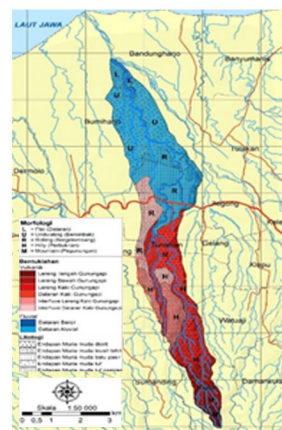
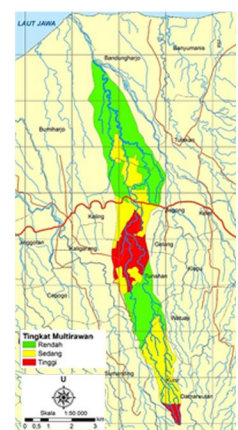


(a)



(b)



(c)

(a) Histogram hasil permodelan *Spatial Multi Criteria Evaluation*
(b) Peta Geomorfologi sub-DAS Gelis (c) Peta Multirawan sub-DAS Gelis

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 **April** 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. Dewayany Sutrisno
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 - SIG
Evaluasi Sumberdaya Lahan
Sistem Informasi Geografis
Manajemen Kebencanaan
Geomorfologi
Oseanografi
Penginderaan Jauh - SIG
Penginderaan Jauh - SIG

Instansi :

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

Redaktur Pelaksana:

Nama :

Lalitya Narieswari, M.Sc
Agung Syetiawan, ST
Aninda Wisaksanti Rudiastuti, S.P.I
Munawaroh, S.Si
Intan Pujawati, S.Si
Ellen Suryanegara, S.Sos
Nugroho Purwono, S.Si
Yustisi Ardhitasari
Tia Rizka N. Rachma, S.T
Utami Yulaila, S.E

Jabatan

Ketua Redaksi Pelaksanaan
Administrator
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Copy Editor
Lay Out & Desain Grafis
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



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

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	ii
DAFTAR ISI	iv
LEMBAR ABSTRAK (ID)	v
LEMBAR ABSTRAK (EN)	vii
PENGANTAR REDAKSI	ix
SISTEM INFORMASI PERTANAHAN PARTISIPATIF UNTUK PEMETAAN BIDANG TANAH: Sebuah Tinjauan Pustaka Komprehensif <i>(Participatory Land Information System for Land Parcel Mapping: A Comprehensive Literature Review)</i> Fahmi Charis Mustofa, Trias Aditya dan Heri Sutanta Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.....	1-12
PEMETAAN SEBARAN BUDIDAYA RUMPUT LAUT PENDEKATAN ANALISIS MULTITEMPORAL: Studi Kasus di Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan <i>(Mapping the Distribution of Seaweed Maniculture Analysis of Multitemporal Approach: A Case Study in Takalar South Sulawesi)</i> Ati Rahadiati, Kadarwan Soewardi, Yusli Wardiatno dan Dewayany Sutrisno Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor	13-22
POTENSI KERAWANAN BENCANA BANJIR DAN LONGSOR BERBASIS KARAKTERISTIK GEOMORFOLOGI DI SUB –DAS GELIS, KELING, JEPARA <i>(Potential Flood and Landslide Susceptibility Based on Geomorphological Characteristics In Sub-Watershed of Gelis, Keling, Jepara)</i> Ayu Dyah Rahma dan Djati Mardiatno Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.....	23-34
DISTRIBUSI SPASIAL KUALITAS AIR DI KAWASAN KONSERVASI LAUT DAERAH (KKLD) LOMBOK TENGAH <i>(Spasial Distribution of Water Quality in the Local Marine Conservation Area, Central Lombok)</i> Yulius, Agustin Rustam, Muhammad Ramdhan, Hadiwijaya L Salim dan Aida Heriati Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan.....	35-46
LANDSLIDE VULNERABILITY MAPPING OF BUNGUS BAY COASTAL TOURISM, WEST SUMATERA, INDONESIA USING STORIE METHOD <i>(Pemetaan Kerentanan Longsor Kawasan Wisata Pesisir Teluk Bungus, Sumatera Barat, Indonesia Menggunakan Metode Storie)</i> Wisnu Arya Gemilang, Ulung Jantama Wisna dan Ruzana Dhiauddin Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir.....	47-58

LEMBAR ABSTRAK (ID)

MAJALAH ILMIAH GLOBE (Globè Scientific Magazine)	
P-ISSN 1411-0512/E-ISSN 2502-2172	Cibinong, April 2018
Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa izin dan biaya	
<p>DDC 551.3 Mustofa (Universitas Gadjah Mada) Sistem Informasi Pertanahan Partisipatif untuk Pemetaan Bidang Tanah: Sebuah Tinjauan Pustaka Komprehensif <i>Majalah Ilmiah Globè April, Vol 20 No 1, Hal 01-12</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk merangkum isu-isu terbaru mengenai SIP-P untuk pemetaan bidang tanah dan mengembangkan skema konseptual untuk panduan penelitian yang lebih mendalam. Pendalaman tinjauan literatur menghasilkan skema konseptual SIP-P untuk pemetaan bidang tanah.</p> <p style="text-align: right;">(Mustofa)</p> <p>Kata kunci: : Sistem informasi pertanahan partisipatif (SIP-P), pendekatan partisipatif, pemetaan bidang tanah, pendaftaran tanah</p>	<p>DDC 577.51 Rahadiati (Institut Pertanian Bogor) Pemetaan Sebaran Budidaya Rumput Laut Pendekatan Analisis Multitemporal: Studi Kasus di Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan <i>Majalah Ilmiah Globè April, Vol 20 No 1, Hal 13-22</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi sebaran dan luasan budidaya rumput laut hasil interpretasi Landsat 8 OLI multitemporal. Proses analisis menggunakan metode klasifikasi terbimbing. Sebagai studi kasus digunakan wilayah pesisir Kabupaten Takalar.</p> <p style="text-align: right;">(Rahadiati)</p> <p>Kata kunci: Pemetaan, budidaya rumput laut, Landsat 8 OLI</p>
<p>DDC 551.41 Rahma (Universitas Gadjah Mada) Potensi Kerawanan Bencana Banjir dan Longsor Berbasis Karakteristik Geomorfologi di Sub-DAS Gelis, Keling, Jepara <i>Majalah Ilmiah Globè April, Vol 20 No 1, Hal 23-34</i></p> <p>Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik geomorfologi dan variasi bentuklahan di Sub-DAS Gelis untuk analisis kerawanan bencana banjir dan longsor. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah survei dengan teknik sampling purposif. Analisis data kerawanan bencana dilakukan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan bantuan Perangkat Lunak ILWIS dengan mengaplikasikan metode Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE).</p> <p style="text-align: right;">(Rahma)</p> <p>Kata kunci: banjir, longsor, geomorfologi, kerawanan, SIG</p>	<p>DDC 551.46 Yulius (Kementerian Kelautan dan Perikanan) Distribusi Spasial Kualitas Air di Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Lombok Tengah <i>Majalah Ilmiah Globè April, Vol 20 No 1, Hal 35-46</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kualitas perairan Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) di wilayah Lombok Tengah yang dinilai dari 11 parameter dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pengumpulan data distribusi spasial kualitas air dilakukan di perairan KKLD Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat pada tanggal 25– 30 September 2015.</p> <p style="text-align: right;">(Yulius)</p> <p>Kata kunci: Distribusi spasial, kualitas perairan, KKLD, Lombok Tengah, SIG</p>

DDC 551.419

Gemilang (Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir)

Pemetaan Kerentanan Longsor Kawasan Wisata Pesisir Teluk Bungus, Sumatera Barat, Indonesia Menggunakan Metode Storie

Majalah Ilmiah Globè April, Vol 20 No 1, Hal 47-58

Tujuan penelitian adalah mengetahui Informasi terkait zonasi tingkat kerentanan terhadap longsor sangat dibutuhkan untuk mengurangi terjadinya fenomena longsor di kawasan wisata Teluk Bungus. Klasifikasi kerentanan dilakukan dengan menerapkan metode Storie terhadap empat parameter utama yaitu kemiringan lereng, tataguna lahan, jenis tanah dan curah hujan.

(Gemilang)

Kata kunci: Longsor, kerentanan, metode storie, Teluk Bungus, pesisir

LEMBAR ABSTRAK (EN)

Globë Scientific Magazine (MAJALAH ILMIAH GLOBë)	
P-ISSN 1411-0512/E-ISSN 2502-2172	Cibinong, April 2018
The keywords given are free terms. This abstract sheet may be reproduced without permission or charge	
<p>DDC 551.3 Mustofa (Universitas Gadjah Mada) Participatory Land Information System for Land Parcel Mapping: A Comprehensive Literature Review <i>Majalah Ilmiah Globë</i> April, Vol 20 No 1, Hal 01-12</p> <p>Aims of this paper is to summarize the latest issues on P-LIS for land parcel mapping and to develop a conceptual scheme for more in-depth research guides. An extensive literature review carried out produced a conceptual scheme for the future research: P-LIS for land parcel mapping.</p> <p style="text-align: right;">(Mustofa)</p> <p>Keywords: Participatory land information system (P-LIS), participatory approach, land parcel mapping, land registration</p>	<p>DDC 577.51 Rahadiati (Institut Pertanian Bogor) Mapping the Distribution of Seaweed Mariculture Analysis of Multitemporal Approach A Case Study in Takalar South Sulawesi <i>Majalah Ilmiah Globë</i> April, Vol 20 No 1, Hal 13-22</p> <p>The purpose of this research is to map the distribution of seaweed mariculture using image Landsat 8 OLI multitemporal. As a case study used in coastal area of Takalar regency. The analysis process used supervised classification method.</p> <p style="text-align: right;">(Rahadiati)</p> <p>Keywords: mapping, seaweed mariculture, Landsat 8 OLI</p>
<p>DDC 551.41 Rahma (Universitas Gadjah Mada) Potential Flood and Landslide Susceptibility Based on Geomorphological Characteristics in Sub-Watershes of Gelis, Keling, Jepara <i>Majalah Ilmiah Globë</i> April, Vol 20 No 1, Hal 23-34</p> <p>The purpose of this study was to identify the geomorphological characteristics and variety of landform in Gelis Sub-watershed for susceptibility analysis of floods and landslides. This research used survey method with purposive sampling technique. Disaster susceptibility analysis was performed using Geographic Information System (GIS) spatial analysis by using ILWIS Software and applying Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE) method.</p> <p style="text-align: right;">(Rahma)</p> <p>Keywords: flood, landslide, geomorphology, susceptibility, GIS</p>	<p>DDC 551.46 Yulius (Kementrian Kelautan dan Perikanan) Spatial Distribution of Water Quality in the Local Marine Conservation Area, Central Lombok <i>Majalah Ilmiah Globë</i> April, Vol 20 No 1, Hal 35-46</p> <p>This study aims to determine the distribution of water quality in the marine waters of Central Lombok District on 11 parameters using the Geographic Information System (GIS) method. Data collection about water qualities obtained from the marine waters of Central Lombok District, West Nusa Tenggara on 25 to 30 September 2015.</p> <p style="text-align: right;">(Yulius)</p> <p>Keywords: Spatial distribution, water quality, marine conservation area, Central Lombok, GIS</p>

DDC 551.419

Gemilang (Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir)

Landslide Vulnerability Mapping of Bungus Bay Coastal Tourism, West Sumatera, Indonesia Using Storie Method

Majalah Ilmiah Globè April, Vol 20 No 1, Hal 47-58

The research objective was to know the Information regarding vulnerable zone of landslide is essential to reduce the impact of the landslide phenomena in Bungus Bay. The vulnerability classification was done by applying the Storie method to analyse four main parameters which are, slope, land use, soil type and rainfall intensity.

(Gemilang)

Keywords: Landslide, vulnerability, storie method, Bungus Bay, coastal

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Majalah Ilmiah Globe Volume 20 No. 1 April 2018 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 20 No. 1 April 2018 ini menyajikan berbagai tulisan penelitian yang terdiri dari lima karya tulis ilmiah oleh penulis dari beberapa instansi yaitu Universitas Gadjah Mada, Institut Pertanian Bogor, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) serta Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir. Karya tulis ilmiah yang dimuat pada edisi ini pertama membahas terkait isu-isu terbaru mengenai SIP-P untuk pemetaan bidang tanah dan mengembangkan skema konseptual untuk panduan penelitian yang lebih mendalam. Naskah kedua untuk mengetahui kondisi eksisting luasan budidaya rumput laut perlu dilakukan pemetaan sebaran budidaya rumput laut. Naskah ketiga bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik geomorfologi dan variasi bentuklahan di Sub-DAS Gelis untuk analisis kerawanan bencana banjir dan longsor. Naskah keempat mengetahui sebaran kualitas perairan Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) di wilayah Lombok Tengah yang dinilai dari 11 parameter dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Naskah kelima membahas Informasi terkait zonasi tingkat kerentanan terhadap longsor untuk mengurangi terjadinya fenomena longsor di kawasan wisata Teluk Bungus.

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, April 2018

Redaksi

SISTEM INFORMASI PERTANAHAN PARTISIPATIF UNTUK PEMETAAN BIDANG TANAH

Sebuah Tinjauan Pustaka Komprehensif

(Participatory Land Information System for Land Parcel Mapping: A Comprehensive Literature Review)

Fahmi Charish Mustofa, Trias Aditya, Heri Sutanta

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, Indonesia 55281

E-mail: fahmi.cmd.w@ugm.ac.id

Diterima (received): 27 September 2017; Direvisi (revised): 13 April 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 20 April 2018

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi dan infrastruktur pendukungnya menciptakan peluang untuk dikembangkannya Sistem Informasi Pertanahan (SIP) yang lebih handal, efisien dan tepat waktu di lingkungan Badan Pertanahan Nasional (BPN). Pertumbuhan kebutuhan informasi mengenai pertanahan yang lebih mudah diakses yang diminta oleh masyarakat (penerima kebijakan) dan pemerintah (pembuat kebijakan) meningkat lebih tinggi dari sebelumnya. Pengguna data dan informasi dewasa ini sangat kritis terhadap penyediaan layanan informasi pertanahan yang baik. Realitasnya ditemui kendala terkait belum tuntasnya pemetaan bidang tanah. Bidang tanah yang sudah terpetakan baru sekitar 44,5%. Sistem Informasi Pertanahan Partisipatif diusulkan untuk menciptakan lebih banyak kesempatan bagi masyarakat untuk dapat terlibat langsung dalam tahapan pemetaan bidang tanah. Pelibatan masyarakat selain menjamin berkurangnya sengketa, juga diharapkan untuk percepatan pemetaan bidang tanah. Tujuan yang hendak dicapai naskah ini adalah untuk merangkum isu-isu terbaru mengenai SIP-P untuk pemetaan bidang tanah dan mengembangkan skema konseptual untuk panduan penelitian yang lebih mendalam. Pendalaman tinjauan literatur menghasilkan skema konseptual SIP-P untuk pemetaan bidang tanah. Hal-hal yang terangkum di dalam skema konseptual: sistem informasi yang telah ada, pendekatan partisipatif, kontrol kualitas dan usulan alur kerja pemetaan bidang tanah menggunakan platform SIP-P.

Kata kunci: Sistem informasi pertanahan partisipatif (SIP-P), pendekatan partisipatif, pemetaan bidang tanah, pendaftaran tanah

ABSTRACT

The development of information technology and its supporting infrastructure create opportunities for the development of a more reliable and efficient Land Information System in the National Land Agency (Badan Pertanahan Nasional/BPN). Communities demand of land-related information have increased significantly. Users are more critical of providing good land information services. The reality is that there are problems related to the unfinished land mapping. The land parcels already mapped were about 44.5%. A proposed Participatory Land Information System (P-LIS) create more opportunities for people to be directly involved in the land mapping activities. Community involvement will reduced disputes, and hopefully also accelerate land parcel mapping. Aims of this paper is to summarize the latest issues on P-LIS for land parcel mapping and to develop a conceptual scheme for more in-depth research guides. An extensive literature review carried out produced a conceptual scheme for the future research: P-LIS for land parcel mapping. The items summarized in the conceptual scheme are: existing information systems, participatory approaches, quality control and workflow of participatory land parcel mapping.

Keywords: Participatory land information system (P-LIS), participatory approach, land parcel mapping, land registration

PENDAHULUAN

Pengelolaan data dan informasi pertanahan yang baik memiliki peran penting dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional berkelanjutan. Kegiatan ini menjadi salah satu bagian penting dalam mewujudkan pemerintahan yang baik (*good governance*). Pemerintahan yang baik merupakan salah satu pilar pendukung pembangunan berkelanjutan, selain ekonomi,

lingkungan dan sosial (Williamson et al., 2010), sehingga pengelolaan data dan informasi pertanahan yang baik mendukung terwujudnya pemerintahan yang baik dan tujuan pembangunan nasional berkelanjutan.

Tugas pemerintah di bidang pertanahan di Indonesia, yang meliputi perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang pendaftaran tanah, survei, pengukuran dan pemetaan sebagaimana dijelaskan dalam Perpres No. 20

tahun 2015, merupakan tanggung jawab Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (Kementerian ATR/BPN).

Pemetaan bidang tanah, sebagai bagian dari rangkaian kegiatan pendaftaran tanah, memegang peranan penting dalam membangun data pertanahan untuk terlaksananya penguatan administrasi pertanahan. Peta yang dihasilkan dari kegiatan pemetaan bidang tanah memiliki peran strategis dalam upaya menjamin kepastian penguasaan dan pemilikan tanah dan mendukung perencanaan, pengelolaan dan pengendalian pertanahan (Tuladhar, 2004). Penatakelolaan data dan informasi spasial dengan menggunakan peta berbasis bidang tanah memiliki tingkat kedetailan yang lebih tinggi dan lebih akurat dibanding peta berbasis kawasan. Informasi berbasis peta tersebut berguna untuk berbagai keperluan yang melibatkan analisis spasial.

Peta berbasis bidang tanah diperlukan untuk mendukung aktivitas perencanaan dan pengawasan yang melibatkan analisis spasial, antara lain: (1) pengawasan penggunaan tanah (Bin et al., 2014; Mustofa & Nugraha, 2013), (2) perencanaan tata guna tanah dan tata ruang wilayah (Drake, 1992; Lu, 2001; Stone & Norman, 2006), (3) pemodelan *spatio-temporal* dalam Sistem Informasi Pertanahan (Heo, 2001), (4) pengawasan pasar tanah, bank tanah dan tanah sebagai jaminan kredit (Hermosilla et al., 2012), dan (5) pengawasan lingkungan (McMullen, 2002). Hasil pemetaan bidang tanah menghasilkan informasi pertanahan yang bermanfaat untuk mendukung aktivitas pendaftaran tanah, perpajakan, penataan ruang, dan manajemen kebencanaan (*multi-purposes land information*).

Laju sertifikasi bidang tanah adalah sekitar 1,7 juta bidang tanah per tahun (Kementerian ATR/BPN, 2014a). Kondisi tersebut memungkinkan pemetaan bidang tanah dengan metode konvensional di seluruh wilayah Indonesia dapat diwujudkan dalam jangka waktu antara 32 s.d. 42 tahun sesuai yang ditunjukkan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Laju penyelesaian sertipikat tanah.

Tahun	Jumlah Bidang Tanah Terdaftar	Rerata sertipikasi per tahun
1960-2001	28.687.240	
s.d. 2003	31.034.775	
s.d. 2005	33.299.903	
s.d. 2007	39.023.491	1.736.511
s.d. 2009	42.184.907	
s.d. 2011	44.532.850	

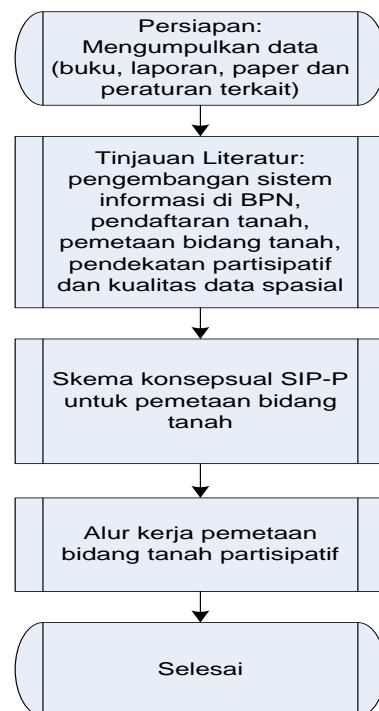
Sumber: Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN (2014a).

Tujuan yang hendak dicapai naskah ini adalah untuk merangkum isu-isu terbaru mengenai SIP-P untuk pemetaan bidang tanah

dan mengembangkan skema konseptual untuk panduan penelitian yang lebih mendalam. Skema konseptual yang diusulkan akan berlaku sebagai panduan penelitian di masa mendatang. Untuk menerjemahkan skema konseptual tersebut perlu dikembangkan desain alur kerja pemetaan partisipatif.

METODE

Naskah ini disusun dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Secara sistematis dilakukan tinjauan pustaka dari berbagai sumber. Berdasar uraian pada bab pendahuluan dikembangkan dua pertanyaan penelitian, yakni: (1) bagaimanakah model skema konseptual dan (2) bagaimanakah desain alur kerja pemetaan bidang tanah partisipatif. Berikut skema tahapan penyusunan *naskah* ini (**Gambar 1**).



Gambar 1. Skema tahapan penyusunan naskah.

Pengembangan Sistem Informasi Pertanahan di Badan Pertanahan Nasional

Sistem Informasi (SI) menurut O'Brien dan Marakas (2011) adalah "kombinasi yang terorganisir atas sumberdaya manusia, perangkat keras, perangkat lunak, jaringan komunikasi, sumber data, kebijakan dan prosedur yang berurusan dengan proses penyimpanan, pengambilan/pemanfaatan, perubahan dan penyajian informasi dalam suatu organisasi". Fungsi dan peran SI dalam suatu organisasi adalah untuk mendukung pengambilan keputusan (level manajer utama), mendukung pengawasan dan membantu kegiatan analisis permasalahan (level manajer menengah), dan membantu menyederhanakan kompleksitas kebijakan organisasi sehingga mudah dipahami dan

membantu menciptakan produk baru/ level operator (Askenäs & Westelius, 2003; Laudon & Laudon, 2007; O'Brien & Marakas, 2011).

Sejarah pengembangan Sistem Informasi Pertanahan (SIP) di Badan Pertanahan Nasional (BPN) ditandai dengan penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam proyek komputerisasi sistem layanan pertanahan pada tahun 1997 (Kementerian ATR/BPN, 2015). Implementasi dilakukan secara bertahap, diawali 12 Kantor Pertanahan (Kantah) pada tahun 1997, hingga kuartal akhir tahun 2014 telah diimplementasikan di 396 dari seluruh 451 Kantah di Indonesia (Kementerian ATR/BPN, 2014b).

Perbaikan sistem terus menerus dilakukan sebagai respon adanya dinamika internal dan eksternal. Awal implementasi penerapan TIK di BPN masih mengadopsi pemrograman berbasis desktop. Saat ini aplikasi layanan pertanahan telah dibangun dengan pemrograman berbasis web. Program-program komputerisasi yang diterapkan di BPN secara kronologis dapat ditulis sebagai berikut: LOC, SAS, KKP-Desktop, Geo-KKP dan KKP-Web, lini masa bisa dilihat pada **Gambar 2**.

Komputerisasi Kegiatan Pertanahan

Komputerisasi layanan pertanahan dimulai tahun 1997 dengan implementasi LOC atau komputerisasi kantor pertanahan (Badan Pertanahan Nasional (BPN), 2005). LOC dikembangkan bersama antara Indonesia (BPN) dan Spanyol (CIMSA). LOC menyerap dana sejumlah 700 milyar rupiah yang terdiri atas tiga fase: Fase 1, Fase 2A dan Fase 2B (CIMSA Ig AIE, 2015).

LOC menggunakan perangkat lunak pengelola basisdata spasial *Smallworld* yang merupakan aplikasi spasial buatan *General Electric*. *Smallworld* memiliki karakteristik: mampu mengelola basisdata spasial, berorientasi objek, dapat terintegrasi dengan aplikasi lain yang memerlukan data spasial, berteknologi Java dengan memanfaatkan DBMS Oracle Spasial (*General Electric*, 2014).

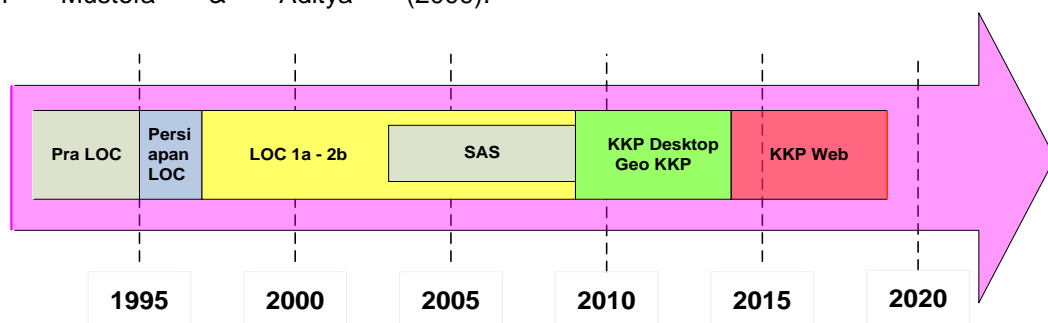
Mengakomodir kondisi khusus beberapa Kantah, dibangunlah aplikasi SAS. Aplikasi ini dibangun sebagai bentuk sederhana dari Aplikasi Layanan Informasi Pertanahan, seperti yang diusulkan Mustofa & Aditya (2009).

Aplikasi SAS bisa dijalankan dengan satu komputer sebagai *server* dan beberapa komputer *client*. Instalasi jaringan tidak terlalu rumit bahkan bisa berjalan dengan baik dengan model hubungan *peer to peer* atau jaringan lokal sederhana dengan bantuan *switch hub* yang ekonomis. SAS dinilai tepat dan efisien untuk Kantah dengan dukungan sumberdaya yang terbatas.

Pada akhir masa kontrak CIMSA di tahun 2009, LOC telah diimplementasikan 325 kantor yang tersebar di seluruh Republik Indonesia di tiga tingkat, yaitu: Kantor Pusat, 27 Kantor Wilayah Provinsi dan 297 Kantor Pertanahan Kabupaten/Kota (CIMSA, 2015).

Segera setelah masa kontrak dengan CIMSA berakhir pada tahun 2009, dimulai perombakan atas sistem, aplikasi dan basisdata. Perombakan ditandai dengan diadopsinya *Land Administration Domain Model* (LADM, ISO-19152) sebagai struktur inti basisdata, penggunaan arsitektur aplikasi N-Tier, antarmuka pengguna berbasis web, basisdata terpusat di Kantor Pusat BPN RI, perawatan dan pemeliharaan aplikasi dilakukan secara mandiri dan satu basisdata untuk data tekstual dan spasial (Kementerian ATR/BPN, 2015). Nama berubah dari LOC menjadi KKP.

Proses pengembangan KKP dilalui dalam etape-etape: implementasi awal (KKP-Desktop), penambahan fitur geo-referensi (Geo-KKP) dan aplikasi berbasis web (KKP-Web). KKP-Desktop merupakan bentuk implementasi awal KKP yang dimulai dengan aplikasi layanan pertanahan yang dibangun dengan menggunakan pemrograman berbasis *desktop*, sehingga dikenal sebagai KKP-Desktop. Komunikasi antara Kantor Pertanahan (Kantah) dan Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) BPN melalui sambungan internet antara *server* Kantah dan *server* Pusdatin BPN. Komunikasi data antara *server* Kantah dengan PC *workstation* diselenggarakan melalui jaringan LAN Kantah. Proses sinkronisasi data Pusdatin dengan Kantah dilakukan periodik. Skenario sinkronisasi periodik sangat sesuai dengan kondisi jaringan internet yang beragam di berbagai Kantah. Penggunaan *server* lokal memungkinkan berbagai inovasi pemanfaatan basis data pertanahan berkembang di level Kantah.



Gambar 2. Lini masa sejarah SIP di BPN.

Sebagai contoh perancangan aplikasi berbasis *web services* untuk kemudahan pelaksanaan tugas PPAT (Mustofa & Aditya, 2009) dan perancangan peta *online* untuk pemetaan partisipatif (Malasari & Aditya, 2010), pernah dilaksanakan.

Perawatan *server* Kantah yang tersebar di berbagai Kabupaten/Kota memerlukan usaha yang besar. Menimbang kelemahan ini maka Pusdatin BPN mulai memikirkan kemungkinan migrasi ke aplikasi berbasis web. Sebelum bermigrasi ke aplikasi berbasis web, dibangun Geo-KKP yang merupakan program lanjutan dari KKP-Desktop. Implementasi Geo-KKP bertujuan menyediakan informasi spasial bersama dengan informasi yuridis atau tekstual dalam suatu referensi sistem koordinat (Badan Pertanahan Nasional (BPN), 2011c). Arsitektur sistem tidak mengalami banyak perubahan.

Aplikasi Geo-KKP memicu digitalisasi seluruh peta bidang tanah yang ada di kantah-kantah. Sebagai alat kontrol kualitas maka dicanangkan kualifikasi data pertanahan menurut Pusdatin BPN yang dikategorikan dalam enam kelas kualitas (Badan Pertanahan Nasional (BPN), 2011a). Tiga kelas teratas adalah KW1, KW2 dan KW3 diklasifikasikan sebagai data pertanahan yang baik. Data kelas KW4, KW5 dan KW6 dianggap masih belum layak dijadikan data pertanahan yang baik dan oleh karenanya perlu mendapat perhatian untuk perbaikan.

KKP-Web dibangun sebagai jawaban mengatasi kelemahan aplikasi KKP-Desktop. Aplikasi berbasis web yang dibangun memudahkan administrator KKP-Web dalam pemeliharaan dan perawatan aplikasi (Badan Pertanahan Nasional (BPN), 2011). Hal ini dimungkinkan karena aplikasi berbasis web menggunakan satu pusat *server* yang mengelola *input-processing-output* aplikasi layanan pertanahan seluruh Kantah di lingkungan BPN (Gambar 3).

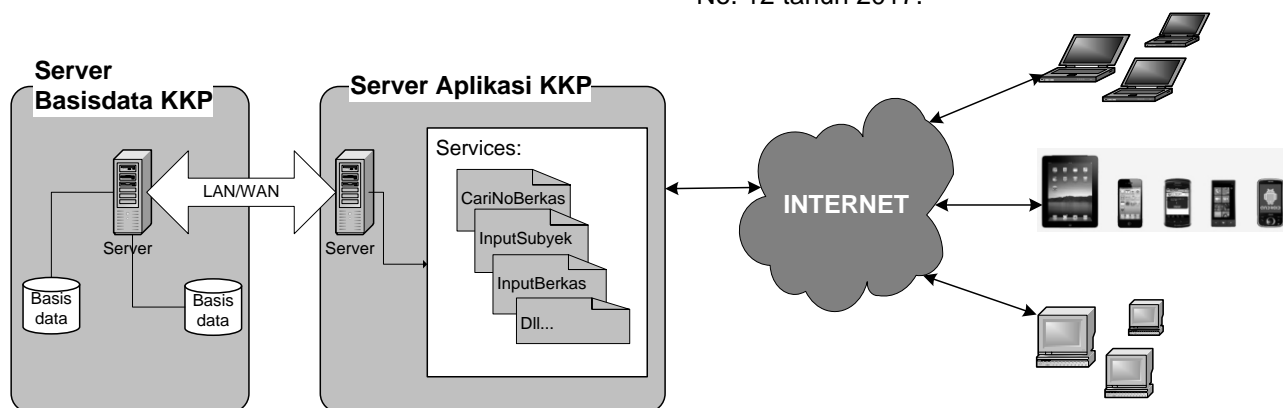
Pemetaan Bidang Tanah

Landasan hukum pemetaan bidang tanah di Indonesia adalah Undang-undang No. 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-pokok Agraria. Penjabarannya diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 10 Tahun 1961 yang kemudian diganti Peraturan Pemerintah No. 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah. Petunjuk pelaksanaan yang lebih detail dijelaskan dalam Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional No. 3 Tahun 1998 dan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN 3/1998.

Definisi pemetaan bidang tanah, sebagaimana dijelaskan dalam Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala BPN, adalah kegiatan menggambarkan hasil pengukuran bidang tanah secara sistematis maupun sporadis dengan suatu metode tertentu pada media tertentu seperti lembaran kertas, *drafting film* atau media lainnya sehingga letak dan ukuran bidang tanahnya dapat diketahui dari media tempat pemetaan bidang tanah tersebut.

Pemetaan bidang tanah diselenggarakan sebagai bagian dari kegiatan pendaftaran tanah. Hasil dari pemetaan bidang tanah adalah peta bidang tanah. Pemetaan bidang tanah desa lengkap atau Pemetaan Desa Lengkap (PDL) berbasis bidang, merupakan pemetaan lengkap seluruh wilayah desa sebagaimana disebut dalam Peraturan Pemerintah PP 10/1961.

Menimbang pentingnya pemetaan desa lengkap, dipandang perlu disusun peraturan yang memayunginya. Sejalan dengan maksud itu, Presiden Joko Widodo mengungkapkan dukungan penuh terhadap kebijakan “*One map policy*” (detik.com, 2017). Kebijakan satu peta hanya bisa diterapkan bila bidang tanah seluruh Indonesia lengkap dipetakan. Diterbitkan peraturan yang mengakomodasi pemetaan bidang tanah lengkap dengan mencanangkan proyek pendaftaran tanah sistematis lengkap atau lebih dikenal dengan singkatan PTSL sebagaimana dijelaskan dalam Peraturan Menteri ATR/Kepala BPN No. 1 dan direvisi dengan No. 12 tahun 2017.



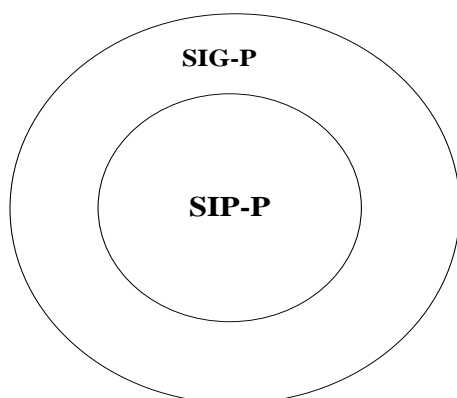
Gambar 3. Skema aplikasi KKP-Web (BPN, 2011; Busser & Wrazien, 2008)

Definisi PTSL, menurut peraturan tersebut di atas, adalah: “kegiatan pendaftaran tanah untuk pertama kali yang dilakukan secara serentak bagi semua obyek pendaftaran tanah di seluruh wilayah Republik Indonesia dalam satu wilayah desa/kelurahan atau nama lainnya yang setingkat dengan itu, yang meliputi pengumpulan dan penetapan kebenaran data fisik dan data yuridis mengenai satu atau beberapa obyek pendaftaran tanah untuk keperluan pendaftarannya”.

Sistem Informasi Pertanahan Partisipatif

Sistem Informasi Pertanahan merupakan perangkat untuk mendukung perencanaan, pembangunan dan pengambilan keputusan dalam bidang legal, administratif dan ekonomi. Elemen SIP terdiri dari (a) basisdata, data spasial berbasis bidang tanah yang bergeoreferensi dan (b) prosedur dan metode pengumpulan, pembaruan, pemrosesan dan distribusi data kepada pengguna menggunakan cara yang efisien (Dale & McLaughlin, 1999). Menurut kamus istilah ESRI, SIP merupakan SIG yang khusus berkenaan dengan pemetaan kadastral dan penggunaan tanah (ESRI, 2017). Sehingga bentuk hubungan SIP-P dengan SIG-P dapat diilustrasikan dalam **Gambar 4**.

Sistem Informasi Geografis berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi informasi. Sejak tahun 1990-an SIG bukan lagi barang baru dalam hal alat bantu analisis spasial yang digunakan secara luas oleh baik kalangan akademis maupun kalangan praktisi teknis (Burrough & Frank, 1994). Sementara itu, SIP berkembang di lingkungan surveyor dan lembaga pemetaan bidang tanah/kadastral (ESRI, 2017). Penggunaan istilah yang berbeda untuk objek yang nyaris sama cukup menimbulkan kebingungan. Seperti contoh, istilah SIG-P yang dimaksudkan untuk memperluas penggunaan SIG bagi masyarakat umum dan organisasi non pemerintah yang umumnya tidak dilibatkan dalam proyek-proyek SIG pemerintah (Ghose & Elwood, 2003).



Gambar 4. Hubungan antara SIP Partisipatif dengan SIG Partisipatif.

Di lain kesempatan juga disebut sebagai Sistem Informasi Geografis Partisipasi Publik (SIG-PP) yang didefinisikan sebagai penggunaan SIG oleh masyarakat umum (publik) yang bertujuan untuk pelibatan warga dalam proses pengambilan kebijakan (Steinmann, Krek, & Blaschke, 2004). Demikian pula dengan istilah SIP-P yang berbicara dalam area diskusi yang sama dengan SIG-P dalam hal pelibatan publik. Letak perbedaan, sebagaimana taksonomi Dale dan McLaughlin di atas, ada pada cakupan area dan tingkat kedetailan informasi. Semestinya, di titik ini, penggunaan istilah SIP-P sudah jelas dan tidak menjadi masalah.

Pendekatan Partisipatif

Pendekatan partisipatif bertujuan untuk mendayagunakan komunitas dengan menyediakan bantuan dan dukungan untuk komunitas tersebut mengontrol pembangunan di lingkungannya. Sejarah perjalanan pendekatan partisipatif berbasis analisis spasial dalam memberdayakan masyarakat/komunitas diawali pada tahun 1980-an (Orban, 2011) yang merupakan etape terkini dari pendekatan berbasis partisipasi masyarakat yang diawali tahun 1960-an di Amerika Serikat. Sebelum pendekatan berbasis spasial dikembangkan, muncul lebih dahulu apa yang disebut *Rapid Rural Appraisal* (RRA) yang menggalang forum diskusi dalam rangka menganalisis hasil pengamatan (survei) (Orban, 2011). Selanjutnya dikenal sebagai *Participatory Rural Appraisal* (PRA). Sejalan dengan perkembangan teknologi SIG, pendekatan berbasis partisipasi masyarakat bertambah kemampuannya dengan analisis spasial melalui dukungan teknologi SIG.

Rangkaian aktivitas berbasis komunitas menjadi tren menarik dalam berbagai riset, kegiatan berbasis masyarakat dan proyek pembangunan (Aditya, 2010; Chatty et al., 2003; Jankowski & Nyerges, 2003; Keenja et al., 2012; Walter & Ye, 2004). Pendekatan partisipatif pada intinya adalah bagaimana mengkomunikasikan ide dalam suatu forum yang heterogen. Pendekatan partisipatif mengedepankan efisiensi dan akomodasi dari aspirasi anggota masyarakat sehingga keputusan yang diambil berbiaya rendah dan tingkat penerimaannya di masyarakat lebih tinggi. Namun di sisi lain ditemukan pula keterbatasan pendekatan partisipatif.

Isu dalam penerapan pendekatan partisipatif adalah beragamnya definisi dan semantik sebagai dampak pelibatan masyarakat luas. Perbedaan nomenklatur dapat menjadi hal yang membingungkan antara satu kelompok masyarakat dengan kelompok masyarakat yang lain. Di sisi lain, aspek semantik objek juga mengalami hal yang sama. Sebagai contoh, penulisan nama jalan Dokter Wahidin Sudirohusodo, di suatu komunitas bisa ditulis atau dikenal sebagai jalan Dokter Wahidin, sementara

sebagian komunitas lain menuliskan atau mengenalnya dengan jalan Wahidin atau jalan Wahidin Sudirohusodo untuk obyek jalan yang sama.

Pendaftaran Tanah Partisipatif

Partisipasi masyarakat dalam pendaftaran tanah pernah dilembagakan dalam wadah Kelompok Masyarakat Sadar Tertib Pertanahan sebagaimana dijelaskan dalam Keputusan Menteri Negara Agraria/Kepala BPN No. 5 tahun 1995. Lembaga tersebut, disingkat Pokmasdartibnah, menjadi wadah masyarakat utamanya dalam kegiatan penetapan batas bidang tanah dan sosialisasi hak dan kewajiban warga negara di bidang pertanahan. Singkat kata, partisipasi masyarakat dalam pendaftaran tanah bukanlah hal yang baru, namun sebuah inisiatif yang sudah diterapkan secara berserakan dan belum sistematis. Meskipun telah menuju ke jalur yang tepat, sejauh ini Pokmasdartibnah belum memuaskan hasilnya.

Sejalan dengan usaha percepatan pendaftaran tanah, peluang pelibatan masyarakat dalam kegiatan pertanahan juga telah dibuka lebar melalui 11 Agenda Kebijakan BPN (Kementerian ATR/BPN, 2014). Butir 7 (tujuh) agenda tersebut menjelaskan tentang pemberian kesempatan seluas-luasnya bagi partisipasi masyarakat dalam kegiatan pertanahan umumnya dan pendaftaran tanah khususnya.

Pemanfaatan pendekatan partisipatif berguna bagi pelaksanaan kegiatan pendaftaran tanah/kadastral (De-Zeeuw & Salzman, 2011). Kegiatan pendaftaran tanah terdiri atas adjudikasi, penetapan batas dan pengukuran bidang tanah, dan pencatatan daftar tanah. Kegiatan pendaftaran tanah berbasis partisipasi melibatkan peran masyarakat dalam proses pendaftaran tanah (Laarakker et al., 2014). Pendaftaran tanah partisipatif (PTP) muncul dari berbagai nama yang berbeda, seperti: *crowdsourcing*, adjudikasi

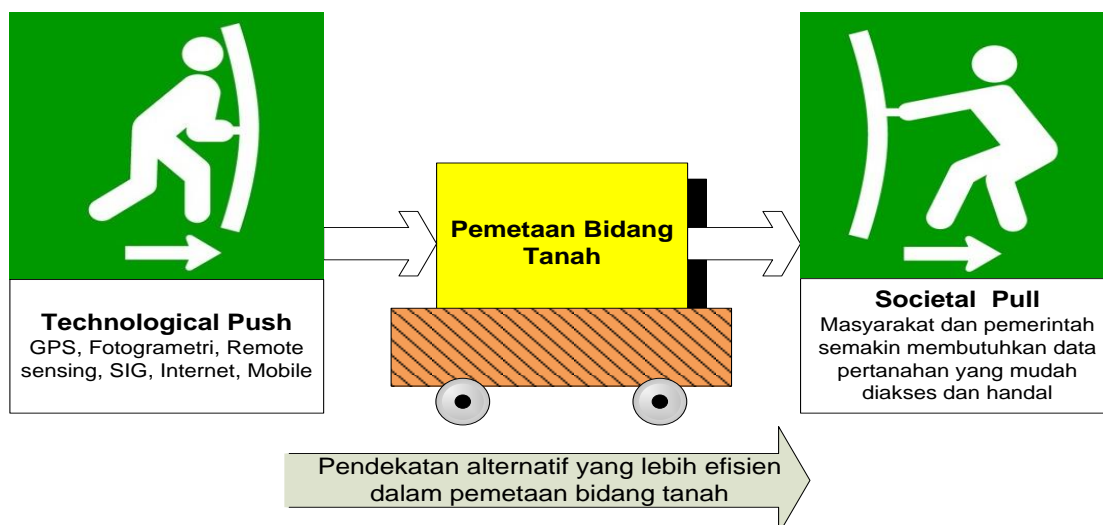
berbasis masyarakat, pemetaan masyarakat, pemetaan partisipatif, dan lain-lain.

Guna mendukung terbangunnya peta bidang tanah yang baik, diperlukan ketersediaan peta batas desa yang baik dan tervalidasi. Pemetaan partisipatif dapat menghubungkan komunikasi pihak yang berwenang dalam penetapan batas administrasi desa (Prabowo & Aditya, 2011). Penggunaan peta partisipatif terbukti dapat menghasilkan data spasial secara lebih efektif dan efisien.

Menurut Keenja et al., (2012) pendekatan partisipatif berguna dalam proses adjudikasi, pengukuran bidang tanah, pencatatan riwayat tanah dan penetapan batas bidang tanah. Penelitian yang dilakukan di Belanda menjelaskan mengenai kadaster yang didukung inovasi masyarakat (De Zeeuw & Salzman, 2011). Faktor pendorong yang memunculkan gagasan ini adalah apa yang dinamakan *technological push* (dukungan teknologi) dan *societal pull* (kebutuhan masyarakat). Dukungan teknologi di antaranya: perangkat *mobile* yang semakin canggih, ketersediaan secara luas sinyal GPS, ketersediaan citra satelit resolusi tinggi, tehnik (Gambar 5).

Faktor-faktor kebutuhan masyarakat, antara lain: permasalahan yang semakin kompleks dan memerlukan analisis secepatnya, dimana pun dan seakurat mungkin, perubahan kebijakan yang mendukung pengembangan teknologi SIG-P, kebutuhan data berbiaya rendah dan lain sebagainya (De Zeeuw & Salzman, 2011).

Berdasar situasi dan kondisi yang berlaku terdapat 3 (tiga) jenis PTP yang ditentukan, yaitu: (1) Pemerintah memegang peranan kunci dalam penetapan klasifikasi dan pencatatan bidang tanah. (2) Penetapan klasifikasi dan pencatatan bidang tanah didelegasikan kepada komunitas lokal. (3) Kelompok pemegang hak atas tanah berinisiatif mengumpulkan data kadastral sebagai pijakan klaim atas tanah mereka kepada pemerintah (Laarakker et al., 2014).



Gambar 5. Faktor-faktor penarik dan pendukung inovasi.

Sejalan dengan PTP, filosofi *The Continuum of Land Rights* mengikuti serangkaian proses dari penguasaan tanah adat hingga pencatatan hak milik. Selanjutnya hak atas tanah informal bertransformasi menjadi hak atas tanah formal. Hak atas tanah formal akan berlaku bila haknya telah didaftarkan sebagai indikasi pengakuan legalitas hak atas tanah oleh negara (Du Plessis, 2014; UN-HABITAT, 2008).

Pemetaan Partisipatif

Metode pengumpulan data dalam pelaksanaan kegiatan SIP-P adalah dengan cara pengumpulan data dan pemetaan partisipatif (PP). Menurut definisi *International Fund for Agricultural Development* IFAD (2009), PP adalah proses pembuatan peta yang berupaya menjelaskan asosiasi antara tanah dan komunitas lokal dengan menggunakan bahasa kartografi yang mudah dipahami dan mudah dikenali untuk membantu komunitas lokal dalam memahami lingkungan fisik mereka dengan fitur-fitur penting yang terkandung berdasarkan ide, konsep dan norma lokal memperhatikan prinsip-prinsip kartografi.

Pemetaan Partisipatif merupakan salah satu metode dalam proses produksi pengetahuan (*knowledge production process*) yang memanfaatkan peta sebagai media yang memwadahi interaksi anggota kelompok masyarakat dalam mendukung pengambilan keputusan yang melibatkan individu dan kelompok masyarakat (Aditya, 2010). Metode PP memberi peluang kepada kelompok masyarakat untuk melakukan eksplorasi, sintesis dan analisis data dan informasi terkait keruangan atau berkaitan dengan isu lingkungan sekitar mereka dan kemudian dituangkan dalam narasi kartografi.

Ada enam tahapan yang dilakukan untuk melakukan pemetaan partisipatif, yaitu: (1) Persiapan: pada tahap ini Ketua tim kegiatan dan juga pemerintah setempat melakukan sosialisasi kegiatan dan memaparkan bagaimana rencana kegiatan tersebut; (2) Pelatihan 1 (orientasi dan pelatihan): anggota tim melatih tim teknis dan surveyor dari perwakilan masyarakat untuk melakukan pemetaan; (3) Survei lapangan 1 (pengumpulan data dan pembuatan peta sketsa): tim survei mengunjungi lokasi didampingi kelompok masyarakat; (4) Pelatihan 2 (transkripsi data menjadi peta): tim studio mengolah data dan membuat peta daerah mereka masing-masing; (5) Survei lapangan 2 (verifikasi data); (6) Pelatihan 3 (perbaikan dan melengkapi peta akhir): tim survei lapangan menggabungkan hasil pekerjaan mereka masing-masing dibantu tim studio menjadi peta akhir (Chapin, 2006; Chapin, Lamb, & Threlkeld, 2005).

Kualitas Data Spasial Hasil Kegiatan Partisipatif

Kualitas data memiliki arti penting bagi informasi pertanahan terutama dalam hal informasi yang berkaitan dengan penguasaan, pemilikan, batas bidang tanah dan alamat bidang tanah. Kualitas informasi yang akan digunakan untuk kepentingan pertanahan (pendaftaran tanah) perlu perhatian lebih serius karena berkaitan dengan aspek legal mengenai kepemilikan bidang tanah. (Williamson et al., 2012) menyebutkan aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan informasi pertanahan adalah *Accurate, Assured, Authoritative* (AAA). Kekhawatiran pemegang otoritas bidang kadaster mengenai kualitas IGS dapat dimaklumi berkenaan dengan narasumbernya yang heterogen, yakni dari warga masyarakat yang terampil SIG sampai dengan yang sama sekali tidak tahu tentang SIG.

Disparitas kompetensi dalam bidang SIG mengakibatkan ketidakjelasan dalam hal kualitas data, berimbas kepada belum banyaknya pemanfaatan partisipasi masyarakat dalam berbagai keperluan (Esmaili, Naseri, & Esmaili, 2013). Pemanfaatan partisipasi masyarakat dalam pengumpulan data SIG yang belum banyak di tengah masyarakat tidak bisa terlepas dari pengaruh kebiasaan lama dalam memaknai data geografis yang erat dikaitkan dengan otoritas (Flanagin & Metzger, 2008).

Syarat-syarat yang perlu diperhatikan oleh pemerintah sebagai pengguna dalam rangka mendapat data yang baik adalah sebagai berikut: (1) penentuan masalah dan parameter yang digunakan secara jelas, (2) penentuan tingkat komitmen terhadap hasil, (3) mengenal komunitas *online* dan motivasinya sehingga dapat digunakan untuk merancang aplikasi IGS yang sesuai, (4) berinvestasi pada perangkat yang berdayaguna (*usable*), menarik (*stimulating*) dan terstruktur dengan baik (*well-designed*), (5) membuat acuan sertifikasi keahlian yang berkaitan dengan kebutuhan legal organisasi dan komunitas *online* yang terlibat, (6) transparan mengenai tahapan-tahapan yang dilalui, (7) kendali tetap di tangan validator (pemerintah), (8) kenali pengguna dan kontributor yang terlibat, dan (10) evaluasi dan nilai proyek yang berlangsung dari berbagai aspek (Brabham, 2013).

Dalam kaitannya dengan bidang pertanahan, pemanfaatan *Volunteered Geographic Information* (VGI) atau Informasi Geografis Sukarela IGS sebagai salah satu cara pengumpulan data dalam SIP-P saat ini perlu mendapatkan peran yang lebih besar mengingat sumber-sumber data IGS saat ini berkembang sangat pesat melibatkan berbagai komunitas di seluruh dunia. Kualitas, konsistensi dan kelengkapan data IGS telah dievaluasi oleh berbagai kalangan akademik dan secara keseluruhan menyimpulkan bahwa sesuai dengan berbagai kebutuhan. Perhatian serius terhadap isu kualitas, konsistensi dan kelengkapan data semestinya tidak membatasi

eksploitasi IGS sebagai sumber data yang berharga (Haklay, et al., 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skema Konseptual yang Diusulkan

Peta bidang tanah yang lengkap mencakup seluruh wilayah Indonesia berguna untuk kegiatan pengambilan kebijakan. Efisiensi waktu dan biaya dalam proses pemetaan bidang tanah perlu dipertimbangkan dengan seksama mengingat keterbatasan sumber daya. Seiring dengan efisiensi yang hendak dicapai, data spasial pertanahan yang dihasilkan perlu juga diperhatikan kualitas datanya.

Sesuai dengan prinsip pengembangan sistem informasi yang berkesinambungan (SDLC), pembangunan aplikasi menyesuaikan dengan sistem yang sudah berjalan (U.S. House of Representatives, 1999). Prinsip pengembangan sistem model SDLC spiral bisa digunakan dalam hal ini karena memiliki keunggulan fleksibilitas menghadapi dinamika faktor internal maupun faktor eksternal (Boehm, 2000). Sistem informasi yang dikembangkan di BPN adalah aplikasi KKP, oleh karenanya aplikasi SIP-P yang hendak dibangun dan dioperasikan dalam koridor aplikasi KKP.

Berdasarkan uraian di atas, dikembangkan skema konseptual yang bisa dipertimbangkan sebagai bagian untuk mempercepat proses pemetaan bidang tanah secara kadastral. Aspek-aspek yang perlu mendapat perhatian dalam penelitian mengenai SIP Partisipatif untuk pemetaan bidang tanah, mencakup: sistem informasi yang telah ada, pendekatan partisipatif, kontrol kualitas dan usulan alur kerja pemetaan partisipatif kelengkapan dan kualitas data. Infografis usulan skema konseptual bisa dilihat pada **Gambar 6**.

Desain Alur Kerja Pemetaan Bidang Tanah Partisipatif

Alur kerja partisipasi masyarakat bisa mengadopsi model komunikasi sebagai berikut: Publik → Pemerintah → Publik dan Pemerintah → Publik → Pemerintah, yang memungkinkan untuk membentuk sebuah siklus. Alur ini melibatkan informasi yang disediakan publik atau pemerintah pada awalnya kemudian diperbaharui oleh publik atau oleh pemerintah dan digunakan untuk pengambilan keputusan (Haklay et al., 2014).

Tahapan-tahapan kegiatan diawali sosialisasi dan inventarisasi data awal pendukung. Tahap selanjutnya aparat desa mendampingi masyarakat memasang tanda batas bidang tanahnya masing-masing (Chapin et al., 2005). Tahapan-tahapan melibatkan pihak-pihak sebagai

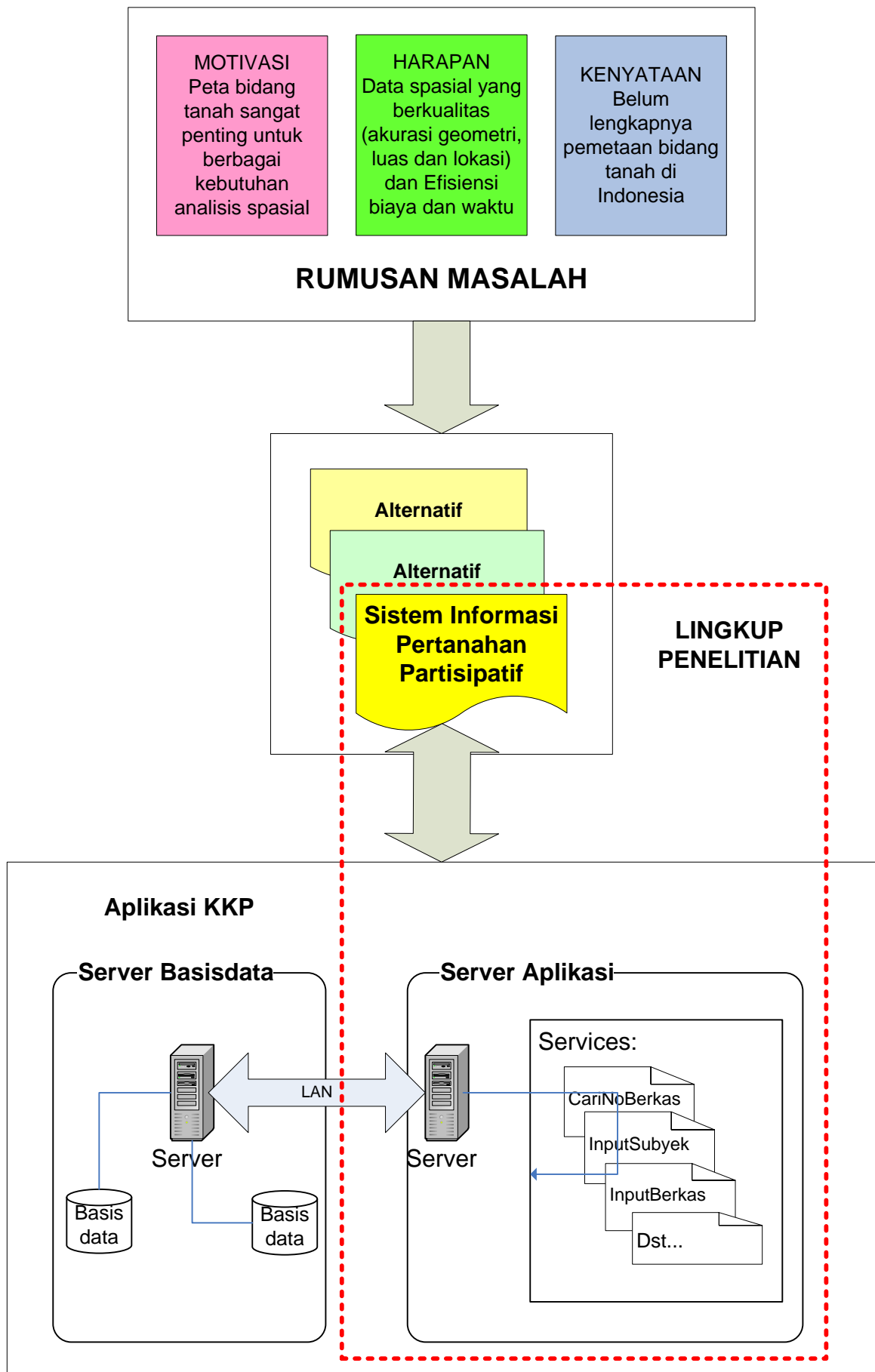
berikut: Kantor Pertanahan, Kepala Desa/Dukuh, masyarakat, kelompok masyarakat (pokmas) dan fasilitator (**Gambar 7**).

Peranan pihak-pihak yang berkepentingan dapat diuraikan sebagai berikut. Kantor Pertanahan, berlaku sebagai wakil pemerintah, menjadi narasumber dalam hal prosedur pendaftaran tanah yang berlaku, menyediakan formulir-formulir berkenaan aspek legal, dan menyediakan tenaga ahli pendamping (petugas ukur). Pihak Desa menyediakan tempat dan dukungan logistik untuk terselenggaranya kegiatan partisipasi masyarakat dengan baik. Aparat desa mengkoordinasi anggota masyarakat (partisipan) terutama yang berkepentingan dalam kegiatan penentuan batas bidang tanahnya masing-masing.

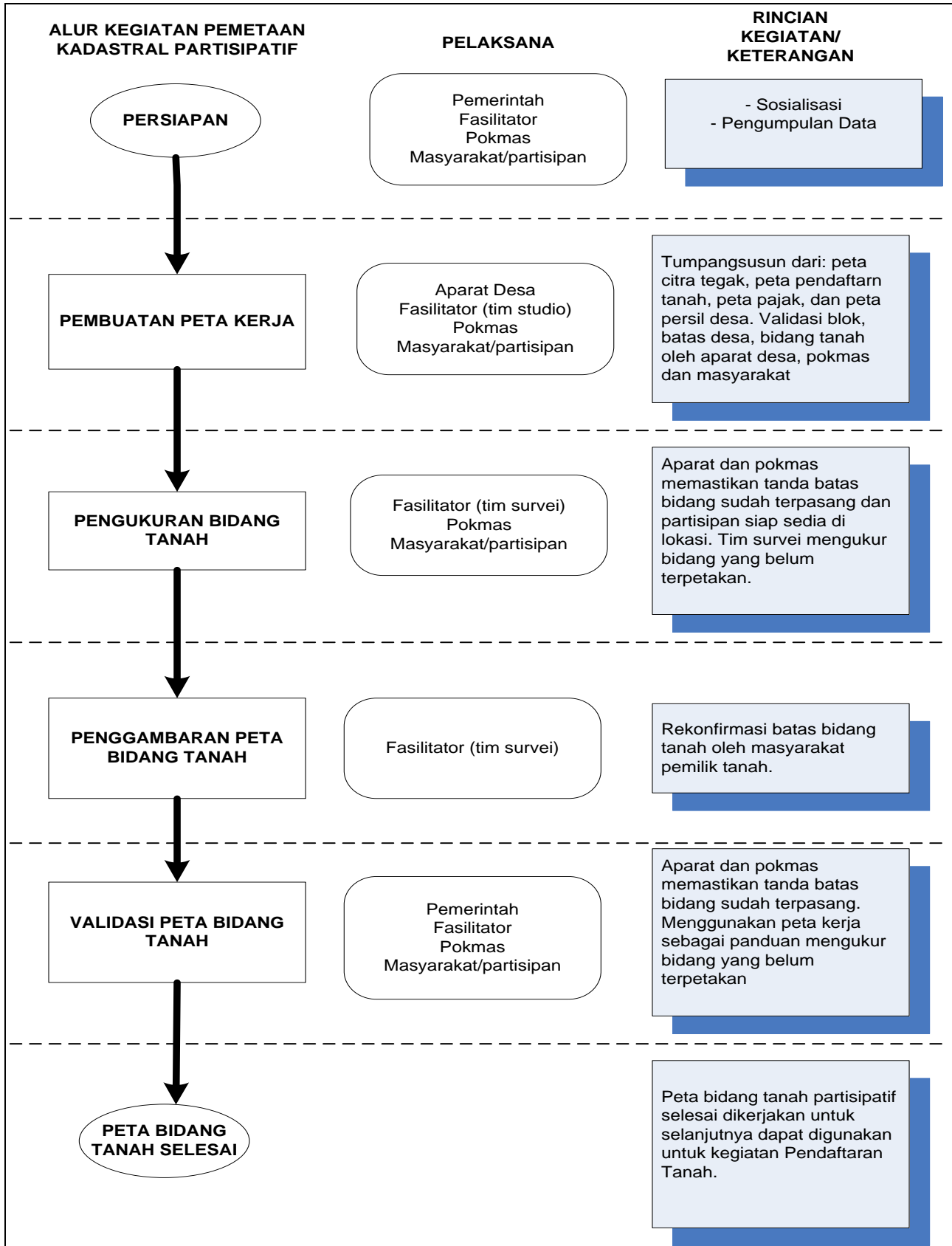
Pihak Kelompok Masyarakat (Pokmas) bertugas memberi informasi tambahan dalam kegiatan partisipatif dan memastikan semua persyaratan untuk kegiatan pengukuran bidang tanah terpenuhi, seperti: kelengkapan dokumen penunjang dan pemasangan patok tanda batas bidang tanah. Fasilitator bertugas memberikan dukungan teknis kepada masyarakat mengenai pengisian formulir dan deliniasi serta pengisian data atribut bidang tanah. Peta kerja analog ditunjukkan kepada masyarakat disertai narasi mengenai orientasi medan sederhana. Masyarakat dibimbing fasilitator serta aparat desa melakukan identifikasi dan deliniasi batas bidang tanah masing-masing.

Deliniasi bidang tanah disertai pengisian atribut bidang tanah, seperti: nomor induk bidang sementara, status tanah, nama pemilik, alamat/lokasi bidang tanah dan riwayat tanah singkat. Peta kerja berbasis foto udara merupakan *proxy* partisipasi masyarakat dalam pemetaan bidang tanah yang paling efektif (Aditya, 2010). Peta kerja yang telah dilengkapi plot/sketsa bidang tanah dibawa ke lapangan untuk dilakukan survei pengukuran.

Berbekal peta kerja tim survei melakukan pengukuran bidang tanah. Kegiatan didampingi aparat desa setempat (Kepala Dukuh) dan pemilik tanah bersangkutan maupun bersebelahan. Bidang tanah diukur sesuai kaidah pengukuran secara kadastral dan spesifikasi teknis yang berlaku di BPN. Dalam hal ini sebagian tugas satgas yuridis dan satgas fisik didelegasikan kepada kelompok masyarakat dengan pengawasan dan ketelibatan aparat pemerintah. Hasil survei pengukuran bidang tanah kemudian dihimpun dan digambarkan dalam peta bidang tanah. Selanjutnya peta bidang tanah yang telah terbarukan diekspos di hadapan warga desa dengan harapan mendapat saran dan masukan (validasi).



Gambar 6. Usulan skema konseptual.



Gambar 7. Alur kerja dan pelaku pemetaan bidang tanah partisipatif.

KESIMPULAN

Kajian lebih lanjut tentang pemanfaatan SIP-Partisipatif dalam pemetaan bidang tanah perlu dilakukan terutama dalam hal penyusunan prosedur, standar produk dan standar proses untuk menghasilkan kualitas data yang diinginkan dengan konsumsi dana dan waktu yang lebih efisien. Kajian tersebut mengikuti skema konseptual yang diusulkan. Hal-hal yang terangkum di dalam skema tersebut meliputi: sistem informasi yang telah ada, pendekatan partisipatif, dan kontrol kualitas. Usulan alur kerja pemetaan bidang tanah partisipatif melibatkan pelaku-pelaku (aktor) yang memiliki peran yang berbeda. Peran yang dicakup antara lain: pengumpul data, pengelola data, penganalisis data dan pengontrol kualitas. Usulan alur kerja pemetaan bidang tanah partisipatif perlu diujicobakan dan diamati dalam praktik di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada: BAPPENAS dan Kementerian ATR/BPN yang telah memberi kesempatan untuk mengikuti Program Doktor Ilmu Teknik Geomatika di Universitas Gadjah Mada melalui beasiswa SPIRIT.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, T. (2010). Usability Issues in Applying Participatory Mapping for Neighborhood Infrastructure Planning. *Transactions in GIS*, 14(2), 119–147. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2010.01206.x>
- Askenäs, L., & Westelius, A. (2003). Five Roles of an Information System: A Social Constructionist Approach to Analysing the Use of ERP Systems, Informing Science. *Informing Science: the international journal of an emerging transdiscipline*, 6, 209–220.
- Badan Pertanahan Nasional (BPN). (2005). Land Office Computerization (LOC). *Workshop LOC di Jakarta*. Badan Pertanahan Nasional.
- Badan Pertanahan Nasional (BPN). (2011). Grand Design TIK BPN-RI. *Workshop KKP di Kanwil BPN Prov. D.I. Yogyakarta tanggal 5 Desember 2011*. Badan Pertanahan Nasional.
- Badan Pertanahan Nasional (BPN). (2011). Pembangunan Basis Data Pertanahan yang Terintegrasi untuk Mendukung Sistem Informasi dan Manajemen Pertanahan Nasional. Jakarta, Indonesia: Badan Pertanahan Nasional.
- Badan Pertanahan Nasional (BPN). (2011). Pembangunan GeoKKP. *Workshop KKP di Kanwil BPN Prov. D.I. Yogyakarta tanggal 5 Desember 2011*. Badan Pertanahan Nasional.
- Bin, W., Jian, Y., Zhongming, Z., Yu, M., Anzhi, Y., Jingbo, C., ... Shunxi, L. (2014). Parcel-Based Change Detection in Land-Use Maps by Adopting the Holistic Feature. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(8), 3482–3490.

- Boehm, B. (2000). *Spiral Development: Experience, Principles, and Refinements* (No. CMU/SEI-2000-SR-008). (W. J. Hansen, Ed.). Pittsburgh, Pennsylvania, US: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- Brabham, D. C. (2013). *Using Crowdsourcing In Government*. Washington D.C., USA: IBM Center for the Business for Government. Diambil dari <http://www.businessofgovernment.org/report/usin-g-crowdsourcing-government>
- Burrough, P. A., & Frank, A. U. (1994). Concepts and paradigms in spatial information: are current geographical information systems truly generic? *International Journal of Geographical Information Science*, 9(2), 101–116.
- Busser, D., & Wrazien, D. (2008). Enterprise GIS: Principles, Architectures, and Strategies. *ESRI Technical Workshops*.
- Chapin, M. A. C. (2006). Mapping projects: identifying obstacles, finding solutions. In *Participatory Learning & Action* 54 (hal. 93–97).
- Chapin, M., Lamb, Z., & Threlkeld, B. (2005). Mapping Indigenous Lands. *Annual Review of Anthropology*, 34(1), 619–638. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120429>
- Chatty, D., Baas, S., & Fleig, A. (2003). *Participatory Processes towards Co-Management of Natural Resources in Pastoral Areas of the Middle East*. Rome and Palmyra: FAO.
- CIMSA Ig AIE. (2015). Komputerasi Badan Pertanahan Nasional (LOC) - Indonesia. Diambil 12 Mei 2015, dari <http://www.cimsaig.com>
- Dale, P., & McLaughlin, J. (1999). *Land Administration*. New York, USA: Oxford University Press.
- De Zeeuw, K., & Salzmann, M. (2011). Cadastral Innovation Driven by Society: Evolution or Revolution? In *FIG Working Week 2011: Bridging the Gap between Cultures*. Marrakech, Morocco.
- Drake, B. j. (1992). *Use and Data Quality Analysis of a Parcel-Based Land Information System for Identification of Potential Remediation Sites*. Master Thesis. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, New York, USA.
- Du Plessis, J. (2014). The continuum of land rights approach. In *The FIG Director Generals Forum 2014*. Kuala Lumpur, Malaysia: UN-HABITAT & FIG.
- Esmaili, R., Naseri, F., & Esmaili, A. (2013). Quality Assessment of Volunteered Geographic Information. *American Journal of Geographic Information System*, 2(2), 19–26. <https://doi.org/10.5923/j.ajgis.20130202.01>
- ESRI. (2017). Land Information Sytem. Diambil 12 Desember 2017, dari <https://support.esri.com/en/other-resources/gis-dictionary/term/land-information-system>
- Flanagin, A. J., & Metzger, M. J. (2008). The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal*, 72(3–4), 137–148. <https://doi.org/10.1007/s10708-008-9188-y>
- General Electric. (2014). Smallworld Core. Diambil 28 Februari 2015, dari http://www.gedigitalenergy.com/Geospatial/catalog/smallworld_core.htm
- Ghose, R., & Elwood, S. (2003). Public Participation GIS and Local Political Context: Propositions and Research Directions. *URISA Journal*, 15(APA II), 17–24.

- Haklay, M. M., Antoniou, V., Basiouka, S., Soden, R., & Mooney, P. (2014). *Crowdsourced Geographic Information use in Development. World Bank Report*. Washington D.C., USA: International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), World Bank. Diambil dari www.dfdrr.org
- Heo, J. (2001). *Development and Implementation of A Spatio-Temporal Data Model for Parcel-Based Land Information Systems. Dissertation*. University of Wisconsin-Madison, USA. <https://doi.org/10.16953/deusbed.74839>
- Hermosilla, T., Díaz-Manso, J. M., Ruiz, L. a., Recio, J. a., Fernández-Sarría, a., & Ferradáns-Nogueira, P. (2012). Analysis of parcel-based image classification methods for monitoring the activities of the Land Bank of Galicia (Spain). *Applied Geomatics*, 4(4), 245–255. <https://doi.org/10.1007/s12518-012-0087-z>
- IFAD. (2009). *Good practices in participatory mapping*. International Fund for Agricultural Development.
- Jankowski, P., & Nyerges, T. (2003). Toward a Framework for Research on Geographic Information-Supported Participatory Decision-Making. *URISA Journal*, 15, APA I, 9–17.
- Jordan, R. (2017). Jokowi Bikin One Map Policy, Apa Manfaatnya? Diambil 18 Maret 2018, dari <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-3529595/jokowi-bikin-one-map-policy-apa-manfaatnya>
- Keenja, E., De Vries, W., & Bennett, R. (2012). Crowd Sourcing for Land Administration: Perceptions within Netherlands Kadaster. In *FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage*. Rome, Italy.
- Kementerian ATR/BPN. (2014). Data Pertanahan. Diambil 7 Oktober 2014, dari <http://www.bpn.go.id/Publikasi/Data-Pertanahan>
- Kementerian ATR/BPN. (2014). Layanan Online Kantor Pertanahan (LOKET) dan Pelayanan Mandiri Akta Pertanahan (PERMATA). Diambil 10 Maret 2015, dari <http://www.bpn.go.id/Berita/Siaran-Pers/layanan-online-kantor-pertanahan-loket-dan-pelayanan-mandiri-akta-tanah-permata-diresmikan-4786>
- Kementerian ATR/BPN. (2014). Sekilas Badan Pertanahan Nasional. Diambil 7 Oktober 2014, dari <http://www.bpn.go.id/Tentang-Kami/Sekilas>
- Kementerian ATR/BPN. (2015). Komputerisasi Layanan Pertanahan. Diambil 1 Februari 2015, dari <http://www.bpn.go.id/Publikasi/Inovasi/Komputerisasi-Layanan-Pertanahan>
- Laarakker, P., Georgiadou, Y., & Zevenbergen, J. (2014). Person, Parcel, Power, Towards an extended model for Land Registration. In *The FIG Congress 2014: Engaging the Challenges, Enhancing the Relevance*. Kuala Lumpur, Malaysia: FIG (International Federation of Surveyors).
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2007). *Management Information Systems* (10th ed.). Pearson Education, Inc.
- Lu, K. S. (2001). *A Parcel GIS-Based Multinomial Logistic Model for Destination Land Use Prediction. Dissertation*. The Graduate School of Clemson University, Clemson, South Carolina, USA. <https://doi.org/10.16953/deusbed.74839>
- Malasari, O. (2010). *Perancangan dan penerapan teknik pemetaan partisipatif data fisik dan data yuridis pada peta online BPN*. Magister Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- McMullen, R. E. (2002). *A Parcel-Based Approach to Prioritizing for Protection: A Case Study in The Credit River Watershed. Master Thesis*. University of Guelph, Canada.
- Mustofa, F. C., & Aditya, T. (2009). Perancangan Aplikasi Layanan Informasi Pertanahan untuk PPAT Berbasis Web Services. *BHUMI - Jurnal Ilmiah Pertanahan STPN Yogyakarta*, 1, 57–70.
- Mustofa, F. C., & Nugraha, S. (2013). Aplikasi Pendukung Sistem Informasi LP2B Berbasis GeoServer: Studi Kasus di Kabupaten Batang. In *FIT ISI 2013 "Peran Geospasial dalam pengelolaan Sumber Daya secara berkelanjutan."* Yogyakarta: ISI dan STPN Yogyakarta.
- O'Brien, J. A. A., & Marakas, G. M. M. (2011). *Management Information Sisytems* (10th ed.). New York, USA, USA: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Orban, F. (2011). *Participatory Geographic Information Systems and Land Planning*. Namur, Belgium: FUNDP. Diambil dari www.fundp.ac.be/asbl/pun
- Prabowo, H. L. (2011). *Penetapan Batas Wilayah dalam rangka Pendaftaran Tanah melalui Pemetaan Partisipatif: Studi kasus Desa Permu dan Desa Imigrasi Permu Kecamatan Kepahiang Kabupaten Kepahiang*. Magister Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Steinmann, R., Krek, A., & Blaschke, T. (2004). Analysis of Online Public Participatory GIS Applications with respect to the Differences between the US and Europe. In *Urban Data Management Symposium '04*. Chioggia, Italy.
- Stone, B., & Norman, J. M. (2006). Land use planning and surface heat island formation: A parcel-based radiation flux approach. *Atmospheric Environment*, 40(19), 3561–3573. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.01.015>
- Tuladhar, A. M. (2004). *Parcel-based Geo-Information System: Concepts and Guidelines. ITC Dissertation 115*. International Institute For Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.
- U.S. House of Representatives. (1999). Systems Development Life-Cycle Policy. Diambil dari <http://www.house.gov/content/cao/procurement/ref-docs/SDLCPOL.pdf>
- UN-HABITAT. (2008). *Secure Land Rights for All*. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT).
- Walter, G., & Ye, Q. (2004). *Effectiveness of Participatory Approaches: Do the New Approaches Offer an Effective Solution to the Conventional Problems in Rural Development Projects?* (Vol. 2005–1). Asian Development Bank.
- Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2010). *Land Administration for Sustainable Development*. California, USA: ESRI Press Academic.
- Williamson, I., Rajabifard, A., Kalantari, M., & Wallace, J. (2012). AAA Land Information: Accurate, Assured and Authoritative. In *Surveying towards Sustainable Development, 8th FIG Regional Conference 2012*. Montevideo, Uruguay.

PEMETAAN SEBARAN BUDIDAYA RUMPUT LAUT: PENDEKATAN ANALISIS MULTITEMPORAL (Studi Kasus di Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan)

*(Mapping the Distribution of Seaweed Mariculture: Analysis of Multitemporal Approach
A Case Study in Takalar South Sulawesi)*

Ati Rahadiati¹, Kadarwan Soewardi², Yusli Wardiatno², dan Dewayany Sutrisno³

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Institut Pertanian Bogor

³Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia

Email: ati_rahadiati@yahoo.com

Diterima (received): 16 Agustus 2017; Direvisi (revised): 04 April 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 25 April 2018

ABSTRAK

Budidaya rumput laut merupakan salah satu kegiatan di daerah pesisir yang berkembang sangat pesat. Untuk mengetahui kondisi eksisting luasan budidaya rumput laut perlu dilakukan pemetaan sebaran budidaya rumput laut. Pemetaan sebaran budidaya rumput laut akan lebih cepat dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengestimasi sebaran dan luasan budidaya rumput laut hasil interpretasi Landsat 8 OLI multitemporal. Proses analisis menggunakan metode klasifikasi terbimbing. Sebagai studi kasus digunakan wilayah pesisir Kabupaten Takalar. Hasil interpretasi citra Landsat 8 OLI perekaman tahun 2016 luasan musim barat 2.451 hektar, musim peralihan pertama 2.017,11 hektar, musim timur 637,9 hektar, dan musim peralihan kedua seluas 1.169,2 hektar. Nilai akurasi keseluruhan Landsat 8 OLI perekaman 15 Februari 2016 sebesar 93%, 87% pada perekaman 21 Mei 2016, 89% perekaman 10 September 2016, dan 91% untuk perekaman 11 November 2015 yang menunjukkan bahwa citra Landsat 8 OLI multitemporal dapat mengestimasi luasan eksisting budidaya rumput laut.

Kata kunci: pemetaan, budidaya rumput laut, Landsat 8 OLI

ABSTRACT

Seaweed mariculture is one activity in coastal areas are growing very rapidly. To determine the extent of the existing condition of seaweed farming needs to be done the distribution mapping of seaweed mariculture. Mapping the distribution of seaweed mariculture is valued by using remote sensing technology. The purpose of this research is to map the distribution of seaweed mariculture using image Landsat 8 OLI multitemporal. As a case study used in coastal area of Takalar regency. The analysis process used supervised classification method. Landsat 8 OLI analysis, recording of 2016 in the west season 2451 hectares, 2017.11 hectares in the first transition season, 637.9 hectares in the east monsoon, and area in the second transition seasons 1169.2 hectares. The overall accuracy score of Landsat 8 OLI recording of February 15, 2016 is 93%, 87% on recording May 21, 2016, 89% recording September 10, 2016 and 91% recording for November 11, 2015, which shows multitemporal of Landsat 8 OLI can estimate the extent of the existing seaweed mariculture.

Keywords: mapping, seaweed mariculture, Landsat 8 OLI

PENDAHULUAN

Pengembangan budidaya rumput laut di Indonesia mulai dirintis sejak tahun 1980-an dengan tujuan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi wilayah pesisir (Aslan, 1998). Kegiatan budidaya rumput laut di wilayah pesisir Indonesia dilakukan oleh masyarakat nelayan setempat, dimana budidaya ini merupakan salah satu alternatif pemanfaatan kawasan pesisir dan laut untuk meningkatkan taraf hidup para nelayan tradisional. Peningkatan produksi budidaya rumput laut masih cukup besar mengingat tingginya daya dukung dan potensi kawasan pengembangan yang masih terbuka luas untuk dimanfaatkan. Potensi

lahan budidaya laut mencapai 12.123.383 ha dan baru dimanfaatkan sekitar 281.474 ha (Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), 2015). Indonesia memiliki beberapa keunggulan untuk pengembangan budidaya laut di antaranya adalah Indonesia terletak di daerah tropis dengan iklim yang relatif stabil dan banyak wilayah yang sangat potensial untuk budidaya laut. Namun demikian, Indonesia memiliki kelemahan dalam hal infrastruktur yang masih terbatas dan tenaga kerja yang tidak terampil (Rimmer, 2010).

Total produksi rumput laut dunia pada tahun 2014 sekitar 27,3 juta ton, dimana produksi Indonesia mencapai 10,1 juta ton atau 37% dari

produksi total (FAO, 2016). Chopin, (2014) menyatakan bahwa 98,8% dari produksi rumput laut dihasilkan dari enam genus yaitu *Saccharina*, *Undaria*, *Porphyra*, *Gracilaria*, *Kappaphycus* dan *Sargassum*. Cina adalah negara produsen rumput laut terbesar, tetapi tidak menghasilkan rumput laut merah dan coklat. Indonesia dan Filipina adalah negara produsen utama rumput laut jenis *Kappaphycus* dan *Eucheuma* untuk industri karaginan (Bixler & Porse, 2010).

Jenis rumput laut yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah *Kappaphycus alvarezii*, *Eucheuma spinosum*, *Sargassum* sp., dan *Gracilaria* sp. Habitat awal *Gracilaria* sp. adalah di laut, tetapi karena mempunyai toleransi hidup yang tinggi terhadap salinitas, jenis ini sekarang banyak ditanam di tambak dengan perairan payau. Rumput laut *K. alvarezii* dan *E. spinosum* dibudidayakan di laut sepanjang pesisir pantai. Metode penanaman rumput laut yang paling banyak digunakan adalah metode *long-line*, karena metode ini fleksibel dalam pemilihan lokasi dan biaya yang dikeluarkan lebih murah (Anggadiredja et al., 2008). Sentra wilayah budidaya rumput laut jenis *K. alvarezii* dan *E. spinosum* terdapat di Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Nusa Tenggara Timur, Bali, Jawa Timur, Sulawesi Tenggara, dan Nusa Tenggara Barat. Produksi rumput laut Indonesia selalu menunjukkan peningkatan, dengan persentase kenaikan mencapai 27,92% antara tahun 2010 sampai dengan 2014. Produksi tahun 2010 sebesar 3,9 juta ton, tahun 2011 sebesar 5,2 juta ton, tahun 2012 sebesar 6,5 juta ton, tahun 2013 sebesar 9,3 juta ton pada, dan pada tahun 2014 mencapai 10,08 juta ton (KKP, 2015).

Perubahan musim sangat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut (Hurtado et al., 2001; Ateweberhan et al., 2015). Pertumbuhan rata-rata rumput laut *K. alvarezii* di Madagaskar dengan metode *long-line* lebih tinggi pada musim dingin antara bulan April sampai dengan Agustus (Ateweberhan et al., 2015). Sebaliknya di Maluku Tenggara pertumbuhan rumput laut paling rendah terjadi pada bulan Juni–Agustus (Kurnianto & Triandiza, 2013).

Teknologi sensor penginderaan jauh sekarang ini berkembang sangat pesat. Keunggulan citra satelit resolusi spasial tinggi adalah menghasilkan informasi yang lebih rinci dan dapat memberikan visual permukaan bumi secara detail. Dengan semakin berkembangnya teknologi sensor penginderaan jauh saat ini, pemetaan sebaran budidaya rumput laut sangat memungkinkan dilakukan dengan memanfaatkan teknologi ini. Jenis citra yang dapat digunakan di antaranya adalah citra Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*), ALOS AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2*), SPOT-6, dan Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*).

SPOT-6 diluncurkan pada tanggal 9 September 2012 dan memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi dibandingkan dengan seri satelit

SPOT sebelumnya. Resolusi spasial *band* pankromatik 1,5 m dan 6 m untuk *band* multispektral. SPOT-6 ini mempunyai kanal spektral biru yang dapat mengidentifikasi objek-objek dalam kolom air, mempertegas batas tepi pantai, sedimentasi laut dan mendeteksi sebaran terumbu karang (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, 2014). Dengan resolusi spasial yang sangat tinggi ini, diharapkan citra SPOT-6 dapat digunakan sebagai acuan dalam menginventarisasi sebaran budidaya rumput laut dengan akurat.

Satelit *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) atau lebih dikenal dengan Landsat 8 OLI diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013 oleh NASA dan mulai menyediakan produk citra yang dapat diakses secara gratis sejak tanggal 30 Mei 2013. Citra Landsat 8 OLI memiliki 11 *band*, di antaranya *band Visible*, *Near Infrared* (NIR), *Short-Wave Infrared* (SWIR), *Panchromatic* (*Band 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7*) dan *Thermal*. (*Band 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 9*) mempunyai resolusi spasial 30 m, *band-8* resolusi spasial 15 m, sementara *band-10* dan *band-11* resolusi spasialnya 100 m. Data penginderaan jauh Landsat memiliki kanal-kanal spektral yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi yang berkaitan dengan vegetasi, air, dan tanah. Berbagai kombinasi kanal spektral digunakan untuk dimanfaatkan sesuai tujuan yang akan dicapai. *Band* yang digunakan untuk memetakan objek dalam kolom air adalah *band 1, 2, 3, dan 4* (USGS, 2016).

Beberapa penelitian yang menggunakan citra satelit multispektral untuk menganalisis sebaran budidaya di daerah pesisir dan laut di antaranya Komatsu et al. (2012), Jasrah (2015), Selamat et al. (2015) dan Ariny (2016). Komatsu et al. (2012) menggunakan ALOS AVNIR-2 dengan metode penajaman spektral untuk memetakan daerah budidaya tiram dan kerang di Teluk Yamada Sanriku Jepang. *Pan-sharpened* citra ALOS AVNIR-2 dengan resolusi 10 m dan PRISM dengan resolusi spektral 2,5 m dapat memetakan sebaran rakit atau pelampung sebagai bagian dari fasilitas budidaya laut.

Jasrah (2015), Selamat et al. (2015) dan Ariny (2016) menggunakan Landsat 8 OLI untuk mengetahui potensi kawasan budidaya rumput laut. Jasrah (2015) dan Ariny (2016) melakukan klasifikasi lokasi budidaya rumput laut dengan metode *maximum likelihood* dan pemilihan daerah *training area* berdasarkan kejernihan perairan. Metode yang digunakan oleh Selamat et al. (2015) adalah dengan membandingkan sidik spektral dan tekstur permukaan objek yang terlihat di citra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pantulan spektral lokasi budidaya rumput laut lebih tinggi dibandingkan air laut yang jernih namun lebih rendah daripada air laut yang memiliki padatan tersuspensi tinggi. Dari beberapa penelitian pemanfaatan citra untuk pemetaan sebaran budidaya rumput belum ada penelitian yang mengkaji citra secara multitemporal berdasarkan

musim untuk estimasi luasan budidaya rumput laut.

Citra satelit sangat membantu dalam memperoleh data sebaran budidaya rumput laut. Selain itu perencanaan ruang untuk budidaya rumput laut dengan data penginderaan jauh akan mengurangi survei lapangan dan meningkatkan estimasi daerah potensial yang lebih luas secara temporal (Radiarta, 2014). Namun demikian, masih diperlukan pengujian mengenai kemampuan data penginderaan jauh terutama dalam aspek spektralnya dan metode pengolahan citra yang tepat untuk memperoleh informasi yang akurat. Inventarisasi dan pemetaan sebaran budidaya rumput laut dengan menggunakan data penginderaan jauh diharapkan menghasilkan informasi kondisi eksisting budidaya rumput laut yang berguna bagi pengelolaan pesisir dan kelautan yang berkelanjutan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah analisis citra Landsat 8 OLI multitemporal untuk memetakan sebaran budidaya rumput laut pada musim yang berbeda di Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan.

METODE

Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. Pemilihan lokasi penelitian dilakukan pada kabupaten tersebut dikarenakan Kabupaten Takalar merupakan penghasil rumput laut terbesar di Provinsi Sulawesi Selatan dengan produksi mencapai 500 ribu ton, dimana produksi rumput laut Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2013 mencapai 2,4 juta ton yang merupakan provinsi dengan produksi rumput laut terbesar di Indonesia (KKP, 2014). Kabupaten Takalar terletak antara 5°30' sampai 5°38' LS dan antara 119°22' sampai 119°39' BT dengan luas wilayah 566,51 km², sesuai yang ditunjukkan oleh **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi penelitian Kabupaten Takalar.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra SPOT-6 *pan-sharpened* tanggal perekaman 18 Maret 2013 dan citra Landsat 8 OLI multitemporal dengan tanggal perekaman 15 Februari 2016, 21 Mei 2016, 10 September 2016 dan 11 November 2015. Citra SPOT-6 daerah Kabupaten Takalar didapatkan dari Badan Informasi Geospasial yang terdiri dari 15 *scene*. Khusus pesisir Takalar tercakup dalam 8 *scene* SPOT-6. Citra SPOT-6 ini digunakan sebagai acuan dalam mengidentifikasi sebaran budidaya rumput laut dengan Landsat 8 OLI.

Citra Landsat 8 OLI diperoleh dengan mengunduh di <http://www.earthexplorer.usgs.gov>. Citra daerah Takalar tercakup dalam *path/row* 114/64. Level citra Landsat 8 OLI yang diunduh yaitu L1-T (*Level one – Terrain Corrected*), yang telah terbebas dari kesalahan akibat sensor satelit dan bumi, dengan format GeoTIFF yang telah di konversi atau di skalakan dalam bentuk *Digital Number* (DN, atau nilai piksel). Nilai piksel dengan format 16-bit *unsigned integer* dapat di konversikan kembali dalam bentuk energi yang diterima oleh sensor (bentuk energi sebelum di ubah menjadi nilai piksel). Landsat 8 OLI dikoreksi menjadi reflektan *Top of Atmosphere* (TOA) dengan *rescaling* nilai piksel ke dalam bentuk energi radiasi yang diterima oleh sensor. Citra Landsat 8 OLI untuk memetakan sebaran budidaya rumput laut menggunakan komposit RGB 432. Karakteristik spektral ketiga *band* tersebut sebagai berikut: *Band 4*: 0,64 – 0,67 µm (warna merah); *Band 3*: 0,53 – 0,59 µm (warna hijau); dan *Band 2*: 0,45 – 0,51 µm (warna biru).

Analisis Citra Landsat 8 OLI

Analisis objek rumput laut dengan menggunakan citra Landsat 8 OLI dilaksanakan dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing dengan tahapan sebagai berikut: Tahap 1: *processing* berupa koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan pengaruh atmosfer pada saat melakukan perekaman. Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengubah nilai *Digital Number* (DN) citra Landsat 8 OLI ke nilai reflektan TOA pada *band-2*, *band-3* dan *band-4*. Persamaan untuk koreksi reflektan (USGS, 2016):

$$\rho\lambda = ((M_p * Q_{cal}) + A_p) / \sin \theta \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- $\rho\lambda$ = Reflektan TOA
- M_p = Konstanta *rescaling*
(REFLECTANCE_MULT_BAND_N, dimana N adalah *band* yang digunakan)
- Q_{cal} = Nilai piksel (DN) *band* N
- A_p = Konstanta penambah
(REFLECTANCE_ADD_BAND_N, dimana N adalah *band* yang digunakan)
- θ = Sudut elevasi matahari

Tahap 2: penyesuaian histogram (*histogram adjustment*). Metode ini berdasarkan asumsi bahwa data pada panjang gelombang yang lebih besar cenderung lebih kecil pengaruh atmosfernya. Jika nilai minimum dari nilai histogram seluruh piksel lebih besar dari nol, maka nilai minimum pada histogram dianggap sebagai pengaruh atmosfer (Wahyuningrum, 2007). Formula untuk kalibrasi pengaruh atmosfer sebagai berikut;

$$\rho\lambda' = \rho\lambda - \rho\lambda_{\min} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- $\rho\lambda'$ = Nilai reflektan TOA hasil koreksi
- $\rho\lambda$ = Nilai reflektan citra pada saluran tertentu
- $\rho\lambda_{\min}$ = Nilai reflektan minimum yang diperoleh dari histogram

Tahap 3: pemotongan citra (*cropping*) dan proses *masking* sesuai dengan lokasi penelitian di perairan Takalar. Tahap 4: klasifikasi citra komposit *band 432* dengan metode klasifikasi citra terbimbing (*supervised classification*) dan menggunakan metode *maximum likelihood* (kemiripan maksimum). *Training area* diusahakan mencakup semua daerah budidaya rumput laut dan non budidaya yang terdiri dari kelas habitat perairan laut dangkal, air laut dan awan.

Survei Lapangan

Pengamatan lapangan dilakukan untuk memvalidasi hasil interpretasi citra, identifikasi lokasi budidaya dengan cara *tracking* di lapangan dengan menggunakan *Global Position Satellite* (GPS) *receiver*. Penentuan titik lapangan dilakukan berdasarkan sebaran budidaya rumput laut hasil interpretasi visual SPOT-6 *pan-sharpened* perekaman Maret 2013. Metode penentuan dan pengambilan sampel secara acak di daerah budidaya rumput laut (*purposive random sampling*).

Budidaya rumput laut tergantung dari musim. Untuk melihat sebaran dan luasan budidaya rumput laut selama empat musim maka dilakukan interpretasi citra Landsat 8 OLI empat perekaman dan survei lapangan sebanyak empat kali. Survei dilakukan pada akhir bulan Januari sampai dengan Februari 2016 untuk melihat kondisi budidaya pada musim barat, bulan Mei 2016 mewakili musim peralihan pertama, awal September 2016 merupakan musim timur dan terakhir pada bulan November 2016 untuk musim peralihan kedua.

Hasil survei lapangan digunakan untuk mengoreksi hasil interpretasi Landsat 8 OLI yang tidak sesuai dengan keadaan yang sebenarnya di lapangan dan untuk melengkapi data yang kurang atau belum diperoleh pada saat interpretasi.

Uji Akurasi

Uji akurasi adalah upaya menghitung tingkat kebenaran hasil interpretasi maupun pemetaan, hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kepercayaan yang diberikan terhadap data

interpretasi penginderaan jauh atau pemetaan yang dilakukan (Sutanto, 2013). Uji akurasi sebaran budidaya rumput laut dilakukan dengan membandingkan antara hasil klasifikasi digital dengan data yang diperoleh dari lapangan. Batas akurasi berdasarkan SNI 7716:2011 tentang pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal sebesar >60%. Anderson et al. (1976) menyatakan nilai akurasi total 85-90% untuk perencanaan sudah memuaskan.

Perhitungan akurasi diawali dengan menyusun matriks kesalahan (*confusion matrix*). *Confusion matrix* adalah proses menyusun data hasil klasifikasi dan hasil pengamatan di lapangan dalam sebuah tabel perbandingan persentase. Uji akurasi dilakukan dengan metode Koefisien Kappa yaitu membandingkan antara hasil klasifikasi penginderaan jauh dan data referensi dengan memperhitungkan nilai diagonal, nilai total kolom dan nilai total baris matriks kesalahan (Congalton & Green, 2009). Umumnya nilai koefisien Kappa antara 0 hingga 1. Jika nilai koefisien Kappa negatif berarti klasifikasi citra sangat jelek (Sutanto, 2013).

$$Koefisien\ Kappa\ (\hat{K}) = \frac{N\sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})} \dots\dots(3)$$

Akurasi juga dihitung berdasarkan *User's accuracy* (akurasi pengguna), *Producer's Accuracy* (akurasi produsen), dan *Overall accuracy* (akurasi keseluruhan).

$$User's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

$$Producer's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

- R = Jumlah baris dalam matriks kesalahan
- X_{ii} = Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i
- X_{i+} dan X_{+i} = Jumlah total baris ke-i dan kolom ke-i pinggir secara berurutan
- N = Jumlah total pengamatan pada matriks

HASIL DAN PEMBAHASAN

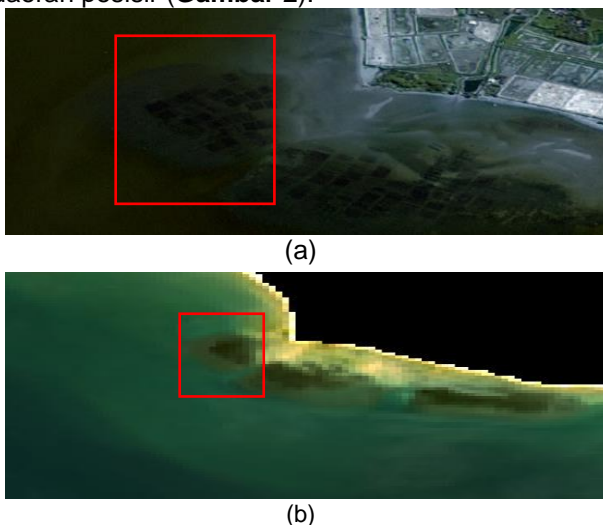
Kabupaten Takalar merupakan daerah yang memiliki potensi budidaya rumput laut yang sangat besar. Rumput laut di Kabupaten Takalar dibudidayakan secara mengelompok di tiga lokasi yang berbeda, yaitu daerah Teluk Laikang, Kecamatan Mangarabombang, Kepulauan Tanakeke, Kecamatan Mappakasunggu, dan daerah pesisir di Kecamatan Sanrobone dan Kecamatan Galesong Utara. Budidaya rumput laut sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang fluktuatif, terutama pengaruh arus, gelombang dan salinitas. Masa tanam budidaya rumput laut yang

produktif berlangsung dari musim barat sampai dengan musim peralihan pertama (Januari - Mei).

Luas areal budidaya rumput laut tiap nelayan bervariasi tergantung lokasi, musim dan modal. Sebagian besar nelayan pembudidaya mempunyai 100 bentangan. Budidaya rumput laut di Takalar dilakukan dengan metode *long-line*. Ukuran satu unit lahan budidaya rumput laut tergantung dari jumlah bentangan. Pada umumnya ukuran satu unit adalah 50 x 50 m atau 50 x 100 m, dengan panjang tali ris sekitar 50 m dan jarak antar ris 1 m. Penanaman bibit rumput laut dilakukan dengan cara mengikatkan pada tali ris bentangan dengan jarak 20 cm. Sebagian besar pembudidaya telah bergabung dalam kelompok budidaya rumput laut. Satu kelompok terdiri dari 10 sampai dengan 15 pembudidaya dengan lokasi unit budidaya berdekatan.

Analisis sebaran budidaya rumput laut dengan citra SPOT-6

Hasil analisis visual SPOT-6 *pan-sharpened* perekaman Maret 2013 menunjukkan budidaya rumput laut terdapat di tiga kecamatan, yaitu Mangarabombang, Sanrobone dan Galesong Utara. Citra SPOT-6 *pan-sharpened* secara visual menyajikan kenampakan yang mirip dengan aslinya di permukaan bumi sehingga dapat digunakan untuk pemetaan sebaran rumput laut di daerah pesisir (**Gambar 2**).



Gambar 2. Tampilan visual budidaya rumput laut di lokasi yang sama dengan (a) Citra SPOT-6 (b)Citra Landsat 8 OLI dengan pembesaran 4X.

Luasan rumput laut terbesar di Kabupaten Takalar 2013 terdapat di Kecamatan Mangarabombang (BPS, 2015). Kecamatan Mappakasunggu yang terdiri dari daerah pesisir daratan Sulawesi dan Kepulauan Tanakeke merupakan kecamatan sebagai produsen rumput laut terbesar kedua di Takalar. Tetapi dari citra SPOT-6 lokasi budidaya rumput laut di daerah pulau tidak teridentifikasi. Perairan di sekeliling Kepulauan Tanakeke agak keruh dan merupakan

perairan dangkal dengan substrat pasir atau karang, sehingga objek budidaya sulit terdeteksi secara visual.

Analisis citra Landsat 8 OLI multitemporal

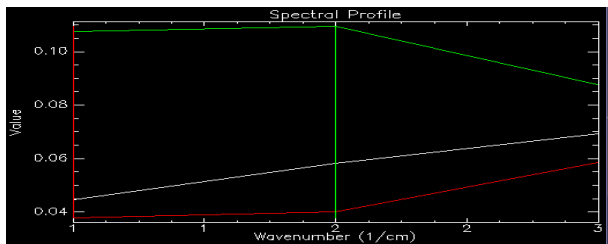
Pada citra Landsat 8 OLI dengan resolusi 30 m kenampakan visual budidaya rumput laut dicirikan dengan lokasi yang dekat pantai, mengelompok dan memiliki rona yang lebih gelap dibandingkan dengan habitat perairan laut dangkal. Kenampakan budidaya rumput laut pada citra SPOT-6 sangat mudah diidentifikasi dengan bentuk kotak unit budidaya, mengelompok di pinggiran pantai dan rona gelap. Hal ini disebabkan karena faktor resolusi yang dimiliki oleh citra SPOT-6 *pan-sharpened* lebih detail (resolusi spektral 1,5 m) dibandingkan dengan citra Landsat 8 OLI (**Gambar 2**).

Analisis digital Landsat 8 OLI dilakukan dengan metode klasifikasi terbimbing. Berdasarkan hasil interpretasi Landsat 8 OLI diketahui bahwa nilai pantulan spektral dari lokasi rumput laut memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pantulan air laut tetapi lebih rendah dibandingkan dengan nilai pantulan habitat perairan laut dangkal. Pantulan spektral pada perairan laut dangkal lebih cerah karena daerah tersebut terdapat campuran pasir dimana objek pasir memiliki respon spektral yang lebih sedikit nilai penyerapannya dibandingkan dengan nilai pantulannya. Hal ini sesuai dengan penelitian Selamat et al. (2015) bahwa air laut yang jernih memiliki nilai pantulan yang lebih rendah dibandingkan nilai pantulan spektral lokasi budidaya rumput laut.

Nilai pantulan objek budidaya rumput laut di perairan pesisir Takalar menunjukkan nilai pantulan spektral antara 0,04 μ m hingga 0,1 μ m, untuk air laut berkisar antara 0,01 μ m hingga 0,1 μ m dan perairan laut dangkal sekitar 0,06 μ m sampai dengan 0,14 μ m (**Gambar 3**, **Gambar 4**, **Gambar 5** dan **Gambar 6**). Rentang nilai pantulan objek air laut paling lebar dibandingkan rentang nilai pantulan budidaya rumput laut dan perairan laut dangkal. Nilai pantulan spektral rumput laut sebagian bertampalan dengan nilai pantulan air laut, karena pengaruh bentangan sehingga budidaya rumput laut yang berlokasi di perairan tenang dan lebih jernih hampir sama dengan air laut.

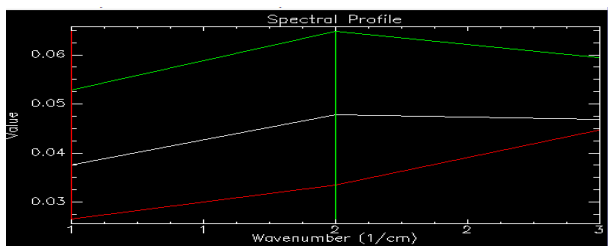
Hasil olahan citra Landsat 8 OLI tersebut menunjukkan bahwa lokasi dominan rumput laut berada di Teluk Laikang dan Kepulauan Tanakeke seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 7**. Budidaya rumput laut sangat tergantung dari kondisi iklim dan lingkungan perairan. Produksi maksimal budidaya rumput laut di Takalar berlangsung antara musim barat sampai dengan musim peralihan pertama, sekitar bulan Januari sampai dengan Mei. Budidaya rumput laut *K. alvarezii* dalam satu tahun dapat dipanen tiga sampai dengan empat kali. Rumput laut jenis *K. alvarezii*

berumur 40-45 hari dan untuk jenis *E. spinosum* sekitar 20 hari.

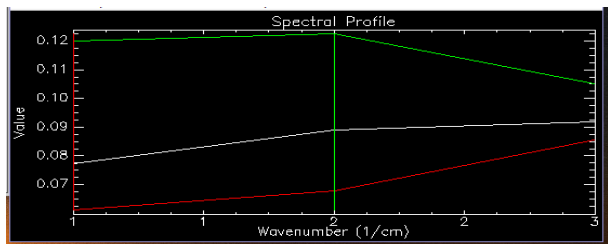


Keterangan: (warna putih = rumput laut, hijau = habitat perairan laut dangkal, merah = air laut).

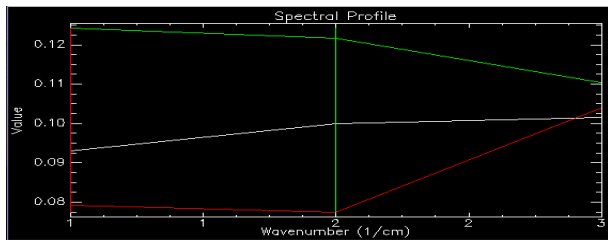
Gambar 3. Pantulan spektral Landsat 8 OLI pada Musim barat



Gambar 4. Pantulan spektral Landsat 8 OLI pada Musim peralihan pertama.



Gambar 5. Pantulan spektral Landsat 8 OLI pada Musim timur.



Gambar 6. Pantulan spektral Landsat 8 OLI pada Musim peralihan kedua.

Hasil penelitian Kurnianto & Triandiza (2013) di Maluku Tenggara menunjukkan pertumbuhan rumput laut paling rendah terjadi pada pertengahan Juni sampai dengan Agustus. Sebaliknya kajian Radiarta et al. (2013) di Teluk Gerupuk Kabupaten Lombok Tengah menunjukkan bahwa musim produktif budidaya rumput laut terjadi pada bulan Juni-November dan saat musim penghujan bulan November-Maret umumnya rumput laut tidak berproduksi. Hal ini menunjukkan bahwa musim sangat mempengaruhi produksi budidaya rumput laut. Di Indonesia kondisi oseanografi sangat dipengaruhi oleh angin muson dan arus lintas Indonesia (Arlindo), yang mengakibatkan terjadinya musim barat (Desember-Februari), musim timur (Juni-Agustus) dan musim peralihan. Oleh karena hal tersebut

maka dilakukan analisis sebaran budidaya rumput laut berdasarkan musim dengan menggunakan citra yang tersedia yaitu Landsat 8 OLI multitemporal.

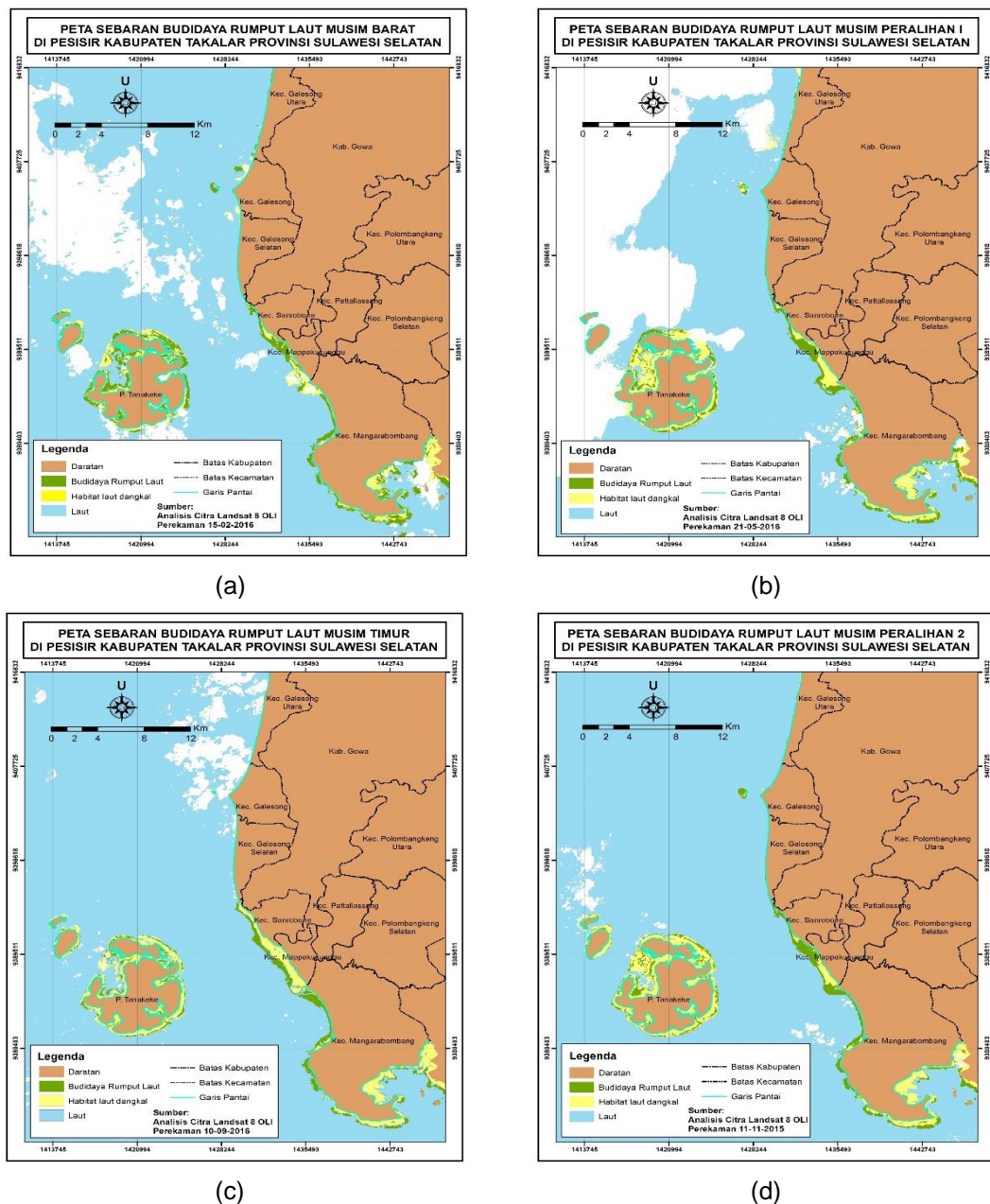
Hasil empat kali survei pada lokasi budidaya dibandingkan dengan klasifikasi citra Landsat 8 OLI multitemporal. Tanggal perekaman Landsat 8 OLI diusahakan sama atau berdekatan dengan survei lapangan. Bulan perekaman tiga citra Landsat 8 OLI sesuai dengan survei lapangan, hanya untuk satu citra yang berbeda dengan survei lapangan bulan November 2016. Hasil unduh citra Landsat 8 OLI untuk perekaman November atau Desember 2016 mempunyai tutupan awan di lokasi budidaya yang cukup besar sehingga hasil klasifikasi kurang optimal. Oleh karena itu untuk bulan November diambil data Landsat 8 OLI perekaman 11 November 2015. **Gambar 7** menunjukkan peta sebaran budidaya rumput laut dan luasan eksisting budidaya untuk empat musim dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Luasan budidaya terendah terdapat pada bulan September yang merupakan akhir musim kemarau. Nelayan sedikit menanam rumput laut pada musim timur dikarenakan kondisi perairan dan cuaca tidak mendukung sehingga sebagian besar lahan dibiarkan tidak ditanami dan sebagian lagi ditanami untuk dibuat bibit. Hasil penelitian Irfan (2015) menunjukkan nilai salinitas di daerah budidaya rumput laut pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan musim hujan karena curah hujan yang rendah dan penguapan yang tinggi. Nontji (2002) menyatakan penyebaran salinitas sangat dipengaruhi oleh pola sirkulasi air, penguapan curah hujan, dan aliran sungai. Salinitas yang tinggi akan menyebabkan pertumbuhan rumput laut rendah bahkan kematian (Choi et al., 2010; Hayashi et al., 2011; Arisandi et al., 2011; Ding et al., 2013; Yong et al., 2014; Mosquera-murillo & Peña-salamanca, 2016).

Pada musim barat dan musim peralihan pertama, luasan budidaya sangat luas. Hasil survei menunjukkan bahwa pada bulan tersebut produksi maksimal rumput laut terjadi di Takalar. Cuaca pada musim tersebut sangat mendukung perkembangan rumput laut, dimana dalam masa pertumbuhannya rumput laut membutuhkan curah hujan yang cukup. Data sepuluh stasiun di Kabupaten Takalar musim hujan tahun 2016 cenderung mundur dimana pada bulan Mei masih sering terjadi hujan. Curah hujan rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Februari. Musim kemarau cenderung pendek terjadi pada bulan Juli sampai dengan awal September BMKG (2016). Hasil analisis Landsat 8 OLI sesuai dengan pengamatan lapangan pada bulan Januari, September dan November, dimana luasan budidaya rumput laut di Takalar berbeda-beda tergantung dari musim. Masa tanam budidaya rumput laut di empat kecamatan berbeda, untuk Kecamatan Mangarabombang dan Kecamatan Mappakasunggu hampir berlangsung sepanjang tahun, tetapi luasan dan lokasinya yang berubah.

Nelayan pembudidaya menanam rumput laut di bagian dalam Teluk Laikang Mangarabombang pada musim hujan dan di bagian luar teluk ketika musim kemarau. Pembudidaya di Kecamatan Sanrobone pada umumnya menanam rumput laut pada bulan Maret sampai dengan Oktober. Untuk Galesong Utara bulan Mei–Oktober. Hasil interpretasi Landsat 8 OLI luasan budidaya pada musim peralihan pertama (**Gambar 7b**) lebih rendah dibandingkan dengan musim barat (**Gambar 7a**). Hal ini tidak sesuai dengan hasil survei bulan Mei, dimana lokasi budidaya sangat luas. Hasil interpretasi yang *under estimate* terjadi karena ketika proses klasifikasi nilai pantulan lokasi budidaya rumput laut tercampur dengan nilai pantulan air laut, sehingga ada sebagian lokasi budidaya yang teridentifikasi sebagai air laut. Interpretasi yang tidak sesuai dengan kondisi

lapangan terletak di Teluk Laikang, dimana interpretasi citra menunjukkan sedikit sekali lokasi budidaya, seperti yang terlihat pada **Gambar 7b**. Budidaya rumput laut di bagian tengah Teluk Laikang berlokasi di kedalaman yang lebih dari 10 m. Tampilan visual budidaya rumput laut di lokasi ini tersamar oleh air laut dengan rona yang gelap juga. Hal ini terlihat dari nilai spektral budidaya rumput laut yang sebagian mirip dengan nilai spektral air laut (**Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6**). Pemilihan *training area* ketika proses klasifikasi perlu lebih detail dan lebih banyak di daerah budidaya agar hasil interpretasi sesuai dengan di lapangan. Selain itu perlu kajian lebih lanjut analisis Landsat 8 OLI untuk sebaran budidaya rumput laut dengan pendekatan lain seperti klasifikasi berbasis objek.



Gambar 7. Peta sebaran budidaya rumput laut di Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan: (a) musim barat, (b) musim peralihan ke-1, (c) musim timur, dan (d) musim peralihan ke-2.

Tabel 1. Luas areal budidaya hasil interpretasi Landsat 8 OLI (hektar).

No.	Kecamatan	Musim			
		Barat	Peralihan 1	Timur	Peralihan 2
1.	Mangarabombang	842,78	593,15	288,53	336,88
2.	Mappakasunggu	1.338,79	1.102,45	302,53	689,95
3.	Sanrobone	200,03	304,56	43,22	138,06
4.	Galesong Utara	69,40	16,95	3,66	4,29
Kabupaten Takalar		2.451,00	2.017,11	637,94	1.169,18

Uji Akurasi

Uji akurasi interpretasi dilakukan dengan membandingkan antara sebaran budidaya rumput laut hasil interpretasi dengan hasil survei lapangan. **Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4** dan **Tabel 5** menunjukkan *confusion matrix* Landsat 8 OLI untuk empat perekaman. Hasil interpretasi dibandingkan dengan pengamatan lapangan tahun 2016. Akurasi produsen dan akurasi pengguna lebih dari 80%, kecuali akurasi pengguna pada perekaman 21 Mei 2016 (**Tabel 3**) dengan nilai 73%. Akurasi yang kurang dari 80% terjadi ketika hasil klasifikasi Landsat 8 OLI menunjukkan air laut tetapi kenyataan di lapangan adalah budidaya rumput laut.

Tabel 2. *Confusion matrix* Landsat 8 OLI multitemporal bulan Februari.

Klasifikasi	Budidaya	Non	Total	Akurasi Pengguna
Perekaman 15 Februari 2016				
Budidaya	50	3	53	94%
Non	2	20	22	91%
Total	52	23	75	
Akurasi Produsen	96%	87%		

Keterangan: Non = kelas selain budidaya rumput laut (air laut dan habitat perairan dangkal)

Tabel 3. *Confusion matrix* Landsat 8 OLI multitemporal bulan Mei.

Klasifikasi	Budidaya	Non	Total	Akurasi Pengguna
Perekaman 21 Mei 2016				
Budidaya	43	2	45	96%
Non	8	22	30	73%
Total	51	23	75	
Akurasi Produsen	84%	96%		

Tabel 4. *Confusion matrix* Landsat 8 OLI multitemporal bulan September.

Klasifikasi	Budidaya	Non	Total	Akurasi Pengguna
Perekaman 10 September 2016				
Budidaya	27	6	33	82%
Non	2	40	42	95%
Total	29	46	75	
Akurasi Produsen	93%	87%		

Tabel 5. *Confusion matrix* Landsat 8 OLI multitemporal bulan November.

Klasifikasi	Budidaya	Non	Total	Akurasi Pengguna
Perekaman 11 November 2016				
Budidaya	33	6	39	85%
Non	1	35	36	97%
Total	34	41	75	
Akurasi Produsen	97%	85%		

Tabel 6. Hasil uji akurasi Landsat 8 OLI multitemporal

No.	Landsat 8 OLI	Akurasi keseluruhan	Koefisien Kappa
1.	Februari 2016	93%	0,84
2.	Mei 2016	87%	0,72
3.	September 2016	89%	0,78
4.	November 2015	91%	0,81

Akurasi keseluruhan diperoleh nilai yang lebih besar daripada 85% sehingga hasil klasifikasi budidaya rumput laut ini memenuhi syarat yang ditetapkan USGS (>85%). Hal ini berarti bahwa citra Landsat 8 OLI dapat digunakan untuk estimasi luasan budidaya rumput laut, karena semakin tinggi nilai akurasi menunjukkan hasil analisis semakin teliti dan akurat. **Tabel 6** menampilkan akurasi keseluruhan dan koefisien Kappa Landsat 8 OLI.

Koefisien akurasi Kappa Landsat 8 OLI perekaman Februari dan November lebih besar dari 0,8 yang berarti termasuk dalam kategori akurasi sangat dipercaya. Koefisien Kappa paling rendah 0,72 terukur pada Landsat 8 OLI bulan Mei 2016 dan untuk bulan September 2016 nilainya 0,78. Nilai Kappa ini termasuk kelas antara 0,4-0,8 yang menunjukkan kategori sedang. Hal ini berarti uji akurasi yang telah dilakukan tidak dalam akurasi yang sangat dipercaya (Congalton & Green, 2009). Nilai akurasi yang kurang baik disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya dalam proses pengambilan *training area* yang kurang tepat dan karena nilai pantulan spektral antara lokasi budidaya dan air laut yang mirip.

Secara umum nilai akurasi Kappa mempunyai nilai akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan nilai akurasi keseluruhan. Akurasi Kappa menggunakan semua elemen dalam matriks sehingga dianggap lebih akurat dibandingkan perhitungan akurasi keseluruhan. Nilai akurasi keseluruhan hanya memperhitungkan nilai yang terletak dalam

diagonal suatu matriks kesalahan sehingga cenderung *over estimate* (Lee & Pottier, 2009).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pantulan objek rumput laut dengan Landsat 8 OLI menunjukkan berada disekitar 0,04 μm sampai dengan 0,1 μm . Pemetaan sebaran budidaya rumput laut dengan Landsat 8 OLI dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing *maximum likelihood* memiliki nilai akurasi keseluruhan lebih dari 85%, sehingga metode ini bisa digunakan dalam identifikasi lokasi budidaya. Rentang akurasi Kappa antara 0,72 sampai dengan 0,84. Untuk lebih meningkatkan akurasi Kappa dan akurasi keseluruhan perlu perbaikan dalam pemilihan *training area*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial atas dukungan data dan fasilitas yang diberikan. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Waode Sitti Cahyani, MSi., Fajar, SPi., dan Ima Rahmawati, SSI. atas bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Makalah ini merupakan bagian dari penelitian program pascasarjana yang didanai oleh Kemenristekdikti.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, B. J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (1976). A Land Use and Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. *Geological Survey Professional Paper, 2001(964)*, 41. Retrieved from http://igett.delmar.edu/08/Cohort2/LearningUnitExamples/notes/LUDanScollon/Support_Docs/refDoc.LULC_class_system_1976.pdf
- Anggadiredja, J., Zatinika, A., Purwoto, H., & Istini, S. (2008). *Rumput Laut* (Cetakan ke). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ariny, A. (2016). *Estimasi Produksi Rumput Laut Eucheuma sp. di Teluk Mallasoro Kabupaten Jeneponto menggunakan Citra Landsat 8*. Universitas Hasanuddin.
- Arisandi, A., Marsoedi, Nursyam, H., & Sartimbul, A. (2011). Pengaruh Salinitas yang Berbeda terhadap Morfologi, Ukuran dan Jumlah Sel, Pertumbuhan serta Rendemen Karaginan *Kappaphycus alvarezii*. *Ilmu Kelautan*, 16(3), 143–150.
- Aslan, L. (1998). *Budidaya Rumput Laut*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ateweberhan, M., Rougier, A., & Rakotomahazo, C. (2015). Influence of environmental factors and farming technique on growth and health of farmed *Kappaphycus alvarezii* (cottonii) in south-west Madagascar. *Journal of Applied Phycology*, 27(2), 923–934. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0378-3>
- Badan Pusat Statistik. (2015). *Kabupaten Takalar dalam Angka 2015*. Takalar: Badan Pusat Statistik.
- Bixler, H. J., & Porse, H. (2010). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Journal of Applied Phycology*. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9529-3>
- Choi, T. S., Kang, E. J., Kim, J. H., & Kim, K. Y. (2010). Effect of salinity on growth and nutrient uptake of *Ulva pertusa* (Chlorophyta) from an eelgrass bed. *Algae*, 25(1), 17–26. <https://doi.org/10.4490/algae.2010.25.1.017>
- Chopin, T. (2014). Seaweeds: Top mariculture crop, ecosystem service provider. *Global Aquaculture Advocate*.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2009). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. The Photogrammetric Record* (Vol. 2). https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2010.00574_2.x
- Ding, L., Ma, Y., Huang, B., & Chen, S. (2013). Effects of Seawater Salinity and Temperature on Growth and Pigment Contents in *Hypnea cervicornis* J. Agardh (Gigartinales, Rhodophyta). *BioMed Research International*, 2013, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2013/594308>
- Food & Agriculture Organisation. (2016). *Fishery and Aquaculture Statistics*. FAO. <https://doi.org/10.5860/CHOICE.50-5350>
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2016). Data Curah Hujan Bulanan Pos Hujan Kerjasama di Kabupaten Takalar. Makassar: Balai Besar Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah IV Makassar.
- Hayashi, L., Faria, G. S. M., Nunes, B. G., Zitta, C. S., Scariot, L. A., Rover, T., ... Bouzon, Z. L. (2011). Effects of salinity on the growth rate, carrageenan yield, and cellular structure of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) cultured in vitro. *Journal of Applied Phycology*, 23, 439–447. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9595-6>
- Hurtado, A. Q., Agbayani, R., Sanares, R., & Castro-mallare, M. T. R. De. (2001). The seasonality and economic feasibility of cultivating *Kappaphycus alvarezii* in Panagatan. *Aquaculture*, 199, 295–310.
- Irfan, M. (2015). Feasibility Study on the Seaweed *Kappaphycus alvarezii* Cultivation Site in Indari Waters of West Bacan District, South Halmahera Regency, North Moluccas Provinces, Indonesia. *Nigerian Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3(1&2), 13–21.
- Jasrah, S. R. (2015). *Aplikasi Citra Landsat-8 untuk Estimasi Potensi Produksi Rumput Laut di Kabupaten Bantaeng*. Universitas Hasanuddin.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2014). *Analisis Data Pokok Kelautan dan Perikanan*. Jakarta: Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2015). *Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2015*. Jakarta: Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Komatsu, T., Sagawa, T., Sawayama, S., Tanoue, H., Mohri, A., & Sakanishi, Y. (2012). Mapping is a Key for Sustainable Development of Coastal Waters: Examples of Seagrass Beds and Aquaculture Facilities in Japan with Use of ALOS Images. *Sustainable Development – Education, Business and Management – Architecture and Building Construction – Agriculture and Food Security*, 145–160. <https://doi.org/10.5772/26613>
- Kurnianto, D., & Triandiza, T. (2013). Pengaruh musim

- terhadap pertumbuhan dan hasil rumput laut *Eucheuma cottoni* yang ditanam pada dua lokasi perairan di Maluku Tenggara. In *Seminar Nasional Sains & Teknologi V, Lembaga Penelitian Universitas Lampung* (pp. 1534–1541).
- Lee, J. S., & Pottier, E. (2009). *Polarimetric Radar Imaging: From Basics to Applications*. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. (2014). Spesifikasi data SPOT-6 dan SPOT-7. Retrieved from <http://pustekdata.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2014/2631/Spesifikasi-Data-Spot-6-dan-Spot-7/litbang-pengolahan-data>
- Mosquera-Murillo, Z., & Peña-Salamanca, E. J. (2016). Effect of salinity on growth of the green alga *Caulerpa sertularioides* (Bryopsidales , Chlorophyta) under laboratory conditions. *Hidrobiologica*, 26(2), 277–282. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57849746014>
- Nontji, A. (2002). *Laut Nusantara* (Cetakan ke-3). Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Radiarta, I. N. (2014). Remote Sensing and GIS Approaches Toward Sustainable Management of Marine Aquaculture in Indonesia. *Indonesian Aquaculture Journal*, 8(2), 173–179. <https://doi.org/10.15578/IAJ.8.2.2013.173-179>
- Radiarta, I. N., Erlania, E., & Rusman, R. (2013). Pengaruh iklim terhadap musim tanam rumput laut, *Kappaphycus alvarezii* di Teluk Gerupuk Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 8(3), 453–464. <https://doi.org/10.15578/jra.8.3.2013.453-464>
- Rimmer, M. A. (2010). Mariculture Development in Indonesia: Prospects and Constraints. *Indonesian Aquaculture Journal*, 5(2), 187–201.
- Selamat, M. B., Samawi, M. F., Zainuddin, & Massinai, A. (2015). Aplikasi Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh Satelit untuk Evaluasi Pemanfaatan Ruang Budidaya Rumput Laut di Pantai Amal, Kota Tarakan, Kalimantan Utara. In *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan II*. Makassar.
- Sutanto. (2013). *Metode Penelitian Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- USGS. (2016). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook* (Vol. 2). South Dakota.
- Wahyuningrum, P. I. (2007). *Pengembangan Algoritma untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Landsat-7 Etm+*. IPB.
- Yong, W. T. L., Ting, S. H., Yong, Y. S., Thien, V. Y., Wong, S. H., Chin, W. L., ... Anton, A. (2014). Optimization of culture conditions for the direct regeneration of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae). *Journal of Applied Phycology*, 26(3), 1597–1606. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0191-4>

POTENSI KERAWANAN BENCANA BANJIR DAN LONGSOR BERBASIS KARAKTERISTIK GEOMORFOLOGI DI SUB-DAS GELIS, KELING, JEPARA

*(Potential Flood and Landslide Susceptibility Based on Geomorphological Characteristics
In Sub-Watershed of Gelis, Keling, Jepara)*

Ayu Dyah Rahma¹ dan Djati Mardiatno^{1,2}

¹Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

²Pusat Studi Bencana (PSBA) Universitas Gadjah Mada

Jalan Bulaksumur, Yogyakarta, 55281 - Indonesia

E-mail: aai.ayu88@gmail.com

Diterima (received): 29 Agustus 2017; Direvisi (revised): 17 April 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 11 Mei 2018

ABSTRAK

Bencana banjir dan longsor adalah kejadian yang sering terjadi di Kabupaten Jepara setiap musim penghujan. Wilayah kajian adalah Sub-DAS Gelis karena kejadian bencana banjir dan longsor yang banyak di area tersebut. Tujuan kajian ini adalah mengidentifikasi karakteristik geomorfologi dan variasi bentuklahan di Sub-DAS Gelis untuk analisis kerawanan bencana banjir dan longsor. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah survei dengan teknik sampling purposif. Analisis data kerawanan bencana dilakukan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan bantuan Perangkat lunak ILWIS dengan mengaplikasikan metode *Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE)*. Bobot berkonsisten (*eigenvector*) dihasilkan dari pengolahan *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Hasil kajian adalah peta geomorfologi dan peta multirawan banjir dan longsor skala 1:50.000. Sub-DAS Gelis memiliki karakteristik geomorfologi yang kompleks dengan variasi bentuklahan adalah lereng tengah gunungapi, lereng bawah gunungapi, lereng kaki gunungapi, dataran kaki gunungapi, *interfluve* lereng kaki gunungapi, *interfluve* dataran kaki gunungapi, dataran banjir, dan dataran aluvial. Sub-DAS Gelis dinyatakan rawan rendah terhadap bencana banjir dan longsor berdasarkan hasil pemetaan multirawan. Terdapat tiga kelas multirawan yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Kelas multirawan tinggi berada di bentuklahan lereng tengah gunungapi dan sebagian besar dataran kaki gunungapi.

Kata kunci: banjir, longsor, geomorfologi, kerawanan, SIG

ABSTRACT

Floods and landslides disaster are routine events in Jepara Regency every rainy season. The research area was Gelis Sub-watershed due to many floods and landslides in this area. The purpose of this study was to identify the geomorphological characteristics and variety of landform in Gelis Sub-watershed for susceptibility analysis of floods and landslides. This research used survey method with purposive sampling technique. Disaster susceptibility analysis was performed using Geographic Information System (GIS) spatial analysis by using ILWIS Software and applying Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE) method. The weights consistent (eigenvector) was resulted from the processing of Analytical Hierarchy Process (AHP). The results were geomorphology and susceptibility map of flood and landslide in scale 1: 50.000. Sub-watershed Gelis has a complex geomorphological characteristic with variations in landforms such as the volcanic middle slope, volcanic lower slope, volcanic foot, volcanic foot plain, interfluve of volcanic foot, interfluve of volcanic foot plain, floodplain, and fluvio volcanic plain. Gelis Sub-watershed otherwise prone to floods and landslides disaster based on susceptibility mapping results. There are three classes of susceptibility, which are high, moderate, and low. High susceptibility was found in the landform of volcanic middle slope and most of volcanic foot.

Keywords: flood, landslide, geomorphology, susceptibility, GIS

PENDAHULUAN

Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah memiliki beberapa jenis bencana yang kompleks. Seluruh kecamatan di Kabupaten Jepara masuk dalam peta epidemiologi bencana berdasarkan sejarah kejadian bencana banjir, rob, abrasi, dan tanah longsor (Badan Penanggulangan Bencana

Daerah, 2012). Wilayah bencana banjir dan longsor yang begitu luas menjadikan kajian ini penting dilakukan. Wilayah kajian yang dipilih adalah Kecamatan Keling dengan batas kajian yaitu Sub-DAS Gelis karena terdapat banyak kejadian banjir dan longsor di wilayah tersebut.

Pemetaan geomorfologi dapat digunakan sebagai sumber informasi dan acuan dasar dalam

analisis kerawanan bencana banjir dan longsor. Pemetaan geomorfologi merupakan instrumen penguatan kajian murni dan sistematis geomorfologikal karena kekayaan informasi tematik dalam peta geomorfologikal analitikal. Selanjutnya, dinyatakan juga bahwa pemetaan geomorfologikal untuk tujuan klasifikasi kerawanan bencana membantu pengambilan kebijakan dan perencanaan (Verstappen, 1983). Tujuan pertama kajian ini adalah mengidentifikasi karakteristik geomorfologi dan variasi bentuklahan di wilayah kajian. Tujuan kedua adalah melakukan analisis kerawanan bencana banjir dan longsor di wilayah kajian.

Geomorfologi adalah studi tentang bentuklahan (Lobeck, 1939). Klasifikasi bentuklahan berdasarkan genesis yaitu bentuklahan asal proses vulkanik, struktural, fluvial, solusional, denudasional, eolin, marin, glasial, organik, dan antropogenik (Verstappen, 1983). *Landform* atau bentuklahan merupakan permukaan bumi dengan relief khas karena pengaruh kuat dari struktur kerak bumi dan proses alam. Peta geomorfologi memiliki penekanan pada representasi yang benar dari bentuk lahan dalam bidang atau relief dengan garis kontur dan atau bayangan bukit (Verstappen, 1983). Peta geomorfologi berperan dalam memberikan informasi kondisi fisik dan proses alami yang bekerja pada bentanglahan.

Pemilihan metode berupa survei untuk mendapatkan data primer dengan akurasi yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan acuan data sekunder. Potensi bencana yang ada di Kecamatan Keling harus diimbangi dengan upaya pengurangan potensi bencana terkait proses pengelolaan lahan dan pengembangan wilayah. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kondisi geomorfologi dan mengetahui potensi bencana banjir dan longsor yang dapat ditimbulkan. Selanjutnya, area berpotensi bencana banjir dan longsor di Sub-DAS Gelis dapat dipetakan. Pemetaan yang dilakukan adalah pemetaan multirawan banjir dan longsor. Hasil pemetaan juga diperkuat dengan beberapa hasil pengujian laboratorium untuk sampel permeabilitas dan tekstur tanah.

METODE

Dahulu, Gunungapi Muria merupakan pulau yang terpisah dengan Pulau Jawa (Sunarto, 2004). Kajian dilakukan di Kabupaten Jepara yang terletak pada lereng Gunungapi Muria disajikan pada **Gambar 1**. Berdasarkan pemaparan paleogeomorfologi Kabupaten Jepara, wilayah Kabupaten Jepara seluruhnya merupakan kawasan gunungapi tua, yaitu Gunungapi Muria, Gunungapi Patiayam, dan Gunungapi Genuk (Sunarto, 2004). Kajian dilakukan pada Sub-DAS Gelis, Kecamatan Keling, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah di lereng utara Gunungapi Muria. Luas dari Sub-DAS Gelis sebesar 2.222 hektar atau sekitar 22 km².

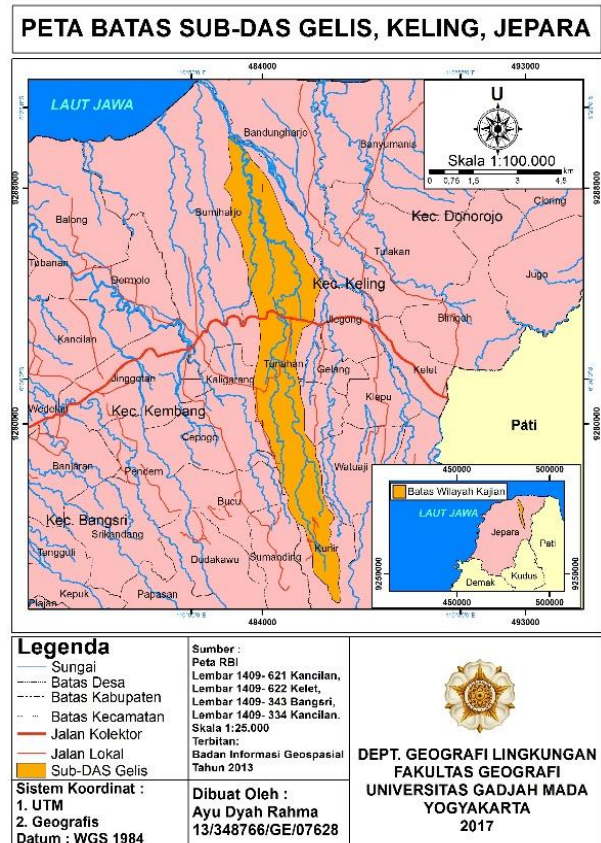
Data yang digunakan disajikan dalam **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Data sekunder yang dikumpulkan.

No.	Jenis Data	Sumber
1.	Kejadian banjir di Kabupaten Jepara	BPBD Jawa Tengah
2.	Kejadian longsor di Kabupaten Jepara	BPBD Jawa Tengah
3.	Kabupaten Jepara Dalam Angka 2015	BPS Jawa Tengah
4.	Curah Hujan	PSDA Jawa Tengah

Tabel 2. Data primer yang dikumpulkan.

No.	Jenis Data	Cara Perolehan Data
1.	Kondisi morfologi	Survei lapangan
2.	Jenis batuan	Peta Geologi dan survei penyusun
3.	Penggunaan lahan	Interpretasi citra dan survei
4.	Kemiringan lereng	Survei lapangan
5.	Litologi permukaan	Survei lapangan
6.	Morfologi	Survei lapangan
7.	Kerapatan Drainase	Survei lapangan dan perhitungan Morfometri DAS



Gambar 1. Lokasi kajian di Kecamatan Keling, Kabupaten Jepara.

Metode perolehan data yang digunakan adalah metode survei. Metode survei adalah jenis kajian primer (Sarwono, 2006). Lebih lanjut, dinyatakan bahwa survei merupakan studi bersifat kuantitatif untuk meneliti gejala suatu area kajian (Sarwono, 2006). Semakin banyak jumlah sampel maka akan semakin mencerminkan populasi. Jenis

teknik pengambilan sampel yang dipilih adalah *Purposive Sampling*. Hal tersebut karena pengambilan sampel dilakukan secara sengaja dan beralasan (Palys, 2008). Pemilihan titik-titik sampel dilakukan dengan melihat kenampakan dari citra, bentuk lahan, dan karakteristik kerawanan banjir serta longsor.

Checklist dibuat untuk validasi kondisi geomorfologi serta perolehan data survei variabel banjir dan longsor. Wawancara dengan perangkat desa dilakukan untuk melengkapi data survei. Pengambilan sampel tanah dilakukan di setiap perbedaan bentuklahan. Sampel digunakan untuk uji tekstur dan uji permeabilitas tanah. Hasilnya digunakan sebagai data pendukung hasil akhir dari pemodelan kerawanan.

Pengolahan data dilakukan dengan kombinasi parameter kerawanan dan rekapitulasi kejadian banjir dan longsor sebelumnya. Masing-masing parameter diolah dengan metode *Analytical Hierarchical Process* (AHP) yang akan menghasilkan bobot berkonsisten (*eigenvector*) (Arianpour, 2015). Analisis data kerawanan bencana dilakukan secara spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan perangkat lunak *Intergrated Land and Water Information System* (ILWIS) dengan mengaplikasikan metode *Spatial Multi-Criteria Evaluation* (SMCE) (Gaprindashvili, 2011). Metode SMCE adalah model semi-kuantitatif untuk melakukan evaluasi suatu tujuan menggunakan beberapa kriteria dalam konteks spasial kewilayahan (International Intitute for Geo-Information and Earth Observation (ITC), 2001). Evaluasi Multi Kriteria juga digunakan sebagai evaluasi kesesuaian lahan dalam budidaya lebah madu (Rachmawati & Munibah, 2014). Beberapa kriteria/ parameter yang dipilih dalam penentuan kerawanan banjir adalah penggunaan lahan, kemiringan lereng, *buffer* sungai, kerapatan drainase, curah hujan, dan data kejadian banjir. Selanjutnya, penentuan kerawanan longsor menggunakan parameter penggunaan lahan, kemiringan lereng, litologi permukaan, morfologi, curah hujan, dan data kejadian longsor. Karakteristik kerapatan drainase diperoleh dari panjang sungai (km)/ luas area DAS analisis (km²) (Arianpour, 2015). Kerapatan drainase, kemiringan lereng, dan bentuklahan juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah rawan longsor (Arsjad & Hartini, 2014).

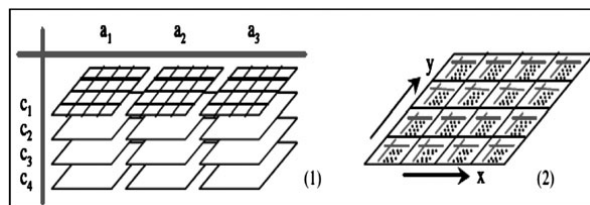
Metode SMCE digunakan untuk simulasi rencana dinyatakan dalam matriks berdasarkan *Analytical Hierarchical Process* (AHP) (Saaty, 1980). Penerapan AHP mempertimbangkan perbandingan keputusan, komposisi, dan prioritas kebijakan untuk proses pembobotan. Metode AHP menggunakan tiga proses utama yaitu membuat matriks perbandingan antara beberapa variabel yang digunakan dengan nilai standarisasi 0 sampai 1, menghitung bobot kriteria, dan mempertimbangkan perbandingan konsistensi (Malczewski, 1999).

Input data yang digunakan adalah beberapa peta yang merepresentasikan kriteria pengambilan keputusan. Data dikelompokkan, distandarisasi, dan dilakukan pembobotan dalam suatu *criteria tree* dalam ILWIS. Hasilnya berupa gabungan peta indeks realisasi hasil pemodelan kerawanan yang perlu dievaluasi dan validasi (Castellanos, 2007). Ilustrasi metode SMCE disajikan dalam **Gambar 2**.

Selanjutnya metode SMCE yang diterapkan disesuaikan dengan kriteria-kriteria berdasarkan pertimbangan wilayah Sub-DAS Gelis dalam kerawanan bencana banjir dan longsor. Kriteria yang dimaksud mencakup kondisi fisik. Hasil analisis merupakan analisis deskriptif berdasarkan hasil pemetaan kerawanan banjir dan longsor.

Pemodelan dilakukan menggunakan ILWIS dan ArcGIS menghasilkan peta kerawanan banjir dan peta kerawanan longsor di Sub-DAS Gelis. Permeabilitas adalah kemampuan dari tanah atau batuan untuk meloloskan air dalam keadaan jenuh (Todd, 1980). Tanah mengalami keadaan jenuh apabila terjadi hujan terus-menerus yang mengurangi kemampuan tanah untuk melakukan infiltrasi. Akibat tanah yang jenuh, air yang masuk ke dalam tanah selanjutnya dikontrol oleh permeabilitas tanah. Semakin besar nilai permeabilitas tanah berbanding terbalik dengan besarnya limpasan permukaan yang dihasilkan. Klasifikasi permeabilitas disajikan dalam **Tabel 3**.

Tekstur tanah merupakan komposisi ukuran butir partikel-partikel yang merupakan sifat fisik dasar dan mempengaruhi karakteristik fisik lain (Sartohadi, Suratman, Jumulya, & Dewi, 2012). Besarnya tanah mampu meloloskan air juga dipengaruhi oleh jenis tekstur tanah. Ukuran partikel besar yang dimiliki pasir akan membentuk pori makro dalam tanah sehingga menjadikan tanah mampu meloloskan air lebih banyak dibandingkan fraksi lempung. Klasifikasi dalam *Hydrological Soil Group* (HSG) disajikan dalam **Tabel 4** dan diagram alir kajian disajikan dalam **Gambar 3**.



Sumber: Sharifi, 2004

Gambar 2. Dua interpretasi peta yang dijadikan dua dimensional keputusan (1: tabel kombinasi peta, 2: kombinasi peta dalam bentuk tabel).

Tabel 3. Klasifikasi permeabilitas.

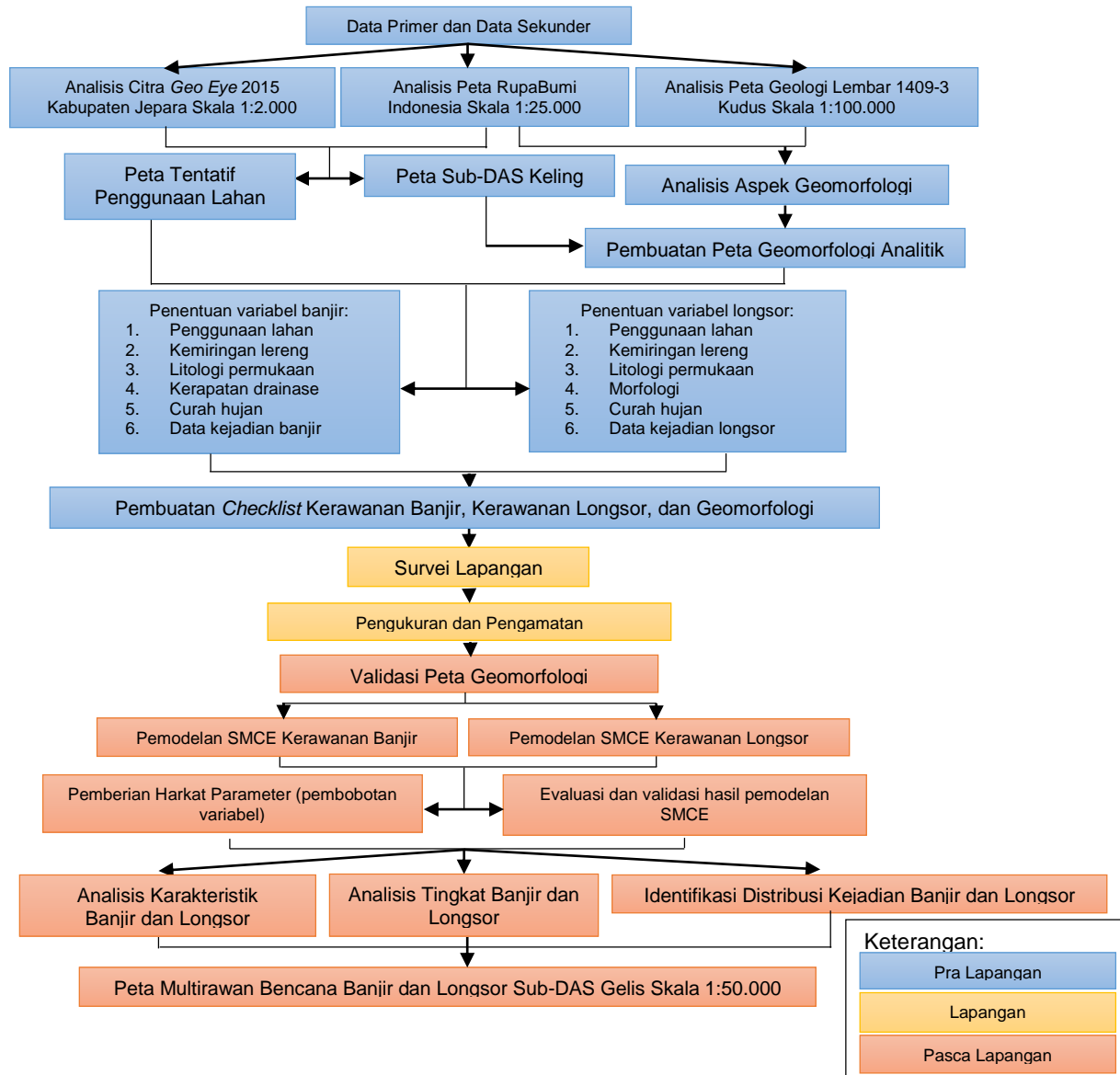
Konduktifitas Hidraulik (cm/jam)	Kelas
<0,125	Sangat Lambat
0,125-0,5	Lambat
0,5-2	Agak Lambat
2-6,25	Sedang
6,25-12,5	Agak Cepat
12,5-25	Cepat
>25	Sangat Cepat

Sumber: Uhland, 1951

Tabel 4. Hydrological soil group (HSG).

Tekstur Tanah	Hydrological Soil Group
Sand (pasir), loamy sand (pasir geluhan), sandy loam (geluh pasiran)	A
Silt loam (geluh debu), loam (geluh)	B
Sandy clay loam (Geluh lempung pasiran)	C
Clay (lempung), clay loam (geluh lempungan), silty clay loam (geluh lempung debu), sandy clay (lempung pasiran), silty clay (lempung debu)	D

Sumber: Wanielista, & Kersten, 1997



Gambar 3. Diagram alir kajian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar geomorfologi Sub-DAS Gelis dibagi menjadi bentuk lahan asal proses vulkanik dan fluvial. Hal tersebut diperkuat dengan survei lapangan serta pengolahan dan analisis data. Kondisi geomorfologi Sub-DAS Gelis yang terbentuk tentunya juga dipengaruhi oleh kondisi geologi wilayah tersebut. Litologi di Sub-DAS Gelis tergolong dalam 2 jenis batuan yaitu lava Muria (Qvlm) dan tuf Muria (Qvtm). Sistem sungai yang keluar juga melalui satu *outlet* sesuai dengan teori Daerah Aliran Sungai (Asdak, 2010)

Karakteristik geomorfologi Sub-DAS Gelis dapat dianalisis dengan mengetahui variasi bentuklahan yang ada. Morfologi dataran di Kecamatan Keling berada di Desa Bumiharjo hingga wilayah pesisir yang tergolong dalam dataran aluvial. Peningkatan aktivitas vulkanik sejak kala plistosen hingga kala holosen di Pulau Jawa menyebabkan Gunungapi Muria yang mulanya terpisah, menjadi menyatu dengan Pulau Jawa (Hadiwisastro, 1998).

Jenis longsor paling banyak adalah longsor tebing sungai pada bentuklahan lereng tengah dan lereng bawah gunungapi. Banjir luapan sungai paling sering terjadi di bagian dataran banjir dan

dataran kaki Gunungapi Muria ketika musim penghujan. Hal tersebut sesuai dengan teori banjir yang merupakan aliran sungai yang meluap akibat air melebihi kapasitas tampungan sungai, sehingga air meluap dan menggenangi daratan atau daerah yang lebih rendah di sekitarnya (Sunarto., Marfai, Mardiatno, & Rahayu, 2010). Wawancara dengan perangkat Desa Keling menyatakan pernah terjadi banjir luapan sungai yang cukup parah tahun 2006 karena adanya longsor di hulu tepatnya di Desa Kunir dan Desa Tempur. Desa Tempur sebelah selatan Desa Kunir yang berada di lereng kaki Gunung Muria. Longsor tersebut sesuai teori bahwa longsor merupakan gerakan massa tanah atau batuan sebagai suatu proses gerakan dari massa material hancuran tanah atau batuan menuruni lereng di bawah pengaruh langsung gaya gravitasi (Sutikno, 1994).

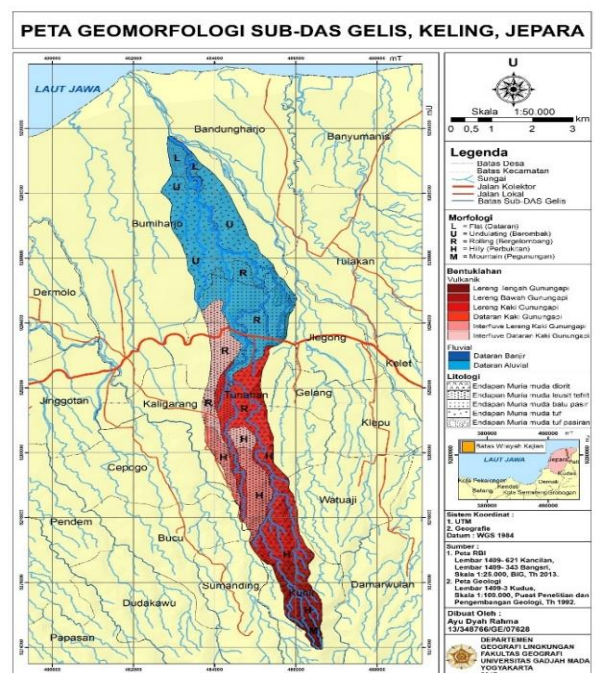
Secara umum, lahan yang luas di Sub-DAS Gelis digunakan sebagai hutan sengon, waru, dan akasia. Penggunaan lahan pada bentuklahan lereng kaki gunungapi mayoritas digunakan sebagai kebun, tegalan, hutan, sawah tadah hujan. Dataran kaki gunungapi digunakan sebagai tegalan, kebun, sawah irigasi, dan sawah tadah hujan. Bentuk lahan dataran banjir adalah yang paling dekat terkena banjir apabila terjadi banjir luapan sungai. Meskipun demikian dataran banjir juga dimanfaatkan oleh warga sebagai kebun, sawah irigasi, dan sawah tadah hujan. Adapun kebun yang berada di dataran banjir seperti kebun ketela, kebun pisang, dan kebun jati.

Beberapa sampel di daerah hulu memiliki ketebalan tanah yang tergolong tebal karena lebih dari 1 meter. Tanah yang tebal tersebut berada pada kemiringan lereng yang tergolong curam sehingga memicu terjadinya longsor. Hasil observasi lapangan terdapat lapisan tanah sedalam 140 cm dan 205 cm pada bentuklahan lereng bawah gunungapi. Bentuklahan lereng bawah gunungapi juga memiliki 4 sampel dengan tanah yang tebal yaitu lapisan tanah sedalam 205 cm, >300 cm, 305 cm, dan >500 cm. Tanah tebal juga ditemukan pada bentuklahan dataran kaki gunungapi dengan lapisan tanah pertama setebal 100 cm dan lapisan tanah kedua setebal 200 cm. Selain itu, batas perlapisan tanah terlihat jelas. Sebagian besar tipe struktur tanah di Sub-DAS Gelis adalah gumpal.

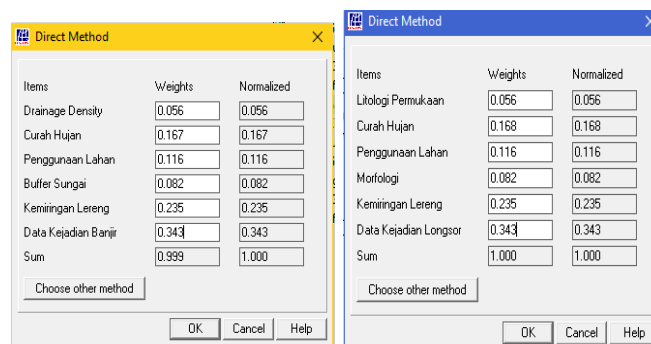
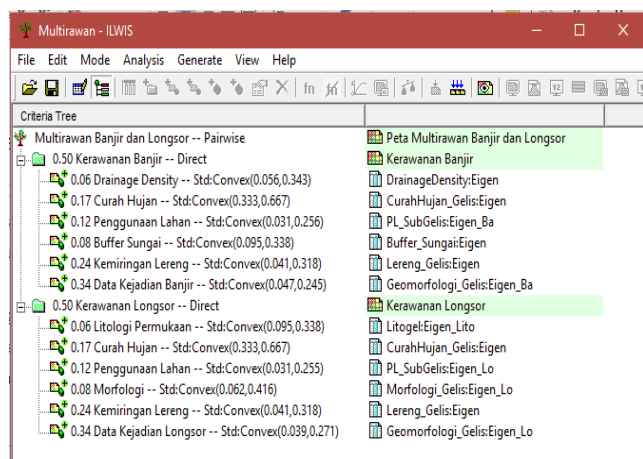
Litologi permukaan di Sub-DAS Gelis antara lain endapan Muria muda diorit, endapan Muria muda leusit tefrit, endapan Muria muda batu pasir, endapan Muria muda tuf, dan endapan Muria muda tuf pasiran. Hasil analisis tersebut di dapat dari hasil interpretasi peta geologi Lembar Kudus skala 1:100.000 yang divalidasi dengan survei lapangan. Bagian hulu didominasi oleh batuan beku dan bagian hilir telah didominasi dengan batuan hasil sedimentasi. Morfogenesis Sub-DAS Gelis adalah fluvial pada bagian hilir yang datar dan vulkanik pada bagian hulu karena pengaruh aktivitas Gunungapi Muria.

Terdapat 8 jenis morfoaransemen di Sub-DAS Gelis yaitu lereng tengah gunungapi, lereng bawah

gunungapi, lereng kaki gunungapi, dataran kaki gunungapi interfluve lereng kaki gunungapi, interfluve dataran kaki gunungapi, dataran banjir, dan dataran aluvial. Setiap bagian saling berhubungan dan juga sesuai dengan morfologi gunungapi. Bagian hulu Sub-DAS Gelis didominasi oleh proses gunungapi, sedangkan bagian hilir Sub-DAS Gelis lebih dipengaruhi oleh proses fluvial. Hasil identifikasi pemetaan geomorfologi Sub-DAS Gelis disajikan dalam **Tabel 5** dan **Gambar 4**. Terdapat empat tahap pemrosesan SMCE yaitu analisis pohon masalah (*criteria tree*), standardisasi, pembobotan, dan menyusun skenario. Beberapa kriteria yang disusun dalam *criteria tree* pada ILWIS dipilih untuk membangun konsep analisis spasial yang akan menghasilkan peta multirawan. *criteria tree* mengkategorikan beberapa bagian agar mudah dipahami. Pembuatan *criteria tree* dalam penyusunan peta multirawan banjir dan longsor di Sub-DAS Gelis ditunjukkan dalam **Gambar 5**. Setiap parameter yang dipilih dalam *criteria tree* tentunya telah diberi klasifikasi dan hasil pembobotan dari matriks AHP. Matriks AHP dibuat untuk setiap parameter yang digunakan. Matriks AHP Kerawanan banjir dan longsor disajikan dalam **Tabel 6**, **Tabel 7**, **Tabel 8**, **Tabel 9**, **Tabel 10**, **Tabel 11**, **Tabel 12**, **Tabel 13**, **Tabel 14**, **Tabel 15**, **Tabel 16**, **Tabel 17** dan **Tabel 18**. Pembobotan parameter kerawanan banjir untuk kerapatan aliran di Sub-DAS Gelis diproses menggunakan SWAT dalam perangkat lunak ArcGIS. Parameter penggunaan lahan di Sub-DAS bagian hilir didominasi kebun. Hasil kerawanan banjir paling tinggi adalah di dataran banjir dengan intensitas curah hujan tinggi. Semakin datar lahan dengan topografi semakin rendah, asumsinya wilayah tersebut semakin rawan banjir. Pembobotan total parameter kerawanan banjir dan longsor disajikan pada **Gambar 6**.



Gambar 4. Peta geomorfologi sub-DAS gelis.



Gambar 6. Pembobotan kerawanan banjir (kiri) dan pembobotan kerawanan longsor (kanan).

Gambar 5. Analisis pohon masalah (criteria tree).

Tabel 5. Identifikasi aspek geomorfologi sub-DAS Gelis.

No.	Morfologi	Genesis	Bentuklahan	Litologi	Luas (Ha)
1	Pegunungan	Vulkanik	Lereng Tengah Gunungapi	Endapan Muria muda diorit	39
2	Pegunungan	Vulkanik	Lereng Bawah Gunungapi	Endapan Muria muda diorit	148
3	Perbukitan	Vulkanik	Lereng Kaki Gunungapi	Endapan Muria muda diorit	262
4	Perbukitan	Vulkanik	Lereng Kaki Gunungapi	Endapan Muria muda leusit tefrit	44
5	Perbukitan	Vulkanik	Interfluve Lereng Kaki Gunungapi	Endapan Muria muda leusit tefrit	190
6	Perbukitan	Vulkanik	Dataran Kaki Gunungapi	Endapan Muria muda diorit	203
7	Perbukitan	Vulkanik	Interfluve Dataran Kaki Gunungapi	Endapan Muria muda leusit tefrit	211
8	Perbukitan	Vulkanik	Dataran Kaki Gunungapi	Endapan Muria muda leusit tefrit	74
9	Bergelombang	Fluvial	Dataran Banjir	Endapan Muria muda batu pasir	40
10	Bergelombang	Fluvial	Dataran Aluvial	Endapan Muria muda batu pasir	385
11	Berombak	Fluvial	Dataran Banjir	Endapan Muria muda tuf	48
12	Berombak	Fluvial	Dataran Aluvial	Endapan Muria muda tuf	466
13	Dataran	Fluvial	Dataran Banjir	Endapan Muria muda tuf pasiran	22
14	Dataran	Fluvial	Dataran Aluvial	Endapan Muria muda tuf pasiran	29

Tabel 6. Matriks AHP parameter kerawanan banjir: penggunaan lahan.

Penggunaan Lahan	Hutan	Air Tawar	Sawah tadah hujan	Tegalan	Permukima n	Kebun	Sawah irigasi	Belukar/semak	Rumput	Bobot Faktor
Hutan	1	0,5	0,33	0,33	0,33	0,25	0,25	0,25	0,2	0,0306
Belukar/semak	2	1	0,5	0,33	0,33	0,33	0,25	0,25	0,25	0,04
Kebun	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,33	0,25	0,25	0,0533
Rumput	3	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,33	0,25	0,0695
Tegalan	3	3	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,33	0,0899
Air Tawar	4	3	3	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,1159
Sawah irigasi	4	4	3	3	3	2	1	0,5	0,33	0,1495
Sw tdah hujan	4	4	4	3	3	3	2	1	0,5	0,195
Permukiman	5	4	4	4	3	3	3	2	1	0,2564
Jumlah kolom	29	25	20,83	17,17	13,5	10,75	8	5,25	3,45	1
Matrik Berordo	n = 9		RI=1.45							
Eigenmaks	9,7337	CI 0,0917	CR 0,0633							

Tabel 7. Matriks AHP parameter kerawanan banjir: kemiringan lereng.

Kemiringan Lereng	0-2	>2-7	>7-15	>15-30	>30-70	>70-140	>140	Bobot Faktor		
0-2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,2	0,0411		
>2-7	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,0575		
>7-15	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,0821		
>15-30	3	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,1149		
>30-70	4	3	3	2	1	0,5	0,33	0,1607		
>70-140	4	4	3	3	2	1	0,5	0,226		
>140	5	4	4	3	3	2	1	0,3177		
Jumlah kolom	22	18	13,83	10,16	7,41	4,66	2,86	1		
Matrik Berordo	n = 7		RI=1.32							
Eigenmaks	7,3657	CI 0,061	CR 0,0462							

Tabel 8. Matriks AHP parameter kerawanan banjir dan longsor: curah hujan.

Curah Hujan	2500-3000	3000-3500	Bobot Faktor
2500-3000	1	0,5	0,3333
3000-3500	2	1	0,6667
Jumlah kolom	3	1,5	1
Matrik Berordo	n = 2	RI=0	
Eigenmaks 2	CI 0	CR 0	

Tabel 9. Matriks AHP parameter kerawanan banjir: *buffer* sungai.

Buffer Sungai	> 100 meter	> 50 – 100 meter	> 25 - 50 meter	> 10 - 25 meter	< 10 meter	Bobot Faktor
> 100 meter	1	1	0,5	0,33	0,25	0,095
> 50 - 100 meter	1	1	1	0,5	0,33	0,1273
> 25 - 50 meter	2	1	1	1	0,5	0,1823
> 10 - 25 meter	3	2	1	1	1	0,2579
< 10 meter	4	3	2	1	1	0,3375
Jumlah kolom	11	8	5,5	3,83	3,08	1
Matrik Berordo	n = 5	RI=1.12				
Eigenmaks 5,095	CI 0,0237	CR 0,0212				

Tabel 10. Matriks AHP parameter kerawanan banjir: kerapatan drainase.

Kerapatan Drainase	<0,00	0,001-0,002	0,002-0,003	0,003-0,004	0,004-0,005	0,005-0,006	0,006-0,007	0,007-0,008	Bobot Faktor
<0,001	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,2	0,04
0,001-0,002	2	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,05
0,002-0,003	2	2	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,07
0,003-0,004	3	2	2	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,09
0,004-0,005	3	3	2	2	1	0,5	0,5	0,33	0,12
0,005-0,006	4	3	3	2	2	1	0,5	0,5	0,16
0,006-0,007	4	4	3	3	2	2	1	0,5	0,21
0,007-0,008	5	4	4	3	3	2	2	1	0,27
Jmlh kolom	24	20	16	12,33	9,66	6,91	5,16	3,36	1
Matrik Berordo	n = 8	RI=1.41							
Eigenmaks 8,2824	CI 0,0403	CR 0,0286							

Tabel 11. Matriks AHP parameter kerawanan banjir: jumlah kejadian banjir

Kejadian Banjir	0	1	2	3	4	5	>5	Bobot Faktor
0	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,2	0,0411
1	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,0575
2	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,0821
3	3	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,1149
4	4	3	3	2	1	0,5	0,33	0,1607
5	4	4	3	3	2	1	0,5	0,226
>5	5	4	4	3	3	2	1	0,3177
Jumlah kolom	22	18	13,83	10,16	7,41	4,66	2,86	1
Matrik Berordo	n = 7	RI=1.32						
Eigenmaks 7,3657	CI 0,061	CR 0,0462						

Tabel 12. Matriks AHP parameter kerawanan banjir: bentuklahan.

Bentuklahan Kerawanan Banjir	Lereng Tengah Ga.	Lereng Bawah Ga.	Interfluve Lereng Kaki Ga.	Interfluve Dtrn Kaki Ga.	Lereng Kaki Ga.	Dtrn Kaki Ga.	Dtrn Aluvial	Dtrn Banjir	Bobot Faktor
Lereng Tengah Ga.	1,00	1,00	0,50	0,50	0,33	0,33	0,25	0,20	0,05
Lereng Bawah Ga.	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,33	0,33	0,25	0,06
Interfluve Lereng Kaki Ga.	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,33	0,33	0,08
Interfluve Dataran Kaki Ga.	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,33	0,09
Lereng Kaki Ga.	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,12
Dataran Kaki Ga.	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,16
Dataran Aluvial	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Dataran Banjir	5,00	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	0,24
Jumlah kolom	21,00	17,00	13,50	11,00	8,33	6,66	4,91	4,11	1,00
Matrik Berordo	n = 8	RI=1.41							
Eigenmaks 8,09	CI 0,01	CR 0,01							

Tabel 13. Matriks AHP parameter kerawanan longsor: penggunaan lahan.

Penggunaan Lahan	Hutan	Air Tawar	Sawah tadah hujan	Tegalan	Permu kiman	Kebun	Sawah irigasi	Belukar/ semak	Rumput	Bobot Faktor
Hutan	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,2	0,2	0,0311
Air Tawar	2	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,2	0,0403
Sawah tadah hujan	2	2	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,0519
Tegalan	3	2	2	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,0683
Permukiman	3	3	2	2	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,0892
Kebun	4	3	3	2	2	1	0,5	0,5	0,33	0,1164
Sawah irigasi	4	4	3	3	2	2	1	0,5	0,5	0,1519
Belukar/semak	5	4	4	3	3	2	2	1	0,5	0,1959
Rumput	5	5	4	4	3	3	2	2	1	0,2548
Jumlah kolom	29	25	20	16,33	12,67	9,92	7,17	5,37	3,57	1
Matrik Berordo	n = 9		RI=1.45							
Eigenmaks	9,3789	CI 0,0474	CR 0,0327							

Tabel 14. Matriks AHP parameter kerawanan longsor: kemiringan lereng.

Kemiringan Lereng	0-2	>2-7	>7-15	>15-20	>20-55	>55-140	>140	Bobot Faktor		
0-2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,2	0,0411		
>2-7	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,0575		
>7-15	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,0821		
>15-20	3	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,1149		
>20-55	4	3	3	2	1	0,5	0,33	0,1607		
>55-140	4	4	3	3	2	1	0,5	0,226		
>140	5	4	4	3	3	2	1	0,3177		
Jumlah kolom	22	18	13,83	10,16	7,41	4,66	2,86	1		
Matrik Berordo	n = 7		RI=1.32							
Eigenmaks	7,3657	CI 0,061	CR 0,0462							

Tabel 15. Matriks AHP parameter kerawanan longsor: litologi permukaan.

Litologi	Endapan Muria muda diorit	Endapan Muria muda leusit tefrit	Endapan Muria muda batu pasir	Endapan Muria muda tuf	Endapan Muria muda tuf pasiran	Bobot Faktor				
Endapan Muria muda diorit	1	1	0,5	0,33	0,25	0,095				
Endapan Muria muda leusit tefrit	1	1	1	0,5	0,33	0,1273				
Endapan Muria muda batu pasir	2	1	1	1	0,5	0,1823				
Endapan Muria muda tuf	3	2	1	1	1	0,2579				
Endapan Muria muda tuf pasiran	4	3	2	1	1	0,3375				
Jumlah kolom	11	8	5,5	3,83	3,08	1				
Matrik Berordo	n = 5		RI=1.12							
Eigenmaks	5,095	CI 0,0237	CR 0,0212							

Tabel 16. Matriks AHP parameter kerawanan longsor: morfologi.

Morfologi	Dataran	Berombak	Bergelombang	Perbukitan	Pegunungan	Bobot Faktor				
Dataran	1	0,5	0,33	0,25	0,2	0,0624				
Berombak	2	1	0,5	0,33	0,25	0,0986				
Bergelombang	3	2	1	0,5	0,33	0,1611				
Perbukitan	4	3	2	1	0,5	0,2618				
Pegunungan	5	4	3	2	1	0,4162				
Jumlah kolom	15	11	6,83	4,08	2,28	1				
Matrik Berordo	n = 5		RI=1.12							
Eigenmaks	5,0853	CI 0,0213	CR 0,019							

Tabel 17. Matriks AHP parameter kerawanan longsor: jumlah kejadian longsor.

Kejadian Longsor	0	1	2	3	4	5	>5	Bobot Faktor		
0	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,2	0,0411		
1	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,25	0,0575		
2	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,25	0,0821		
3	3	3	2	1	0,5	0,33	0,33	0,1149		
4	4	3	3	2	1	0,5	0,33	0,1607		
5	4	4	3	3	2	1	0,5	0,226		
>5	5	4	4	3	3	2	1	0,3177		
Jumlah kolom	22	18	13,83	10,16	7,41	4,66	2,86	1		
Matrik Berordo	n = 7		RI=1.32							
Eigenmaks	7,3657	CI 0,061	CR 0,0462							

Tabel 18. Matriks AHP parameter kerawanan longsor: bentuklahan.

Bentuklahan Kerawanan Longsor	Dtrn Aluvial	Dtrn Kaki Ga.	Interfluve Lrng Kaki Ga.	Interfluve Dtrn Kaki Ga.	Dtrn Banjir	Lereng Kaki Ga.	Lereng Bawah Ga.	Lereng Tengah Ga.	Bobot Faktor
Dataran Aluvial	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,25	0,20	0,20	0,04
Dataran Kaki Ga.	2,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,25	0,20	0,05
Interfluve Lereng Kaki Ga.	2,00	2,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,25	0,07
Interfluve Dataran Kaki Ga.	2,00	2,00	2,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,09
Dataran Banjir	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,12
Lereng Kaki Ga.	4,00	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00	0,50	0,50	0,15
Lereng Bwh Ga.	5,00	4,00	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00	0,50	0,20
Lereng Tngg Ga.	5,00	5,00	4,00	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00	0,27
Jumlah kolom	24,00	19,50	15,00	11,50	8,83	7,08	5,28	3,48	1,00
Matrik Berordo Eigenmaks	n = 8	RI=1.41	CI 0,03	CR 0,02					

Penggunaan lahan yang tidak sesuai dapat menyebabkan bencana longsor maupun banjir. Beberapa karakteristik dipertimbangkan terkait besarnya andil menyebabkan bencana. Bentuklahan paling banyak longsor adalah lereng bawah dan lereng tengah karena kemiringan lerengnya tergolong sangat curam sehingga kerawanan longsor tinggi. Penggunaan lahan hasil survei banyak ditanami pohon sengon, sehingga akarnya tidak terlalu kuat untuk mengikat tanah. Akibatnya terjadi banyak longsor di wilayah tersebut. Bentuklahan dataran kaki di Desa Kunir memiliki kerawanan sedang. Hal tersebut karena intensitas hujan tinggi sehingga longsor dapat terjadi walaupun dalam lingkup area yang kecil. Selanjutnya ditambahkan bahwa kerawanan (*susceptibility*) merupakan fase sebelum terjadinya bencana (*pre-event phase*) dan sebagian besar didominasi oleh ciri-ciri dari aspek fisik atau karakteristik fisik yang pasti dari sebuah kondisi di wilayah yang rentan terhadap bencana (Schneiderbauer & Ehrlich, 2004).

Desa Kunir yang termasuk dalam bentuklahan lereng bawah gunungapi memiliki sejarah kejadian longsor yang cukup banyak. **Gambar 7** menunjukkan jalan rusak karena longsor, sehingga tersisa setengahnya saja. Selain itu, sudah terlihat retakan-retakan tanah yang berpotensi menjadi longsor apabila tidak ditangani lebih lanjut.

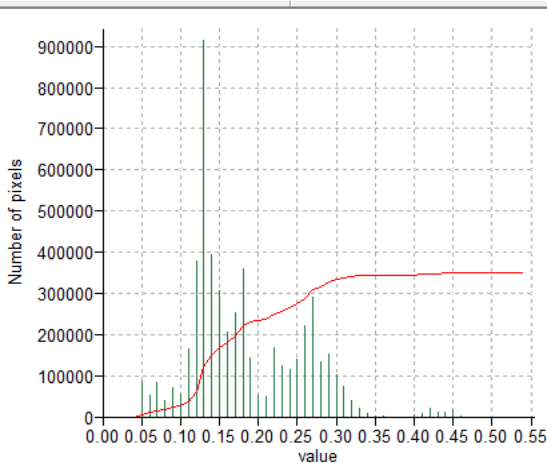
Kejadian longsor dan banjir di Sub-DAS Gelis memiliki keterkaitan. Apabila dilihat dari kejadian bencana sebelumnya, longsor di bagian hulu menyebabkan aliran permukaan di bagian sungai selanjutnya meluap, sehingga menyebabkan banjir. Banjir besar 22 Januari 2014 terjadi karena longsor di bagian hulu. Meskipun tidak terdapat korban meninggal dunia, tetapi mengakibatkan jembatan rusak, tanggul rusak, dan banyak lahan pertanian di sekitar luapan sungai rusak dan gagal panen. Longsor di Sub-DAS Gelis membentuk bendungan, sehingga apabila hujan turun lebat di hilir mengakibatkan longSORAN yang membentuk bendungan jebol dan mengakibatkan banjir besar di bagian hilir sungai. Peta yang diproses menggunakan AHP dan SMCE sebelumnya dinyatakan dalam indeks komposit. Kemudian di *overlay* dan menghasilkan peta multirawan.

Skenario yang digunakan adalah skenario *equal*. Skenario *equal* menyusun faktor kerawanan banjir dan longsor memiliki nilai yang sama besar dalam pembuatan peta multirawan. Bobot yang digunakan dalam skenario masing-masing adalah 0,5 seperti pada **Gambar 8**.

Hasil pemodelan *ILWIS* menggunakan modul *SMCE* dihasilkan tiga kelas multirawan. Pembagian kelas tersebut yaitu kerawanan rendah, sedang, dan tinggi. Pembagian kelas juga memperhatikan histogram yang dihasilkan dari pemetaan multirawan pada **Gambar 9**. Pemetaan multirawan banjir dan longsor di Sub-DAS Gelis dilakukan dalam skala semi detail 1:50.000 dengan beberapa keterbatasan informasi yang dapat ditampilkan. Keterbatasan informasi menyebabkan beberapa area dilakukan generalisasi. Wilayah dengan area multirawan banjir dan longsor Sub-DAS Gelis pada bentuklahan lereng tengah gunungapi sebesar 38,3 ha dan dataran kaki gunungapi sebesar 210,38 ha. Bentuklahan lereng bawah gunungapi seluas 147,68 ha, lereng kaki gunungapi sebesar 181,63 ha, dan *interfluve* dataran kaki gunungapi sebesar 123,66 ha memiliki tingkat multirawan sedang. *Interfluve* lereng kaki gunungapi seluas 146,74 ha, lereng kaki gunungapi sebesar 119,24 ha, serta dataran banjir 88,95 ha dan dataran fluviial seluas 647,32 ha memiliki tingkat multirawan yang dimiliki rendah. Hasil identifikasi peta multirawan banjir dan longsor Sub-DAS Gelis disajikan dalam **Gambar 10** dan **Tabel 19**.



Gambar 7. Separuh Jalan Desa Kunir amblas.

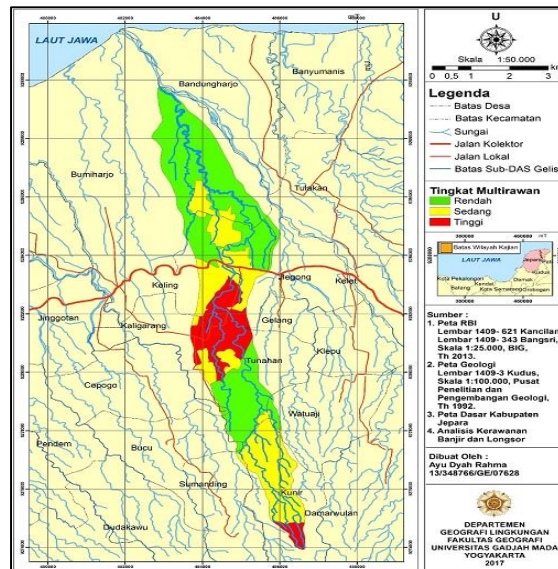


Gambar 9. Histogram hasil permodelan SMCE.

Peta multirawan banjir dan longsor adalah hasil akhir menggunakan parameter kerawanan banjir dan longsor. Sesuai hasil pemetaan dan tabel identifikasi multirawan bahwa bentuklahan lereng tengah gunungapi yang memiliki kelas multirawan tinggi karena terdapat kejadian longsor yang paling banyak. Kejadian tersebut masuk dalam Desa Kunir. Selain itu, meskipun berada di pegunungan, kejadian banjir luapan sungai tetap memiliki potensi untuk terjadi meskipun dengan skala kecil. Tingginya kelas multirawan juga dapat karena faktor lain seperti curah hujan yang tinggi dan banyaknya penggunaan lahan sebagai pemukiman, sehingga area resapan airnya pun berkurang.

Tabel 19. Identifikasi peta multirawan banjir dan longsor.

No.	Tingkat Multi-rawan	Bentuklahan	Luas (Ha)	%
1	Rendah	Dataran Aluvial	647,3	30,0
2		Dataran Banjir	89,0	4,1
3		Interfluve Dataran Kaki Gunungapi	44,8	2,1
4		Interfluve Lereng Kaki Gunungapi	146,7	6,8
5		Lereng Kaki Gunungapi	119,2	5,5
6		Dataran Kaki Gunungapi	41,1	1,9
7	Sedang	Interfluve Lereng Kaki Gunungapi	35,0	1,6
8		Lereng Kaki Gunungapi	181,6	8,4
9		Lereng Bawah Gunungapi	147,7	6,8
10		Lereng Tengah Gunungapi	0,6	0,0
11	Tinggi	Dataran Aluvial	207,6	9,6
12		Dataran Banjir	15,8	0,7
13		Interfluve Dataran Kaki Gunungapi	123,7	5,7
14		Dataran Kaki Gunungapi	25,2	1,2
15		Dataran Aluvial	24,5	1,1
16		Dataran Banjir	5,0	0,2
17		Interfluve Dataran Kaki Gunungapi	43,0	2,0
18		Interfluve Lereng Kaki Gunungapi	8,2	0,4
19		Lereng Kaki Gunungapi	5,2	0,2
20		Dataran Kaki Gunungapi	210,4	9,7
21		Lereng Tengah Gunungapi	38,3	1,8



Gambar 10. Peta multirawan banjir dan longsor.

Bentuklahan dataran kaki gunungapi memiliki kelas multirawan tinggi karena banyaknya kejadian banjir pada bentuklahan tersebut. Kejadian longsor juga berpotensi terjadi kembali apabila terjadi terjangan banjir yang mengakibatkan longsor tebing sungai. Kemudian tingginya kelas multirawan karena penggunaan lahan pada area tersebut tidak sesuai.

Area pegunungan harusnya digunakan sebagai hutan lindung, bukan digunakan sebagai area Kebun Sengon yang sering dilakukan penebangan ketika panen. Selain itu area sekitar sungai yang sering meluap harusnya tidak digunakan sebagai lahan pertanian karena area tersebut masih termasuk dalam dataran banjir. Apabila tidak digunakan sebagai lahan pertanian, tentunya ketika terjadi banjir tidak ada kerugian materiil berupa rusaknya lahan pertanian.

Uji sampel permeabilitas dan uji sampel tekstur dilakukan untuk memperkuat hasil survei lapangan dan hasil pemetaan multirawan. Nilai permeabilitas di Sub-DAS Gelis tersebar agak lambat 5 titik, lambat 4 titik, dan sangat lambat 2 titik. Persebaran nilai permeabilitas secara garis besar tergolong lambat pada wilayah tersebut, maka Sub-DAS Gelis berpotensi terjadi limpasan permukaan bila terjadi hujan terus-menerus. Hasil uji sampel permeabilitas disajikan dalam Tabel 20.

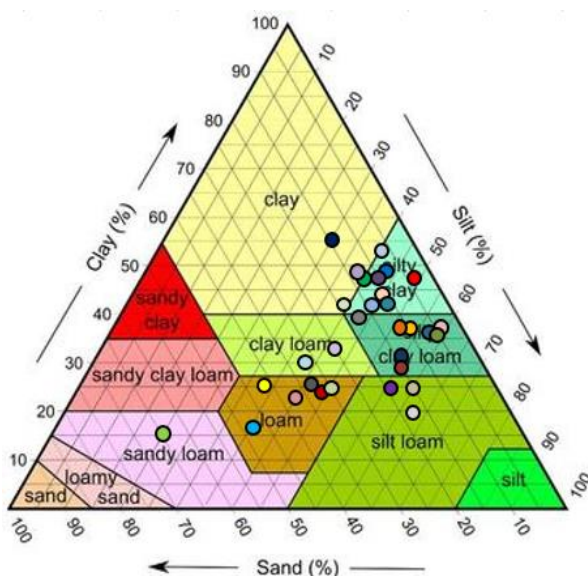
Kemampuan meloloskan air dari yang paling baik hingga paling buruk diberi kode dari A sampai D. Hasil *plotting* segitiga tekstur pada Gambar 11 memperlihatkan pola bahwa sebagian tanah di Sub-DAS Gelis memiliki tekstur geluh lempung debu (silty clay loam) dan lempung debu (silty clay). Apabila diklasifikasikan dalam *Hydrological Soil Group (HSG)* maka tektur-tekstur tersebut termasuk dalam golongan D yang memiliki kemampuan buruk untuk meloloskan air. Kemampuan yang semakin buruk dalam meloloskan air menjadikan kecenderungan limpasan permukaan yang semakin besar pada tanah. Perhitungan uji laboratorium tekstur tanah Sub-DAS Gelis disajikan pada Tabel 21.

Banjir dan longsor di Sub-DAS Gelis memiliki dampak positif atau pun dampak negatif. Potensi dampak negatif yang dapat terjadi akibat banjir adalah rusaknya lahan pertanian, jembatan rusak, bendungan jebol, hingga terdapatnya korban jiwa. Kemudian dampak negatif terjadinya longsor adalah terputusnya akses jalan, rusaknya rumah, rusaknya area perkebunan, hingga korban meninggal dunia. Meskipun demikian, adanya kejadian banjir dan longsor memberikan dampak agar masyarakat sadar ada yang perlu diperbaiki dalam mengelola alam di sekitar mereka, sehingga kejadian banjir maupun longsor dapat diminimalkan.

Hasil kajian ini menggunakan metode yang memadukan *AHP* dengan *SMCE* sehingga pembobotan lebih berkonsisten bila dibandingkan dengan kajian sebelumnya oleh (Rachmawati & Munibah, 2014) yang menggunakan *SMCE* saja. Kajian ini menghasilkan peta multirawan bencana banjir dan longsor sementara kajian (Arianpour, 2015) berfokus pada kerawanan banjir dan kajian (Gaprindashvili, 2011) digunakan untuk kerawanan longsor saja. Meskipun demikian, kajian ini masih membutuhkan adanya perbaikan dan kebaruan pada kajian-kajian selanjutnya.

Tabel 20. Hasil uji sampel permeabilitas.

No.	K	Kelas
1	0,314	Lambat
2	8,849	Agak Cepat
3	0,831	Agak Lambat
4	1,233	Agak Lambat
5	5,105	Sedang
6	0,131	Lambat
7	7,183	Agak Cepat
8	3,343	Sedang
9	0,468	Lambat
10	0,055	Sangat Lambat
11	0,255	Lambat
12	0,951	Agak Lambat
13	1,401	Agak Lambat
14	0,984	Agak Lambat
15	0,016	Sangat Lambat



Gambar 11. Hasil plotting data tekstur tanah dalam segitiga tekstur USDA.

Tabel 21. Hasil perhitungan uji sampel tekstur tanah.

No	Pasir (P)	Lempung (L)	Debu (D)	Klasifikasi Tanah (Geluh, Lempung, Debu)	Kelas HSG
1	32,2	23,6	44,2	Loam	G C
2	4,2	47,4	48,5	Silty Clay	L D D
3	9,4	37,5	53,0	Silty Clay Loam	G L D
4	41,6	25,2	33,2	Loam	G C
5	66,0	14,0	20,0	Sandy Loam	G P A
6	13,2	47,0	39,9	Clay	L D
7	47,8	15,7	36,5	Loam	G C
8	8,2	47,9	43,9	Silty Clay	L D D
9	15,2	54,1	30,7	Clay	L D
10	18,6	24,8	56,6	Silt Loam	G D B
11	18,3	19,6	62,1	Silt Loam	G D B
12	32,9	26,0	41,1	Loam	G C
13	15,0	25,2	59,8	Silt Loam	G D B
14	14,2	41,0	44,8	Silty Clay Loam	G L D
15	7,6	51,6	40,9	Silty Clay	L D D
16	4,1	37,1	58,8	Silty Clay Loam	G L D
17	20,0	41,3	38,7	Clay	L D
18	25,3	32,6	42,1	Clay Loam	G L D
19	32,0	29,7	38,3	Loam	G D
20	12,0	43,5	44,5	Silty Clay	L D D
21	16,4	39,6	44,0	Silty Clay Loam	G L D
22	14,0	31,3	54,7	Silty Clay Loam	G L D
23	6,3	35,5	58,1	Silty Clay Loam	G L D
24	16,3	28,0	55,7	Silty Clay Loam	G L D
25	5,5	36,4	58,2	Silty Clay Loam	G L D
26	9,9	46,6	43,5	Silty Clay	L D D
27	11,7	41,2	47,1	Silty Clay	L D D
28	11,0	37,3	51,7	Silty Clay Loam	G L D
29	37,1	22,8	40,2	Loam	G C
30	29,5	24,3	46,2	Loam	G C
31	13,1	47,5	39,5	Clay	L D

KESIMPULAN

Hasil identifikasi karakteristik geomorfologi di Sub-DAS Gelis kompleks dengan variasi bentuklahan vulkanik dan bentuklahan fluvial. Dominasi bentuklahan asal proses vulkanik dan fluvial karena Sub-DAS Gelis berada di lereng bagian utara Gunungapi Muria serta berhadapan langsung dengan Laut Jawa. Wilayah dengan lereng yang curam dan curah hujan yang tinggi

berimplikasi pada kerawanan longsor. Dataran banjir berimplikasi pada kerawanan banjir apabila terjadi luapan sungai.

Identifikasi geomorfologi Sub-DAS Gelis digunakan sebagai analisis kerawanan banjir dan longsor dengan hasil bahwa tingkat multirawan banjir dan longsor tinggi berada di bentuklahan lereng tengah gunungapi dan sebagian besar dataran kaki gunungapi. Tingkat multirawan sedang berada di bentuklahan lereng bawah gunungapi, bagian selatan lereng kaki gunungapi, dan interfluve dataran kaki gunungapi. Bentuklahan interfluve lereng kaki gunungapi, lereng kaki gunungapi bagian utara, serta dataran banjir dan dataran fluvial memiliki tingkat multirawan rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pemerintah Kabupaten Jepara yang telah memberikan izin, bantuan data, dan informasi yang digunakan dalam penelitian ini. Terima kasih juga dihaturkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam survei lapangan dan analisis data, serta memberikan masukan yang konstruktif terhadap tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianpour, M. dan A. A. J. (2015). Flood Hazard Zonation using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in GIS (Case Study: Omidieh-Khuzestan). *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 4, 1, 39–49.
- Arsjad, A.B.S.M. dan Hartini, S. (2014). Analisis potensi risiko tanah longsor di Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar, Jawa Barat. *Majalah Ilmiah Globe*, 16, 2, 165–172.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). (2012). *Badan Penanggulangan Bencana Daerah. Dalam Seluruh Kecamatan dalam Bencana*. bpd.jeparakab.go.id.
- Castellanos E., dan V. W. C. J. (2007). Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation. *Journal Springer-Verlag, Landslide*, 4, 311–325.
- Gaprindashvili, G. (2011). *Landslide Hazard Assessment in Georgia*. The Netherlands: Enschede: ITC Publication.
- Hadiwisastro, S. (1998). The Pliocene-Pleistocene Faunal Event in Central Java, Indonesia, di dalam: T. Simanjuntak, B. Prasetyo, dan H. Handini (Eds), 2001, Sangiran: Man, Culture, dan Environment in Pleistocene Times. In *Proceedings of the International Colloquium on Sangiran Solo-Indonesia*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- International Institute for Geo-Information and Earth Observation (ITC). (2001). *ILWIS 3.0 Academic-User's Guide*. The Netherlands: Enschede, ITC Publisher.
- Lobeck, A. K. (1939). *Geomorphology*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multi Criteria Decision Analysis*. (Wiley, Ed.). New York.
- Palys, T. (2008). Purposive sampling. *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. Sage: Los Angeles, 2.
- Rachmawati, N., Munibah K., dan W. (2014). Evaluasi multi-kriteria untuk kesesuaian lahan budidaya lebah madu di Kabupaten Cianjur. *Majalah Ilmiah Globe*, 16, 1, 89–100.
- Saaty, T. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Sartohadi, J., Suratman, Jumulya, Dewi, N. I. S. (2012). *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sarwono, J. (2006). *Metode Kajian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Schneiderbauer, S., dan Ehrlich, D. (2004). Risk, Hazard and People's Vulnerability to Natural Hazards. A Review of Definitions, Concepts and Data. *European Commission Joint Research Centre., EUR 21410*, 40.
- Sharifi, M. A. dan R. V. (2004). Site selection for waste disposal through spatial multiple criteria decision analysis. *Journal Telecommunication Information Technology*, 3, 1–11.
- Sunarto. (2004). *Perubahan Fenomena Geomorfik Daerah Kepesisiran di Sekeliling Gunungapi Merapi Jawa Tengah*. Universitas Gadjah Mada.
- Sunarto., Marfai, M.A., Mardiatno, D., dan Rahayu, L. (2010). Strategi pengurangan risiko multi bencana melalui mitigasi dan adaptasi studi kasus Zona Utara Jawa Bagian Tengah. *Jurnal Kebencanaan Indonesia*, 2, 3:6.
- Sutikno. (1994). Pendekatan Geomorfologi untuk Mitigasi Bencana Alam Akibat Gerakan Masa Tanah/ Batuan. In *Makalah Utama Symposium Nasional Mitigasi Bencana Alam*. Yogyakarta.
- Todd, D. K. (1980). *Groundwater Hydrology*, 2nd ed. New York: Wiley.
- Uhlend, R. E. dan O. A. M. (1951). *Soil Permeability Determination for Use in Soil and Water Conservation*. New York: Illus.
- Verstappen, H. (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environment Development*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher Company. *Terjemahan Prof. Dr. Sutikno (2014). Geomorfologi Terapan. Survei Geomorfologikal untuk Pengembangan Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Wanielisti, M., R. Kersten, dan R. E. (1997). *Hydrology: Water Quantity and Quality Control*. New York: John Wiley and Sons Inc.

DISTRIBUSI SPASIAL KUALITAS AIR DI KAWASAN KONSERVASI LAUT DAERAH (KKLD) LOMBOK TENGAH

(Spatial Distribution of Water Quality in the Local Marine Conservation Area, Central Lombok)

Yulius, Agustin Rustam, Muhammad Ramdhan, Hadiwijaya L Salim, Aida Heriati

Peneliti Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan

Jln. Pasir Putih 1 Ancol Jakarta, Indonesia; Telp/fax : +62 21 64711583

Email : yulius.lpsdkp@gmail.com

Diterima: 26 Januari 2017; Direvisi (revised): 10 April 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 11 Mei 2018

ABSTRAK

Ketersediaan data dan informasi terkini terkait kualitas air menjadi sangat penting dalam pengelolaan kawasan konservasi secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kualitas perairan Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) di wilayah Lombok Tengah yang dinilai dari 11 parameter dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pengumpulan data distribusi spasial kualitas air dilakukan di perairan KKLD Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat pada tanggal 25 – 30 September 2015. Terdapat 29 stasiun pengamatan yang terdistribusi pada zona perairan yang berbeda. Metode yang dilakukan adalah metode survei pada daerah teluk di perairan Lombok Tengah dengan metode pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Analisis distribusi spasial kualitas air dilakukan dengan menggunakan SIG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi spasial kualitas air parameter suhu, pH, dan klorofil di daerah pesisir lebih tinggi (24,5 – 26,3 °C, 7,23 - 7,94, dan 19,09 - 40,43 µg/L) dibandingkan dengan daerah yang berada jauh dari pesisir. Distribusi spasial kualitas air di Teluk Kuta yang memiliki parameter bernilai cukup tinggi adalah *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Organic Matter* (TOM), *Dissolved Oxygen* (DO), fosfat, dan amoniak. Pada Teluk Mawun yang bernilai cukup tinggi adalah TSS, TOM, dan nitrat, sedangkan di Teluk Bumbang parameter bernilai cukup tinggi adalah DO, nitrat, dan nitrit.

Kata kunci: Distribusi spasial, kualitas perairan, KKLD, Lombok Tengah, SIG

ABSTRACT

Water quality assessment can be used as an indicator of success on marine conservation area management. This study aims to determine the distribution of water quality in the marine waters of Central Lombok District on 11 parameters using the Geographic Information System (GIS) method. Data collection about water qualities obtained from the marine waters of Central Lombok District, West Nusa Tenggara on 25 to 30 September 2015. There are 29 observation stations distributed in different water zones. Purposive sampling method and GIS tools were used to observe and analyze waters quality in Central Lombok waters. Study on waters quality has been conducted with spatial approach The results showed that the spatial distribution of water quality parameters of temperature, pH, and chlorophyll has adequate high value (24,5 – 26,3 °C, 7,23 - 7,94, dan 19,09 - 40,43 µg/L) at near the coastal area. Spatial distribution of water quality in the Kuta Bay has high value parameter condition for TSS, TOM, DO, phosphates, and ammonia. Mawun Bay has an adequate amount of high value on TSS, TOM, and nitrate, whether in Bumbang Bay sufficient high value occurred for DO, nitrate, and nitrite parameters.

Keywords: Spatial distribution, water quality, marine conservation area, Central Lombok, GIS

PENDAHULUAN

Kabupaten Lombok Tengah sebagai salah satu bagian dari Provinsi Nusa Tenggara Barat memiliki luas wilayah sebesar 1.208,39 km². Berdasarkan letak geografis, Kabupaten Lombok Tengah diapit oleh dua kabupaten lain yakni Kabupaten Lombok Barat di sebelah barat dan utara serta Kabupaten Lombok Timur di sebelah timur dan utara, sedangkan di bagian selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia. Daerah pesisir di Lombok Tengah ini penting untuk dijaga kelestarian sumberdaya alamnya. Diketahui bahwa

kekayaan sumberdaya alam laut di Lombok Tengah tidak hanya memiliki keindahan pesisir dan pantainya tetapi juga keanekaragaman sumberdaya hayati yang tinggi seperti sumber daya ikan dan lobster.

Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Kabupaten Lombok Tengah telah dicanangkan melalui Peraturan Bupati Nomor 2 Tahun 2011 serta melalui penyusunan zonasi dan rencana pengelolaan pada Tahun 2012. KKLD Kabupaten Lombok Tengah dengan status Taman Wisata Perairan (TWP) Teluk Mumbang memiliki luas 22.940,45 ha serta merupakan kawasan pesisir dan

pulau kecil yang berada di sepanjang pesisir selatan Pulau Lombok. Kondisi geologis kawasan tersebut terdiri dari pantai berpasir putih, berbukit dengan pantai berbatu dan curam. Selain itu, memiliki ekosistem mangrove, padang lamun, dan terumbu karang di sepanjang pesisir dan laut dangkalnya. Pemanfaatan lahan di kawasan pesisir antara lain sebagai pemukiman, pengembangan fasilitas wisata, pertanian, perikanan, dan tambang. Sedangkan wilayah perairan dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas perikanan yaitu perikanan tangkap dan budidaya. Bentuk pemanfaatan kawasan perairan lainnya adalah untuk wisata bahari terutama selancar, renang, mancing penyelaman, dan *snorkeling*.

Target konservasi diarahkan pada perlindungan sumberdaya terutama ekosistem pesisir dan pulau kecil (mangrove, padang lamun, dan terumbu karang) serta target perlindungan jenis ikan dan biota langka yang ada di dalamnya. Pengukuran efektivitas pengelolaan dapat diukur dengan ketersediaan data dan informasi terkini terkait upaya pengelolaan dan kondisi sumberdaya yang dikonservasi (sebagai indikator keberhasilan). Selain itu, perlu dilakukan kegiatan kajian biofisik rona lingkungan dan monitoring sumberdaya.

Pengertian kualitas perairan adalah faktor biofisika-kimia yang mempengaruhi kehidupan organisme perairan dalam ekosistemnya. Masuknya bahan pencemaran ke dalam perairan dapat mempengaruhi kualitas perairan. Apabila bahan pencemar yang masuk ke perairan melebihi adaptasinya, maka menurunkan daya dukung lingkungannya, sehingga menurun pula nilai guna dan fungsi perairan bagi peruntukan lainnya. Beberapa parameter yang sering dikaji untuk mengetahui tingkat pencemaran di suatu perairan adalah parameter kualitas air (Altansukh & Davaa, 2011; Manik, 2007). Ketersediaan data dan informasi terkini terkait kualitas air menjadi sangat penting dalam mengelola kawasan konservasi secara komprehensif. Kajian kualitas air dapat dilakukan dengan pendekatan sebaran spasial (Salim, Rustam, & Ati, 2007) Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas perairan KKLD Lombok Tengah yang dinilai dari 11 parameter yaitu pH, salinitas, suhu, DO (*Dissolved oxygen*), TSS (*total suspended solid*), nitrat, nitrit, amonia, fosfat, TOM (*Total Organic Matter*), dan klorofil-a. Kemudian dilakukan pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk interpolasi/pemetaan distribusi parameter oseanografi.

METODE

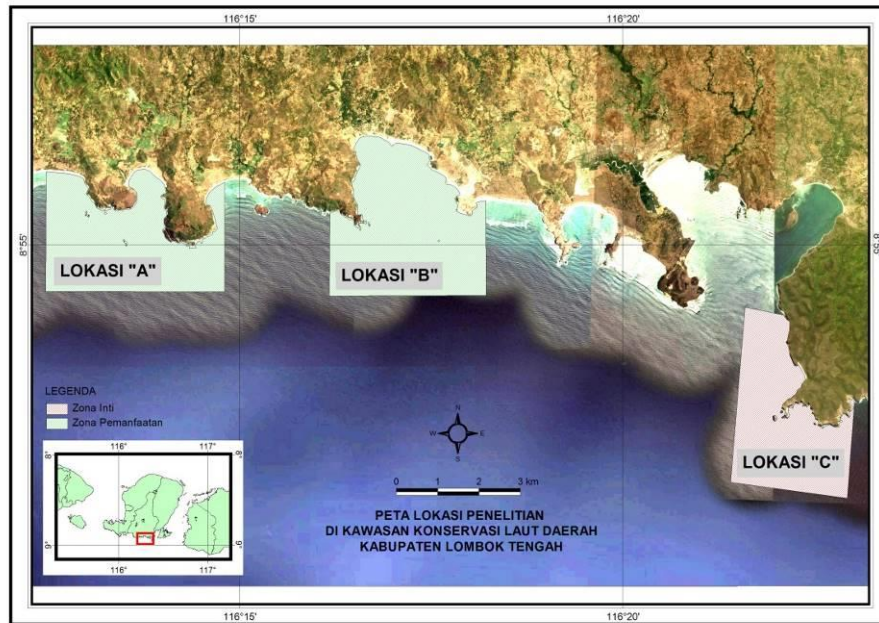
Pengumpulan data dilakukan dari tanggal 25 sampai 30 September 2015 di Perairan KKLD Kabupaten Lombok Tengah seperti disajikan pada **Gambar 1**. Lokasi studi terbagi atas 3 daerah perairan teluk yang berada di Kecamatan Pujut, Lombok Tengah yaitu Teluk Kuta (A), Teluk Mawun

(B), dan Teluk Blumbang (C). Pemilihan lokasi pengambilan data dilakukan di 29 stasiun disajikan pada **Tabel 1**. Titik pengambilan stasiun pengukuran kualitas perairan ditetapkan berdasarkan keterwakilan lokasi dan dilakukan secara *purposive sampling* berdasarkan *grid*. Pengukuran Insitu dilakukan dengan menggunakan alat multiparameter merk TOA-DKK WQC 24 dan pengambilan sampel air untuk dianalisis di laboratorium Balai Budidaya Air Laut, Sekotong Lombok. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan *software spread sheet* untuk dapat menggambarkan kondisi eksisting kualitas perairan dan lingkungan.

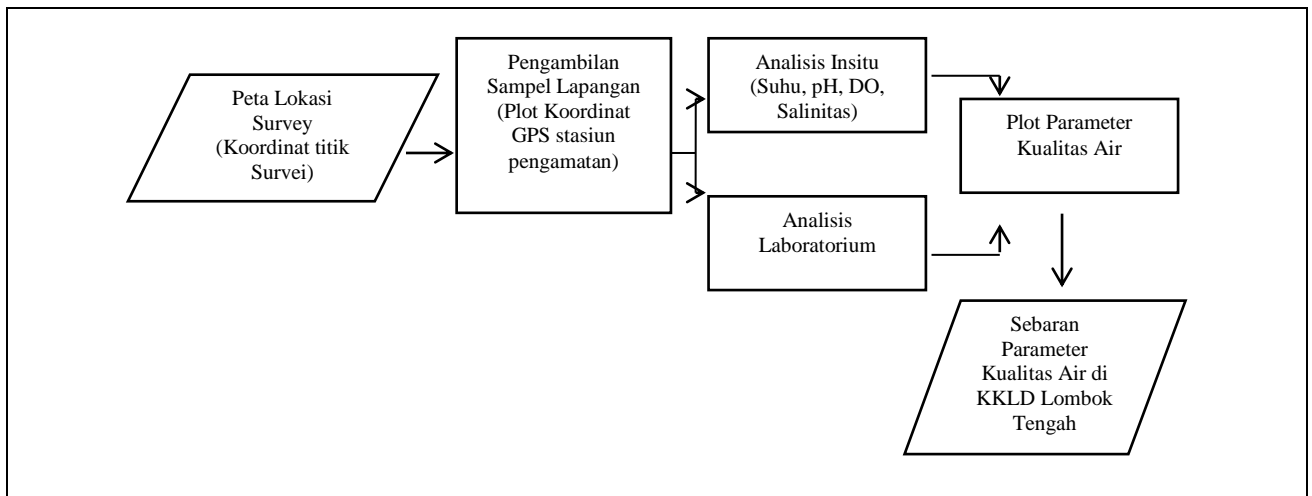
Parameter yang diukur berjumlah 11 parameter yang terbagi atas 4 parameter terukur yaitu; pH, salinitas, suhu, dan DO sedangkan 7 parameter dianalisis di laboratorium adalah DO, TSS (*Total Suspended Solid*), nitrat, nitrit, amonia, fosfat, *Total Organic Matter* (TOM), dan klorofil-a. Parameter ini dikelompokkan menjadi tiga yaitu parameter fisika (suhu dan TSS), parameter kimia (pH, salinitas, fosfat, DO, TOM, amonia, nitrit, dan nitrat) serta parameter biologi (klorofil-a), seperti terlihat pada **Tabel 2**. Analisis data sampel air dilakukan di Laboratorium Balai Budidaya Air Laut, Sekotong Lombok.

Tabel 1. Posisi Geografis Stasiun Penelitian.

St.	Lokasi	BT (°)	LS (°)
1	C	116.36277	-8.96818
2	C	116.37187	-8.96819
3	C	116.38096	-8.96821
4	C	116.36278	-8.95913
5	C	116.37188	-8.95915
6	C	116.38098	-8.95916
7	C	116.36280	-8.95009
8	C	116.36282	-8.94104
9	C	116.36283	-8.93200
10	A	116.21290	-8.92218
11	A	116.22200	-8.92219
12	A	116.23109	-8.92221
13	A	116.24019	-8.92223
14	B	116.27354	-8.92265
15	B	116.28264	-8.92266
16	B	116.29173	-8.92268
17	B	116.30083	-8.92270
18	A	116.21292	-8.91313
19	A	116.22202	-8.91315
20	A	116.23111	-8.91317
21	B	116.27356	-8.91360
22	B	116.28265	-8.91362
23	B	116.29175	-8.91364
24	B	116.30084	-8.91365
25	A	116.21294	-8.90409
26	A	116.23113	-8.90413
27	B	116.28267	-8.90458
28	B	116.29177	-8.90459
29	B	116.28269	-8.89553



Gambar 1. Lokasi penelitian.



Gambar 2. Diagram alir pengolahan data.

Distribusi Spasial Kualitas Air

Distribusi spasial kualitas air dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG), yaitu sistem informasi spasial berbasis komputer dengan melibatkan perangkat lunak ArcGIS 9.3 (Yulius, 2009) Data yang digunakan adalah hasil survei lapang dengan tanggal pengambilan 25 – 30 September 2015 dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Spasial (BIG) tahun 2014 skala 1:50.000. Data yang diperoleh kemudian ditabulasi, diklasifikasi, dan dispasialkan (Salim et al., 2007) Adapun diagram alir pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kualitas perairan di lokasi penelitian baik peruntukan zona inti (Teluk Blumbang) dan zona pemanfaatan (Teluk Kuta dan

Teluk Mawun) untuk biota laut dan wisata bahari secara keseluruhan berada dalam kisaran normal kecuali konsentrasi fosfat dan nitrat seperti yang disajikan pada Tabel 2. Hal ini didasarkan atas baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 (KMNLH, 2004). Hasil analisis data menunjukkan bahwa nilai parameter suhu, pH, dan klorofil yang bernilai cukup tinggi ditemukan berada di dekat pantai. Hal yang sama juga untuk salinitas, terlihat bahwa semakin menjauhi pantai maka cenderung lebih rendah dibandingkan dengan dekat pantai. Parameter kualitas air di Teluk Kuta yang bernilai cukup tinggi adalah TSS, TOM, DO, fosfat, dan amoniak. Pada Teluk Mawun yang bernilai cukup tinggi adalah TSS, TOM, dan nitrat, sedangkan di Teluk Bumbang parameter bernilai cukup tinggi adalah DO, nitrat, dan nitrit.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Air di KKLD Lombok Tengah 29-30 September 2015.

Parameter	Teluk Blumbang (Zona Inti)				Teluk Kuta (Zona Pemanfaatan)				Teluk Mawun (Zona Pemanfaatan)				Baku Mutu KMNLH No 51 Th 2004	
	Min	Mak	Rata-Rata	Stdev	Min	Mak	Rata-Rata	Stdev	Min	Mak	Rata-Rata	Stdev	Biota Laut (Lamp III)	Wisata Bahari (Lamp II)
Fisika														
TSS (mg/L)	0.008	0.02	0.0121	0.0037	0.007	0.025	0.015	0.0053	0.012	0.02	0.015	0.0027	coral dan lamun: 20; mangrove: 80 alami; coral dan lamun 28 - 30; mangrove 28 -32	20
Suhu (oC)	25.3	25.9	25.7	0.1936	24.5	26.3	25.5909	0.4571	25.2	26	25.5889	0.3100		alami
Kimia														
Fosfat (mg/L)	1	4.89	1.9789	1.2232	0.7	2.67	1.72	0.7400	1.01	8.99	3.7111	2.7616	0.015	0.015
Nitrit (mg/L)	0.002	0.035	0.0092	0.0100	0.002	0.01	0.0053	0.0029	0.003	0.011	0.0067	0.0029		
Amonia (mg/L)	0.01	0.028	0.0181	0.0069	0.021	0.031	0.0257	0.0031	0.004	0.031	0.0188	0.0095	0.3	nihil
Nitrat (mg/L)	0.5	0.9	0.6333	0.1414	0.5	2	0.8545	0.4298	0.5	0.7	0.5556	0.0726	0.008	0.008
TOM (mg/L)	1.264	53.088	30.1956	17.9141	29.072	68.256	38.7244	12.1538	18.96	49.296	35.6729	10.7026		
pH	7.81	7.94	7.87	0.0458	7.23	7.84	7.6536	0.2353	7.51	7.92	7.8044	0.1194	7 - 8,5	7 - 8,5
DO (mg/L)	7.39	8	7.7989	0.1824	3.12	7.75	6.9836	1.3039	7.42	7.99	7.5767	0.1899	> 5 alami; coral dan lamun 33 - 34; mangrove sd 34	> 5
Salinitas (PSU)	31.2	31.6	31.4	0.1118	31.3	31.5	31.3909	0.0701	31.3	31.5	31.3889	0.0601		alami
Biologi														
Klorofil (μ /L)	5.9	47.4	23.0333	16.6309	17.8	89	40.4273	22.9470	11.8	35.6	19.0889	8.2850		

Parameter Fisika

Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan suhu perairan berkisar antara 24,5°–26,3 °C, seperti terlihat pada **Gambar 3**. Hasil penelitian sebelumnya (Susanto, Gordon, & Zheng, 2001) mengungkapkan bahwa ENSO mempengaruhi kenaikan massa air tahunan di perairan Selatan Jawa dan Nusa Tenggara serta mengakibatkan adanya anomali angin dari timur, pada saat *El Niño* mengalir massa air dingin dari Pasifik menuju Samudera Hindia. Putra et al. (2012) mendapatkan suhu perairan di Teluk Gerupuk bervariasi 26°–29°C; Erlania et al. (2014) menyebutkan sekitar 30°C di bulan April dan sekitar 27 °C di bulan September. Suhu perairan di Indonesia umumnya berkisar antara 27°–32°C. Suhu merupakan salah satu faktor pembatas bagi ekosistem dan biota laut, perubahan suhu dapat mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi di badan air.

Berdasarkan hasil pengukuran yang didapat, suhu perairan sesuai baku mutu sehingga tidak mengganggu ekosistem maupun biota yang hidup di dalamnya. Menurut KMNLH No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut, baik dengan tujuan wisata bahari ataupun budidaya laut, suhu perairan harus suhu alami. Suhu perairan permukaan laut yang terukur lebih rendah dibandingkan dengan baku mutu. Suhu yang terukur merupakan suhu alami yang dapat berkurang berselisih dari suhu optimum sampai <2°C (KMNLH, 2004). Secara keseluruhan, suhu perairan berada dalam kisaran normal suatu perairan tropis baik dari pantai sampai ke laut. Kisaran suhu ini cocok untuk

kehidupan biota laut tropis Indonesia. Suhu alami tertinggi di perairan tropis berada didekat ambang batas atas penyebab kematian biota laut sehingga peningkatan suhu yang sangat kecil saja dari ambang batas atas dapat menyebabkan kematian atau gangguan fisiologis dari biota laut (Sanusi, 2006). Kisaran suhu di daerah tropis sedemikian rupa sehingga banyak organisme hidup dekat dengan batas suhu tertinggi. Suhu optimum untuk budidaya ikan adalah 27°–32°C (Mayunar & Imanto, 1995), budidaya rumput laut berkisar antara 20°–30°C (Utojo, Mansyur, Marsambuana, Tarunamulia, & Pantjara, 2004) Suhu optimum untuk pertumbuhan tukik di daerah sub tropis 23°–26°C (Campbell & Busack, 1979). Selain itu rendahnya nilai suhu permukaan laut yang terukur disebabkan oleh cuaca pada saat pengukuran yang berangin dan hujan.

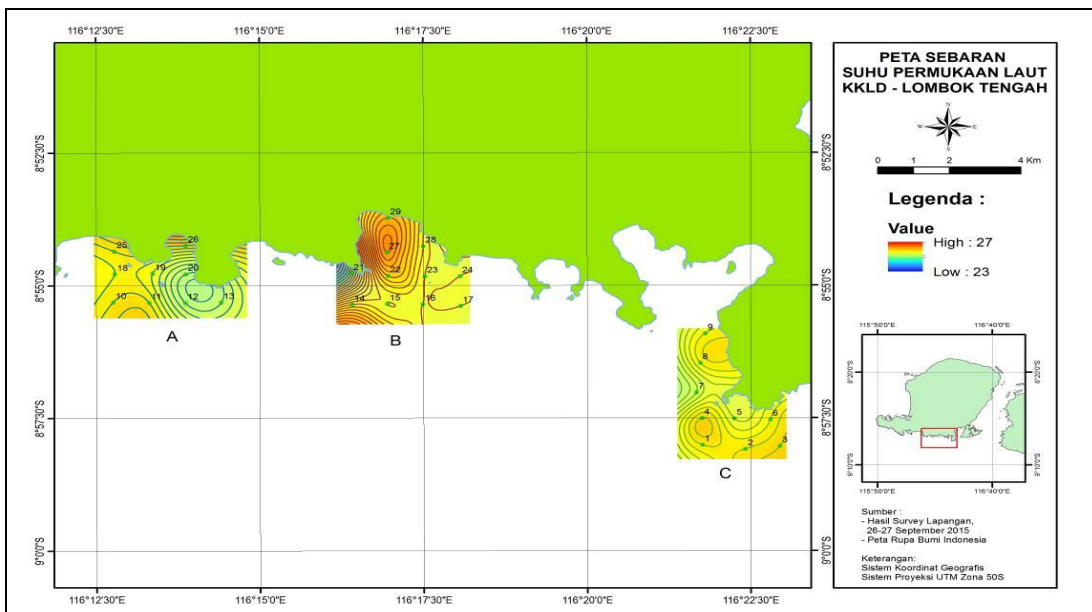
Berdasarkan hasil data suhu permukaan pada Januari 2014 hingga November 2016 dari citra satelit Aqua MODIS pada **Gambar 4**, terlihat bahwa perairan memiliki pola sebaran suhu yang bervariasi. Pada tahun 2014, nilai suhu berada pada kisaran 27,88° - 30,56°C dengan rata-rata temperatur 29.83°C, sedangkan pada tahun 2015 kisaran temperatur berada pada rentang 27,42° - 30,75°C dan rata-rata suhunya 29,28°C. Pada bulan Januari - November 2016, suhu rata-rata Perairan yaitu 30,36°C dengan kisaran suhu yaitu 28,98 - 31,22°C. Jika dibandingkan data citra pada tahun 2015 dengan hasil penelitian, nilai suhu mempunyai perbedaan rata-rata sebesar 3,58°C, perbedaan rata-rata yang cukup besar tersebut dikarenakan resolusi data cita satelit yang

menggeneralisir suhu di area 30x30 meter. Rentang temperatur pada Januari 2014 hingga November 2016 masih pada kisaran suhu yang optimum. Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai TSS minimum 0,007 mg/L dan maksimum 0,025 mg/L, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5**. TSS yang cukup tinggi berada di Teluk Kuta dan Teluk Mawun sedangkan yang rendah berada di Teluk Bumbang. Distribusi spasial TSS memiliki pola yang sama di sekitar lokasi Teluk Blumbang dan Teluk Mawun. Mulai dari level menengah cenderung ke level tinggi dari batasan skor yang diberikan namun masih jauh di bawah baku mutu ke arah laut seperti disajikan pada **Gambar 5**. Keberadaan TSS dalam perairan terkait erat dengan kecerahan perairan yang akhirnya akan berpengaruh pada proses fotosintesis yang dilakukan mikro *algae* yang bersimbiosis dengan karang (*zooxanthallae*). Diketahui bahwa lokasi penelitian merupakan tempat melimpahnya benih

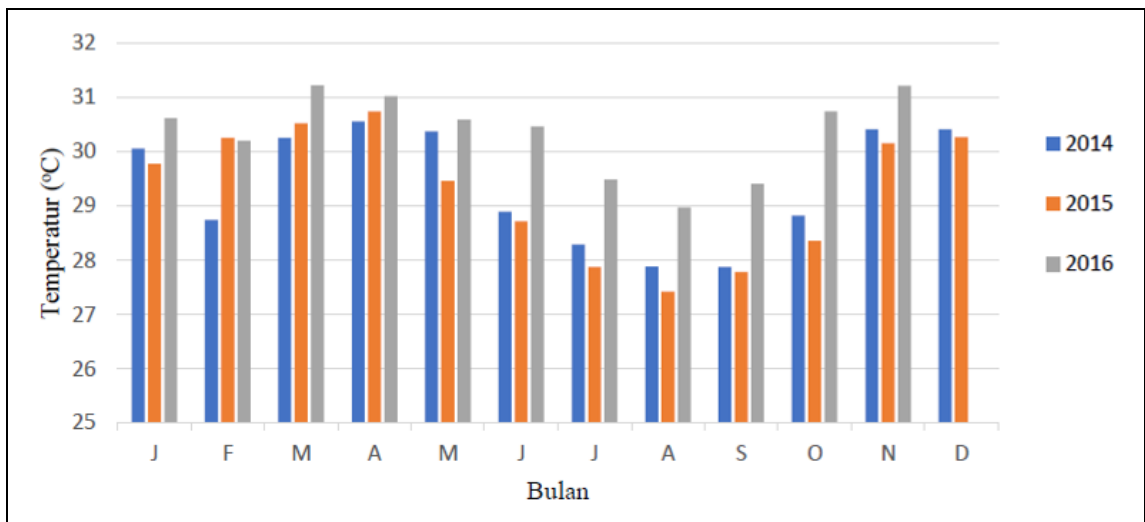
lobster seperti di Teluk Gerupuk yang dekat dengan Teluk Blumbang. Erlania et al. (2014) mendapatkan benih lobster melimpah di Teluk Blumbang merupakan bagian terluar dari Teluk Gerupuk dan melimpah pada bulan Juni.

Parameter Kimia

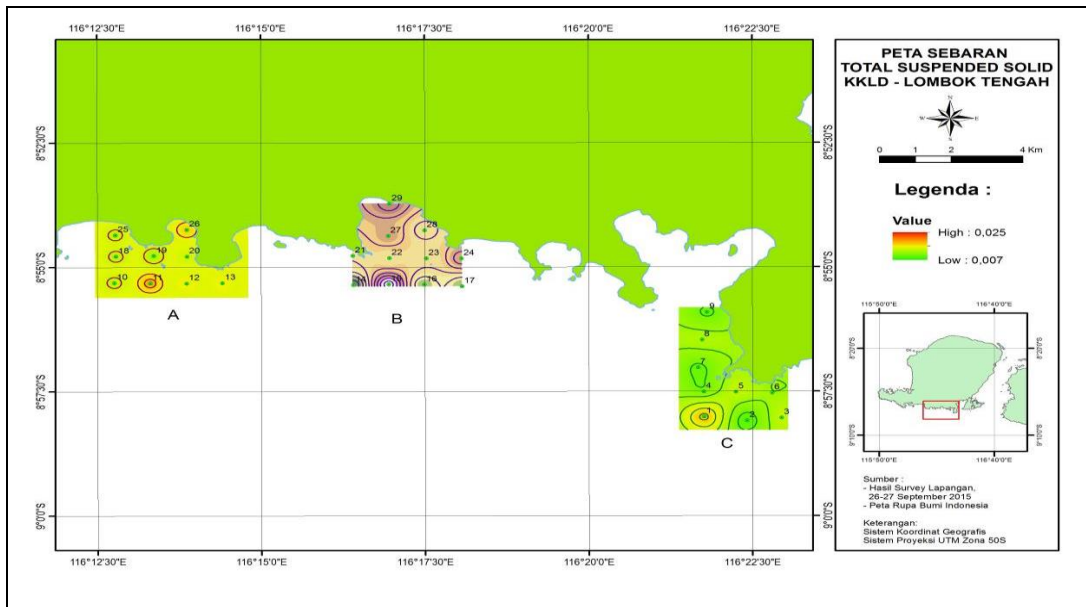
Delapan parameter kimia yang diukur pada penelitian ini adalah pH, salinitas, DO, TOM, unsur hara meliputi fosfat, nitrat, nitrit, dan amonia. Berdasarkan **Gambar 6** dan **Tabel 2** terlihat bahwa sebaran nilai parameter kimia di lokasi penelitian sesuai baku mutu kecuali fosfat dan nitrat. Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai pH minimum 7,23 dan maksimum 7,94, seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**.



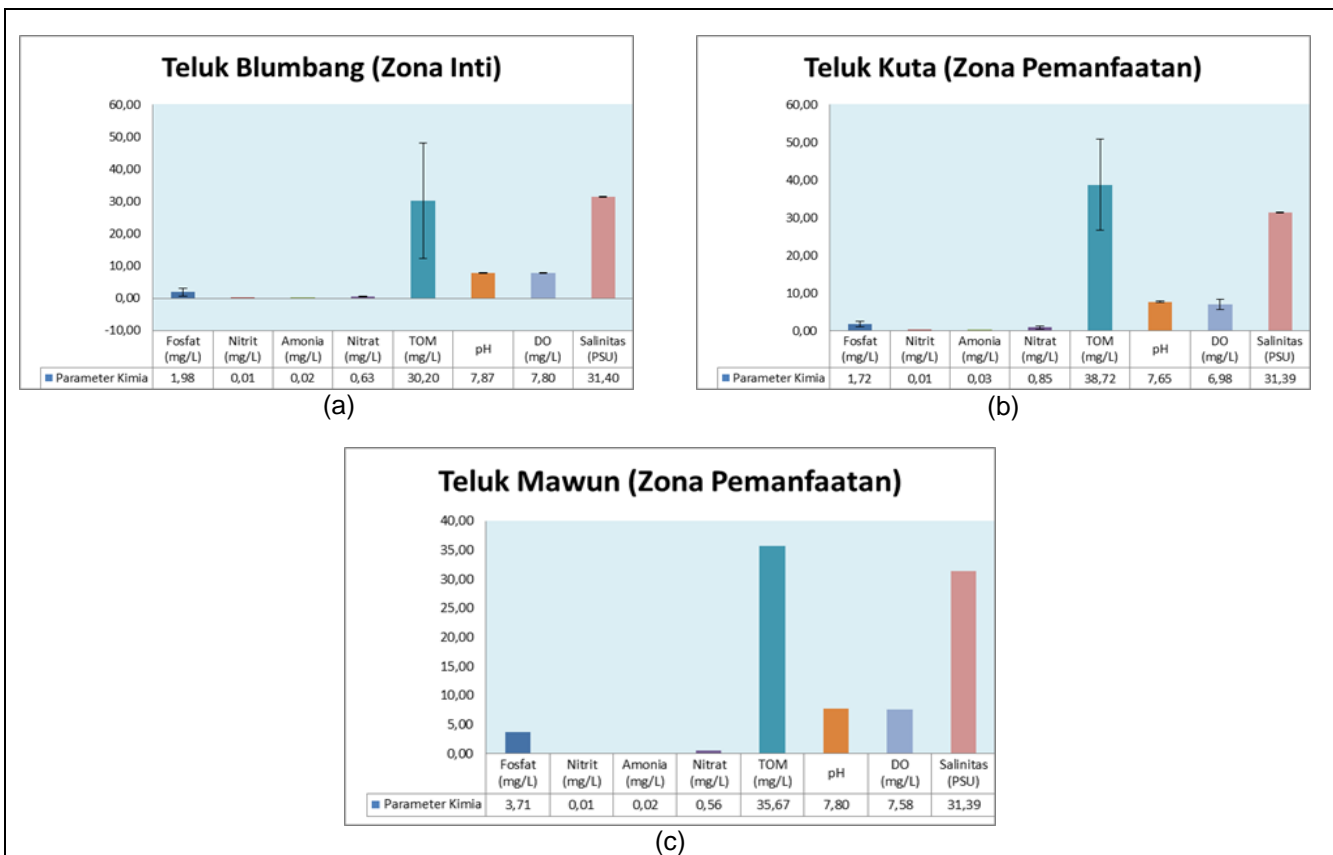
Gambar 3. Distribusi spasial suhu.



Gambar 4. Grafik *Time series* suhu berdasarkan citra satelit Aqua MODIS Tahun 2014, 2015 dan 2016



Gambar 5. Distribusi spasial TSS



Gambar 6. Nilai rata-rata parameter kimia di perairan KKLD, (a) Teluk Blumbang; (b) Teluk Kuta dan (c) Teluk Mawun Lombok Tengah, September 2015.

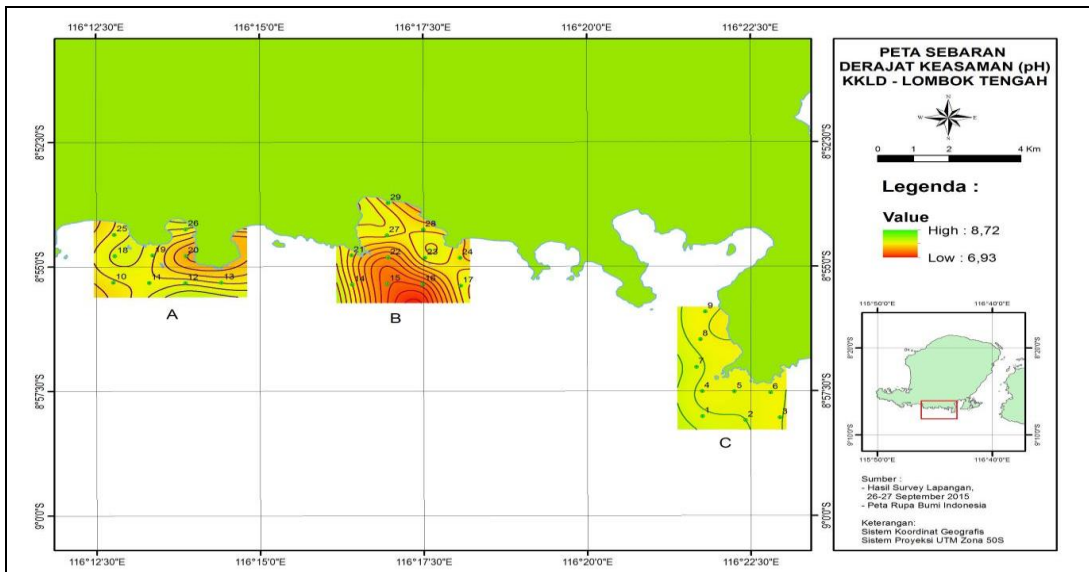
Nilai ini lebih rendah dibandingkan penelitian Putra et al. (2012) dan Erlania et al. (2014) di mana pH yang cukup tinggi berada di dekat wilayah pesisir. Sebaran pH pada lokasi penelitian, nilai pH pada Teluk Blumbang seragam di seluruh titik *sampling*, di Teluk Kuta nilai pH lebih rendah di tengah laut dibandingkan dekat dengan daratan, sedangkan di Teluk Mawun pH terlihat rendah di dekat daratan dibandingkan lokasi lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Nilai pH dalam suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara

lain: aktivitas biologi; fotosintesa; suhu; kandungan oksigen; dan adanya kation serta anion. Selain itu perubahan nilai pH dapat juga disebabkan oleh buangan industri dan rumah tangga yang terbawa oleh sungai (Mahida, 1986) dengan nilai pH sungai umumnya rendah (<7) sehingga keberadaan ion dan kation di badan air juga rendah. Namun nilai pH di lokasi penelitian berdasarkan KMN LH No. 51 Tahun 2004 masih sesuai untuk biota laut dan wisata bahari (7-8,5).

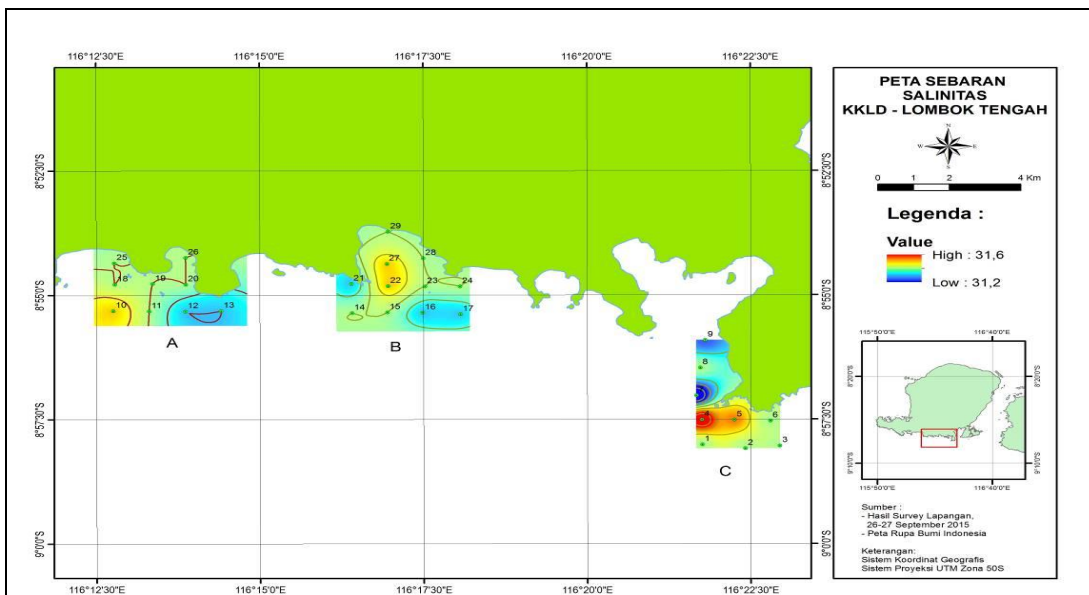
Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai salinitas minimum 31,20‰ dan maksimum 31,60‰, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8**. Sebaran salinitas di Teluk Blumbang terlihat seragam, di Teluk Kuta juga memiliki pola yang sama dengan pH rendah ke arah tengah laut atau jauh dari daratan. Salinitas di Teluk Mawun rendah di sisi sebelah kanan dengan pH lebih tinggi. Namun secara keseluruhan nilai salinitas seragam di lokasi penelitian karena memiliki kisaran salinitas yang rendah yaitu 31,40‰. Nilai salinitas hasil penelitian pada bulan September 2015 lebih tinggi dibandingkan Putra et al., (2012) dan lebih rendah dibandingkan Erlania et al. (2014). Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai TOM minimum 1,264 dan maksimum 68,256 seperti ditunjukkan pada **Gambar 9**. Total Organic Matter (TOM) merupakan total bahan organik yang terdapat di perairan. TOM yang cukup tinggi berada di Teluk Kuta dan Teluk Mawun sedangkan yang

rendah berada di dekat wilayah pesisir Teluk Bumbang. Nilai TOM di perairan terlihat dari adanya konsentrasi nilai tinggi pada bagian tengah Teluk Blumbang dan dekat daratan bagian barat Teluk Mawun serta hampir merata tinggi di Teluk Kuta.

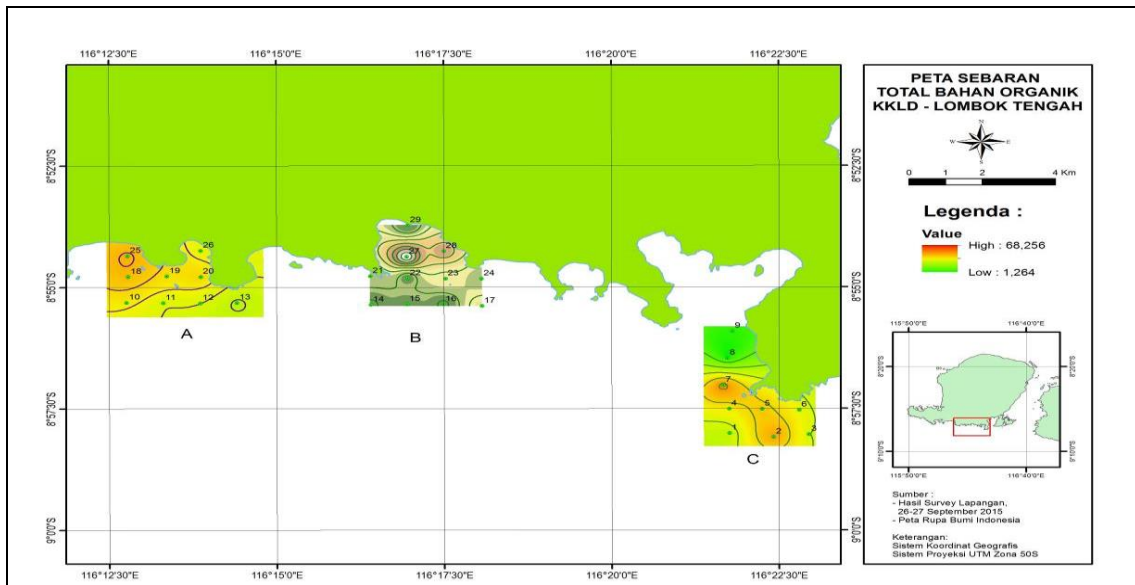
Bahan organik total atau TOM menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (*particulate*), dan koloid. Bahan organik merupakan bahan bersifat kompleks dan dinamis berasal dari sisa tanaman dan hewan yang terdapat di dalam tanah yang mengalami perombakan. Bahan ini terus-menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia, dan biologi. Dekomposisi bahan organik di pengaruhi oleh beberapa faktor antara lain susunan residu, suhu, pH, dan ketersediaan zat hara serta oksigen. Tingkat kesuburan suatu perairan dapat diperhitungkan dengan keberadaan TOM di dalam kolom air.



Gambar 7. Distribusi spasial derajat keasaman pH di KKL Lombok Tengah September 2015.



Gambar 8. Distribusi spasial salinitas di lokasi penelitian September 2015.



Gambar 9. Distribusi spasial total bahan organik di lokasi penelitian September 2015.

Tingginya TOM di lokasi tersebut lebih disebabkan keberadaan ekosistem pesisir sebagai sumber bahan organik. Di Teluk Blumbang terdapat ekosistem terumbu karang, di Teluk Kuta terdapat ekosistem lamun, dan di Teluk Mawun dekat dengan daratan juga terdapat ekosistem lamun. Diketahui sumber bahan organik di perairan berasal dari daratan, dari serasah dan *detritus* dalam hal ini bersumber dari tanaman yaitu lamun, *fitoplankton*, dan bakteri. Keberadaan bahan organik terkait erat dengan keberadaan oksigen di perairan. Bahan organik dengan bantuan bakteri dan oksigen akan mendekomposisi bahan organik menjadi bahan yang dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya misalnya nutrisi.

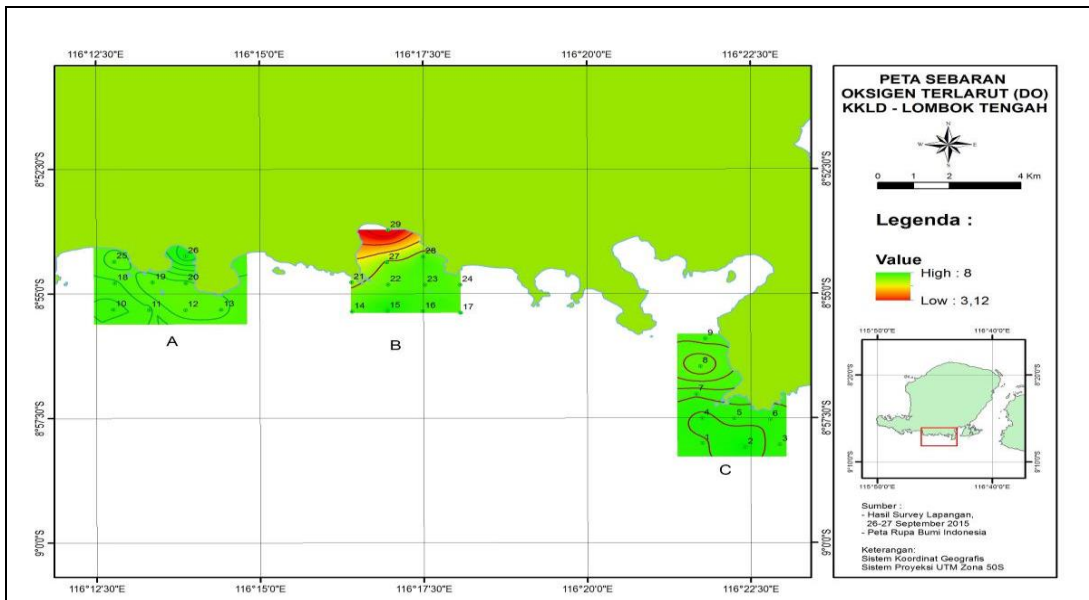
Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai DO minimum 3,12 mg/L dan maksimum 8,00 mg/L, seperti ditunjukkan pada **Gambar 10**. Keberadaan oksigen terlarut di lokasi penelitian cukup tinggi di atas 5 mg/L. DO yang cukup tinggi berada di Teluk Kuta dan Teluk Bumbang sedangkan yang rendah berada di dekat wilayah pesisir Teluk Mawun. Nilai DO rerata di Teluk Blumbang 7,8 mg/L di Teluk Kuta 6,98 mg/L dan di Teluk Mawun 7,58 mg/L. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Putra et al. (2012) dengan rerata sebesar 6,89 mg/L.

Terlihat bahwa keberadaan bahan organik yang cukup tinggi tidak menghabiskan oksigen terlarut di lokasi penelitian. Hal ini dapat disebabkan perairan yang menghadap Samudera Hindia merupakan perairan yang cukup bergelombang sehingga difusi oksigen dari atmosfer cukup tinggi. Selain itu tingginya oksigen juga didapat dari hasil fotosintesis tanaman lamun dan makro alga di terumbu karang. Diketahui hasil fotosintesis daun lamun akan langsung terdifusi di perairan sehingga terlihat adanya

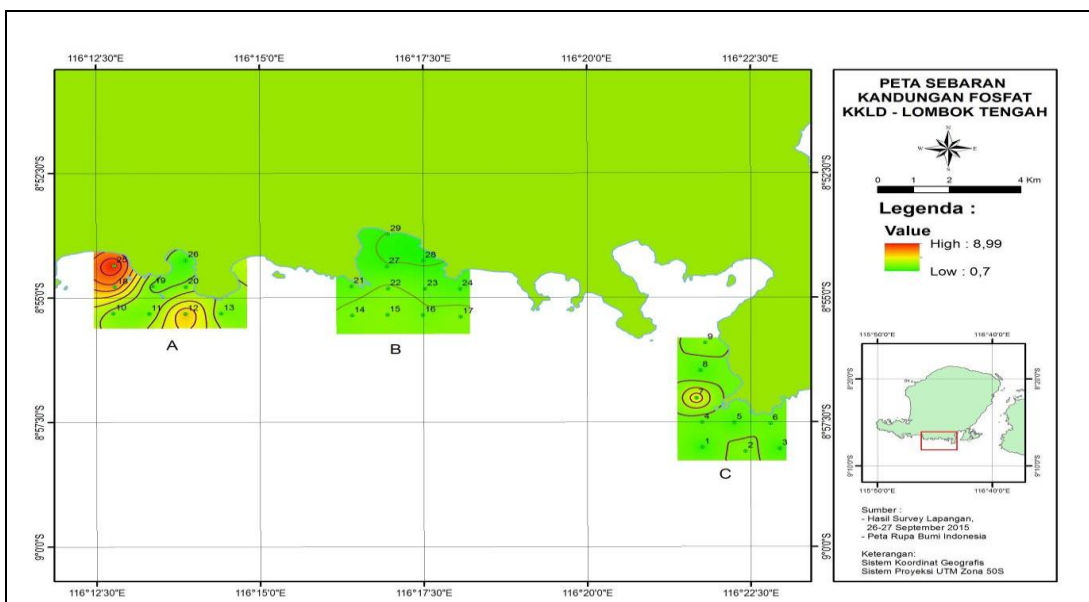
gelembung-gelembung gas oksigen di ekosistem lamun yang subur dan luas (Phillips & Menez, 1988). Hal ini disebabkan daun lamun merupakan tempat fotosintesis dan dapat menyerap nutrisi, gas dan air dari kolom air (Warry & Hindell, 2009). Anatomi yang unik dari jaringan daun lamun memungkinkan ekspor yang cepat oksigen hasil fotosintesis ke dalam air laut. Parameter nutrisi yang diukur adalah fosfat dan nitrat. Nutrien merupakan salah satu faktor yang menunjang dalam penentuan kualitas suatu perairan.

Nutrien dipergunakan dalam pembentukan sel biota seperti fitoplankton dan tanaman. Salah satu nutrisi atau unsur hara di perairan yang umumnya diukur adalah fosfat dan nitrat pada penelitian ini juga diukur nitrit dan amonia. Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai fosfat minimum 0,7 mg/L dan maksimum 8,99 mg/L, seperti ditunjukkan pada **Gambar 11**. Fosfat yang cukup tinggi berada di dekat wilayah pesisir Teluk Kuta dan di bagian barat Teluk Mawun sedangkan yang rendah berada di Teluk Bumbang. Nilai fosfat terlihat hampir seragam di semua lokasi penelitian kecuali di Teluk Kuta bagian barat nilai fosfat terlihat lebih tinggi.

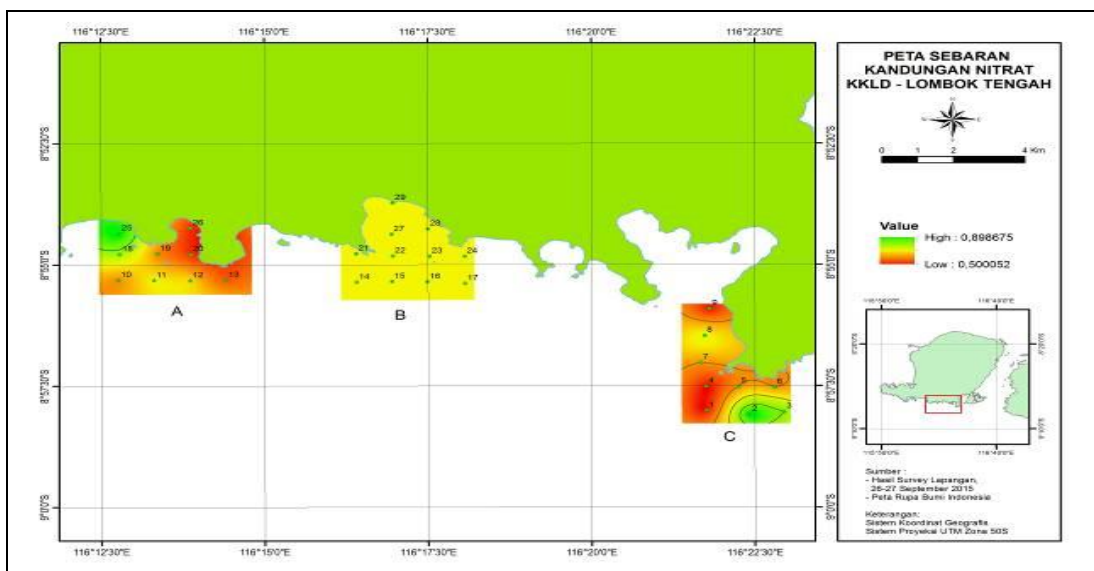
Hal ini lebih disebabkan banyaknya masukan dari daratan dibandingkan dengan hasil dekomposisi bahan organik. Kisaran nilai rata-rata fosfat di lokasi penelitian adalah 1,72 – 3,71 mg/L. Secara keseluruhan sebaran spasial nilai fosfat di lokasi penelitian berada di atas baku mutu air laut berdasarkan KMN LH No. 51 tahun 2004 (0,008 mg/L). Fosfat merupakan nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh biota untuk pertumbuhan sehingga dapat dikatakan perairan di lokasi penelitian merupakan perairan yang subur.



Gambar 10. Distribusi spasial DO di lokasi penelitian September 2015.



Gambar 11. Distribusi spasial fosfat di lokasi penelitian September 2015.



Gambar 12. Distribusi spasial kandungan nitrat di lokasi penelitian September 2015.

Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai nitrat minimum 0,5 mg/L dan maksimum 2,0 mg/L, seperti ditunjukkan pada **Gambar 12**. Nitrat yang cukup tinggi berada di Teluk Mawun dan Teluk Bumbang sedangkan yang rendah berada di dekat wilayah pesisir Teluk Kuta. Nitrat merupakan salah satu unsur nitrogen di perairan yang dapat dimanfaatkan biota selain amonium (NH_4^+) (Sanusi, 2006).

Kisaran rata-rata nitrat di lokasi penelitian 0,56- 0,86 mg/L. Nilai nitrat terlihat hampir seragam di semua lokasi penelitian. Secara keseluruhan sebaran spasial nilai nitrat di lokasi penelitian berada di atas baku mutu air laut berdasarkan KMN LH No. 51 Tahun 2004 (0,008 mg/L). Nitrat merupakan nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh biota untuk pertumbuhan sehingga dapat dikatakan perairan di lokasi penelitian merupakan perairan yang subur.

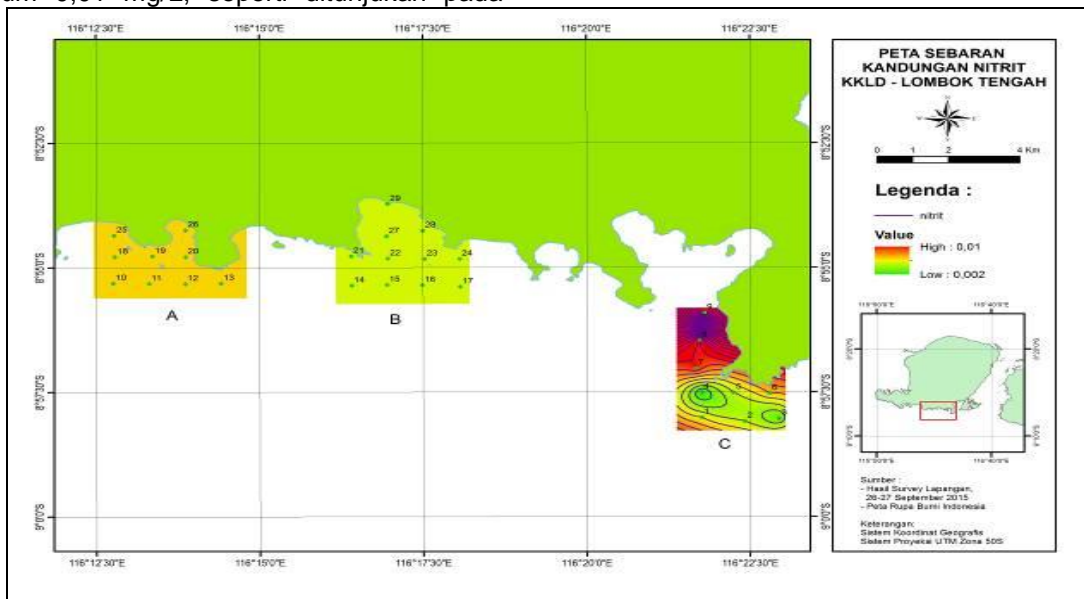
Parameter nitrit dan amonia merupakan bagian dari spesiasi siklus nitrogen di perairan diketahui bahwa jika keberadaan oksigen cukup di perairan maka keberadaan nitrat lebih dominan atau tinggi sebaliknya jika kurang oksigen di perairan senyawa nitrit dan amonia akan tinggi di perairan. Hal ini dijadikan sebagai indikator kesehatan perairan. Nilai kedua parameter nitrit dan amonia di perairan jauh di bawah baku mutu sehingga dapat dikatakan perairan lokasi penelitian perairan yang sehat dan subur dengan keberadaan nitrit dan amonia yang rendah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai nitrat yang tinggi melampaui batas baku mutu.

Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai nitrit minimum 0,002 mg/L dan maksimum 0,01 mg/L, seperti ditunjukkan pada

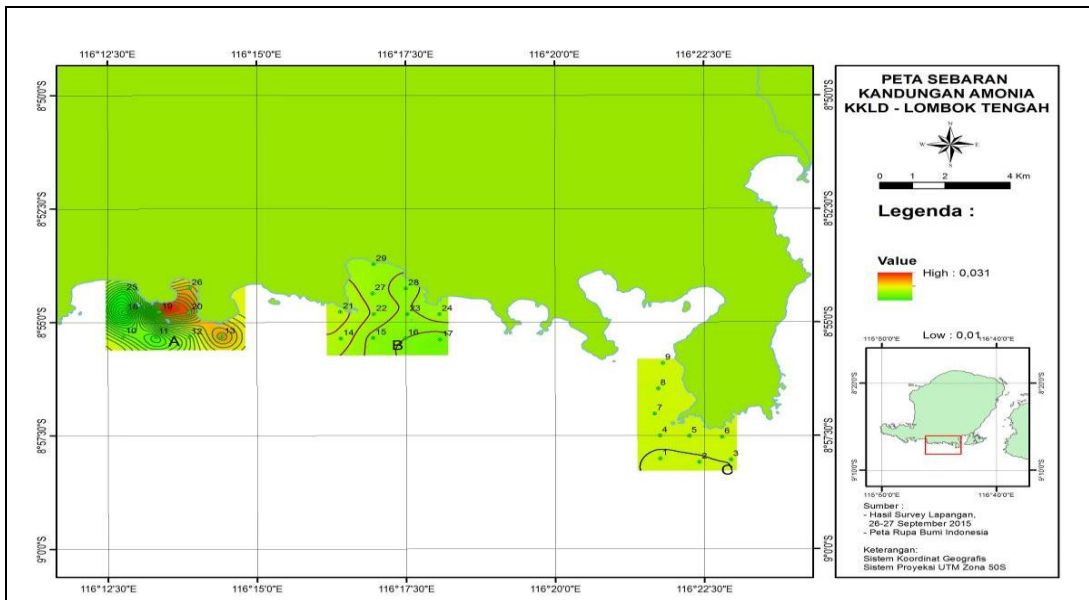
Gambar 13. Nilai nitrit yang cukup tinggi berada di Teluk Kuta dan Teluk Blumbang dibandingkan Teluk Mawun. Jika berdasarkan baku mutu untuk wisata bahari maka keberadaan nitrit harus nihil, namun karena peruntukan untuk kawasan konservasi lebih ditekan untuk biota laut maka masih jauh di bawah baku mutu. Hasil pengukuran dan analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai amoniak minimum 0,01 mg/L dan maksimum 0,031 mg/L, seperti ditunjukkan pada **Gambar 14**. Nilai amonia yang cukup tinggi berada di Teluk Mawun dan Teluk Blumbang dibandingkan Teluk Kuta. Jika berdasarkan baku mutu untuk wisata bahari maka keberadaan amonia harus nihil, namun karena peruntukan untuk kawasan konservasi lebih ditekan untuk biota laut maka masih jauh di bawah baku mutu.

Parameter Biologi

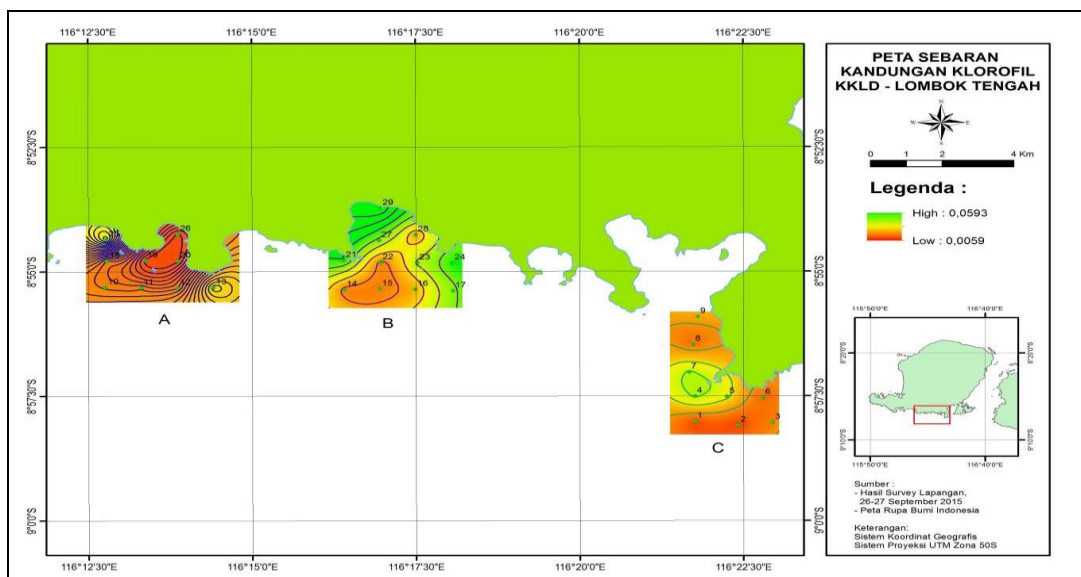
Parameter biologi yang diukur pada penelitian ini terkait kualitas perairan adalah kandungan klorofil di perairan. Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga, dan bakteri fotosintetik. Senyawa ini yang berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah tenaga cahaya matahari menjadi tenaga kimia. Klorofil-a merupakan komponen penting yang didukung fitoplankton dan tumbuhan air yang mana keduanya merupakan sumber makanan alami bagi ikan. Klorofil-a adalah suatu pigmen aktif dalam sel tumbuhan yang mempunyai peran penting terhadap berlangsungnya proses fotosintesis (Prezelin, 1981 dalam Krismono, 2010).



Gambar 13. Distribusi spasial nitrit dan kandungan amonia di lokasi penelitian, September 2015.



Gambar 14. Distribusi spasial kandungan amonia di lokasi penelitian, September 2015



Gambar 15. Distribusi spasial klorofil perairan KKLD Lombok Tengah, September 2015.

Hasil analisis spasial menunjukkan perairan pada daerah penelitian mempunyai klorofil minimum 0,0059 $\mu\text{g/L}$ atau 5,9 mg/m^3 dan maksimum 0,0593 $\mu\text{g/L}$ atau 59,3 mg/m^3 , seperti ditunjukkan pada **Gambar 15**. Klorofil yang cukup tinggi berada di dekat wilayah pesisir. Sebaran spasial klorofil menunjukkan nilai berfluktuasi di Teluk Kuta serta nilai seragam di Teluk Mawun dan Teluk Blumbang. Nilai klorofil di lokasi penelitian bervariasi dengan tingginya standard deviasi yang didapatkan. Hal ini menunjukkan kandungan klorofil yang terdapat dalam perairan berada pada ekosistem pesisir yang subur kandungan klorofil tidak hanya berasal dari fitoplankton juga dari serasah organik seperti daun lamun. Hal ini memperkuat tingginya nilai klorofil Teluk Kuta dimana di Teluk Kuta terbentang cukup luas padang lamun.

Nilai Klorofil-a tertinggi di Teluk Kuta terendah di Teluk Mawun **Gambar 15**. Klorofil-a di suatu perairan dapat digunakan sebagai ukuran

produktivitas primer fitoplankton, karena pada umumnya dapat dijumpai pada semua jenis fitoplankton (Goldman & Horne, 1983). Henderson-Sellers & Markland (1987) menyatakan bahwa konsentrasi klorofil-a untuk perairan tipe oligotrofik sebesar 0 – 4 mg/m^3 , tipe mesotrofik sebesar 4 – 10 mg/m^3 , dan tipe eutrofik sebesar 10 – 100 mg/m^3 . Berdasarkan hasil penelitian merupakan tipe perairan eutrofik atau subur.

KESIMPULAN

Hasil statistik deskriptif pengukuran kualitas perairan di lokasi penelitian berdasarkan baku mutu KMNLH (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup) No. 51 tahun 2004 Lampiran II dan III baik peruntukan zona inti dan zona pemanfaatan untuk biota laut dan wisata bahari secara keseluruhan menunjukkan hasil berada dalam kisaran normal kecuali konsentrasi fosfat

dan nitrat. Hasil analisis data spasial menunjukkan bahwa distribusi spasial kualitas air pada musim timur bulan September dengan parameter suhu, pH, dan klorofil bernilai lebih tinggi pada wilayah dekat pesisir, berbanding terbalik dengan nilai salinitas. Distribusi spasial kualitas air di Teluk Kuta yang memiliki parameter bernilai cukup tinggi adalah TSS, TOM, DO, fosfat, dan amoniak. Pada Teluk Mawun yang bernilai cukup tinggi adalah TSS, TOM, dan nitrat, sedangkan di Teluk Bumbang parameter bernilai cukup tinggi adalah DO, nitrat, dan nitrit.

Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa kualitas perairan di Teluk Kuta, Teluk Mawun, dan Teluk Bumbang berada dalam kondisi yang baik sesuai dengan fungsi lahan tersebut sebagai Kawasan Konservasi Laut Daerah Lombok. Pemantauan yang rutin dalam kawasan perairan ini sangatlah diperlukan untuk menjaga kestabilan ekosistem di daerah tersebut agar tetap terjaga fungsinya. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar mendapatkan data *time series* untuk menggambarkan dinamika sebaran kualitas perairan KKLD Lombok Tengah yang lebih lengkap. Distribusi spasial kualitas perairan di lokasi penelitian diharapkan akan berguna untuk kebijakan pengelolaan kawasan konservasi oleh Pemerintah Kabupaten Lombok Tengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Balitbang Kelautan dan Perikanan. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Laut dan Pesisir Tahun Anggaran 2015 dengan Nomor: SP DIPA-032.11.1.634150/2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Altansukh, & Davaa. (2011). Application Of Index Analisis To Evaluate The Water Quality Of The Tuul River In Mongolia. *Jurnal Of Water Resources And Production*, 3, 198–414.
- Campbell, H. W., & Busack, S. D. (1979). *Laboratory Maintenance. In Turtles Perspectives and Research*. New York: A Wiley - Interscience Publication.
- Erlania, Radiarta, I. N., & Sugama, K. (2014). Dinamika Kelimpahan Benih Lobster (*Panulirus spp.*) Di Perairan Teluk Gerupuk, Nusa Tenggara Barat: Tantangan Pengembangan Teknologi Budidaya Lobster. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(3), 475–486.

- Goldman, C. ., & Horne, A. J. (1983). *Lymnology* (p. 464). Auckland: Mc Graw Hill International Book Company.
- Henderson-Sellers, B., & Markland, H. R. (1987). *Decaying Lakes: The Origin and Control of Eutrophication* (p. 254). . Jhon Willey and Sons Ltd, Great Britain.
- KMNLH. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut (2004). Indonesia.
- Krismono. (2010). Hubungan Antara Kualitas Air Dengan Klorofil-A dan Pengaruhnya Terhadap Populasi Ikan di Perairan Danau Limboto. *LIMNOTEK*, 17 (2), 171–180.
- Mahida, U. N. (1986). *Pencemaran air dan pemanfaatan limbah industri* (p. 543). Jakarta: C.V. Rajawali.
- Manik, K. E. S. (2007). *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Djembatan.
- Mayunar, R. P., & Imanto, P. T. (1995). Prosiding Temu Usaha Pemasarakatan Keramba Jaring Apung Bagi Budidaya Laut (pp. 179–189). Jakarta.
- Phillips, & Menez. (1988). *Sea grasses Smithsonian Contributions to the marine Science*. Washington DC: Smithsonian Institution Press.
- Putra, A. M., Suyasa, I. W. B., & Mahendra, M. S. (2012). Analisis Lingkungan Perairan Untuk Zona Pengembangan Budidaya Laut Di Teluk Gerupuk Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Ecotrophic*, 7(1), 1–5.
- Salim, H., Rustam, A., & Ati, R. N. H. (2007). Pola Sebaran Spasial Kualitas Air Teluk Bungus Padang. *Jurnal Segara*, 3(1), 1–10.
- Sanusi, H. S. (2006). *Kimia Laut, Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Susanto, R. D., Gordon, A. L., & Zheng. (2001). Upwelling Along The Coast of Java and Sumatra and Its Relation to ENSO. *Geophys. Res. Left.*, 28 (8), 1599 – 1602.
- Utojo, A., Mansyur, A., Marsambuana, Tarunamulia, B., & Pantjara. (2004). Identifikasi Kelayakan Lokasi Budidaya Laut di Perairan Teluk Saleh Kabupaten Dompu Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 10(1), 1 –32.
- Warry, F. Y., & Hindell, J. S. (2009). *Review of Victorian Seagrass Research, With Emphasis on Port Phillip Bay*. Arthur Rylah Institute for Environmental Research, Department of Sustainability and Environment, Heidelberg
- Yulius. (2009). Kajian Pendahuluan Pengembangan Wisata Pantai Kategori Rekreasi Di Teluk Bungus Kota Padang, Provinsi Sumatera. *Jurnal Segara*, 5(1), 15–23.

LANDSLIDE VULNERABILITY MAPPING OF BUNGUS BAY COASTAL TOURISM, WEST SUMATERA, INDONESIA USING STORIE METHOD

(Pemetaan Kerentanan Longsor Kawasan Wisata Pesisir Teluk Bungus, Sumatera Barat,
Indonesia Menggunakan Metode Storie)

Wisnu Arya Gemilang, Ulung Jantama Wisna dan Ruzana Dhiauddin
Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir (LRSDKP), BRSDM-KP-KKP
Jl. Raya Padang-Painan km 16. Bungus, Padang, Sumatera Barat, Indonesia 25245
E-mail: wisnu.gemilang@yahoo.co.id

Diterima (received): 28 september 2017; Direvisi (revised): 05 April 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 24 Mei 2018

ABSTRAK

Teluk Bungus dan sekitarnya merupakan salah satu kawasan wisata pesisir yang banyak dikunjungi oleh para wisatawan domestik maupun mancanegara. Morfologi sekitar teluk merupakan bentang alam pegunungan dan perbukitan yang memiliki kemiringan lereng curam. Material penyusun lereng sekitar pesisir Bungus merupakan batuan vulkanik sehingga hasil pelapukan berupa jenis tanah berbatu dengan lapisan tanah yang tidak begitu tebal. Kondisi tersebut merupakan faktor pemicu banyaknya kejadian tanah longsor. Informasi terkait zonasi tingkat kerentanan terhadap longsor sangat dibutuhkan untuk mengurangi terjadinya fenomena longsor di kawasan wisata Teluk Bungus. Klasifikasi kerentanan dilakukan dengan menerapkan metode Storie terhadap empat parameter utama yaitu kemiringan lereng, tataguna lahan, jenis tanah dan curah hujan. Tingkat kerentanan tanah longsor di Bungus terbagi menjadi 5 tingkatan yaitu kerentanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Tingkat kerentanan tinggi mendominasi wilayah studi sebesar 39,33% yang diikuti oleh tingkat sedang 39,20%, kedua tingkatan kerentanan tersebut berada pada tanah litosol yang memiliki kepekaan terhadap erosi tanah. Perubahan tataguna lahan kawasan hutan lindung serta jenis tanah litosol yang sangat peka terhadap aliran air permukaan menjadi faktor utama pemicu terjadinya longsor di Teluk Bungus. Upaya mitigasi berupa pembangunan fisik dan sosialisasi kepada masyarakat sekitar perlu dilakukan untuk mengurangi dampak terjadinya bencana longsor di kawasan ini.

Kata kunci: longsor, kerentanan, metode storie, Teluk Bungus, pesisir

ABSTRACT

Bungus Bay and its surrounding are one of the coastal tourist areas that are frequently visited by domestic as well as international tourists. Morphology around the bay is a mountainous landscape that has a steep slope. Materials forming the hillside around the coast are volcanic rocks, which through weathering process resulted in rocky area with thin layer of soil. These conditions are the main factor triggering landslide events. Information regarding vulnerable zone of the landslide is essential to reduce the impact of the landslide phenomena in Bungus Bay. The vulnerability classification was done by applying the Storie method to analyze four main parameters which are, slope, land-use, soil type and rainfall intensity. The landslide vulnerability level in Bungus Bay was divided into five levels, namely very low, low, moderate, high, and very high. High vulnerability covers 39.33 % of the study area. Meanwhile, moderate vulnerability covered 39.20 %. Both levels of vulnerability were located in the lithosol area which is very sensitive to the soil erosion. Land-use change in protected forest area and the lithosol soil type become the main factors triggering the landslide events. Mitigation efforts in the form of physical development and socialization are to reduce the impacts of the landslide in this area.

Keywords: Landslide, vulnerability, storie method, Bungus Bay, coastal

INTRODUCTION

Landslide is one of the natural disasters that is quite pernicious. Its occurrence increases in the prone area (Jebur, Pradhan, & Tehrany, 2014). Globally, landslide events impact settlement damage, local deprivation, and human victim every year (Pourghasemi, Pradhan, Gokceoglu, Mohammadi, & Moradi, 2013). Landslides represent around 9 % of disasters in the world during 1990's. This trend is predicted to continue several years

ahead due to the increase of urbanization and development, illegal logging and rainfall intensity enhancement regionally (Yilmaz, 2009). The landslide has a role in the earth evolution which it may frequently occur around the world.

The coastal system in the last decades had experienced pressure processes. The changes more than its natural condition (Sesli, Karsli, Colkesen, & Akyol, 2009). Cliff evolution in the coastal area is complicated affected by sea and anthropogenic processes (Lim, Rosser, Allison, &

Petley, 2010). Landslide is well-known as the process of vulnerability of coastal cliff evolution (Epifânio, Zêzere, & Neves, 2013). Identifying the factors and processes controlling the rocky cliff coast is the important stage to determine the evolution of this system (Neves & Pereira, 1999). A study regarding to the dangers of coastal cliff related to the landslide occurrence with the cracked cliffs is necessary (Nunes et al., 2009).

Indonesia archipelago is located in the middle of three active plates, Indo-Australian plate, Eurasian plate, and Pacific plate. The meeting of those plates occurs in the subduction zone, resulting in volcanic arc formation with the moderate-steep slope (Xiao et al., 2015). Volcanic eruption results in materials with a high porosity and slightly compacted. These materials propagate in the steep slope. Those conditions affect the hydrological balance system disruption in the prone area of landslide (Kim et al., 2017). Generally, Indonesia region, such as West Sumatera, most of its areas consist of hills and mountains which are prone to landslide. High level of the landslide in the West Sumatera is caused by the high precipitation and earthquakes naturally occurred (Umar, Pradhan, Ahmad, Jebur, & Tehrani, 2014).

Several factors that have a role related to landslide occurrence are slopes, lithology, the distance from main roads, land-use, and human activities (Dahal & Hasegawa, 2008; Zare, Pourghasemi, Vafakhah, & Pradhan, 2013). Based on the study of the landslide in Padang City, West Sumatera, the landslide location is predicted to occur either in the fracture zone or fault system. Lithology arranging the hills consists of volcanic materials such as tuff and pumice located above andesite chunk with 20 meters of thickness which is prone to landslide (Fiantis et al., 2017). Bungus Bay coastal area and surrounding are one of the marine tourism areas located beneath the volcanic hills. In the surrounding, there are rocks hanging downhill.

There were six times landslide occurrences in Padang City during 2015, one of them occurred in Bungus Kabung Bay (BPBD, 2015). Marine tourism in Bungus Bay has become the most attracting beach in Padang due to its beautiful scenery. Nevertheless, according to the landslide vulnerability zone and flood map of February 2015, the tourist sites are located in landslide prone areas (Geologi, 2015). One of the examples of great landslide in the coastal area was occurred in Sandranan Beach, Gunungkidul, Yogyakarta on June 17th, 2015, killing four tourists and wounding 2 other people (Mustaqim, 2015).

Therefore, the information regarding the classification of land movement vulnerability in the prone area in the Bungus coast is necessary in term of spatial interests and disaster mitigation. This study aimed to classify the vulnerability level of land movement in the prone area in the Bungus coast by employing Storie method (Sitorus, 1985; Storie, 1978). Storie method has been used landslide level

classification in several areas of Indonesia (Khoris Sugianti, 2014).

METHOD

Bungus Kabung Bay Sub-district is positioned at 100° 22' 12" E, 1° 0' 54" S and 100° 25' 58.8" E, 1° 4' 40.8" S (**Figure 1**). Bungus Sub-district consists of 6 villages; West Bungus, South Bungus, East Bungus, South Kabung Bay, Central Kabung Bay, and North Kabung Bay. This research focuses only to the coast along Bungus Bay which surrounded by hills and steep beaches (more than 40% of slope) (BPS, 2016). The geological condition of the study area are Tomp formation and Qa. The tomp is Oligo-Miosen volcanic rock, formed from a volcanic material with a slight of sediment rocks. The volcanic rocks composed of lava, breccia, tuff breccia, tuff crystal, ignimbrite, and tuff dominated by andesite and dacite. Both coastal and beach area were formed by alluvial deposit (Qa) and consisted of silt, sand, and gravel (H.M.D. Rosidi, S. Tjokrosapoetro, B. Pendowo, 1996).

Storie Method was implemented to classify and calculate the landslide vulnerability, which was applied to 4 parameters such as land-use, slope, soil type and rainfall intensity (**Table 1**). Data of each parameter were processed spatially which were subsequently classified and given weight, so that, the calculation can be performed. Once the map of each physical parameter was done, those maps were then overlaid to produce a vulnerability map. The employed method did not consider other physical parameters or economic factor that might affect plantation of the certain area. The calculation to obtain the Storie Index was formulated in **Equation 1** as follow:

$$L = A \times \frac{B}{10} \times \frac{C}{10} \times \frac{D}{10}$$

Where:

A: Land-use

B: Slope

C: Soil type

D: Rainfall intensity

Land-use data were obtained from the 1:25,000 Indonesia morphological map of Padang City (BAPPEDA, 2007), which then scored based on the land classification by (Karnawati, 2005). The slope was obtained by analyzing the map of data elevation model (DEM) that was processed using Global Mapper to divide the studied area based on the percent of slope (Zuidam, 1979). The rainfall information was gained from the 96161-rainfall observation station of Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency of Indonesia (BMKG) which was located at 100.0304° E and 1.162° S. The rainfall scoring was based on the rainfall intensity classification by (Puslit Tanah, 2004). The last parameter, the soil type, was attained from BAPPEDA of Padang City. Analysis of each parameter was done using a

geographic information system software. Data were analyzed and assessed by classification and scoring. While the vulnerability level calculation of land movement was done using Storie method (Sitorus, 1985). Furthermore, the result overlaid the

physical parameters to produce the map of land movement level (Figure 2). Storie index modification approach was used to decide the land movement vulnerability level in the Bungus coastal area, Kabung Bay.

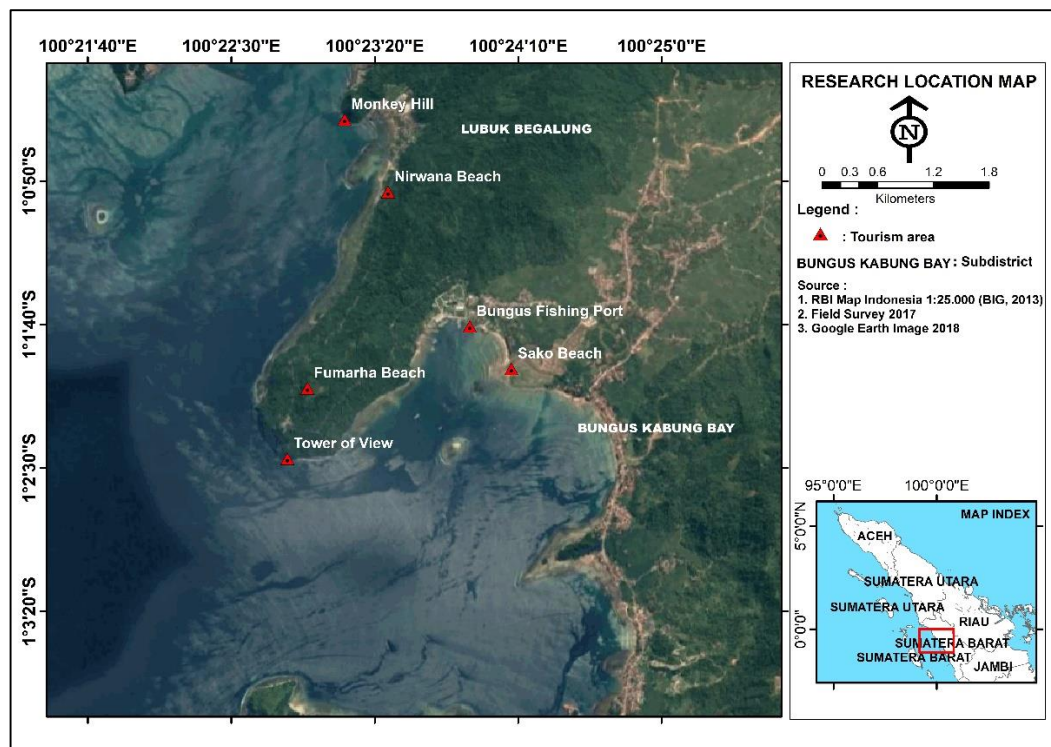


Figure 1. Research location map.

Tabel 1. Scoring of Storie parameters.

Parameter	Score					Classification
	1	2	3	4	5	
Land-use	Heterogeneous forest	Homogeneous forest	Farm	Settlement, agricultural field, pond	Moor, open filed	Karnawati, 2005
Slope (%)	0 - 8	>8 - 15	>15 - 25	>25 - 45	>45	Van Zuidam, 1979
Soil type	Alluvial	Latosol	Brown Forest, Mediteran	Andosol, Grumosol, Podsol	Regosol, Litosol, Organosol	Sobirin, 2013
Rainfall intensity (mm/year)	< 2.000	2.000 – 2.500	2.500 – 3.000	>3.000		Puslit Tanah, 2004

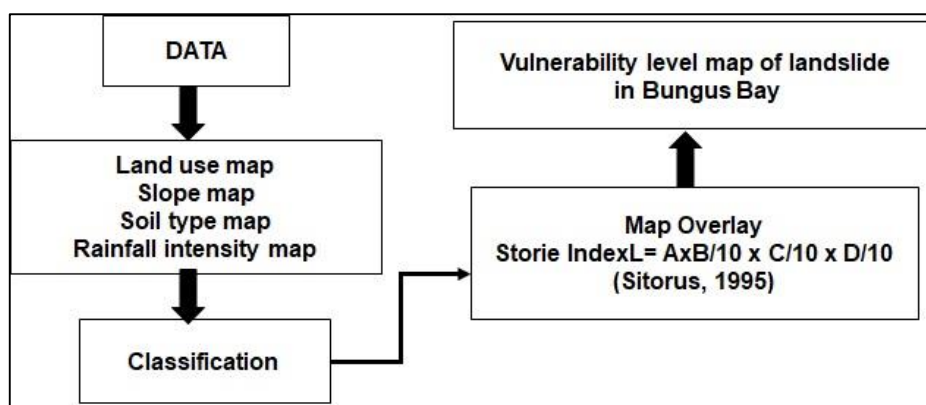


Figure 2. Research flow chart.

RESULT AND DISCUSSION

The results of Geographic Information System (GIS) and arithmetic overlapping show the zonation of landslide determinant parameters. The parameters, assessing the level of landslide vulnerability, were appropriated with the condition existed in the study area. Each factor classified to be the vulnerability level in accordance with every class resulted (**Figure 3, Figure 4, and Figure 5**).

Slope analysis

Slope classification according to (Zuidam, 1979) in the study area had five classes (**Figure 3**). Slope level 0-8% covered 16.72 % of study area, 8-15 % covered 14.77%, and 15-25% covered 23.24% respectively. Based on analysis result and slope classification, slope level 25-45% was predominant. Around 40.49% of the study area, was categorized into a steep slope with a coarse relief morphology (Zuidam, 1979). The area of >45% covering 14.78% slope was identified as the protected forest. That area had a steep hills morphology formation, so this area was not appropriate for settlement.

Flat slopes were identified in the river watershed and coastal area. Downhill morphology in the study area was formed by younger volcanic deposition resulted from weathering processes, resulting in soil-covered tertiary volcanic materials in the form of great chunks and rocks. Those conditions were categorized into a prone slope of land movement (landslide) due to residual soils

formation of rocks (Karnawati, 2005). Those slope arrangement conditions tremendously trigger the soil mass transfer (landslide). The steeper slope, the more potential of the landslide (Arsjad, 2012).

Slope is one of the most important factors influencing the downhill stabilization. Generally, slope stability is the interaction of slope angle with the material behavior such as scour, permeability, and cohesion (Devkota et al., 2013). Morphology formation and materials arrangement of natural sight is controlled by tectonic characteristics. Sumatera Island is the top part of South East Asian plate stabbed to the Indian Ocean and Australian plates, resulting in oblique subduction formation (Prawirodirdjo et al., 2000). Those processes form steep hill in the form of cliffs. Other than that, lithology formation of a region has a big role evoking landslide. Every type of lithology has a different vulnerability level to the active geomorphic process (Pradhan, Singh, & Buchroithner, 2006).

Land-use identification and classification

The land-use was divided into 5 types including settlement area, agricultural field, rice field, heterogeneous forest, and irrigation field together with the river pathways (**Figure 4**). The field and settlement area occupied the widest area reaching 63.92 %, followed by the forest of 32.46 %, agricultural field area of 0.09 % and irrigation 3.53 %. Based on the sensitivity of erosion, the settlement, rice field, and irrigation were classified as the land-use with high sensitivity (Karnawati, 2005).

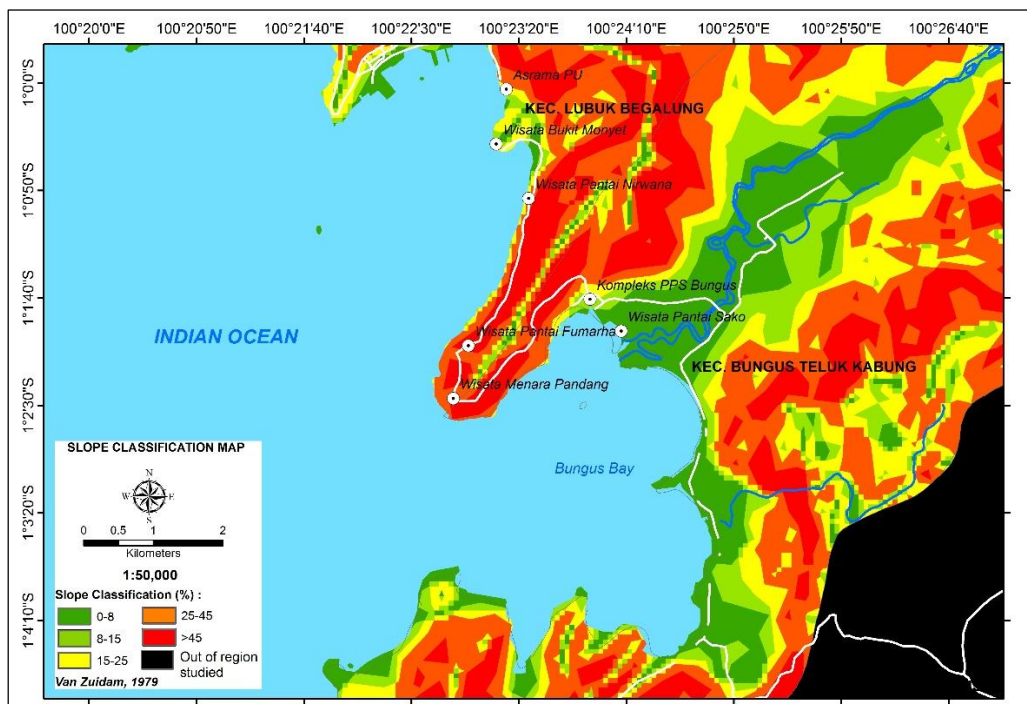
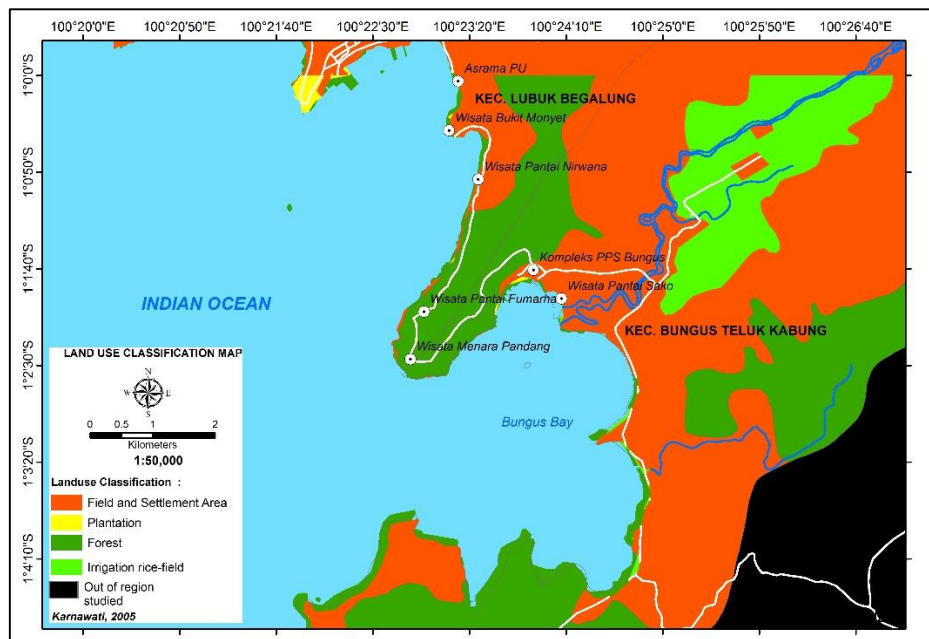


Figure 3. Slope profile of Bungus Bay.



Source : BAPPEDA, 2007
Figure 4. Land cover map of Bungus Bay.

The occurrence of land-use change happened in the open land of the forest and hill area. The land reform into settlement and plantation became the factors that triggered landslide occurrence. Land-use change is becoming the important factor of the landslide, particularly when the rainfall intensity increased (Karsli et al., 2009). The landslide directly correlated to land-use variation in every region (Glade, 2003). Vegetation in protected forest plays an important role to protect the soil solidity when the rainfall increased in the study area. Nonetheless, nowadays the vegetation in the hill area has changed to plantation and settlement areas. A study defined that the roots of the trees contributed to the slope stability enhancement. The greater the forest cover proportion, the less the soil eroded by rainwater (Chen & Huang, 2013).

Soil Types

The soil found in the study area consisted of 4 types; alluvial, andosol, lithosol and latosol (**Figure 5**). Lithosol is a very dominant soil type in the study area, of 52.07%, alluvial about 28.83% located on the coastal and watershed, and the rest of the types consist of 15.31% of latosol and 3.79% of andosol which were existed in the northern part of the study area. Based on erosion sensitivity, lithosol is the most sensitive and vice versa for alluvial soil (Sobirin, 2013). Latosol soil type is the rocky soil with a slightly thick layer. Latosol soil is formed from weathering result, including chemical and physical processes of igneous rocks, resulted from volcanic eruption, generally located in the steep slope area (Mulia & Prasetyorini, 2013).

Colluvial soil type correlated to the shallow land movement. That soil type sources from weathering of base rocks included in lithostratigraphic formation (Zizioli, Meisina, Valentino, & Montrasio, 2013). Stratigraphic formation of the study area was

predominated by volcanic rocks with slight sediment. Volcanic rocks consisted of lava, breccias, tuff breccias, and sediment rocks from the first Miocene (Rosidi, Tjokrosapoetro, & Pendowo, 1996). The weathering result of volcanic rocks in the form of tuff breccias caused the fragment to be in the middle between obsolete tuff matrixes, resulting in prone land movement while raining.

Rainfall intensity

Padang City has a tropical climate which the rain falls for most of the year. Its rate reaches an average of 336.25 mm per month with an average rainy day of 16 days per month. The highest rainfall rate occurred in March reaches 585.44 mm. Meanwhile, the lowest occurred in July of 194.9 mm. We measured the rainfall intensity of the study area based on the data of the nearby weather station located at Bayur Bay. The result shows that the average of rainfall intensity ranged 2,534 – 2,765 mm/year, categorizing the study area as a wet area (Puslit Tanah, 2004).

Rainfall intensity is the important factor triggering the landslide (Segoni, Rossi, Rosi, & Catani, 2014). The landslide will usually occur, if the rain intensity increases on December, January, March, and April. The rainfall intensity enhancement causes the soil to be covered in the downhill by texturing uncompacted soil, so that, when the water saturated, the slope could be easily moved. The existence of water in the superficies has a role empowering land movement in the slope area.

Vulnerability level classification

Determination of the landslide-prone area using Storie Method was the multiplication of each selected parameter. Based on the result, we defined that the classification ranged between 0.001< Storie

index < 0.256. That range was then converted into several levels by following the character of the study area, divided into five classes (**Table 2**). According to the result, our study area laid in very low to very high vulnerability (**Figure 7**).

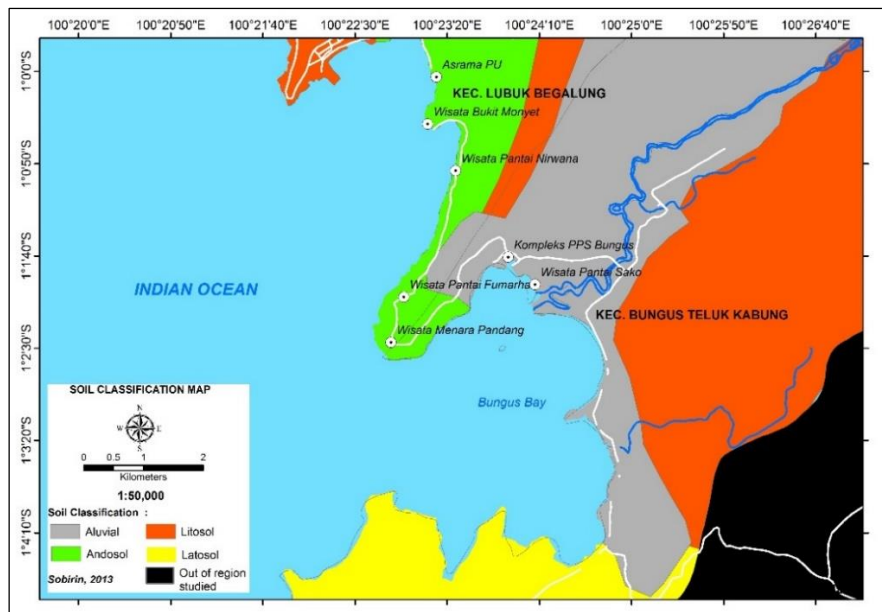
Table 2. Vulnerability level value of landslide occurrence.

No	Storie classes	Vulnerability level
1	< 0,001	Very low
2	0,001 – 0,016	Low
3	0,016 – 0,081	Moderate
4	0,081 – 0,256	High
5	> 0,256	Very high

The very high vulnerability level was found in the protected forest, about 15.55 % of the study area. The slope of this area was higher than 45% which partially still in used as the farming and settlement area by the local people, enhancing its vulnerability level. The rock had been weathered

and chunks of the huge rocks planted between the soils. Moreover, the type of the soil, that is lithosol, is very sensitive to the erosion. The high level of vulnerability dominates the study area, covered 39.33 % of total area. The high vulnerability area composed of lithosol soil, having the high sensitivity of erosion. The land-use in this area was covered by the settlement, open field, and rice field, which were the major factor of high vulnerability level. The slope came under the steep category with the value of 25-45 %.

The lithology was formed by the weathering result of volcanic materials that were susceptible to the landslide (**Figure 6**). This high vulnerable zone covered several tourism locations such as Nirwana Beach, Fumarha Beach, Menara Pandang, and some offices (Coastal Research Agency, Ministry of Public Work). This high vulnerable area has become threats for the main road, due to its connectivity with the crowd cities such as Padang and Bengkulu (**Figure 7**).



Source : (BAPPEDA, 2007)
Figure 5. The soil type identification of Bungus Bay.



Figure 6. A. Lithology resulted from weathering of volcanic rocks in the landslide area behind the Balai Pantai Kemen PUPR; B. Steeply hills morphology between the coastal areas.

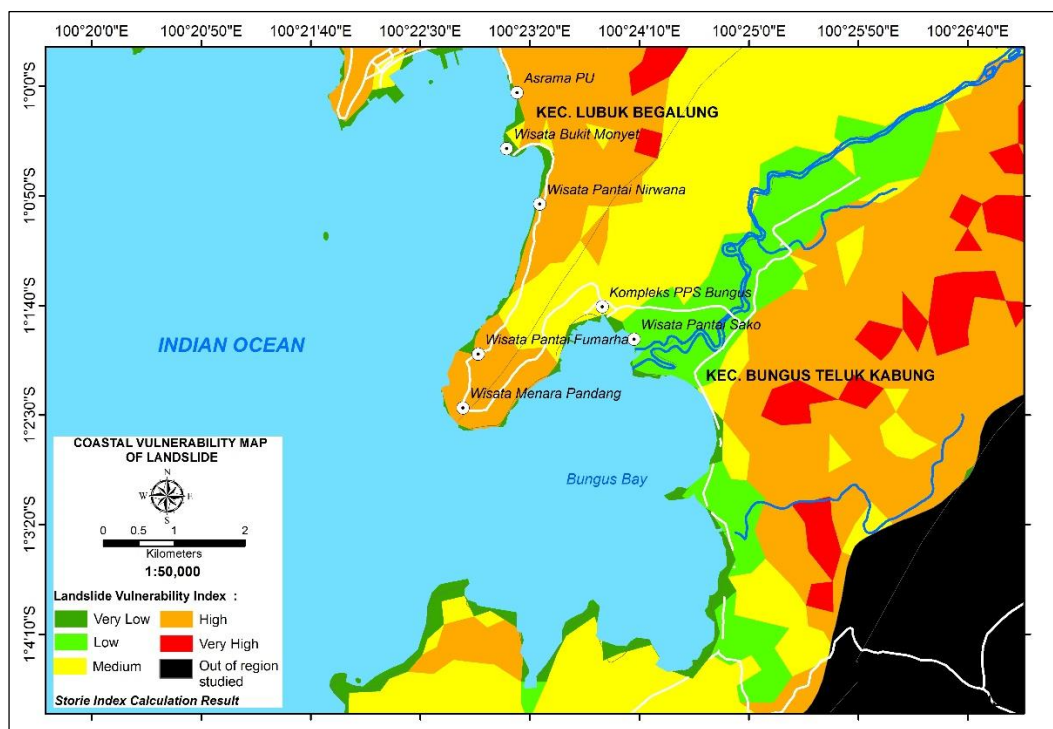


Figure 7. Vulnerability level map of landslide in Bungus Bay and it's surrounding.

A moderate vulnerability was identified in the area with steep slope ranged between 15-25 %, which covered about 39.20% of the study area. This area was also utilized as a settlement area, cultivation, and rice field which were quite sensitive to erosion. Low vulnerability covered about 5.14 % out of the total area. The slope of this area was relatively flat and ramps, formed by alluvial materials resulted from river transport. It was used as agricultural area and settlement as well. This zone was directly bordered by beaches and watershed areas.

The area of very low vulnerability covered 0.79 % of the study area, located in the coastline part and composed of alluvial soil but in several areas, composed by latosol. This zone was laid on a flat slope, which was commonly used as a fisherman's housing and tourism center. It was bordered by steep hills, resulting in the pernicious condition of the landslide. The composed materials were the result of weathered volcanic materials which could be shown by chunks of rocks appeared among the soil due to weathered volcanic breccia.

This kind of materials would easily trigger the landslide when the high rainfall intensity occurred by forming the saturated soil that would glide chunk of rocks. The landslide events in our study area were also influenced by several water sources or rivers flown between the slopes affecting the soil saturation. The anthropogenic factors such as logging and cliff excavation were also the other major problems triggering the landslide. This condition induced the surface flow and soil sliding. The soil slides into the under-level area, supported by the high rate of rainfall intensity.

The higher value of vulnerability results in the higher possibility of landslide occurrence. The

physical mitigation efforts might be performed to handle the moderate to high landslide vulnerability area. The efforts such as cliff cutting and horizontal stratigraphy rock excavation, constructing a sea wall to reduce surface water velocity (run off) and to decrease the scouring power, tying the weathered rocks of the steep and very steep slope, constructing terrace in the hilly area with un-compacted materials, forming a channel beneath the seawall along the cliffs, as well as preventing and limiting land clearing utilized for fields and settlements on the steep slope and in the protected forest, are the best way to reduce the potential of landslide.

CONCLUSION

Vulnerability level of the landslide in the coastal area of Bungus was divided into five levels, very low, low, moderate, high, and very high. The high vulnerable area identified in the coastal area of Bungus Bay reached 33 % of the study area, including the marine tourism area of Bungus bay was included into high vulnerability area. The highly prone area was located in the hill morphology with a steep to very steep slopes determined by volcanic materials. Weathering process determined the characteristics of volcanic rocks consist of slight thick soil layer above bedrock as well as steep slope. This characteristic influenced the land movement occurrence. The high rainfall intensity in certain months became the factor triggering the landslide. Forest vegetation area reduction could strengthen the downhill stability because every land utilization change impacted the possibility of the landslide occurrence.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express gratitude to the research team of Research Institute for Coastal Resource and Vulnerability (LRSDKP) which has supported the implementation of research conducted in Bungus Bay Sub-District. Gratitude is also delivered to Gunardi Kusumah MT, who has guided us both in the field and at the time of data processing. Acknowledgments are also given to all residents and local government of Bungus Bay Sub-District who have assisted in the field data collection process.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsjad, M. A. B. S. (2012). Informasi Geospasial Daerah Rawan Longsor Dalam Perencanaan Tata Ruang Wilayah (Geospatial Information of Landslide Prone Areas as Input. *Globe*, 14(1), 37–45. Retrieved from <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL/article/view/135/132>
- BAPPEDA. (2007). *Peta Penggunaan Lahan Kota Padang Tahun 2007*. Padang, Sumatera Barat: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Padang.
- BPBD. (2015). *Laporan Tahunan Pusdalops PB. Pusat Pengendalian Operasi Penganggulangan Bencana BPBD Provinsi Sumatera Barat*. Padang, Sumatera Barat.
- BPS. (2016). *Statistik Daerah Kecamatan Bungus Teluk Kabung 2016*. Padang, Sumatera Barat: Badan Pusat Statistik Kota Padang. Retrieved from <https://padangkota.bps.go.id/publication/2016/09/26/8c4cb1d473803b538237c453/statistik-daerah-kecamatan-bungus-teluk-kabung-2016.html>
- Chen, C. Y., & Huang, W. L. (2013). Land use change and landslide characteristics analysis for community-based disaster mitigation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(5), 4125–4139. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2855-y>
- Dahal, R. K., & Hasegawa, S. (2008). Representative rainfall thresholds for landslides in the Nepal Himalaya. *Geomorphology*, 100(3–4), 429–443. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.01.014>
- Devkota, K. C., Regmi, A. D., Pourghasemi, H. R., Yoshida, K., Pradhan, B., Ryu, I. C., ... Althuwaynee, O. F. (2013). Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling-Narayanghat road section in Nepal Himalaya. *Natural Hazards*, 65(1), 135–165. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0347-6>
- Epifânio, B., Zêzere, J. L., & Neves, M. (2013). Identification of hazardous zones combining cliff retreat rates with landslide susceptibility assessment. *Journal of Coastal Research*, 165, 1681–1686. <https://doi.org/10.2112/SI65-284.1>
- Fiantis, D., Gusnidar, Malone, B., Pallasser, R., Van Ranst, E., & Minasny, B. (2017). Geochemical fingerprinting of volcanic soils used for wetland rice in West Sumatra, Indonesia. *Geoderma Regional*, 10, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.04.004>
- Geologi, P. V. dan M. B. (2015). Peta Perkiraan Wilayah Potensi Terjadi Gerakan Tanah Pada Bulan Agustus 2015, Provinsi Sumatera Barat. *Kementerian Energi Dan Sumberdaya Mineral, Badan Geologi. Sumatera Barat*.
- Glade, T. (2003). Landslide occurrence as a response to land use change: A review of evidence from New Zealand. In *Catena* 51, pp. 297–314. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00170-4)
- H.M.D. Rosidi, S. Tjokrosapoetro, B. Pendowo, S. G. dan S. (1996). *Peta Geologi Lembar Painan Dan Bagian Timurlaut Lembar Muara Siberut, Sumatera*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Jebur, M. N., Pradhan, B., & Tehrany, M. S. (2014). Detection of vertical slope movement in highly vegetated tropical area of Gunung pass landslide, Malaysia, using L-band InSAR technique. *Geosciences Journal*, 18(1), 61–68. <https://doi.org/10.1007/s12303-013-0053-8>
- Karnawati, D. (2005). *Bencana alam gerakan massa tanah di Indonesia dan upaya penanggulangannya*. Jogjakarta: Teknik Geologi FT Universitas Gajah Mada.
- Karsli, F., Atasoy, M., Yalcin, A., Reis, S., Demir, O., & Gokceoglu, C. (2009). Effects of land-use changes on landslides in a landslide-prone area (Ardesen, Rize, NE Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 156(1–4), 241–255. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0481-5>
- Khoris Sugianti, D. M. dan D. S. (2014). Pengklasasan Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode STORIE. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24, 93–104.
- Kim, J. H., Fourcaud, T., Jourdan, C., Maeght, J. L., Mao, Z., Metayer, J., ... Stokes, A. (2017). Vegetation as a driver of temporal variations in slope stability: The impact of hydrological processes. *Geophysical Research Letters*, 44(10), 4897–4907. <https://doi.org/10.1002/2017GL073174>
- Lim, M., Rosser, N. J., Allison, R. J., & Petley, D. N. (2010). Erosional processes in the hard rock coastal cliffs at Staithes, North Yorkshire. *Geomorphology*, 114(1–2), 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.02.011>
- Mulia, A. Y., & Prasetyorini, L. A. (2013). Slope Stabilization based on Land use Methods in Ambang Sub River Basin. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 240–247. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.034>
- Mustaqim, A. (2015). Tebing Pantai Sadranaran Longsor 3 Orang Meninggal. Retrieved from <http://jateng.metrotvnews.com/read/2015/06/17/405490/tebing-pantai-sadranan-longsor-tiga-orang-meninggal>
- Neves, M., & Pereira, A. R. (1999). The interaction between marine and subaerial processes in the evolution of rocky coasts: The example of Castelejo (southwest Portugal). *Bol. Inst. Esp. Oceanografia*, 15, 251–258.
- Nunes, M., Ferreira, Ó., Schaefer, M., Clifton, J., Baily, B., Moura, D., & Loureiro, C. (2009). Hazard assessment in rock cliffs at Central Algarve (Portugal): A tool for coastal management. *Ocean and Coastal Management*, 52(10), 506–515. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.08.004>
- Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., Gokceoglu, C., Mohammadi, M., & Moradi, H. R. (2013). Application of weights-of-evidence and certainty factor models and their comparison in landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(7), 2351–2365.

- <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0532-7>
- Pradhan, B., Singh, R. P., & Buchroithner, M. F. (2006). Estimation of stress and its use in evaluation of landslide prone regions using remote sensing data. *Advances in Space Research*, 37(4), 698–709. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.03.137>
- Prawirodirdjo, L., Bock, Y., Genrich, J. F., Puntodewo, S. S. O., Rais, J., Subarya, C., & Sutisna, S. (2000). One century of tectonic deformation along the Sumatran fault from triangulation and Global Positioning System surveys. *Journal of Geophysical Research*, 105(B12), 28343. <https://doi.org/10.1029/2000JB900150>
- Puslit Tanah. (2004). *Klasifikasi Intensitas Curah Hujan*. Bogor: Puslit Tanah.
- Segoni, S., Rossi, G., Rosi, A., & Catani, F. (2014). Landslides triggered by rainfall: A semi-automated procedure to define consistent intensity-duration thresholds. *Computers and Geosciences*, 63, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.10.009>
- Sesli, F. A., Karsli, F., Colkesen, I., & Akyol, N. (2009). Monitoring the changing position of coastlines using aerial and satellite image data: An example from the eastern coast of Trabzon, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 153(1–4), 391–403. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0366-7>
- Sitorus. (1985). *Evaluasi Sumberdaya Lahan*. Bandung: Tarsito.
- Sobirin. (2013). *Pengolahan Sumber Daya Air Berbasis Masyarakat*.
- Storie. (1978). *Storie Index Soil Rating (Revised)*. Berkeley, CA: University of California.
- Umar, Z., Pradhan, B., Ahmad, A., Jebur, M. N., & Tehrani, M. S. (2014). Earthquake induced landslide susceptibility mapping using an integrated ensemble frequency ratio and logistic regression models in West Sumatera Province, Indonesia. *Catena*, 118, 124–135. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.02.005>
- Xiao, W., Windley, B. F., Sun, S., Li, J., Huang, B., Han, C., ... Chen, H. (2015). A Tale of Amalgamation of Three Permo-Triassic Collage Systems in Central Asia: Oroclines, Sutures, and Terminal Accretion. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 43(1), 477–507. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060614-105254>
- Yilmaz, I. (2009). A case study from Koyulhisar (Sivas-Turkey) for landslide susceptibility mapping by artificial neural networks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 68(3), 297–306. <https://doi.org/10.1007/s10064-009-0185-2>
- Zare, M., Pourghasemi, H. R., Vafakhah, M., & Pradhan, B. (2013). Landslide susceptibility mapping at Vaz Watershed (Iran) using an artificial neural network model: A comparison between multilayer perceptron (MLP) and radial basic function (RBF) algorithms. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(8), 2873–2888. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0610-x>
- Zizioli, D., Meisina, C., Valentino, R., & Montrasio, L. (2013). Comparison between different approaches to modeling shallow landslide susceptibility: A case history in Oltrepo Pavese, Northern Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(3), 559–573. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-559-2013>
- Zuidam, R. A. Van. (1979). *Terrain analysis and classification using aerial photographs: a geomorphological approach*, 526.982.

Halaman ini sengaja dikosongkan

MAJALAH ILMIAH GLOBE
VOLUME 20 TAHUN 2018

Indeks Penulis

A

Agustin Rustam, 35
Aida Heriati, 35
Ati Rahadiati, 13
Ayu Dyah Rahma, 23

D

Dewayany Sutrisno, 13
Djati Mardiatno, 23

F

Fahmi Charish Mustofa, 1

H

Heri Sutanta, 1
Hadiwijaya L Salim, 35

K

Kadarwan Soewardi, 13

M

Muhammad Ramdhan, 35

R

Ruzana Dhiauddin, 47

T

Trias Aditya, 1

U

Ulung Jantama Wisha, 47

W

Wisnu Arya Gemilang, 47

Y

Yulius, 35
Yusli Wardiatno, 13

MAJALAH ILMIAH GLOBE
Volume 20 Tahun 2018

Indeks Subjek

- B**
Banjir, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34
Budidaya Rumput Laut, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
Bungus Bay, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54
- C**
Coastal, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54
- D**
Distribusi Spasial, 35, 37, 39, 40, 42, 44, 45, 46
- G**
Geomorfologi, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 33, 34
- K**
Kerawanan, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
KKLD, 35,36, 37, 38, 45, 46
Kualitas Perairan, 35, 36, 37, 44, 45, 46
- L**
Landsat 8 OLI, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Lombok Tengah, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46
Longsor, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 47
Landslide, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55
- S**
SIG, 23, 25, 35, 36, 37
SIP-P, 1,2,5,8,7,12
Sistem Informasi Pertanahan Partisipatif, 1,5,9
Storie Method, 47, 48, 49, 51
- P**
Pemetaan, 1, 4, 5, 8, 9, 10,11, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 47
Pemetaan Bidang Tanah, 1, 4, 5, 8, 9, 10,11
Pendaftaran Tanah, 1,2,4,5,6, 7, 8,12
Pendekatan Partisipatif, 1,5,6,8,11
- V**
Vulnerability, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

UCAPAN TERIMA KASIH
KEPADA MITRA BESTARI MAJALAH ILMIAH GLOBE
VOLUME 20 TAHUN 2018

1. Prof. Junun Sartohadi
2. Dr. Budi Susetyo
3. Dr. Yosef Prihanto, M.Si
4. Dr. Sri Hartini
5. Dr. Pramaditya Wicaksono
6. Dr. Jonson Lumban Gaol
7. Dr. Wikanti Asriningrum
8. Ahmad Cahyadi, M.Sc
9. Dr. Ibnu Sofian
10. Dr. Priyadi Kardono
11. Ir. Yatin Suwarno, M. Sc

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 pointmiring.

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 Basaha Inggirs 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 dan diulas 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 Languages 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 (BIG)
Jl. Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong
Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia
Telp/Fax: 021-8752062 fax. 021-8752064
E-mail: majalah.globe@big.go.id
Homepage: jurnal.big.go.id/index.php/GL

P-ISSN 1411-0512

