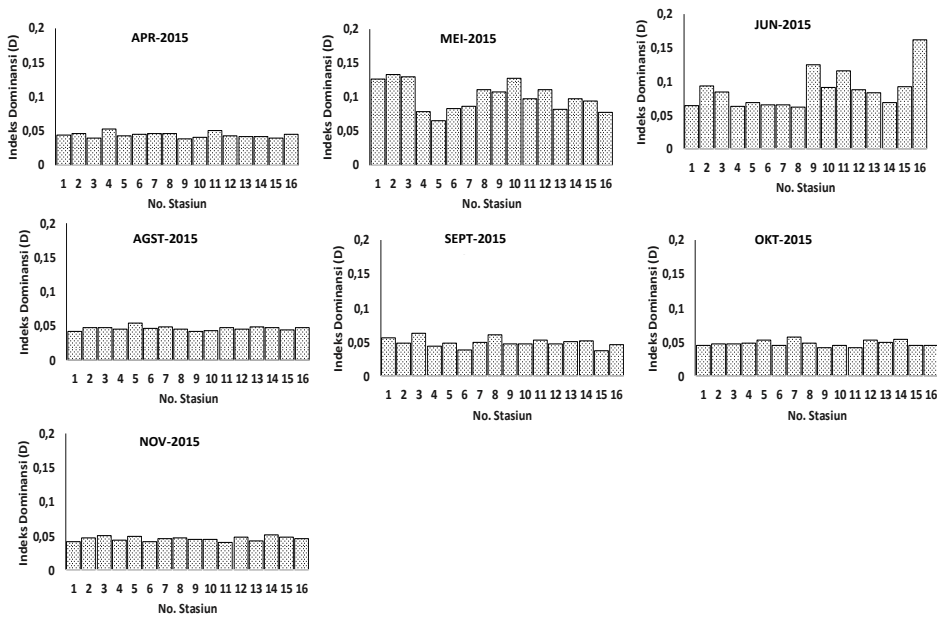
BULAN/MONTH	INDEKS/INDEX					
	Keaneekaragaman/ <i>Diversity (H')</i>		Keseragaman/ <i>Uniformity (E)</i>		Dominansi/ <i>Dominance (D)</i>	
	Kisaran/ <i>Range</i>	Rata-rata/ <i>Average</i>	Kisaran/ <i>Range</i>	Rata-rata/ <i>Average</i>	Kisaran/ <i>Range</i>	Rata-rata/ <i>Average</i>
April/ <i>April</i>	4,40-4,91	4,67	0,88-0,94	0,91	0,04-0,05	0,04
Mei/ <i>May</i>	4,51-4,95	4,71	0,83-0,88	0,87	0,06-0,13	0,10
Juni/ <i>June</i>	4,59-4,95	4,79	0,84-0,89	0,87	0,06-0,16	0,09
Agustus/ <i>August</i>	4,85-5,16	5,04	0,84-0,92	0,89	0,04-0,05	0,05
September/ <i>September</i>	4,39-4,91	4,69	0,89-0,92	0,91	0,03-0,06	0,04
Oktober/ <i>October</i>	4,74-5,52	5,31	0,89-0,93	0,92	0,04-0,06	0,04
November/ <i>November</i>	5,32-5,46	5,40	0,90-0,92	0,90	0,04-0,05	0,05



Gambar 4. Overlay jumlah jenis dan kelimpahan fito plankton bulanan secara spasial di estuaria Sungai Siak, 2015.



Gambar 5. Fluktuasi nilai indeks keseragaman (E) dan Indeks keaneekaragaman (H') bulanan fitoplankton di estuaria Sungai Siak, 2015.



Gambar 6. Indeks dominansi (D) bulanan fitoplankton di estuaria Sungai Siak, 2015.

Pola pergerakan nilai indeks komunitas di setiap stasiun pengukuran berdasarkan bulan pengamatan ditampilkan pada (**Gambar 5**) dan (**Gambar 6**). Secara umum, tidak terlihat perbedaan yang signifikan nilai indeks komunitas antar stasiun pengukuran ataupun bulan pengamatan. Nilai indeks keanekaragaman spesies (H') menjelaskan tentang informasi berapa banyak jumlah individu dan jenis yang terdapat dalam suatu komunitas (Kadir *et al.* 2015). Nilai indeks keanekaragaman (H') di masing-masing stasiun pengukuran yang nilainya berkisar antara 4,39-5,46, berdasarkan kategori Wilhm & Dorris (1968); Masson (1981) termasuk dalam kategori sedang. Menandakan bahwa fitoplankton di estuaria Sungai Siak keanekaragaman dan kestabilan komunitasnya sedang.

Indeks keseragaman (E) di setiap stasiun pengukuran dan sepanjang bulan pengamatan berkisar 0,8-0,9 (mendekati 1), menunjukkan fitoplankton di estuaria Sungai Siak dalam kondisi stabil. Satrioajie *et al.*, (2012) menyebutkan kategori nilai indeks keseragaman (E) yaitu: apabila nilai $0,00 < e \leq 0,50$ menunjukkan komunitas dalam kondisi tertekan; nilai $0,50 < e \leq 0,75$ komunitas dalam kondisi labil; dan nilai $0,75 < e \leq 1,00$ komunitas dalam kondisi stabil. Indeks dominansi (D) menggambarkan ada tidaknya spesies yang mendominasi jenis yang lain (Yuliana *et al.*, 2012). Nilai indeks dominansi (D) di setiap stasiun pengukuran dan sepanjang bulan pengamatan berkisar 0,03-0,16 termasuk kategori rendah. Menurut Satrioajie *et al.* (2012) bahwa nilai indeks dominansi (D) berada pada kategori rendah ($0,00 < D \leq 0,50$), menunjukkan keseimbangan komunitas fitoplankton di estuaria Sungai Siak dalam kondisi yang relatif baik karena tidak ada spesies yang mendominasi.

Nilai Parameter Oseanografi

Nilai parameter oseanografi di estuaria Sungai Siak sangat variatif, berbeda antar bulan pengamatan dan stasiun pengukuran ataupun sub area perairan (**Tabel 4**). Dari aspek fisika oseanografi, suhu perairan memiliki kisaran yang relatif tinggi yakni 29,17-31,58 °C (standar deviasi berkisar 0,46-0,82°C). Nilai kisaran ini berada di atas nilai optimum untuk pertumbuhan plankton. Effendi (2003) menyatakan bahwa kisaran optimum suhu yang mendukung untuk pertumbuhan optimal plankton adalah 20-30 °C. Suhu tinggi (> 31 °C) ditemukan di sub area perairan muara Sungai Siak dan sub area Selat Lalang.

Kecepatan arus relatif lambat, nilai rata-ratanya berkisar antara 0,18 m/detik (muara Sungai Siak) hingga 0,21 m/detik (Selat Padang) dengan standar deviasi berkisar 0,04-0,1. Kecepatan arus sangat mempengaruhi dan berkaitan erat dengan kelimpahan dan distribusi plankton. Pada perairan dengan kecepatan arus yang besar akan mengakibatkan nilai kelimpahan plankton menjadi kecil, sebaliknya pada perairan yang memiliki kecepatan arus kecil, maka kelimpahan plankton akan menjadi besar (Yuliana & Akhmad, 2017). Menurut Mason (1981), kecepatan arus yang lebih kecil dari 0,5 m/detik tergolong arus yang sangat lambat. Kecepatan arus seperti itu memungkinkan aktivitas plankton berjalan dengan baik.

Kecerahan perairan sangat rendah berkisar antara 0,43 m (muara Sungai Siak) hingga 0,95 m (Selat Bengkalis) (standar deviasi berkisar 0,16-0,69), perairan umumnya keruh dan didominasi massa air gambut. Asmawi (1985) menyebutkan kecerahan yang baik bagi keberlangsungan hidup organisme perairan adalah > 0,45 m. Artinya, untuk perairan di sub area muara Sungai Siak tingkat kecerahannya yang lebih rendah dari 0,45 m (0,43 m) tidak mendukung bagi kehidupan plankton. Estuaria Sungai Siak merupakan perairan dangkal karena masih bagian dari paparan benua, kedalamannya berkisar antara 6,1-37,3 m (rata-rata

16 m) (Amri et al., 2018-b) dan sekitar 10% mempunyai kedalaman di bawah 10 m (Anonim, 2008).

Dari aspek kimia oseanografi, nilai sebaran salinitas memiliki rentang yang sangat lebar, yang terendah berkisar antara 8-26 PPT (rata-rata 14,6 PPT) di muara Sungai Siak dan yang tertinggi berkisar 27,6-31,7 PPT (rata-rata 29,82 PPT) di Selat Bengkalis (standar deviasi berkisar 1,29-6,28). Menurut Sachlan (1982) dalam Yuliana et al., (2012), salinitas yang sesuai bagi fitoplankton adalah >20 PPT yang memungkinkan fitoplankton dapat bertahan hidup, memperbanyak diri dan aktif melakukan fotosintesis. Nilai sebaran pH berkisar antara 6,1-8,3, pH rata-rata terendah di sub area muara Sungai Siak (pH 6,97) dan tertinggi 8,3 di sub area Selat Bengkalis (pH 7,67) (standar deviasi berkisar 0,59-0,86). Menurut Pescod (1973), agar kehidupan ikan dan jasad makanannya (plankton)

berlangsung secara wajar di suatu perairan, diperlukan kisaran pH antara 5.0–9.0. Dengan demikian berarti pH perairan estuari Sungai Siak masih bisa mendukung kehidupan plankton.

Kandungan Oksigen terlarut (DO/*Dissolved Oxygen*) berkisar antara 4,01 mg/l (Selat Lalang) hingga 4,59 mg/l (Selat Bengkalis) (standar deviasi berkisar 0,20-0,49). Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat. Kandungan oksigen terlarut yang mendukung kehidupan organisme perairan minimum 2 mg/l dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (Salmin 2005). Dari nilai standar deviasi terlihat bahwa salinitas merupakan parameter oseanografi yang nilai sebarannya paling fluktuatif, baik berdasarkan lokasi pengukuran maupun periode waktu pengukuran (bulan).

Tabel 4. Nilai parameter oseanografi estuari Sungai Siak 2015.

PARAMETER OSEANOGRAFI	BULAN	SELAT	SELAT	SELAT	MUARA S. SIAK	
		BENGGALIS	PADANG	LALANG		
FISIK*)	SUHU (°C)	April	30,77	31,07	31,05	31,10
		Mei	30,61	30,00	31,35	31,20
		Juni	30,36	30,27	31,58	30,75
		Agustus	29,77	29,37	30,20	30,50
		September	29,46	30,30	30,05	30,40
		Oktober	30,13	29,17	29,50	29,70
		November	30,30	29,67	29,78	30,95
		Rerata	30,2	29,98	30,5	30,66
		St.dev	0,46	0,65	0,82	0,52
	ARUS (m/detik)	April	N/A	N/A	N/A	N/A
		Mei	N/A	N/A	N/A	N/A
		Juni	N/A	N/A	N/A	N/A
		Agustus	0,2	0,35	0,17	0,2
		September	0,29	0,17	0,11	0,16
		Oktober	0,18	0,17	0,07	0,13
		November	0,12	0,13	0,14	0,22
		Rerata	0,2	0,21	0,12	0,18
		St.dev	0,07	0,1	0,04	0,04
	KECERAHAN (m)	April	1,18	1,1	2,75	0,9
		Mei	1	0,85	2,3	0,3
		Juni	0,82	0,5	1,7	0,4
		Agustus	0,8	0,9	3,4	0,35
		September	1,13	0,9	1,7	0,55
		Oktober	0,8	0,5	1,8	0,3
		November	0,93	0,3	1,5	0,2
		Rerata	0,95	0,7	2,28	0,47
		St.dev	0,16	0,31	0,69	0,23
KIMIA**)	SALINITAS (PPT)	April	29,4	27	27,7	12
		Mei	31,1	31,3	30,1	8
		Juni	31,1	30,8	29,9	17
		Agustus	29,3	29,5	29,5	12,5
		September	27,5	27	26,7	16
		Oktober	29,5	28,7	28,9	26
		November	30,7	29,7	27	11
		Rerata	29,8	29,14	28,54	15,08
		St.dev	1,29	1,69	1,4	6,28
	PH	April	6,54	6,78	6,58	6,2
		Mei	7,47	6,36	6,11	6,15
		Juni	7,42	6,55	6,61	6,94
		Agustus	8,13	8,3	8,27	7
		September	8,16	8,09	7,99	7,56
		Oktober	8,1	7,99	7,69	7,67
		November	7,87	8,12	7,96	7,3

PARAMETER OSEANOGRAFI	BULAN	SELAT BENGKALIS	SELAT PADANG	SELAT LALANG	MUARA S. SIAK
DO (mg/l)	Rerata	7,67	7,46	7,32	6,97
	St.dev	0,59	0,85	0,86	0,61
	April	5	4,08	4,11	4,4
	Mei	N/A	N/A	N/A	N/A
	Juni	N/A	N/A	N/A	N/A
	Agustus	4,57	4,83	4,2	4,4
	September	4,51	4,15	4,11	4,25
	Oktober	4,42	3,62	3,68	4,04
	November	4,43	3,67	3,95	3,97
	Rerata	4,59	4,07	4,01	4,21
St.dev	0,24	0,49	0,21	0,2	

Sumber: re-analisis dari: *) Amri et al., (2018-a) dan **) Amri et al., (2018-b)
 Ket: N/A (Not Available/data tidak tersedia)

Tabel 5. Hasil uji-t antara komponen utama terhadap komponen terikat.

		Correlations						
		Kelimpahan	Suhu	Oksigen	PH	Salinitas	Arus	Kecerahan
Pearson Correlation	Kelimpahan	1,000						
	Suhu	0,046	1,000					
	Oksigen	0,667	0,248	1,000				
	PH	0,472	0,558	0,803	1,000			
	Salinitas	0,663	0,462	0,703	0,758	1,000		
	Arus	0,283	0,591	0,094	0,354	0,069	1,000	
	Kecerahan	0,628	0,317	0,832	0,650	0,528	0,270	1,000

Tabel 6. Hasil uji-F antara komponen utama terhadap komponen terikat.

Model Summary ^b											
Change Statistics											
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	Durbin-Watson	
1	0,864 _a	0,746	0,576	1.896,57571	0,746	4,403	6	9	0,024	1,850	

a. Predictors: (Constant), Kecerahan, Arus, Salinitas, Suhu, PH, Oksigen

b. Dependent Variable: Kelimpahan

Keterkaitan Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Oseanografi

Keterkaitan antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter oseanografi dianalisis secara regresi linier berganda menggunakan metode *pearson correlation* dan uji F. Komponen utama adalah faktor lingkungan oseanografi (suhu, Oksigen, pH, salinitas, arus dan kecerahan) terhadap variable terikat (kelimpahan fitoplankton). Sebelumnya telah dilakukan uji normalitas data terlebih dahulu secara statistik dengan uji Kolmogorov-Smirnov. Hasilnya menunjukkan sebaran data terdistribusi normal, masing-masing parameter menunjukkan nilai $p > 0,05$. Hubungan keeratan antara parameter terikat (kelimpahan fitoplankton) dengan komponen utama yang diukur (kecerahan, arus, salinitas, suhu, ph dan oksigen), secara berturut-turut dari yang paling erat adalah Oksigen (0,667); salinitas (0,663), dan kecerahan (0,628). Sementara parameter oseanografi lainnya yaitu pH, arus dan suhu menunjukkan pengaruh yang lebih kecil (pH=0,472); arus=0,283; dan suhu=0,046), lihat **Tabel 5**. Uji-F digunakan untuk melihat hubungan antara komponen utama

terhadap variabel terikat, dengan hipotesis: H0=Komponen utama tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat; H1=Secara bersama-sama komponen utama secara signifikan mempengaruhi variabel terikat. Dari hasil Uji-F diperoleh F-hit (4,403) > F-tabel (3,22), maka terima H1, artinya secara bersama-sama dan simultan komponen utama oseanografi perairan (Oksigen, Salinitas dan kecerahan, pH, arus dan suhu) mempengaruhi secara signifikan sebesar 75% (**Tabel 6**) dengan selang kepercayaan 95%.

Hasil uji korelasi di atas menjelaskan mengapa pada bulan April 2015 saat akhir musim hujan, kelimpahan fitoplankton di estuari Sungai Siak sangat rendah (**Gambar 4**), karena pada bulan tersebut massa air tawar (bersalinitas rendah) mendominasi. Massa air tawar yang masuk melalui muara Sungai Siak pada bulan April kondisinya keruh dan didominasi oleh massa air gambut, sehingga tidak mendukung bagi kehidupan fitoplankton, meskipun pada saat tersebut nilai sebaran Oksigen (DO) lebih tinggi dari nilai rata-ratanya (4,4 mg/l, rata-rata 4,2 mg/l). Namun, Boyd (1988) dalam Marlian (2017) menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut di perairan yang mendukung

kehidupan organisme akuatik terutama fitoplankton adalah 5 mg/l. Diduga, massa air keruh dan dominasi massa air gambut yang menjadi penghalang bagi berkembangnya fitoplankton di lokasi ini, karena menghalangi penetrasi cahaya. Sebab, menurut Panggabean & Prastowo (2017) cahaya merupakan kebutuhan utama fitoplankton untuk berfotosintesis. Efrizal (2006) menyebutkan tingkat kecerahan perairan berdasarkan baku mutu air laut yang mendukung kehidupan fitoplankton adalah > 5 m, sementara di lokasi ini tingkat kecerahannya pada bulan April 0,9 m (rata-rata 0,47m). Dominansi massa air tawar juga mempengaruhi jumlah jenis/taksa fitoplankton. Jumlah taksa fitoplankton di Stasiun 15 dan 16 selalu rendah, karena berada di hilir-muara Sungai Siak, sementara Stasiun 1 yang berada di Selat Bengkalis, jumlah taksa yang ditemukan selalu lebih banyak. Kondisi massa air di Selat Bengkalis umumnya bersalinitas lebih tinggi dengan tingkat kecerahan dan DO yang juga tinggi (Amri et al., 2018-a).

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai kelimpahannya, fitoplankton di perairan estuari Sungai Siak termasuk pada kategori kelimpahan sedang. Indeks komunitas menunjukkan fitoplankton di perairan ini memiliki tingkat keanekaragaman dan kestabilan komunitasnya sedang dan tidak ada jenis atau spesies yang mendominasi. Hasil regresi berganda menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara beberapa parameter kualitas air yang diamati dengan kelimpahan fitoplankton yaitu kandungan oksigen terlarut; salinitas dan kecerahan perairan. Meski tingkat kecerahan perairan dan kandungan oksigen terlarut tergolong rendah, namun parameter oseanografi lainnya seperti suhu, salinitas dan pH masih berada pada kisaran yang masih dapat mendukung kehidupan fitoplankton di estuari Sungai Siak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai APBD Pemerintah Kabupaten Bengkalis (Dinas Kelautan dan Perikanan) Tahun Anggaran 2015 dan pelaksanaan survei dilakukan berkerjasama dengan Balai Riset Perikanan Laut, Jakarta. Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kerjasama segenap tim peneliti yang terlibat, termasuk crew kapal KM.Tenualosa.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, M., & Bintoro, A. (2017). Keanekaragaman Jenis dan Kelimpahan Fitoplankton di Muara Bakambat, Perairan Estuari DAS Barito, Kalimantan Selatan. *Buletin Litkayasa*, 15(2), 65–70.

Alianto. (2011). *Kajian dinamika pertumbuhan fitoplankton dan keterkaitannya dengan variabilitas intensitas cahaya matahari dan nutrisi inorganik terlarut di perairan Teluk Banten*. Institut Pertanian Bogor.

Amri, K., Muchlizar, & Ma'mun, A. (2018). Variasi Bulanan Salinitas, pH dan Oksigen Terlarut di Perairan Estuari Bengkalis. *Majalah Ilmiah Globe*, 20(2 Oktober 2018), 58–67.

Amri, K., Priatna, A., & Muchlizar. (2018). Karakteristik Oseanografi Fisika Perairan Estuaria Bengkalis Berdasarkan Data Pengukuran In-Situ. *Jurnal Segara*, 14(1 April 2018).

Anonim. (2008). *Laporan Akhir Kegiatan Identifikasi Potensi Sumberdaya Perikanan dan Kelautan Kabupaten Bengkalis*. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bengkalis. Bengkalis. 247p.

Antoni, Mulyadi, A., & Siregar, S. H. (2017). Analisis Kandungan Minyak, Struktur Komunitas Plankton dan Makrozoobenthos di Perairan Sungai Liung, Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Ilmu Lingkungan, Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau*, 11(1), 86–97.

APHA. (1980). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. New York: American Public Health Association Inc.

Asmawi, S. (1985). *Ekologi Ikan*. Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 108p.

Badyal, S., & Philips, E. S. (2004). Spatial and temporal patterns of phytoplankton composition in a subtropical coastal lagoon, the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Journal of Plankton Research*, 26(10), 1229–1247.

Boyd, C. E. (1988). *Water Quality in Warm water Fish Ponds* (Vol. 4th Print). Alabama, USA: Auburn University Agricultural Experiment Station.

Chandy, J. P., Al-Tisan, I., Munshi, H. A., & Reheim, H. A. El. (1991). *Marine phytoplankton: A study on seasonal abundance and distribution in Al-Jubail. Issued as Technical Report No. SWCC (RDC) 17 in December, 1991*.

Davis, G. C. (1955). *The Marine and Freshwater Plankton*. Michigan, USA.: Michigan State University Press.

Dawes, C. J. (1981). *Marine Botany*. Florida. USA.: AWiley Interscience. Publ.

Djokosetiyo, D., & Rahardjo, S. (2006). Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplankton di Perairan Pantai Dadap, Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Dan Perikanan Indonesia*, 13(2), 135–141.

Dwirastina, M. (2013). Pengamatan Kelimpahan Zooplankton Daerah Mareman di Sungai Siak, Riau. *Buletin Teknik Litkayasa (BTL)*, 11(1), 1–4.

Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan* (lima). Yogyakarta: Kanisius.

Efrizal, T. (2006). Hubungan Beberapa Parameter Kualitas Air dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Pulau Penyengat Kota Tanjung Pinang Provinsi Kepulauan Riau. *Pusat Penelitian Sumber Daya Pesisir Dan Lautan Universitas Maritim Raja Ali Haji (PPSPL UMRH)*, 22.

Fajri, N. E., & Kasry, A. (2013). Kualitas Perairan Muara Sungai Siak ditinjau dari Sifat Fisik-Kimia dan Makrozoobentos. *Berkala Perikanan Terubuk*, 41(1), 37–52.

Hutabarat, S. (2001). *Pengaruh kondisi oseanografi terhadap perubahan iklim, produktivitas dan distribusi biota Laut*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Madya dalam Ilmu Oseanografi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang.

Kadir, M. A., Damar, A., & Krisanti, M. (2015). Dinamika

- Spasial dan Temporal Struktur Komunitas Zooplankton di Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), 247–256.
- Kingsford, M. J., Leis, J. M., & Shanks, A. (2002). Sensory environments, larva abilities and local self-recruitment. *Bull. Mar. Sci*, 70(309–340).
- Liu, H., Suzuki, K., & Saito, H. (2014). Community Structure and Dynamics of Phytoplankton in the Western Subarctic Pacific Ocean: A Synthesis. *Journal of Oceanography*, 60, 119–137.
- Marlian, N. (2017). Hubungan Parameter Kualitas Air Terhadap Distribusi Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Journal of Aceh Aquatic Science*, 1(18–31).
- Masson, C. F. (1981). *Biology of Fresh Water Pollution*. New York: Longman Inc.
- Merta, G. S., Suwarso, Wasilun, Wagiyi, K., Girsang, E. S., & Suprpto. (1999). Status populasi dan bioekologi ikan terubuk *Tenualosa macrura* (Clupeidae) di Propinsi Riau. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 5(3), 15–29.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Terjemahan dari Marine Biology: An Ecological Approach. Alih Bahasa: M. Eidman, Koesoebiono, D.G. Bengen dan Hutomo*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Nybakken, J. W. (2005). *Marine Biology: An Ecological Approach 6th Ed*. Pearson Education, Inc.
- Odum, E. P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi* (Edisi ke-3). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Odum, E. P. (1998). *Dasar-dasar Ekologi (Fundamentals of Ecology)*. Diterjemahkan oleh Tj. Samingan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Panggabean, L. S., & Prastowo, P. (2017). Pengaruh Jenis Fitoplankton Terhadap Kadar Oksigen Di Air. *Jurnal Biosains*, 3(2 (Agustus)), 81–85.
- Pescod, M. D. (1973). *Investigation of Rational Effluent and Stream Standards for Tropical Countries*. Bangkok. 59p: Asian Institute Technology (AIT).
- Pielou, E. C. (1975). *Ecological Diversity*. New York: John Wiley & Sons.
- Radiarta, I. N., Erlania, & Haryadi, J. (2017). Kondisi Hidrografi Perairan dan Hubungannya dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Sedanau dan Pulau Tiga, Kabupaten Natuna, Kepulauan Riau. *Jurnal Segara*, 13(3), 169–180.
- Rahayu, S., Efawani, & Yulianti. (2014). Diversity of Plankton in the Part of Upstream Siak River Palas Village, Pekanbaru City, Riau Province. *JOM (Jurnal Online Mahasiswa), Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, UNRI.*, 1(1), 15.
- Raymon, J. E. G. (1980). *Plankton and Productivity in Ocean. Vol.1: Phytoplankton*. Newyork: Mc.Millan & Co.
- Sachlan, M. (1982). *Planktonologi. Correspondence Course Centre*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Pertanian.
- Satrioajie, W. N. T., Peristiwady, & Pay., L. (2012). Keanekaragaman Ikan di daerah Padang Lamun Kepulauan Banggai, Sulawesi Tengah. *Bawal*, 4(1), 9–17.
- Skaloud, P., & Rezacova, M. (2004). *Spatial distribution phytoplankton in the eastern part of the North Sea*. Copenhagen: Departemen of Phycology. Institute of Biology. University of Copenhagen.
- Tomas, C. R. (1997). *Identifying marine phytoplankton*. USA: Academic Press.
- Wulandari, D. Y., Pratiwi, N. T. M., & Adiwilaga, E. M. (2014). Distribusi Spasial Fitoplankton di Perairan Pesisir Tangerang (Spatial Distribution of Phytoplankton in the Coast of Tangerang). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 19(3), 156–162.
- Yamaji, C. S. (1979). *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Japan: Hoikusha.
- Yuliana, Adilaga, E. M., Haris, E., & Pratiwi, N. T. W. (2012). Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisik-Kimiawi Perairan di Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika*, 3(2), 169–179.
- Yuliana, & Akhmad, F. (2017). Komposisi Jenis dan Kelimpahan Zooplankton di Perairan Teluk Buli, Halmahera Timur. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Dan Perikanan (Agrikan).UMMU*, 10(2. Oktober), 45–50.
- Yuliana, & Thamrin. (2006). Struktur komunitas dan kelimpahan fitoplankton dalam kaitanya dengan parameter fisika-kimia perairan di danau laguna ternate, Maluku utara. *Prosiding Seminar Nasional Limnology. Pusat Limnology Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta*, 200.

PENAMBANGAN POLA RUANG WAKTU PADA PETA PRAKIRAAN DAERAH PENANGKAPAN IKAN DI PERAIRAN WILAYAH PENGELOLAAN PERIKANAN (WPP) 712, 713, DAN 573

(*Space Time Pattern Mining on the Fishing Ground Forecast Map in the Fisheries Management Area (WPP) 712, 713, and 573*)

Nur Mohammad Farda¹, dan Dinarika Jatisworo²

¹Lab. Sistem Informasi Geografis, Dep. Sains Informasi Geografi, Fak. Geografi, Universitas Gadjah Mada

²Balai Riset Oseanografi dan Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan

Jl. Berek Sekip Utara Yogyakarta 55281 Indonesia

E-mail: farda@ugm.ac.id

Diterima: 18 Maret 2019; Direvisi :1 Juli 2019; Disetujui untuk Dipublikasikan: 18 Oktober 2019

ABSTRAK

Peta prakiraan daerah penangkapan ikan (PDPI) nasional sejak tahun 2000-an telah diproduksi secara kontinyu oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan melalui Balai Riset dan Observasi Laut (BROL) setiap dua hingga tiga hari sekali sehingga merupakan sebuah basis data spasial skala besar. Teknologi data mining berkembang tidak hanya untuk data mining spasial tetapi juga untuk data mining data spasial-temporal. Basis data spasial besar dari kumpulan peta PDPI *multitemporal* sangat potensial, namun sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal untuk melihat pola prakiraan penangkapan ikan pada periode waktu tertentu (mingguan, bulanan, dan tahunan). Agregasi data tersebut dalam kurun waktu tertentu, misalnya dalam bentuk kalender tetap, bisa dimanfaatkan nelayan dalam merencanakan penangkapan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pola *hot spot* dengan intensitas yang tinggi dari kumpulan titik-titik PDPI dalam kurun waktu tahun 2012 hingga 2017. Metode yang digunakan meliputi *space time cube* untuk menghasilkan basis data *multitemporal*, *Getis-Ord Gi* statistic (hot spot analysis)* untuk menghasilkan *hot* dan *cold spot trends*, dan selanjutnya *trends* tersebut dievaluasi menggunakan *Mann-Kendall trend test*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa peta potensi prakiraan daerah penangkapan ikan tahunan di perairan wilayah pengelolaan perikanan (WPP) 712, 713, dan 573.

Kata kunci: Penambangan Pola Ruang Waktu, PDPI, Daerah Penangkapan Ikan

ABSTRACT

National fishing ground forecast (NFGF) maps have been continuously produced by the Ministry of Marine Affairs and Fisheries since 2000s through the Institute for Marine Research and Observation (IMRO) every two or three days and thus making it a spatial big data. Data mining technology evolves not only for spatial data mining but also for spatio-temporal data mining. Spatial big data of a multi-temporal collection of PDPI maps have a potential examine the fishing grounds forecasts pattern for specific period (weekly, monthly, and yearly), but they have not been optimally utilized for this purpose. Aggregation of such data in a certain period, for example in the form of a fixed calendar, can be used by fishermen in planning for fishing. This study aims to obtain a pattern of hot spots with high intensity from a collection of PDPI in the period of 2012 to 2017. The method used includes a space-time cube to generate the multi-temporal database, Getis-Ord Gi statistic (hot spot analysis) to generate hot and cold spot trends, then the trends are evaluated using the Mann-Kendall trend test. The final result of this study is a yearly map of fishing forecasts in the waters of fisheries management area (WPP) 712, 713, and 573.*

Keywords: Space Time Pattern Mining, PDPI, Fishing Grounds

PENDAHULUAN

Peta prakiraan daerah penangkapan ikan (PDPI) nasional sejak tahun 2000-an telah diproduksi oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) melalui Balai Riset dan Observasi Laut (BROL) setiap 2 s.d 3 hari sekali merupakan sebuah basis data spasial yang besar. Peta PDPI Nasional setiap tahun kurang lebih diproduksi 144 peta, dan jika dihitung dari tahun 2000 s.d 2017 maka ada 2448 peta yang telah diterbitkan dalam lingkup nasional. Wilayah peta PDPI Nasional

dalam penerbitannya dibagi menjadi 5 region: Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara; Kalimantan; Maluku dan Papua; Sulawesi; dan Sumatera.

Pembuatan peta PDPI didasarkan pada informasi sebaran konsentrasi klorofil-a, dan suhu permukaan laut dari citra satelit penginderaan jauh, serta ditambahkan tinggi gelombang (m), kecepatan, dan arah angin (*knots*) sebagai informasi pendukung pada peta (Suniada et al., 2015). Berbagai penelitian terkait pemetaan potensi daerah penangkapan ikan telah dikembangkan dari sisi metode, dari komponen *input thermal front*

(Jatisworo, 2017), dengan pendekatan *data mining* (Fitriana et al., 2016a; Su et al., 2004), dan *spatiotemporal data mining* (Fitriana et al., 2016b). Otomatisasi juga telah dilakukan untuk mempermudah dalam memproduksi peta PDPI secara periodik 2 s.d 3 hari sekali (Ardianto et al., 2017). Prakiraan daerah penangkapan ikan juga dikembangkan oleh institusi lain seperti Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dengan aplikasi SIKBES-Ikan (<https://tisda.bppt.go.id/sikbes>) mengembangkan model prediksi lokasi potensi keberadaan ikan, beserta perhitungan nilai ekonominya menggunakan pendekatan integrasi antara mode sistem pakar, penginderaan jauh, dan sistem informasi geografis. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) juga mengembangkan prakiraan potensi penangkapan ikan dengan nama Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI) berdasarkan analisa Suhu Permukaan Laut (SPL) pada citra satelit, dan didistribusikan melalui alamat <http://pusfatja.lapan.go.id/zppi.php>.

Peta PDPI sangat bermanfaat bagi nelayan dalam membantu meningkatkan hasil tangkapan ikan dan membuat kegiatan penangkapan menjadi lebih efektif dan efisien, termasuk menghemat Bahan Bakar Minyak (BBM). Peta ini juga memudahkan nelayan dalam navigasi menuju lokasi yang diperkirakan memiliki potensi ikan, sehingga paradigma nelayan yang awalnya "mencari ikan" berganti menjadi "menangkap ikan" (Jatisworo & Murdimanto, 2012). PDPI saat ini dapat diakses melalui beberapa media, yakni website BROL, pelabuhan perikanan di Indonesia, surat elektronik, faksimili, pesan singkat melalui telepon seluler, dan aplikasi pada smartphone bersistem operasi android. Validasi penggunaan peta PDPI menunjukkan bahwa titik lokasi prakiraan penangkapan ikan menghasilkan tangkapan ikan yang lebih banyak dibandingkan dengan titik lokasi prakiraan potensi ikan (Suniada et al., 2015). Manfaat informasi daerah penangkapan ikan melalui aplikasi Sistem Informasi Nelayan Pinter (SINP) berbasis sistem operasi android menunjukkan 84,1 % responden menyatakan ada peningkatan hasil tangkapan ikan dibandingkan jika tidak membaca peta PDPI.

Keterlimpahan data spasial dan temporal dari peta PDPI sangat penting untuk dianalisis lebih lanjut dengan teknologi atau metode yang mampu menangani data besar seperti *data mining*. Teknologi penambangan data (*data mining*) berkembang tidak hanya pada penambangan data yang bersifat spasial (*spatial data mining*) namun juga pada data spatiotemporal (*spatiotemporal data mining*). *Spatiotemporal data mining* berkembang dengan fokus metode pada pondasi statistik dan non statistik (Miller & Han, 2009; Roddick & Spiliopoulou, 1999). Metode non statistik menggunakan pendekatan *machine learning* dan *database system* (Koperski et al., 1999; Ester et al., 1997) dimana dapat mempelajari pola dari data namun perlu *training data* untuk dapat menemukan

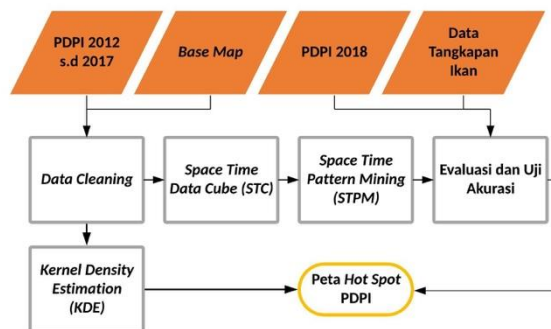
pola. Metode dengan fokus pada pondasi statistik memiliki cakupan analisis pola spasiotemporal (*spatiotemporal pattern analysis*) yang lebih banyak dibanding non statistik (Aggarwal, 2013; Kisilevich et al., 2010; Shekhar et al., 2011; Zhou et al., 2014). Shekhar et al. (2015) membagi *spatiotemporal pattern analysis* menjadi lima: *Spatiotemporal Outlier*, *Spatiotemporal Couplings* dan *Tele-Couplings*, *Spatiotemporal Prediction*, *Spatiotemporal Partioning* dan *Summarization*, *Spatiotemporal Change*, dan *Spatiotemporal Hotspots*.

Spatiotemporal outlier (Pei et al., 2006) dapat dijelaskan sebagai pola objek spasiotemporal dengan nilai atribut non-spasiotemporal berbeda secara signifikan (ketidakstabilan atau diskontinuitas lokal) dari objek-objek lain di lingkungan spasiotemporal. *Spatiotemporal coupling* (Celik et al., 2006) menunjukkan pola yang sering terjadi pada objek spasiotemporal dalam kedekatan geografis dan temporal, sedangkan *spatiotemporal tele-coupling* (Zhang et al., 2003) merupakan pola korelasi temporal positif atau negatif yang signifikan antara data *time-series* spasial pada jarak yang jauh. *Spatiotemporal prediction* (Shekar et al., 2015; Little et al., 2008) bertujuan untuk mempelajari model yang dapat memprediksi variabel bebas dari variabel penjelas. *Spatiotemporal partitioning* atau *spatiotemporal clustering* (Kisilevich et al., 2010) adalah proses pengelompokan data spasiotemporal yang serupa atau mirip, dengan demikian mempartisi ruang dan waktu yang mendasarinya. *Spatiotemporal summarization* bertujuan untuk menyediakan representasi data spasiotemporal yang kompak dan sering dilakukan setelah atau bersama-sama dengan *spatiotemporal partitioning* sehingga objek di setiap partisi dapat diringkas dengan statistik agregat atau objek representatif (Shekar et al., 2015). *Spatiotemporal change footprint patterns* (Zhou et al., 2014) merupakan cara utama perubahan yang didefinisikan dalam data spasiotemporal, antara lain perubahan parameter statistik, nilai aktual, dan model yang sesuai pada data. *Spatiotemporal hotspot* adalah daerah bersama pada interval waktu tertentu di mana jumlah objek secara anomali atau tidak terduga tinggi dalam interval waktu atau dapat juga diartikan sebagai pola berkerumun yang bagian dalamnya memiliki intensitas yang jauh lebih tinggi daripada di luar (Shekar et al., 2015). *Spatiotemporal hotspots* digunakan dalam penelitian ini karena dapat digunakan untuk menentukan pola *hot* atau *cold spot* dengan intensitas yang tinggi dari kumpulan titik-titik PDPI pada interval dan dalam kurun waktu tertentu. Data spatiotemporal PDPI perlu dikaji apakah mempunyai pola yang sama pada kurun waktu tertentu, apabila ada kesamaan pola maka akan dapat memberi manfaat lebih dan kemudahan bagi nelayan dalam mendapatkan lokasi titik-titik prakiraan daerah penangkapan ikan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan pola *hot spot* dengan intensitas yang tinggi dari kumpulan titik-

titik PDPI pada interval 1 bulan dan dalam kurun waktu tahun 2012 s.d 2017.

METODE

Penelitian ini menggunakan data peta PDPI dari BROL Kementerian Kelautan dan Perikanan, yang selanjutnya dianalisis untuk melihat pola prakiraan bulanan peta PDPI. Metode yang digunakan meliputi *space time cube* untuk menghasilkan basis data multitemporal, *Getis-Ord G_i^* statistic (Hot Spot Analysis)* untuk menghasilkan *hot* dan *cold spot trends*, dan selanjutnya *trends* tersebut dievaluasi menggunakan *Mann-Kendall trend test*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa peta pola *hot spot* daerah penangkapan ikan di perairan WPP 712, WPP 713, dan WPP 573 dalam kurun waktu tahun 2012 s.d 2017. Perairan WPP tersebut berada di Laut Jawa dan sekitarnya dan dipilih karena dari 538 Pelabuhan Perikanan (PP) di Indonesia, 43% (229 PP) berada di Pulau Jawa (sumber: <http://pipp.djpt.kkp.go.id/>). Selain itu, dari data pendaftaran kapal di perairan kepulauan dan teritorial Indonesia serta ZEE Indonesia, 35.4 % (1676 dari 4734 kapal) wilayah penangkapan ikan berada di perairan Laut Jawa dan sekitarnya (WPP-RI 712, 713, dan 573) (sumber: <http://rvia.kkp.go.id/data-kapal>). Proses pemetaan dan analisis hasil pemetaan memerlukan bahan, alat, prosedur, dan analisis yang diuraikan secara detail di bawah ini (**Gambar 1**).



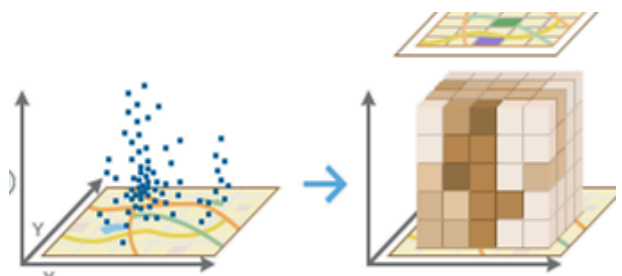
Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Peta PDPI Nasional di perairan Laut Jawa dan sekitarnya tahun 2012 sampai dengan 2017 dari BROL Kementerian Kelautan dan Perikanan, dan Peta Dasar (*Base map* atau *background map*) dari ArcGIS Online (<http://arcgis.com>). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Seperangkat komputer yang kompatibel dengan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG), perangkat lunak ArcGIS Pro untuk membuat basisdata *space time cube* dan *hot spot analysis*, serta visualisasi data.

Space Time Cube

Geografi waktu (*time geography*) adalah suatu pendekatan untuk mempelajari aktivitas manusia

dalam konteks ruang-waktu dan hubungan antara berbagai kendala yang memengaruhi kehidupan orang (Thrift & Pred, 1981; Carlstein, 1982). Awalnya diperkenalkan oleh ahli geografi Swedia bernama Hägerstrand (1970) untuk mempelajari pergerakan individu dalam lingkungan *spatiotemporal*. Konsep geografi waktu memungkinkan seseorang untuk mempelajari gerakan individu atau kelompok individu dalam ruang tiga dimensi. Bidang horisontal dua dimensi (x, y) mewakili lokasi dalam ruang dan bidang vertikal merepresentasikan lokasi dalam waktu (t). Proses *Space Time Cube* (STC) secara garis besar adalah merangkum satu kumpulan titik (*a set of points*) ke dalam struktur data netCDF dengan menggabungkannya ke dalam *space-time bins* (**Gambar 2**).



Sumber: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/space-time-pattern-mining/create-space-time-cube.htm>

Gambar 2. Proses space time cube: input fitur berupa titik diagregasi ke dalam bentuk space-time bin

Space Time Pattern Mining

Spatiotemporal data mining (penambangan data spasiotemporal) mempelajari proses menemukan pola yang menarik dan sebelumnya tidak diketahui, tetapi berpotensi berguna dari database spasial dan spasiotemporal yang besar (Shekhar et al., 2015). Proses penambangan data spasiotemporal mempunyai beberapa langkah, langkah pertama yang sering dilakukan adalah pra-pemrosesan untuk mengoreksi *noise*, *error*, dan data yang hilang serta analisis ruang-waktu eksploratif untuk memahami distribusi spasiotemporal. Kemudian, algoritma penambangan data spasiotemporal dalam hal ini *spatiotemporal hotspots* dipilih untuk dijalankan pada data yang sudah diolah sebelumnya, dan menghasilkan pola pada keluaran. Pola keluaran diolah dan kemudian diinterpretasikan untuk menemukan wawasan baru dan mereplikasi algoritma penambangan data saat diperlukan.

Algoritma dari teknik *spatiotemporal hotspots* adalah analisis statistik *Getis-Ord*, juga dikenal sebagai analisis *hot-spot*, adalah metode untuk menganalisis kecenderungan lokasi yang terkait (pengelompokan) dalam atribut data spasial (titik atau area), dan termasuk statistik *Getis-Ord General G* dan statistik lokal *Getis-Ord G_i^** (Getis & Ord, 1992; Ord & Getis, 1995). Statistik lokal *Getis-Ord G_i^** (dibaca G-i-star) didefinisikan sebagai

Persaman 1, \bar{X} sebagai **Persamaan 2**, dan S sebagai **Persamaan 3**. Keluaran dari statistik lokal G_i^* yang dikembalikan untuk setiap fitur dalam dataset adalah nilai skor-z. Skor-z positif yang signifikan secara statistik adalah semakin besar nilai z maka semakin tinggi pengelompokan nilai tinggi (*hot spot*). Skor-z negatif yang signifikan secara statistik adalah semakin kecil skor-z maka semakin kuat pengelompokan nilai rendah (*cold spot*).

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \dots\dots\dots (1)$$

di mana x_j adalah nilai atribut untuk fitur j , w_{ij} adalah bobot antara fitur i dan j , n sama dengan jumlah total fitur dan:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \dots\dots\dots (3)$$

Statistik G_i^* adalah skor-z sehingga tidak diperlukan perhitungan lebih lanjut.

Tren hot spot dan *cold spot* dievaluasi menggunakan uji tren *Mann-Kendall* (Hamed, 2009), dan menghasilkan *z-score* dan *p-value* untuk setiap lokasi dengan data untuk setiap *bin* pada *space time cube*. Peta *hot spot* PDPI tahun 2012-2017 selanjutnya dievaluasi dan diuji akurasi (*overall accuracy* dan *cohen's kappa*) dengan peta *hot spot* PDPI tahun 2018 dan data tangkapan ikan. *Kernel Density Estimation* (KDE) pada bagian akhir digunakan sebagai metode untuk mengestimasi kepadatan titik PDPI pada suatu daerah (Silverman, 1986) serta sebagai pembanding jika ada anomali dari hasil analisis *hot spot*.

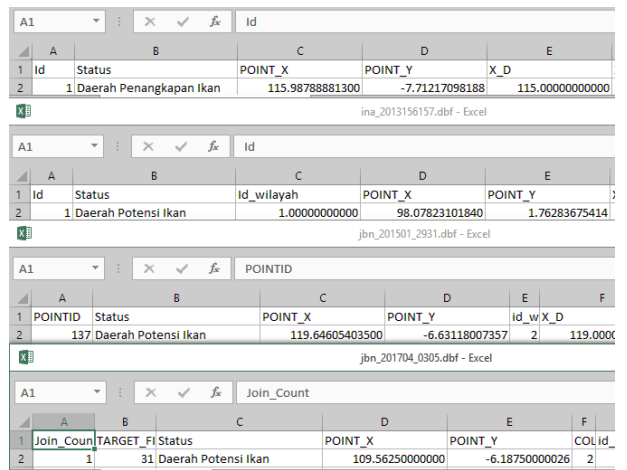
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Cleaning

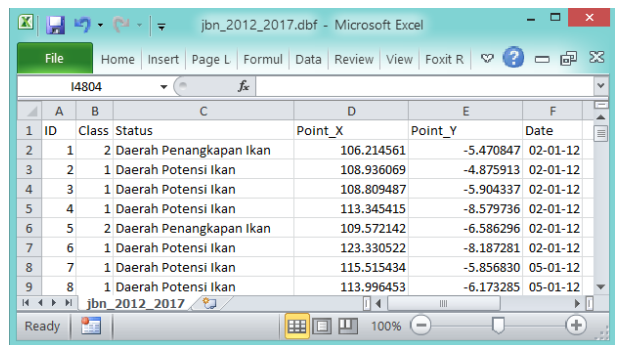
Pembersihan data (*data cleaning*) dilakukan untuk mendeteksi dan mengoreksi (atau menghapus) data pada *records set*, tabel, atau basidata yang korup atau tidak akurat, tidak lengkap, tidak benar, atau tidak relevan dan kemudian menggantikan, memodifikasi atau menghapus. Data PDPI Nasional yang diperoleh dari BROL (<http://www.bpol.litbang.kkp.go.id>) dalam bentuk file berformat DBF (DataBase File – dBase version IV) dan file gambar (peta cetak) berformat PNG (*Portable Network Graphics*).

Data dalam bentuk DBF memuat informasi titik potensi dan penangkapan ikan, data ini yang

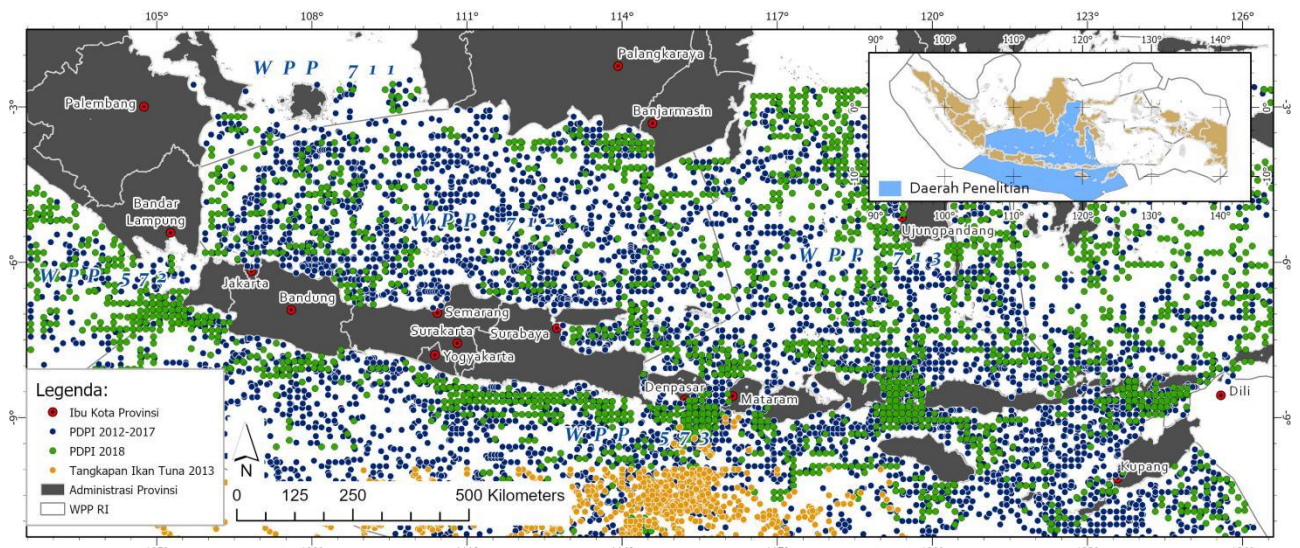
digunakan adalah data PDPI tahun 2012 s.d 2017 dan tahun 2018 untuk uji akurasi, setelah dicermati mempunyai nama atribut yang berbeda-beda (**Gambar 3**), sehingga dilakukan standarisasi data terlebih dahulu dan pembersihan data supaya data siap dilakukan penambangan (**Gambar 4**). Standarisasi file database berformat DBF adalah berisi atribut (isian kolom) yang terdiri dari kolom ID (nomor urut atau nomor identitas), *Class* (Kelas numerik sesuai dengan atribut Status), Status (kelas daerah penangkapan ikan atau daerah potensi ikan), *Point_X*, *Point_Y*, dan *Date*, disamakan dengan nama atribut dari database DBF yang sudah ada sehingga data seragam dan terstandar. Peta cetak PDPI berformat PNG memuat informasi titik “daerah penangkapan ikan” dan “daerah potensi ikan” beserta koordinat *latitude* dan *longitude*, serta informasi tanggal. Data tersebut selanjutnya diinputkan dalam database DBF, disamakan dengan nama atribut dari database DBF yang sudah ada sehingga data seragam dan terstandar. Data setelah proses cleaning disajikan pada **Gambar 5**.



Gambar 3. Data PDPI format DBF dengan atribut yang berbeda-beda.



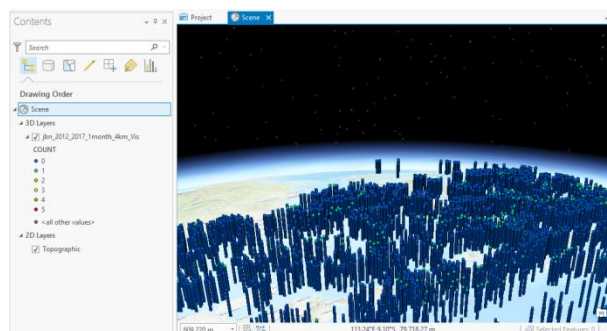
Gambar 4. Data PDPI hasil *data cleaning* penamaan file dan atribut.



Gambar 5. Data PDPI tahun 2012 s.d 2017, 2018, dan data tangkapan ikan Tuna tahun 2013 dari Balai Riset Oseanografi dan Laut (BROL), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP).

Space Time Cube PDPI

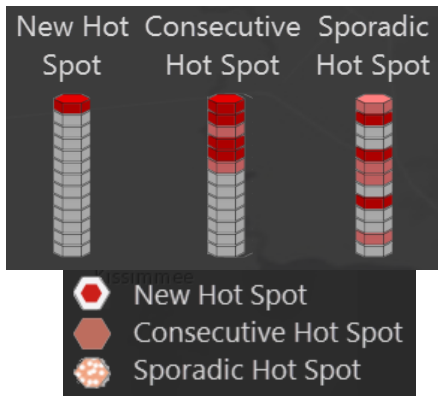
STC dalam penelitian ini digunakan sebagai basis data dan juga agregasi data dalam bentuk *bin* yang secara simultan mewakili karakteristik spasial dan temporal. Informasi spasial yang ditampilkan pada sumbu horisontal adalah lokasi daerah penangkapan ikan dan daerah potensi ikan dari peta PDPI dan sumbu vertikal merupakan waktu. Data PDPI dikonversi menjadi STC, dengan format file *network common data form* (netCDF). Data dengan format file netCDF disimpan dalam bentuk *array*. Data PDPI yang digunakan dari 1 Januari 2012 hingga Desember 2017 dengan interval waktu 2-3 hari, namun untuk visualisasi dan analisis digunakan *time-step* interval 1 bulan dan *distance interval* 20 km (ukuran *bin* mengacu Darmawan et al., 2018), sehingga menghasilkan 72 *bin* pada STC (**Gambar 6**).



Gambar 6. Visualisasi 3D data STC dengan jumlah *bin* 72 pada setiap lokasi. Nilai COUNT menunjukkan seberapa banyak titik PDPI pada setiap *bin*.

Emerging Hot Spot Analysis

Space Time Pattern Mining (STPM) menganalisis distribusi dan pola data dalam konteks ruang dan waktu, yang dilakukan menggunakan *Emerging Hot Spot Analysis* (EHSA) dan dilanjutkan dengan *trend test evaluation* menggunakan *Mann-Kendal* sehingga diketahui tingkat signifikansinya. Analisis titik panas (*hot spot*) mengidentifikasi tren dalam pengelompokan kepadatan titik (hitungan) atau bidang ringkasan dalam kubus ruang waktu dari STC. *Emerging hot spot analysis* membutuhkan STC sebagai masukan dan melakukan analisis titik panas menggunakan statistik *Getis-Ord Gi** untuk masing-masing *bin*. Parameter *neighborhood distance* dan *neighborhood time step* menentukan berapa banyak *bin* di sekitarnya, baik di ruang maupun waktu, akan dipertimbangkan saat menghitung statistik untuk *bin* tertentu. Kemudian, tren titik panas dan dingin yang dideteksi oleh analisis titik panas *Getis-Ord Gi** dievaluasi dengan tes *Mann-Kendall* untuk menentukan apakah tren terus berlanjut, meningkat, atau menurun seiring waktu. Hasilnya dilambangkan dengan 17 (tujuh belas) pola yang menggambarkan signifikansi statistik titik panas dan dingin dari waktu ke waktu. Kategori dari *hot* dan *cold spot* adalah *new* (baru), *consecutive* (berturut-turut), *intensifying* (intensif), *persistent* (tetap), *diminishing* (berkurang), *sporadic* (sporadis), *oscillating* (berosilasi) dan *historical* (historis). Kategori tersebut dapat disederhanakan menjadi tiga yaitu *new*, *consecutive*, dan *sporadic* (**Gambar 7**).



Sumber: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/space-time-pattern-mining>

Gambar 7. Ilustrasi 3D dan 2D untuk 3 kategori dari hot spot.

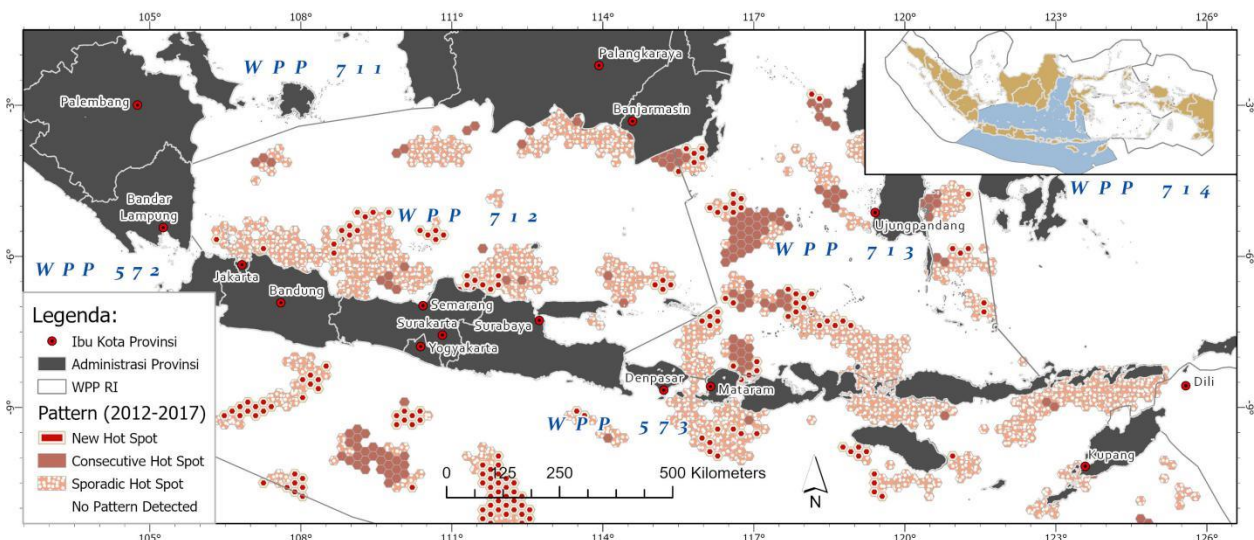
New hot spot merupakan bin dengan jumlah daerah potensi ikan tinggi selama bulan terakhir. *Consecutive hot spot* merupakan bin dengan jumlah daerah potensi ikan tinggi yang konsisten pada satu atau dua tahun terakhir. *Sporadic hot spot* adalah bin dengan jumlah daerah potensi ikan yang tidak konsisten. Peta dari hasil analisis *emerging hot spot* pada **Gambar 8** menunjukkan pola hot spot dari PDPI tahun 2012-2017. Peta tersebut dibuat dengan parameter *distance interval* 20 km, *neighborhood distance* 40 km dan *neighborhood time step* 2 bulan. Intensitas pengelompokan pola pada analisis ini menggunakan implementasi ruang waktu dari statistik Getis-Ord G_i^* , yang mempertimbangkan nilai untuk setiap bin dengan bin tetangga. Bin dianggap sebagai tetangga jika titik pusatnya berada dalam jarak sekitar 40 km dan interval waktunya berada dalam rentang waktu 2 bulan. Apabila jarak

ketetanggaan tidak diberikan maka dihitung berdasarkan distribusi spasial data titik-titik PDPI, dan ketika tidak memberikan nilai langkah waktu ketetanggaan, analisis ini menggunakan nilai *default* dari 1 interval waktu-langkah (1 bulan).

Sebaran *new hot spot* dengan jumlah pengelompokan terbanyak pada PDPI 2012-2017 ditemukan di perairan Samudera Hindia sebelah Selatan Jawa, *consecutive hot spot* pengelompokan dengan jumlah banyak berada di perairan Samudera Hindia sebelah Selatan Jawa dan WPP 713, dan *sporadic hot spot* tersebar dengan jumlah pengelompokan banyak berada di perairan Laut Jawa (**Gambar 8**). *New hot spot* pada PDPI 2018 jumlahnya hanya 12 lokasi, cukup sedikit dibanding PDPI 2012-2017 (**Tabel 1**), *consecutive hot spot* mempunyai sebaran yang hampir sama untuk WPP 712, 713, dan 573. Pola *intensifying* dan *persistent hot spot* muncul di PDPI 2018, sedangkan di PDPI 2012-2017 tidak ada, dan *sporadic hot spot* mempunyai jumlah lebih sedikit pada PDPI 2018 dibanding PDPI 2012-2017 (**Tabel 1**). Pola *cold spot* tidak dijumpai pada PDPI 2012-2017 ataupun PDPI 2018.

Tabel 1. Pola hot dan cold spot trends pada PDPI 2012-2017 dan PDPI 2018.

Pattern	PDPI 2012-2017		PDPI 2018	
	Hot	Cold	Hot	Cold
New	186	0	12	0
Consecutive	153	0	158	0
Intensifying	0	0	15	0
Persistent	0	0	2	0
Deminishing	0	0	0	0
Sporadic	736	0	185	0
Oscillating	0	0	0	0
Historical	0	0	0	0



Gambar 8. Pola (pattern) hot spot dari analisis *emerging hot spot* PDPI 2012-2017 dengan *distance interval* 20 km, *neighborhood distance* 40 km dan *neighborhood time step* 2 bulan.

Analisis Tren Hot dan Cold Spot

Analisis data ruang dan waktu dapat mengungkapkan tren menarik yang meningkatkan pemahaman tentang PDPI. Penambangan pola ruang-waktu memungkinkan untuk mendeteksi statistik dari titik panas dan dingin pada wilayah penelitian. Hal ini dapat digunakan untuk mengatur serangkaian parameter dan kemudian mengidentifikasi tren dan menentukan apakah titik panas atau dingin bersifat persisten, meningkat, atau menurun. *Hot spot* menggambarkan suatu wilayah atau nilai yang lebih tinggi relatif terhadap lingkungannya, sedangkan *cold spot* sebaliknya yaitu menggambarkan suatu wilayah atau nilai yang lebih rendah relatif terhadap lingkungannya.

Pada **Gambar 9** menunjukkan tren dari *hot* atau *cold spot*, tren tersebut juga diikuti dengan derajat *confidence*-nya. *Hot spot* dengan kecenderungan tren naik (*Up Trend*), bila dilihat pada peta PDPI 2012-2017 banyak terdapat di Laut Jawa, Samudera Hindia sebelah Selatan Yogyakarta, Laut Bali, dan Laut Flores, sedangkan tren turun (*Down Trend*) cukup sedikit dan tidak mendominasi, berada di Selat Makasar, di perbatasan WPP 711 dan 712, di sebelah Selatan Jawa Timur. Wilayah di luar *up trend* dan *down trend* menunjukkan wilayah dengan tidak ada tren terkait *hot spot* maupun *cold spot*, ditunjukkan dengan area berwarna abu-abu. Tidak adanya tren pada lokasi tersebut menunjukkan tidak adanya kenaikan atau penurunan jumlah titik-titik PDPI pada setiap *bin*, atau area tersebut disebut sebagai *presisten* (*no significant trend*).

Tren *hot spot* meningkat (*Up Trend*) dengan *confidence level* 90%, 95%, dan 99% pada PDPI 2012-2017 digunakan untuk memprediksi atau memprakirakan daerah potensi ikan pada tahun-tahun berikutnya, peta ini juga dapat digunakan sebagai verifikasi peta PDPI yang telah rutin dibuat berdasarkan data input dari citra satelit, sehingga

perlu dilakukan evaluasi dan uji akurasi. Peta *hot spot* PDPI 2012-2017 dibandingkan dengan peta *hot spot* PDPI 2018 dan data tangkapan ikan untuk mengetahui *overall accuracy* dan *cohen's kappa* (**Tabel 2** dan **Tabel 3**).

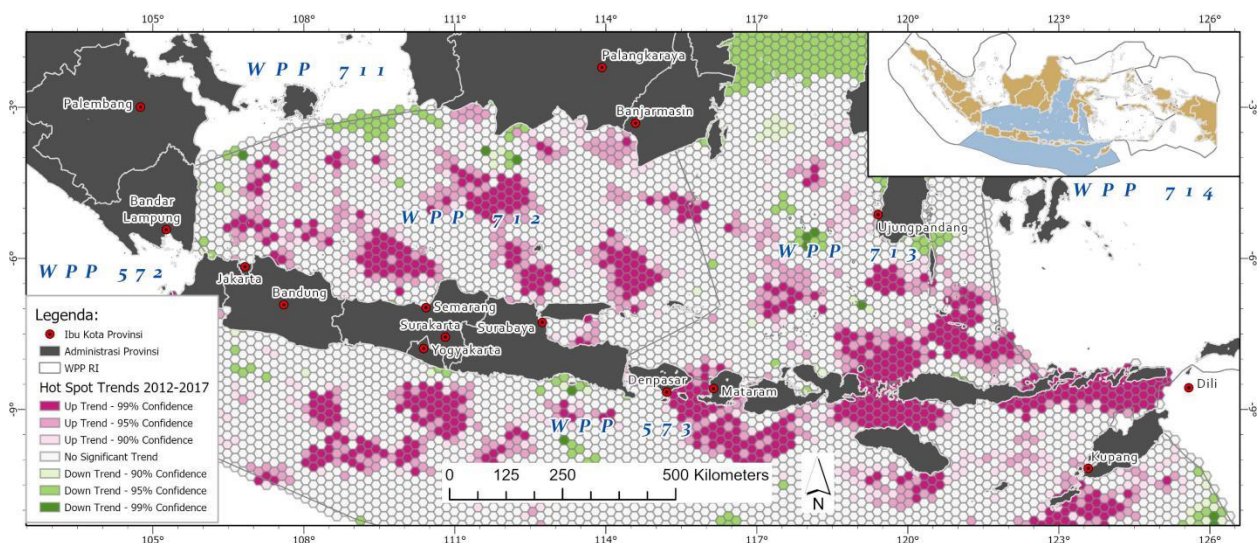
Tabel 2. Overall Accuracy dan Cohen's Kappa dari Hot spot PDPI 2012-2017 dengan PDPI 2018.

C\IR	R0	R1	R2	R3	T	UA
C0	5603	12	19	74	5708	0,98
C1	14	2	1	4	21	0,10
C2	11	0	0	7	18	0,00
C3	35	0	3	114	152	0,75
T	5663	14	23	199	5899	
PA	0,99	0,14	0,00	0,57		0,97
Agreement	5603	2	0	114	5719	
By Chance	5479,64	0,05	0,07	5,13	5484,89	
Kappa	0,57					

Keterangan: C: PDPI 2012-2017, R: PDPI 2018 dan data tangkapan ikan, T: total, PA: Producer Accuracy, UA: User Accuracy, C0 atau R0: Not Significant, C1 atau R1: 90% Confidence, C2 atau R2: 95% Confidence, C3 atau R3: 99% Confidence

Tabel 3. Overall accuracy dan Cohen's Kappa dari hot spot PDPI 2012-2017 dengan data tangkapan Ikan Tuna 2013.

C\IR	R0	R1	R2	R3	T	UA
C0	5333	20	17	150	5520	0,97
C1	38	1	1	2	42	0,02
C2	45	0	0	0	45	0,00
C3	292	0	0	0	292	0,00
T	5708	21	18	152	5899	
PA	0,93	0,05	0,00	0,00		0,90
Agreement	5333	1	0	0	5334	
By Chance	5341,27	0,15	0,14	7,52	5349,08	
Kappa	-0,03					



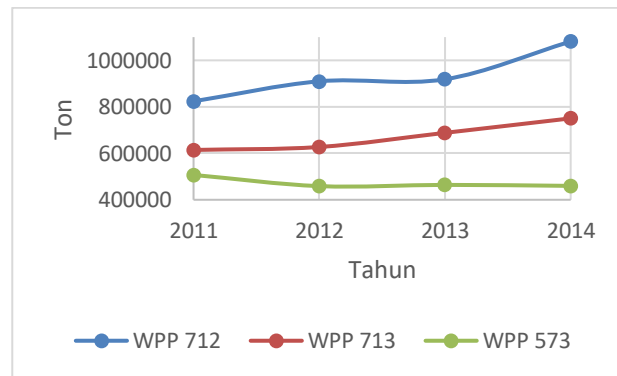
Gambar 9. Pola sebaran hot spot dan cold spot berdasarkan tren tingkat kepercayaan.

Akurasi peta *hot spot* PDPI 2012-2017 (C = *Classified*) terhadap peta *hot spot* PDPI 2018 (R = *Referenced*) memiliki *overall accuracy* 97% dan *kappa* 0.57 (Lihat **Tabel 2**), meskipun *overall accuracy* tinggi namun *kappa* dari peta ini tergolong rendah dan distribusi akurasi tidak merata dan mempunyai kesenjangan akurasi yang tinggi antar kelas klasifikasinya. Akurasi paling tinggi dari PDPI 2012-2017 adalah pada kelas *not significant hot spot* dengan *producer accuracy* (PA) 0.99 dan *user accuracy* (UA) 0.98. Akurasi tertinggi kedua adalah kelas *hot spot - 99% confidence* dengan UA 75% dan PA 57%, akurasi tertinggi ketiga pada kelas *hot spot - 90% confidence* dengan UA 10% dan PA 14%. Akurasi paling rendah pada kelas *hot spot - 95% confidence* dengan UA 0% dan PA 0%.

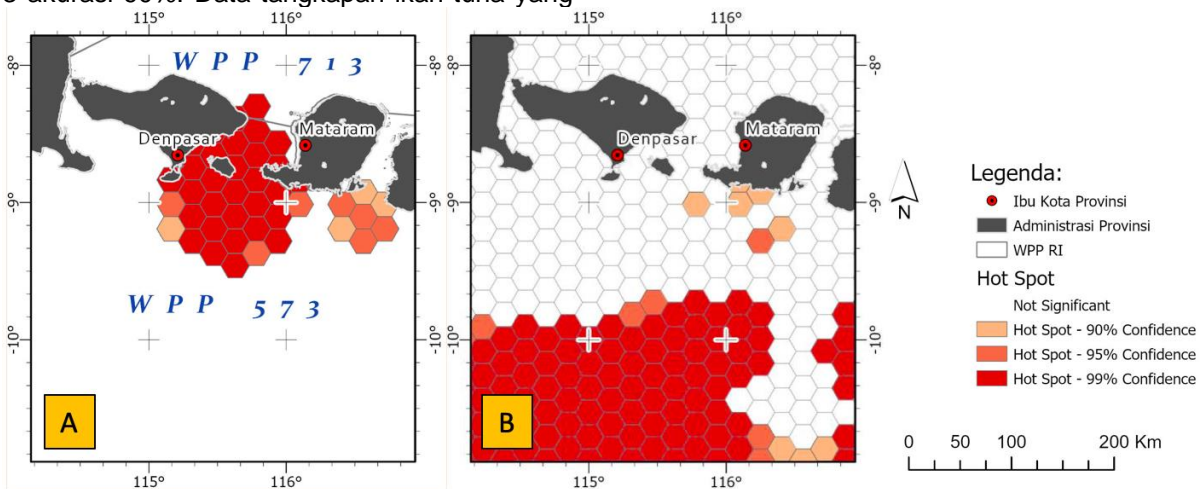
Akurasi peta *hot spot* PDPI 2012-2017 (C) dengan data tangkapan ikan Tuna tahun 2013 sebagai peta referensi (R) memiliki *overall accuracy* 90% dan *kappa* -0,03 (Lihat **Tabel 3**), pada perhitungan akurasi ini *overall accuracy* yang tinggi tidak menjamin nilai *kappa* yang tinggi juga. *Kappa* yang rendah dan bahkan < 0 pada perhitungan ini menandakan distribusi akurasi tidak merata dan ada kesenjangan nilai PA dan UA pada kelas *hot spot* yang ada. *Kappa* pada dasarnya mengevaluasi seberapa baik klasifikasi dilakukan dibandingkan dengan hanya memberikan nilai secara acak, yaitu apakah klasifikasi tersebut lebih baik daripada acak. Koefisien *kappa* dapat berkisar dari -1 s.d 1, angka negatif (-0,03) menunjukkan klasifikasi secara signifikan lebih buruk daripada acak. Akurasi paling tinggi pada kelas *hot spot* PDPI 2012-2017 adalah *not significant hot spot* dengan UA 97% dan PA 93%, akurasi tertinggi kedua adalah kelas *hot spot - 90% confidence* dengan akurasi UA 2% dan PA 5%, sedangkan *hot spot - 95% dan 99% confidence* memiliki akurasi UA dan PA sebesar 0%.

Peta *hot spot* PDPI 2012-2017 berdasarkan uji akurasi di atas terlihat memiliki akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *hot spot* PDPI 2018 (97%), dengan *hot spot* data tangkapan ikan tuna 2013 akurasi 90%. Data tangkapan ikan tuna yang

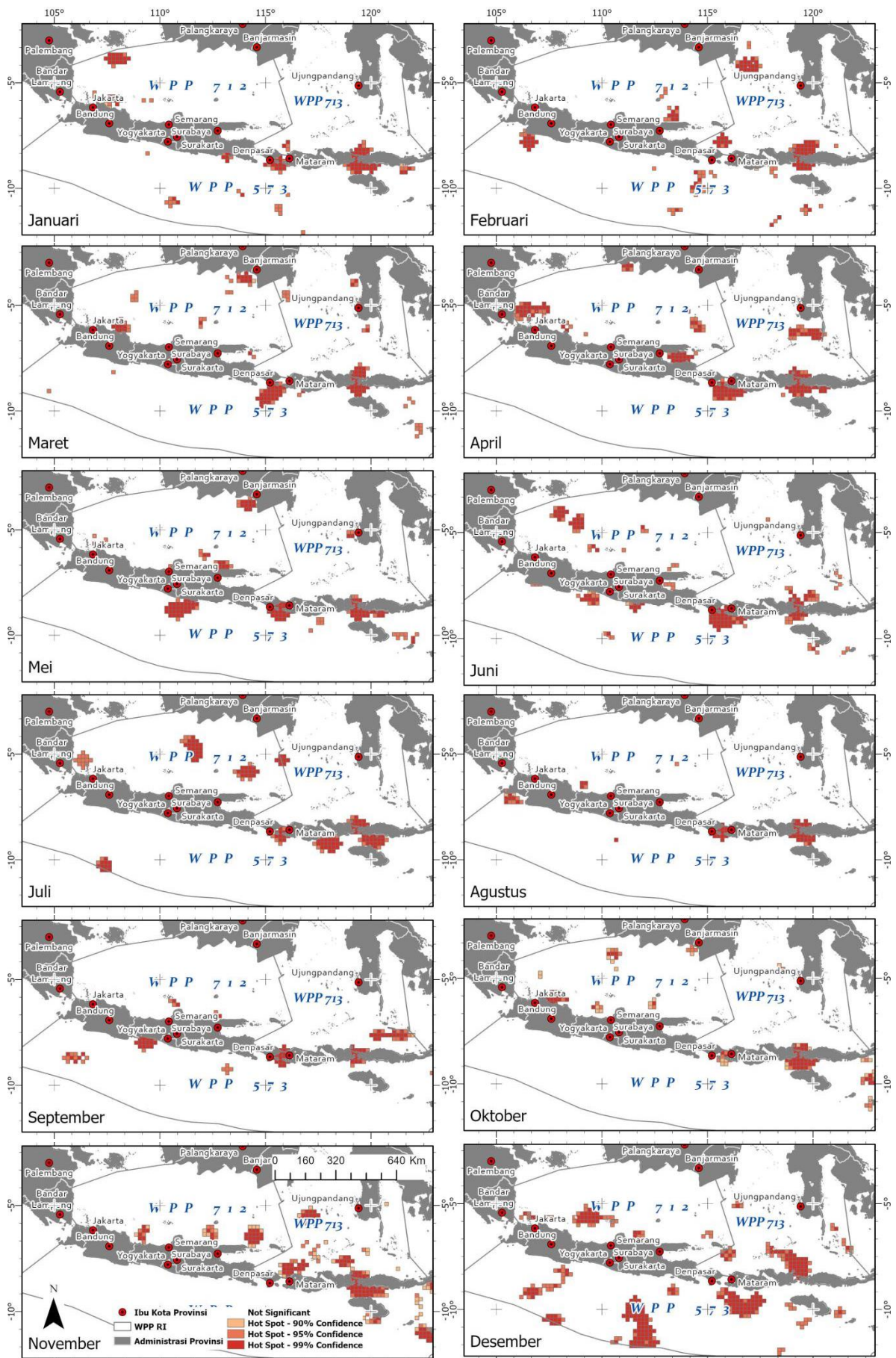
tersedia terkonsentrasi di WPP 573 khususnya di perairan Samudera Hindia sebelah Selatan Jawa sampai dengan sebelah Selatan Bali (Lihat **Gambar 11**), sehingga akurasi lebih rendah. Data tangkapan ikan tahunan pada WPP 712, 713, dan 573 (Lihat **Gambar 10**) memiliki perbedaan dalam jumlah ton yang diperoleh. Grafik pada **Gambar 10** menunjukkan hasil tangkapan ikan di WPP 573 lebih rendah dibanding WPP 712 dan 713. Data tangkapan ikan tersebut bila dibandingkan dengan peta *hot spot* agregasi bulanan pada PDPI tahun 2012 s.d 2017 (Lihat **Gambar 12**) memiliki pola yang berbeda, WPP 713 dan 573 memiliki lebih banyak lokasi *hot spot* PDPI dibandingkan dengan WPP 712. Data pelabuhan perikanan (PP) di Indonesia menunjukkan 43% (229 PP) berada di Pulau Jawa (sumber: <http://pipp.djpt.kkp.go.id/>) sehingga sebagian besar berada di WPP 712. WPP 712 bila dilihat dari data tersebut terlihat sudah cukup jenuh, namun sebaran *hot spot* PDPI lebih sedikit dibandingkan dengan WPP 713 dan 573, sehingga dari peta *hot spot* ini mempunyai manfaat untuk mengevaluasi keseimbangan antara jumlah lokasi potensi ikan dengan jumlah pelabuhan perikanan beserta jumlah kapal nelayan.



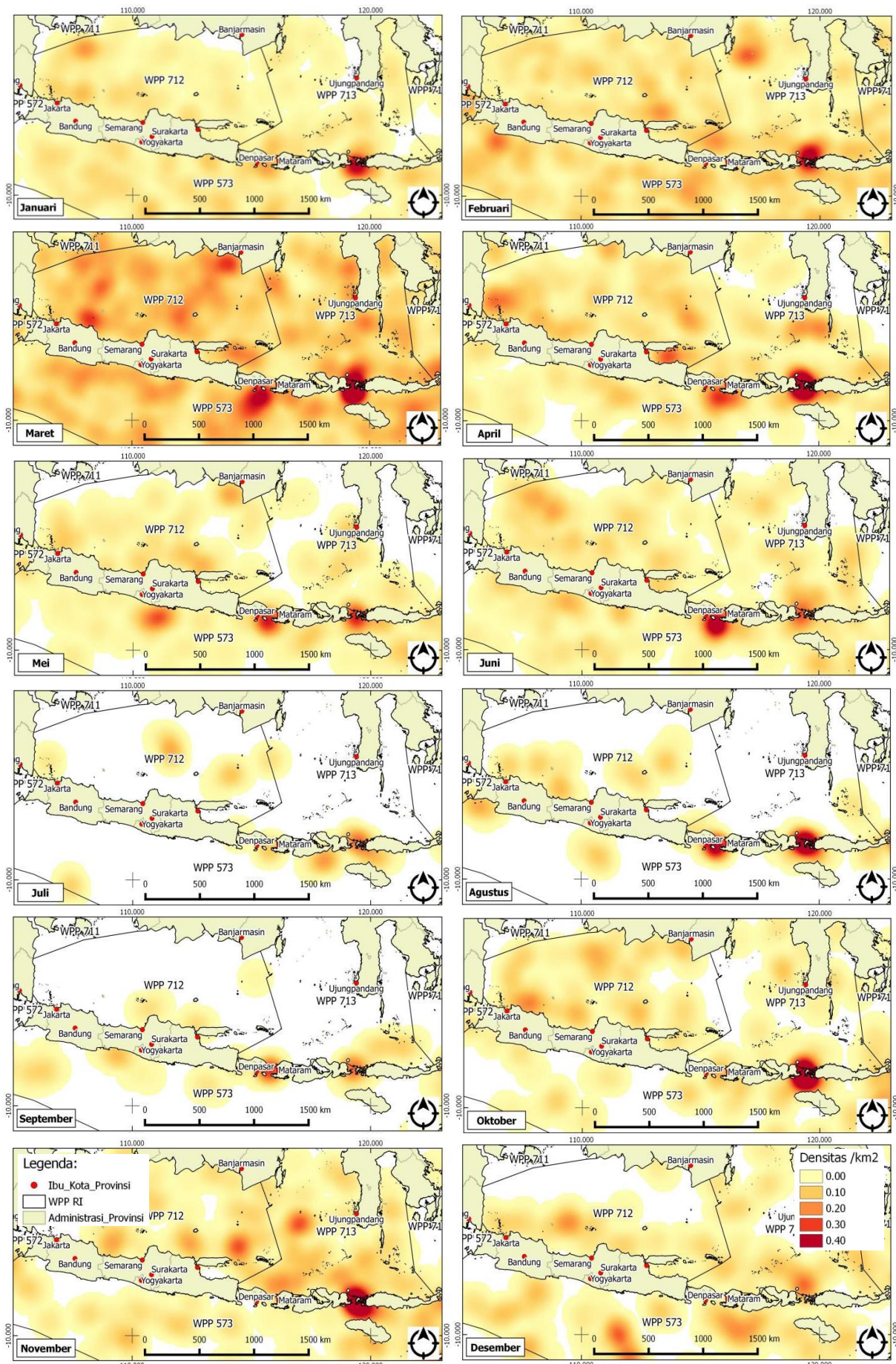
Gambar 10. Grafik data tangkapan ikan pada WPP 712, 713, dan 573.



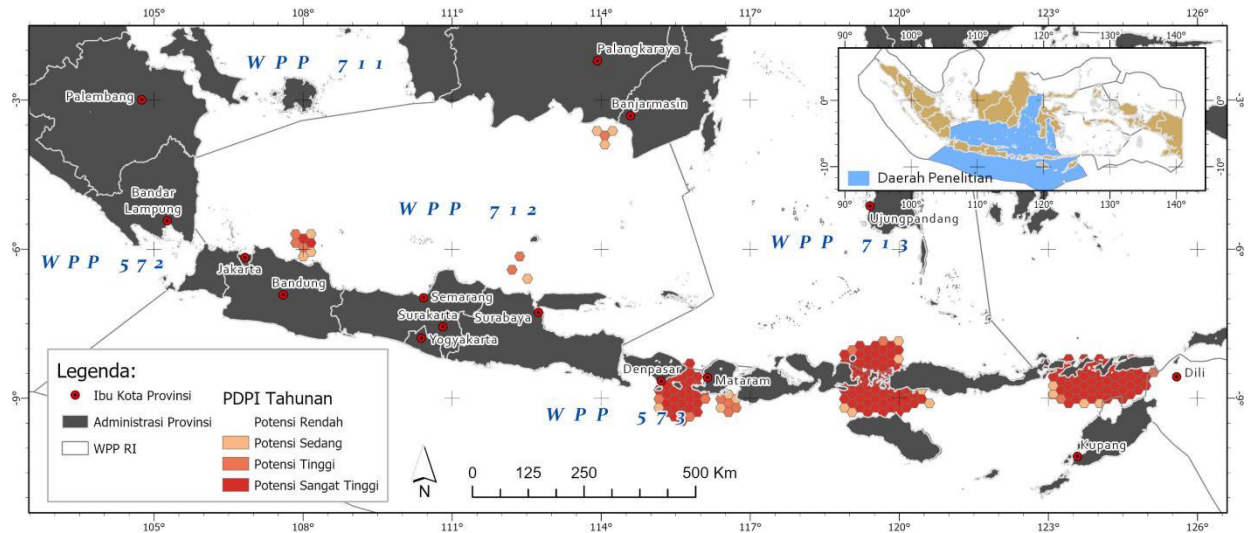
Gambar 11. Peta *hot spot* dan nilai signifikansinya dari PDPI 2012-2017 (A) dan data tangkapan ikan tuna 2013 (B).



Gambar 12. Peta hot spot berdasarkan agregasi bulanan pada PDPI tahun 2012 s.d 2017, warna merah tua menunjukkan hot spot dengan confidence level 99%.



Gambar 13. Peta KDE berdasarkan agregasi bulanan pada PDPI tahun 2012 s.d 2017, warna merah tua menunjukkan kepadatan tinggi.



Gambar 14. Peta PDPI tahunan di perairan WPP 712, 713, dan 573.

Peta *hot spot* agregasi bulanan pada PDPI tahun 2012 s.d 2017 (**Gambar 12**) secara umum memiliki pola yang sama dengan kepadatan titik PDPI pada peta KDE (**Gambar 13**). Lokasi *hot spot* dengan 99% *confidence level* memiliki lokasi yang sama dengan kepadatan titik PDPI tinggi pada peta KDE, sehingga dari hasil perbandingan ini tidak ditemukan adanya anomali pada peta *hot spot*. Peta PDPI tahunan (**Gambar 14**) sebagai hasil akhir dari analisis *hot spot* pada peta PDPI 2012-2017 dan sekaligus sebagai agregasi dari peta *hot spot* bulanan pada **Gambar 12**. **Gambar 14** menunjukkan ada 6 kelompok lokasi yang mempunyai potensi sebagai lokasi PDPI, yaitu di perairan sebelah Selatan Banjarmasin, perairan Laut Jawa (di sebelah Timur Laut Jakarta dan di sebelah Utara Surabaya), perairan Laut Bali dan Lombok (bagian Selatan), perairan Laut Sawu, dan perairan sebelah Selatan Alor.

KESIMPULAN

Basis data dalam bentuk *space time cube* (STC) dari agregasi data titik prakiraan penangkapan ikan Peta PDPI di WPP 712, WPP 713, dan WPP 573 dari tahun 2012 s.d 2017 telah berhasil dibangun sebagai input analisis *emerging hot spot*. Analisis *emerging hot spot* menghasilkan peta pola *hot spot* dan juga peta tingkat signifikansi *hot spot* serta trennya (*hot* atau *cold spot*). Uji akurasi dengan PDPI 2018 menghasilkan *overall accuracy* 97% dan *kappa* 0,57, sedangkan hasil uji akurasi dengan data tangkapan ikan tuna 2013 menunjukkan *overall accuracy* 90% dan *kappa* - 0,03. Peta agregasi bulanan dan juga peta potensi PDPI tahunan prakiraan daerah penangkapan ikan di WPP 712, 713, dan 573 menunjukkan dominasi *hot spot* pada WPP 713 dan 573 sedangkan data hasil tangkapan ikan, jumlah pelabuhan dan data kapal lebih banyak di WPP 712. Analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk melihat keseimbangan antara

potensi PDPI dengan data jumlah kapal dan pelabuhan yang mendukung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Geografi UGM atas hibah penelitian dosen yang telah diberikan, dan tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Riset dan Observasi Laut Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah berdiskusi dan berbagi pakai data terkait Peta PDPI, serta kepada seluruh pihak yang membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, C. C. (2013). *Outlier Analysis*. Berlin, Germany: Springer.
- Ardianto, R., Setiawan, A., Hidayat, J. J., & Zaky, A. R. (2017). Development of an Automated Processing System for Potential Fishing Zone Forecast. In *LISAT - IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 54(1), IOP.
- Carlstein, T. (1982). Time resources, society, and ecology: on the capacity for human interaction in space and time. London, Boston: Allen & Unwin.
- Celik, M., Shekhar, S., Rogers, J.P., Shine, J.A., & Yoo, J.S. (2006). Mixed-drove spatio-temporal co-occurrence pattern mining: A summary of results. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Data Mining*. IEEE.
- Dharmawan, R.D., Suharyadi, & Farda, N.M. (2018). Geovisualization using hexagonal tessellation for spatiotemporal earthquake data analysis in Indonesia. In 3rd International Conference on Soft Computing in Data Science - Communications in Computer and Information Science (p. 177). Springer Nature.
- Ester, M., Kriegel, H.P., Sander, J. (1997). Spatial Data Mining: A Database Approach. In *Advances in Spatial Databases, Proceedings of the 5th International Symposium (SSD '97)* (p. 47-66). Berlin, Germany: Springer.
- Fitriah, D., Fahmi, H., Hidayanto, A. N., & Arymurthy, A. M. (2016). A Data Mining Based Approach for

- Determining the Potential Fishing Zones. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(3).
- Fitriana, D., Hidayanto, A. N., Gaol, J. L., Fahmi, H., & Arymurthy, A. M. (2016). A Spatio-Temporal Data-Mining Approach for Identification of Potential Fishing Zones Based on Oceanographic Characteristics in the Eastern Indian Ocean. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(8).
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 3, 24.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? *Regional Science Association*, 24(1), 6–21.
- Hamed, K. H. (2009). Exact Distribution of The Mann-Kendall Trend Test Statistic for Persistent Data. *Journal of Hydrology*, 86–94.
- Jatisworo, D. (2017). *Kajian Spasial dan Temporal Sebaran Front di Selat Makassar dan Laut Banda terkait Variasi Musim*. Universitas Gadjah Mada.
- Jatisworo, D., & Murdimanto, A. (2012). *Peranan Teknologi Penginderaan Jauh bagi Penangkapan Ikan di Indonesia (Studi Kasus Kabupaten Indramayu)*. Bunga Rampai Penginderaan Jauh Indonesia. Pusat Penginderaan Jauh ITB.
- Kisilevich, S., Mansmann, F., Nanni, M., & Rinzivillo, S. (2010). *Spatio-Temporal Clustering*. Berlin, Germany: Springer.
- Koperski, K., Adhikary, J., Han, J. (1996). Spatial data mining: Progress and challenges survey paper. In *Proceedings of the ACM SIGMOD Workshop on Research Issues on Data Mining and Knowledge Discovery*.
- Little, B., Schucking, M., Gartrell, B., Chen, B., Ross, K., & McKellip, R. (2008). High granularity remote sensing and crop production over space and time: NDVI over the growing season and prediction of cotton yields at the farm field level in Texas. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW '08)*, 426–435).
- Miller, H. J., & Han, J. (2009). *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*. (H. J. Miller & J. Han, Eds.) (Second). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, LLC.
- Ord, J. K., & Getis, A. (1995). Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis*, 4, 27.
- Pei, Y., Zaiane, O.R., & Gao, Y. (2006). An efficient reference-based approach to outlier detection in large Datasets. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Data Mining (ICDM '06)* 478–487.
- Roddick, J. F., & Spiliopoulou, M. (1999). A Bibliography of Temporal, Spatial and Spatiotemporal Data Mining Research. *SIGKDD Explor.*, 1, 34–38.
- Shekhar, S., Evans, M. R., Kang, J. M., & Pradeep, M. (2011). Identifying Patterns in Spatial Information: a Survey of Methods. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 1, 193–214.
- Shekhar, S., Jiang, Z., Ali, R. Y., Eftelioglu, E., Tang, X., Gunturi, V. M. V., & Zhou, X. (2015). Spatiotemporal Data Mining: A Computational Perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4, 2306–2338.
- Silverman, B.W. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman & Hall, London. doi: 10.1007/978-1-4899-3324-9.
- Su, F., Zhou, C., Lyne, V., Du, Y., & Shi, W. (2004). A data-mining approach to determine the spatio-temporal relationship between environmental factors and fish distribution. *Ecological Modelling*, 174, 421–431.
- Suniada, K. I., Susilo, E., & Hastuti, A. W. (2015). Validasi Peta Prakiraan Daerah Penangkapan Ikan (PPDPI) di Perairan Laut Jawa (WPP-RI 712). In *Prosiding Forum Nasional Sains dan Teknologi Kelautan dan Perikanan*.
- Thrift, N. & Pred, A. (1981). Time-geography: a new beginning. *Progress in Human Geography*, 5 (2), 277–286. doi:10.1177/030913258100500209.
- Zhang, P., Huang, Y., Shekhar, S., & Kumar, V. (2003). Exploiting spatial autocorrelation to efficiently process correlation-based similarity queries. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Advances in Spatial and Temporal Databases (SSTD 2003)*, 449–468. Santorini Island, Greece.
- Zhou, X., Shekhar, S., & Ali, R. Y. (2014). Spatiotemporal Change Footprint Pattern Discovery: An Interdisciplinary Survey. *Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov.*, 4, 1–23.

Indeks Penulis

A

Abimanyu P. Pratama, 35
Acintya Nurmaya, 71
Agung Syetiawan, 53
Ahmad Fawaid, 27
Akhmad Riqqi, 27
Aldhila Gusta H. Yoga, 87
Ali Suman, 105
Andiyanti Putri Estigade, 9
Ariani Puji Astuti, 9
Arief Wicaksono, 9
Arie Yulfa, 95
Asep Ma'mun, 105
Asep Priatna, 105

B

Brianardi Widagdo, 87

D

Danang Sri Hadmoko, 87
Dinarika Jatishoro, 117
Djati Mardiatno, 79
Driejana, 27

E

Eko Prianto, 105

H

Hana Listi Fitriana, 1
Herdis Herdiansyah, 17
Heri Sutanta, 95

I

Ika Kristina Noviyanti, 63
Iskandar Effendy, 1

J

Jansen Sitorus, 45
Junun Sartohadi, 79

K

Khairul Amri, 105
Khalifah Insan Nur Rahmi, 45

M

Mardiyanto, 87
Mega Dharma Putra, 87
Mohamad Haviz D.Sasongko, 87
Muchlizar, 105
Muh Aris Marfai, 87
Muhammad Anggri Setiawan, 71
Muhammad Haidar, 53
Muhammad Sani Roychansyah, 63
Mukhamad Ngainul Malawani, 87

N

Nafian Ambhika, 35
Nanik Suryo Haryani, 1
Nicky Setiawan, 87
Nur Febrianti, 45
Nur Mohammad Farda, 117

P

Panji Prakoso, 17

R

Ratri Ma'rifatun Nisaa', 79

S

Sayidah Sulma, 45
Sigit Hadi Prakoso, 87

T

Taufik Hery Purwanto, 71
Tiara Handayani, 87
Tika Maitela, 9
Totok W. Wibowo, 35
Trias Aditya, 95

W

Wirastuti Widyatmanti, 9

Indeks Subjek

- A**
Adaptive threshold, 45, 46, 47, 49, 50, 51
AHP, 17, 19, 24, 25, 26, 71, 72, 73, 74, 75
Analisis tekstur, 45, 46, 47, 48, 50, 51
ArcGIS Online, 9, 12, 15
- B**
Batas desa, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 43, 44
- C**
CSRT, 35, 41, 43
Crowdsourcing, 95, 96, 97, 98, 104
- D**
Daerah Penangkapan Ikan, 117, 118, 119, 120, 121, 127, 128
DEMNAS, 35, 37, 38, 41
- E**
Estuari Sungai Siak, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115
- G**
GCP, 3, 53, 55, 56, 58, 59, 61
Gelombang pasang, 87, 88, 89, 90, 91, 92
Gempa bumi, 71, 72, 72, 74, 75, 76, 77
Geovisualisasi, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43
- H**
Hillshade, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 43
- I**
Infrastruktur data spasial, 95, 96
- K**
Kelimpahan-distribusi fitoplankton, 105
Kamera non metric, 53, 54, 55, 58, 59, 61
Karakteristik, 1, 2, 3, 7, 8, 30, 43, 54, 61
Keramba jaring apung, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16
Kerentanan bangunan, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86
Kerentanan sosial, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78
Kesesuaian fisik perairan, 9, 11, 12, 14, 15
- L**
Lahan tambang, 1, 4, 5, 7
- M**
Model jaringan pemantau kualitas udara, 27
Morfologi, 87, 89, 90, 91, 92
- O**
OBIA, 53, 55, 56, 60, 61, 62
- P**
Peta interaktif, 71, 77
- R**
Ruang Terbuka Hijau, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69
- P**
Pemetaan udara, 53, 54
Pemilihan lokasi, 11, 16, 27, 30, 33, 36
Penambangan Pola Ruang Waktu, 117
Pencemaran udara, 27, 28, 30, 34
Penduduk, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34
Penginderaan jauh, 1, 2, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 26, 39, 45, 46, 51, 52
Parameter oseanografi, 105, 107, 112, 113, 114, 115
Pesisir, 87, 88, 90, 91, 92, 93
PDPI, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127
PTVA-4, 79, 80, 81, 82, 83, 85
- S**
SAR, 44, 45, 46, 47, 51, 52
Sawit rakyat, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62
SIG, 79, 80
SIG partisipatif, 71
Siklon, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93
Spasial-temporal, 71
Spektral, 1, 5, 10, 60, 61
STD-B, 53, 54, 56, 59, 60, 61, 62
- T**
Tanggap darurat bencana, 95, 96, 97, 98, 100, 103
Teluk Lampung, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16
Tsunami, 79, 80, 82, 83, 85, 86
Tumpahan minyak, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52
- W**
Web map, 9, 11, 12, 14, 15

UCAPAN TERIMA KASIH
KEPADA MITRA BESTARI MAJALAH ILMIAH GLOBE
VOLUME 21 TAHUN 2019

1. Prof. Junun Sartohadi
2. Dr. Wikanti Asriningrum
3. Ir. Yatin Suwarno, M. Sc
4. Dr. Khursatul Munibah, M.Sc
5. Wirastuti Widyatmanti, S.Si., Ph.D
6. Dr. Bambang Riadi, S.T., M.Tech
7. Prof. Sobar Sutisna
8. Prof. Dewayany Sutrisno
9. Dr. Widodo Pranowo
10. Dr. Ir. M. Buce Saleh
11. Ahmad Cahyadi, M.Sc
12. Prof. Fahmi Amhar
13. Ir. Irmadi Nahib, M.Si
14. Prof. Sam Wouthuyzen
15. Dr. Dajti Mardiatno
16. Dr. Budi Susetyo
17. Dr. Masita Dwi Manesa M
18. Dr. Nurjannah Nurdin
19. Dr. Ati Rahadiati
20. Dr. Ratna Sari Dewi

PEDOMAN PENULISAN MAJALAH ILMIAH GLOBE

Majalah Ilmiah Globe adalah publikasi ilmiah melalui proses *review* yang diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial bekerja sama dengan Masyarakat Ahli Penginderaan jauh Indonesia (MAPIN). Majalah ini berisi tulisan ilmiah dan kajian literatur tentang pengumpulan, pengolahan dan analisis data tentang informasi geospasial tematik serta tema lain yang terkait.

Persyaratan umum naskah adalah merupakan naskah asli hasil karya penulis, belum pernah dipublikasikan sebelumnya, tidak sedang dalam proses publikasi di jurnal lain, ditulis sesuai format yang telah ditentukan. Naskah yang masuk akan ditelaah oleh Mitra bestari dan dewan redaksi. Dewan redaksi berhak mengedit tulisan dalam hal gaya penulisan, format dan kejelasan kalimat serta memutuskan apakah naskah dapat diterbitkan atau tidak.

Redaksi menerima naskah yang sesuai dengan *scope* untuk dipublikasikan dalam majalah ilmiah ini. Naskah hendaknya dikirim ke:

Sekretariat Redaksi Majalah Ilmiah Globe

Pusat Penelitian Promosi dan Kerja Sama, Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong Jawa Barat 16911

Telp. 021-87906041 Fax 021-87906041

Website: <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL/index>

E-mail: majalah.globe@big.go.id, majalahglobe@gmail.com

Pengajuan naskah

Penulis harus mengirimkan naskah melalui e-journal dengan terlebih dahulu mendaftarkan diri sebagai *Author* dan *login* melalui website <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL/index>

Penulisan naskah

Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Naskah diketik dalam Microsoft Word dengan 1 kolom untuk abstrak dan 2 kolom untuk isi. Ukuran kertas A4. Jenis huruf untuk seluruh ISI tulisan menggunakan Arial 10pt dan spasi (line spacing) 1. Panjang naskah terdiri dari 8-12 halaman (halaman harus genap) termasuk tabel dan gambar serta maksimal ukuran file setiap naskah tidak lebih dari 10Mb.

Sistematika Penulisan

Template penulisan naskah secara lengkap dapat diunduh melalui website Jurnal Geomatika.

Kerangka tulisan disusun dengan urutan sebagai berikut: Judul, Identitas Penulis, Afiliasi, Abstrak, Kata Kunci, Pendahuluan, Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih, dan Daftar Pustaka.

Judul harus akurat, jelas, spesifik. Judul utama ditulis dengan huruf kapital, sedangkan sub judul menggunakan huruf kecil dengan huruf besar di setiap awal kata. Judul dibuat dalam 2 bahasa (Indonesia dan Inggris), apabila tulisan dalam bahasa Indonesia, maka judul dalam Bahasa Inggris ditulis dalam tanda kurung dengan huruf Tahoma 12 point miring.

Identitas Penulis ditulis secara lengkap tanpa disingkat, tanpa gelar dan jabatan profesional.

Afiliasi penulis meliputi: nama departemen/unit, nama universitas/nama instansi, alamat, kota, kode pos, negara. Penulis korespondensi (termasuk alamat e-mail) ditulis dengan menambahkan tandasuperscript setelah nama. Bila penulis memiliki afiliasi yang berbeda, diberikan kode nomor berbeda di akhir nama penulis dengan format superscript. Bila semua penulis memiliki afiliasi/instansi yang sama, kode nomor tidak perlu dituliskan.

Abstrak memberikan pengantar singkat disertai masalah, tujuan, metode, ringkasan hasil serta kesimpulan penelitian, ditulis dalam satu paragraf dalam 1 kolom maksimal 250 kata. Abstrak dibuat dalam 2 bahasa. Apabila naskah dalam Bahasa Indonesia, maka abstrak dengan Bahasa Indonesia ditulis terlebih dahulu kemudian abstrak dalam Bahasa Inggris dan sebaliknya.

Kata Kunci/Keyword minimal 3 kata atau frasa dipisahkan dengan tanda koma yang menunjukkan subjek-subjek utama di dalam naskah.

Isi tulisan dimulai dari PENDAHULUAN, METODE, HASIL DAN PEMBAHASAN, KESIMPULAN, UCAPAN TERIMA KASIH DAN DAFTAR PUSTAKA. Isi tulisan dibuat dengan 2 kolom dengan huruf Arial 10pt.

Tabel dibuat ringkas dan diberi judul yang singkat tetapi jelas hanya menyajikan data esensial dan mudah dipahami. Tabel diberi catatan secukupnya, termasuk sumbernya. Setiap tabel diberi nomor secara berurutan di dalam naskah. Untuk tabel yang ukurannya melebihi satu kolom, maka dapat menempati area dua kolom.

Gambar, Grafik dan Foto harus tajam dan jelas agar cetakan berkualitas baik. Semua simbol di dalamnya harus dijelaskan. Gambar, grafik dan foto

memiliki kedalaman minimal 300 dpi. Gunakan *textbox* untuk menyisipkan gambar. File gambar asli mohon disertakan pada lampiran terpisah (*supplementary file*).

Kesimpulan simpulan harus menjawab tujuan penelitian dan disusun dalam bentuk narasi dan bukan pointer.

Ucapan terima kasih ucapan terima kasih wajib dituliskan penulis, ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu penulis dalam melakukan penelitian misalnya pemberi data atau pemberi dana.

Daftar Pustaka Referensi hendaknya dari sumber yang jelas dan terpercaya, minimal berjumlah 10 referensi. Setiap referensi yang tercantum dalam daftar pustaka harus dikutip (disitir) pada naskah dan sebaliknya setiap kutipan harus tercantum dalam daftar pustaka. Referensi primer harus lebih dari 80% dan diterbitkan dalam 5 tahun terakhir. Referensi yang dicantumkan dalam naskah mengikuti pola baku dengan disusun menurut abjad berdasarkan nama (keluarga) penulis pertama dan tahun publikasi, dengan sistem sitasi *American Physiological Association* 6th Edition. Setiap artikel yang dikirimkan ke Geomatika harus menggunakan perangkat lunak pengelolaan referensi (*reference management software*) yang mendukung *Citation Style Language* seperti Mendeley, Zotero, EndNote dan lainnya.

Contoh penulisan di dalam Daftar Pustaka adalah sebagai berikut:

Aziz, N. (2006). Analisis Ekonomi Alternatif Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Kecamatan Barru, Kabupaten Barru. Universitas Diponegoro.

(Contoh referensi **Skripsi/Tesis/Disertasi**)

Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. Retrieved September 17, 2007, from <http://cdm.unfccc.int/Panels/ar>.

(Contoh referensi **Naskah Online**)

Danoedoro, P. (2009). Land-use Information from the Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning. Queensland: LAP Lambert Acad. Publisher.

(Contoh referensi dalam **Buku**)

Indonesia, R. Undang-undang No. 4 tentang Informasi Geospasial (2011).

(Contoh referensi dalam **Undang-undang**)

Neumeyer, J. (2010). Superconducting Gravimetry. In G. Xu (Ed.), *Sciences of Geodesy - I* (pp. 340–406). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11741-1>

(Contoh referensi **bagian dari Buku**)

Othman, A., & Gloaguen, R. (2013). River Courses Affected by Landslides and Implications for Hazard Assessment: A High Resolution Remote Sensing Case Study in NE Iraq–W Iran. *Remote Sensing*, 5(3), 1024–1044.

(Contoh referensi **Artikel dalam Jurnal**)

Setiawan, I. B. (1999). Studies on environmental change and sustainable development of Cidanau Watershed. In *International Workshop on Sustainable Resources Management of Cidanau Watershed* (p. 235). Bogor.

(Contoh referensi dalam **Naskah Prosiding**)

Catatan:

- **Pustaka berupa diktat kuliah, bahan presentasi, dan dokumentasi perseorangan yang belum dipublikasi resmi tidak diperkenankan untuk digunakan/ dicantumkan**

Sekretariat

Badan Informasi Geospasial
Jl. Raya Jakarta-Bogor, Km. 46 Cibinong
Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia
Telp. 021-8752062 fax. 021-8752064
e-mail: majalah.globe@big.go.id
Homepage: jurnal.big.go.id/index.php/GL

P-ISSN 1411-0512

