

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PERENCANAAN JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KECAMATAN WATESKABUPATENKULONPROGO

Oleh:

Muhammad Hasnan Habibi
hasnan.habibi19@gmail.com

Nurul Khakim
nurulk@ugm.ac.id

ABSTRACT

Tsunami is a natural disaster which causes massive destruction. The method used in this study is using Network Analyst to determine the rallying point as a prelude to the evacuation point, then obtained the fastest path to the evacuation point. Route making also consider the length of the road, the road class, and the presence or absence of a bridge. Run up tsunami modeling used Berryman method based on surface roughness coefficient, the slope, and height of the tsunami early on the shoreline. Social vulnerability consider in the account of population density, sex ratio, the ratio of age groups and people with disabilities.

The results of landuse and roads interpretation amounted 97%.Tsunami catastrophe modeling results obtained three classes, namely the low, medium, and high class. The results of the vulnerability map obtained low and high vulnerability. For high vulnerability occupied Wates village, while others in the category of low susceptibility when viewed from social side. The evacuation point using government facilities suitable to be used as evacuation shelters is the village office and the district office.

Keywords: Tsunami, Hazard, Vulnerability, Scenarios, and Evacuation

ABSTRAK

Bencana Tsunami merupakan bencana alam yang memiliki daya rusak yang sangat tinggi. Metode yang digunakan dalam melakukan perencanaan jalur evakuasi tsunami ini menggunakan metode *Network Analyst* dengan menentukan titik kumpul sebagai awal menuju titik evakuasi yang kemudian didapat jalur tercepat menuju titik evakuasi. Dalam pembuatan jalurnya juga mempertimbangkan panjang jalan dan kelas jalan serta ada tidaknya jembatan. Pemodelan *run up* tsunami menggunakan metode Berryman yang menggunakan parameter koefisien kekasaran permukaan dan juga kemiringan lereng dan ketinggian awal tsunami di garis pantai. Untuk pemetaan kerentanan sosial mempertimbangkan kepadatan penduduk, *sex ratio*, rasio kelompok umur dan penyandang cacat. Hasil akurasi interpretasi penggunaan lahan dan jalan adalah 97 %. Pemodelan bahaya tsunami didapat tiga kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Kemudian untuk titik evakuasi yang digunakan merupakan fasilitas pemerintah yang sesuai untuk dijadikan posko pengungsian seperti kantor kelurahan dan kantor kecamatan. Penentuan rute evakuasi dibagi menjadi tiga zona yaitu zona barat, tengah dan timur yang semuanya memiliki panjang jalan rata-rata 4,5 Km dengan waktu tempuh 18 menit dengan berlari.

Kata Kunci: Tsunami, Bahaya, Kerentanan, Skenario, dan Evakuasi

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang rawan bencana dilihat dari aspek geografis, klimatologis dan demografis. Letak geografis Indonesia di antara dua benua dan dua samudera menyebabkan Indonesia mempunyai potensi yang cukup bagus dalam perekonomian sekaligus juga rawan dengan bencana. Secara geologis, Indonesia terletak pada tiga lempeng yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo - Australia dan Lempeng Pasifik yang membuat Indonesia kaya dengan cadangan mineral sekaligus mempunyai dinamika geologis yang sangat dinamis yang mengakibatkan potensi bencana gempa, tsunami dan gerakan tanah/longsor(Perka-BNPB,2012).

Potensi gempa tektonik di Indonesia khususnya di pulau Jawa ini terjadi akibat adanya penunjaman lempeng antara Lempeng Australia ke Lempeng Eurasia yang menjadikan daerah tersebut sebagai zona subduksi. Zona subduksi ini memanjang pada bagian selatan dari Pulau Jawa, Pulau Bali, hingga Pulau Lombok. Wilayah Jawa bagian selatan termasuk ke dalam kelompok pantai yang rawan terhadap bencana tsunami berdasarkan tektonik penyebab gempa bumi (Sudrajat,1997).Dalam kurun waktu kurang lebih 18 tahun telah terjadi 2 kali tsunami yang cukup besar di Selatan Jawa, yaitu tsunami Banyuwangi tahun 1994 dan Pangandaran tahun 2006 (BMKG dalam BNPB, 2012).

Penduduk Indonesia meninggal akibat bencana sudah sangat banyak khususnya bencana Tsunami. Risiko bencana yang dihadapi Indonesia sangatlah tinggi. Menurut BNPB (2015) untuk potensi bencana tsunami, Indonesia menempati peringkat pertama dari 265 negara di dunia yang disurvei badan PBB. Risiko ancaman tsunami di Indonesia bahkan lebih tinggi dibandingkan Jepang, ada 5.402.239 orang yang berpotensi terkena dampaknya(BNPB, 2015).Risiko bencana ialah interaksi yang dihasilkan antara kerentanan dan bahaya yang ada.

Kegiatan mengurangi risiko bencana yang ada harus dilakukan dengan peningkatan kerentanan menjadi kapasitas didalam masyarakat dengan mengelola lingkungan, mengenal ancaman, mengetahui dampak yang dapat ditimbulkan oleh faktor-faktor yang mengakibatkan terjadinya bencana alam (Marfai, 2011).

Pembuatan peta kerawanan bencana tsunami di Kulonprogo menjadi kebutuhan yang penting dalam upaya mitigasi bencana. Adanya peta kerawanan tsunami diperlukan sebagai acuan dasar dan alat perencanaan yang paling penting untuk mengembangkan startegi evakuasi. Peran peta kerawanan juga diperlukan untuk perencanaan penggunaan lahan dan pengembangan langkah-langkah jangka menengah untuk mengurangi kemungkinan dampak tsunami (BNPB, 2012).

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain:

1. Pemanfaatan citra penginderaan jauh untuk ekstraksi data penggunaan lahan dan data jalan.
2. Penggunaan Sistem Informasi Geografis untuk memodelkan *run up* tsunami berdasarkan luasan genangan (inundasi) dalam berbagai variasi ketinggian gelombang tsunami (4 m, 8 m, dan 16 m) di Kecamatan WatesKabupatenKulonprogo.
3. Menentukan tingkat kerentanan sosial daerah berdasarkan data penduduk di Kecamatan Wates.
4. Menentukan jalur evakuasi tsunami menuju lokasi pengungsian yang telah ditentukan di Kecamatan Wates,Kabupaten Kulonprogo,dengan teknologi penginderaan jauh dan SIG.
- 5.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Seperangkat laptop Lenovo Intel Core i3-U410, RAM 4GB, Intel Graphic, HD 500GB

2. *Global Positioning System* (GPS) untuk mengetahui posisi/koordinat lokasi sampel
3. Waterpas untuk mengukur jarak jalan di lapangan
4. Kamera digital untuk dokumentasi gambar di lapangan
5. Perangkat lunak (*software*) ArcGIS 10.1 untuk pembuatan peta
6. Perangkat lunak (*software*) Envi 4.5 untuk mengolah citra
7. Perangkat lunak (*software*) pengolah kata atau *Microsoft Word* untuk mengetik naskah dan penyajian laporan
8. Perangkat lunak (*software*) *Microsoft Excel* untuk perhitungan statistik

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Citra digital Worldview 2 tahun 2014
2. Citra trasar
3. Peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000 lembar Wates
4. Peta administrasi Kecamatan Wates kabupaten Kulonprogo
5. Data garis pantai
6. Data statistik Kulonprogo Dalam Angka

Tahapan Penelitian

Tahap pra lapangan merupakan tahapan persiapan data dan pengolahan data sekunder yang dilakukan sebelum pengambilan data di lapangan. Tahap pra lapangan terbagi menjadi lima tahap yaitu tahap identifikasi data yang dibutuhkan, cara pengumpulan data, interpretasi, pembuatan peta lereng, dan pembuatan peta sampel.

Data dikumpulkan dari hasil studi pustaka, interpretasi visual dan digital citra satelit, dan cek lapangan. Data kepadatan penduduk yang diperoleh dari BPS Kabupaten Kulonprogo. Cek lapangan dilakukan dengan metode *stratified sampling*. *Stratified Sampling* adalah cara mengambil sampel dengan

memperhatikan strata (tingkatan) didalam populasi. Dalam stratified data sebelumnya dikelompokkan kedalam tingkat-tingkatan tertentu, seperti tingkatan, tinggi, rendah, sedang/baik, sample diambil dari tiap tingkatan tertentu.

Metode *Stratified Sampling* dilakukan pertama populasi dikelompokkan menjadi sub-sub populasi berdasarkan kriteria tertentu yang dimiliki unsur populasi. Masing-masing subpopulasi diusahakan homogen. Setelah itu, dari masing-masing sub selanjutnya diambil sebagian anggota secara acak dengan komposisi proporsional/disproporsional. Kemudian total anggota yang diambil ditetapkan sebagai jumlah anggota sample penelitian.

Tabel 1. Data dan sumber perolehannya

Tahap lapangan merupakan tahapan yang dikerjakan pada saat di lapangan seperti menguji tingkat ketelitian interpretasi yang dilakukan sebelumnya dalam interpretasi penggunaan lahan dan jaringan jalan, selain itu pada tahap lapangan juga melihat lokasi yang dapat dijadikan tempat perlindungan sementara apabila tsunami terjadi kembali di Kecamatan Wates, Kabupaten Kulonprogo.

No	Data	Sumber perolehan data					
		Citra Worldview-2	Peta kontur	Survei lapangan	Data sekunder	sumber	Tahun
1	Jaringan jalan	V		V		Digitalglobe	2013, 2014, 2015
2	Penggunaan lahan	V		V		Digitalglobe	2013, 2014, 2015
3	Kemiringan lereng	V	V	V		BAPEDDA DIY	
4	Batas administrasi				V	BAPEDA DIY	
5	Kekasaran permukaan				V	Berbagai sumber	
6	Data penduduk				V	BPS Kulonprogo	
7	Data lahan produktif	V			V	BPS Kulonprogo	
8	Garis pantai	V				Digitalglobe	

Uji akurasi interpretasi penggunaan lahan dilakukan guna mengetahui tingkat ketelitian dalam interpretasi yang dilakukan pada tahap persiapan lapangan. Penggunaan lahan pada daerah kajian

didapatkan melalui Citra Worldview-2. Hasil interpretasi penggunaan lahan di laboratorium akan dibandingkan pada saat cek lapangan dengan kondisi yang sebenarnya. Pemilihan sampel untuk cek lapangan menggunakan *stratified sampling*. Adapun tabel uji ketelitian/akurasi Interpretasi penggunaan lahan sebagai berikut:

Tabel 2. Matriks uji ketelitian hasil interpretasi dan pemetaan

Hasil interpretasi \ Kategori Lapangan	A	B	C	Lain-lain	Ketelitian pemetaan
A					
B					
C					
Lain - lain					
Jumlah					

Sumber: Short dalam Sutanto, 1986

Tahap pasca lapangan pada penelitian ini terdiri dari re-interpretasi peta penggunaan lahan dan jaringan jalan, pembuatan peta kekasaran permukaan, pemodelan *run up* gelombang tsunami, pembuatan peta kerentanan, penentuan daerah rawan dan gedung evakuasi, dan pembuatan peta jalur evakuasi tsunami dalam berbagai skenario ketinggian tsunami sebagai hasil akhir dari penelitian ini.

Pemetaan bahaya tsunami ini dibuat dengan memodelkan ketinggian genangan tsunami menjadi beberapa variasi model ketinggian sehingga, diketahui luasan area yang tergenang dengan mempertimbangkan kekasaran permukaan dan kemiringan lereng sebagai faktor penghambat laju tsunami. Pembuatannya menggunakan teknologi Sistem informasi geografis dengan menggunakan pemodelan numerik untuk mengetahui ketinggian maksimum yang dapat dicapai oleh ketinggian gelombang tsunami. Variasi ketinggian yang digunakan adalah 4 m, 8 m, dan 16 m.

Penentuan daerah rentan didasarkan oleh peta kerentanan dan peta *run up* tsunami. Kepadatan penduduk, semakin banyak penduduknya maka di daerah tersebut kerentanan sosialnya tinggi

hal ini karena daerah itu cukup padat. Manfaat mengetahui daerah rentan yaitu untuk menentukan titik rawan dan titik evakuasi.

Pembuatan dan pemilihan jalur, data yang digunakan adalah data jaringan jalan yang telah ditentukan titik kumpul dan titik evakuasinya. Daerah rentan yang didalamnya ada titik kumpul digunakan sebagai titik awal dan titik evakuasi digunakan sebagai tujuannya. Penentuan jalur ini menggunakan bantuan sistem informasi geografis dengan metode *network analyst* yang kemudian didapat peta jalur evakuasi tsunami dengan berbagai variasi ketinggian tsunami.

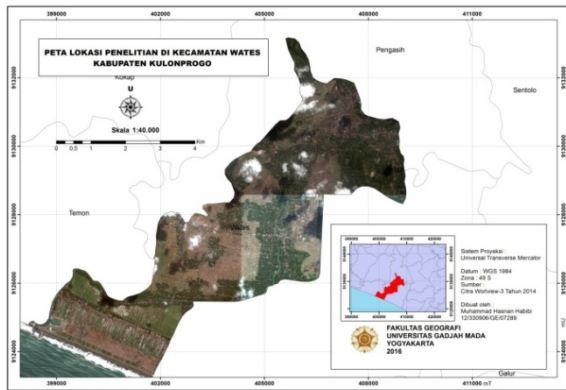
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi wilayah penelitian

Wates merupakan ibukota kabupaten Kulonprogo, yang memiliki 7 desa dan 1 kelurahan. 7 desa itu diantaranya Desa Karangwuni, Desa Sogan, Desa Kulwaru, Desa Ngestiharjo, Desa Triharjo, Kecamatan Wates terletak disisi selatan dari Kabupaten Kulonprogo. Kecamatan Wates berbatasan dengan tiga kecamatan, sisi utara berbatasan dengan Kecamatan Pengasih, sisi barat berbatasan dengan Kecamatan Temon dan sisi timur berbatasan dengan Kecamatan Panjatan dan sisi selatan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Jumlah penduduk kota Wates tahun 2001 adalah 45.436 jiwa. Luas wilayahnya 3.200,2 Ha, dengan kepadatan penduduknya 15 Jiwa / Ha. Berdasarkan kriteria BPS kota Wates dapat digolongkan kepada Kelas Kota Kecil, (kota dengan jumlah penduduk antara 20.000 sampai 100.0000 jiwa).

Interpretasi Penggunaan Lahan dan Jaringan Jalan dari citra worldview-2

Interpretasi penggunaan lahan dan jalan dilakukan melalui



Citra Worldview-2 tahun 2014. Berdasarkan digitalglobe (2014) citra worldview – 2 ini sudah terkoreksi secara radiometrik dan geometrik sehingga citra yang telah didapat hanya dilakukan georeferencing untuk interpretasi penggunaan lahan dan jaringan jalan. Citra Worldview – 3 merupakan citra yang memiliki resolusi spasial yang tinggi. Resolusi spasial yang tinggi kan sangat membantu dalam interpretasi citra karena kenampakan kedetailannya lebih jelas dibanding citra resolusi sedang, sehingga untuk klasifikasi lebih mudah pada penggunaan lahan dan jaringan jalan. Interpretasi yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah interpretasi visual yang memperhatikan 8 unsur interpretasi. Delapan unsur itu adalah rona/warna, bentuk, bayangan, ukuran, tekstur, pola, situs dan asosiasi. Akan tetapi ketika praktek interpretasi tidak semua unsur digunakan, hal ini karena umumnya hanya dengan beberapa unsur saja sudah bisa mengidentifikasi objek yang ada di citra. Adanya pengetahuan loka tentang lokasi penelitian juga sangat mempermudah dalam melakukan interpretasi penggunaan lahan dan jaringan jalan. Contoh penggunaan kunci interpretasi tekstur adalah saat membedakan sawah dengan tanah kosong.

Adapun acuan untuk melakukan interpretasi menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia skala 1: 50.000 sehingga dalam melakukan interpretasi penggunaan lahan tidak terlalu detail karena yang ingin dihasilkan adalah nilai kekasaran permukaan agar pemodelan beryman bisa digunakan dengan baik. Hal

ini karena pemodelan *run up Barryman* cocok untuk skala sedang. sehingga dalam melakukan interpretasi juga memperhatikan indeks koefisien kekasaran permukaan yang mana nilai penggunaan lahan akan dikonversikan menjadi nilai kekasaran permukaan.

Hasil interpretasi penggunaan lahan di Kecamatan Wates, Kabupaten Kulonprogo, ialah kebun, permukiman, tanah kosong, tubuh air, sawah, semak dan gedung. Interpretasi jalan terdiri atas jalan kolektor dan jalan lokal. Penggunaan lahan yang mendominasi di kecamatan Wates adalah permukiman dan persawahan, permukimannya terdiri dari permukiman kepadatan rendah, sedang dan tinggi. Kelurahan Wates merupakan kelurahan terpadat di Kecamatan Wates.

Penentuan Sampel dan Uji Ketelitian Interpretasi Penggunaan Lahan dan Jaringan Jalan

Penentuan sampel dalam penelitian ini dilakukan pada penggunaan lahan, kemiringan lereng dan jaringan jalan. Metode penentuan sampling dengan menggunakan metode *stratified proportional random sampling*. Pengambilan sampling menggunakan metode tersebut dengan cara mengambil seluruh jenis jenis penggunaan lahan dan jaringan jalan yang terklasifikasi dan sampel tersebut ditentukan secara seimbang dengan banyaknya setiap jenis penggunaan lahan dan jaringan jalan serta terdistribusi secara merata dalam masing masing penggunaan lahan dan tersebar secara merata. Pengamatan lapangan digunakan untuk melakukan validasi terhadap data hasil interpretasi. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan tahun antara tahun perekaman citra yang digunakan dengan tahun dilakukannya penelitian sehingga memungkinkan terjadinya perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan tersebut akan mempengaruhi besarnya akurasi interpretasi citra. Apabila akurasi sudah

memenuhi standar yaitu diatas 80% maka hasil interpretasi dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

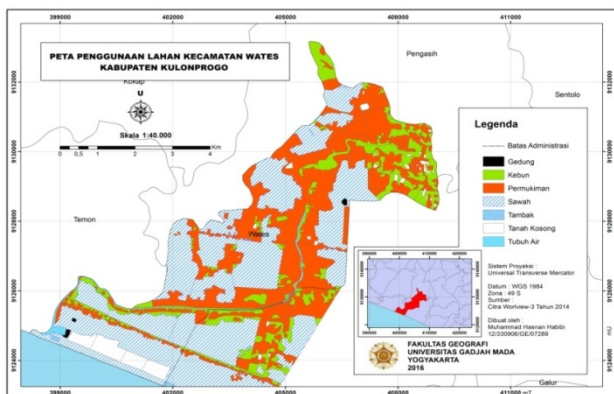
Hasil uji ketelitian pada interpretasi penggunaan jalan dan jaringan jalan adalah sebesar 97 %. Penggunaan lahan yang banyak berubah antara lain kebun menjadi permukiman dan sawah menjadi permukiman serta sawah menjadi tanah kosong. Hal tersebut dikarenakan jeda perekaman citra yang digunakan dalam interpretasi dengan survei lapangan yang dilakukan cukup lama, sehingga banyak objek penggunaan lahan yang tidak sesuai.

Analisis Penggunaan Lahan, Koefisien Kekasaran Permukaan dan Kemiringan Lereng

Informasi penggunaan lahan yang telah diuji ketelitiannya kemudian dikonfersikan menjadi nilai kekasaran permukaan, serta dihitung luasannya untuk mengetahui seberapa luas area yang terliput. Gambaran lausan penggunaan lahan akan ditampilkan pada tabel 5.3 yang mana tabel berisis macam- macam penggunaan lahan beserta luasannya.

Tabel 3. Penggunaan lahan di Kecamatan Wates

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Presentase (%)
1	gedung	6,145766	0,1464391
2	kebun	525,6931	12,526026
3	permukiman	1471,858	35,070895
4	sawah	2004,727	47,767909
5	tambak	10,70765	0,255138
6	tanah kosong	139,071	3,3137332
7	tubuh air	38,60473	0,9198596
8	total	4196,807	100



Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui bahwa penggunaan lahan yang paling dominan adalah sawah dan permukiman. Hal ini karena Daerah Wates merupakan daerah yang subur untuk ditanami padi karena merupakan dataran fluvial dan mendapat pasokan air dari Sungai Serang, sehingga irigasi untuk persawahan selalu ada meski di musim kemarau. Selain itu permukiman juga mendominasi karena Wates merupakan ibukota dari Kabupaten Kulonprogo sehingga banyak masyarakat yang tinggal disana karena lokasi yang dekat dengan fasilitas umum utamanya pendidikan, pemerintahan dan aktivitas perekonomian. Luasan yang penggunaan lahannya untuk sawah sebesar 2004 hektar yang berarti 47% dari total luas lahan di Wates digunakan untuk are persawahan. Permukiman menempati urutan kedua dengan luas 1.471 Ha yang berarti 35% dari luas total Kecamatan Wates digunakan untuk permukiman. Kelurahan paling padat penduduknya adalah Kelurahan Wates, sedangkan yang paling rendah disekitar pesisir Kecamatan Wates. Umumnya permukiman disekitar pesisir berpola mengelompok mengikuti jalan memanjang dari barat kearah timur sesuai jalan. Penggunaan lahan kebun juga banyak ditemukan di Wates. Umumnya kebun berada disekitar permukiman. Rata-rata kebun ditanami tanaman yang heterogen seperti kelapa di selingi dengan tanaman pisang. Luas pengggunaan lahan kebun sebesar 525 Ha, dengan demikian luas kebun 12% dari total luas lahan di Kecamatan Wates. Kemudian sisanya berupa lahan kosong, tubuh air dan tambak.

Setelah penggunaan lahan dikonversi kedalam nilai kekasaran permukaan maka akan diketahui sebaran nilai kekasaran berbasis piksel. Koefisien kekasaran permukaan ini berfungsi sebagai salah satu variabel untuk pemodelan run up tsunami. Hal ini karena *run up* tsunami dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai kekasaran permukaan sebagai salah satu

faktor penghambat laju *run up* tsunami. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan maka semakin bisa menahan laju *run up* tsunami yang datang begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai kekasaran akan mempermudah aliran limpasan tsunami.

Pada penelitian ini ada beberapa tingkatan nilai kekasaran permukaan sesuai dengan jenis penggunaan lahannya. Ada tiga tingkatan kekasaran permukaan dalam penelitian ini yaitu tinggi sedang rendah. Kekasaran yang termasuk tinggi adalah yang berpenggunaan lahan berupa permukiman, gedung dan kebun. Kemudian untuk tingkat sedang berupa penggunaan lahan sawah dan yang memiliki nilai rendah adalah tubuh air. Sehingga permukiman dan kebun sangat membantu dalam menghambat penjarangan tsunami. Tingkatan kekasaran dalam penelitian ini bisa dilihat pada tabel 4.

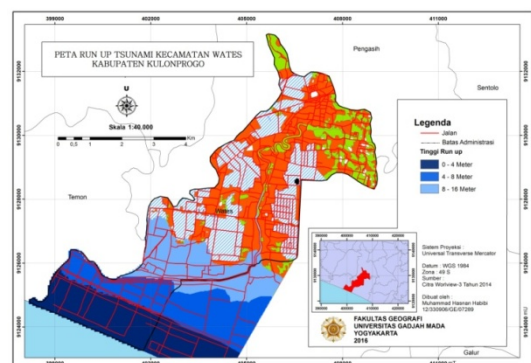
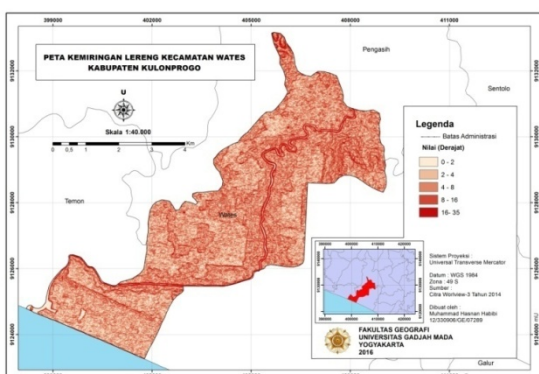
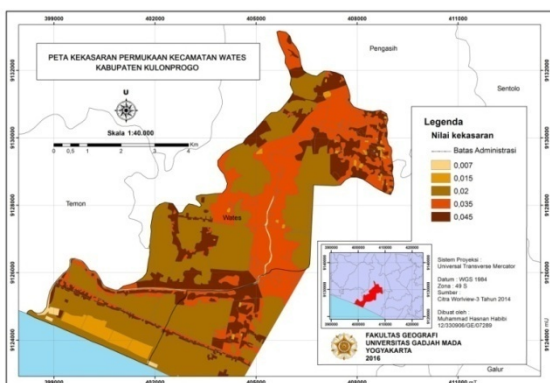
Tabel 1 Nilai kekasaran penggunaan lahan

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Nilai Kekasaran
1	Gedung	6,145766	0,045
2	Kebun	525,6931	0,035
3	Pemukiman	1471,858	0,06
4	Sawah	2004,727	0,02
5	Tambak	10,70765	0,01
6	tanah kosong	139,071	0,02
7	tubuh air	38,60473	0,01

Kemiringan lereng juga merupakan faktor penentu pemodelan *run up* tsunami. Kemiringan lereng juga berpengaruh karena lereng terjal dengan lereng landai akan mempengaruhi laju tsunami. Dari hasil pemetaan lereng berdasarkan klasifikasi Van Zuidam yang dibuat dari DEM terasar menghasilkan beberapa kelas lereng. Lereng di Kecamatan Wates umumnya datar sampai landai hanya beberapa tempat saja yang lerengnya terjal yaitu disekitar perbukitan daerah utara Wates. Akan tetapi dari pemrosesan DEM tersebut ada beberapa bagian yang terlihat terjal seperti dipinggir sungai. Hal ini karena ukuran piksel dem yang kecil sehingga ketika merekam tanggul sungai lereng terlihat curam dibanding daerah sekitarnya. Survei lapangan dilakukan untuk memvalidasi nilai kemiringan lereng yang telah diproses sebelumnya. Pengukuran kemiringan lereng dilapangan dilakukan dengan menggunakan *abney level*. Lereng berpengaruh terhadap laju tsunami, karena curam tidaknya lereng akan menentukan aliran tsunami yang terhempas ke daratan. Jika lerengnya cukup terjal maka membantu dalam mengambat laju tsunami.

Analisis Bahaya Tsunami

Analisis bahaya tsunami didapat dari pembuatan *run up* tsunami yang berdasarkan rumus *Barryman*. Dalam pemodelan bahaya tsunami ini menggunakan 2 variabel yaitu kekasaran permukaan dan kemiringan lereng untuk mengetahui limpasan tsunami sesuai dengan ketinggian awal. Skenario yang digunakan untuk *run up* tsunami yaitu 4 meter, 8 meter dan 16 meter. Ketiga



skenario ini dipakai berdasarkan peraturan kementerian PU dalam memodelkan tsunami. Jika ketinggian awal 4 meter kerusakan akibat tsunami masih tergolong ringan, kemudian jika ketinggian awal 8 meter kerusakan yang diakibatkan tsunami tergolong sedang dan limpasannya juga bertambah luas. Kemudian untuk diatas 16 meter sudah termasuk tsunami yang mengakibatkan kerusakan berat dan luasan *rup up* juga semakin melebar. Dari hasil pemodelan tersebut didapat tingkatan tsunami yaitu rendah sdang dan tinggi. Analisis bahaya ini juga mempergunakan *tools cost distance* yang mana perhitungan pengurangan ketinggian gelombang tsunami dilakukan setiap piksel secara seragam yang dimulai dari garis pantai. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui sebaran dan luasan genangan di Kecamatan Wates. Dari skenario 4 meter luas yang tergenang sebesar 428 Ha sehingga yang tergenang adalah 10% dari total luas wilayah Kecamatan Wates. Kemudian untuk skenario 8 meter area yang tergenang adalah 708 Ha, hal ini bearti 16% dari total luas Wates tergenang, sedangkan untuk yang skenario 16 meter area yang tergenag seluas 2.273 Ha.

Analisis kerentanan tsunami

Pada penelitian ini peneliti hanya menggunakan kerentanan sosial saja untuk menentukan daerah rawan. Hal ini karena berkaitan dengan jalur evakuasi yaitu penentuan titik kumpul dan titik evakuasi. Titik kumpul berada di wilayah permukiman sehingga yang dijadikan kerentanan adalah kerentanan sosial.

Tabel 5. Distribusi Nilai kerentanan total

No	Nama Desa	Kepadatan Penduduk	Penyandang Cacat	Sex Ratio	Rasio Kelompok Umur	Skor total
1	Karang wuni	0,6	0,4	0,1	0,1	1,2
2	Sogan	0,6	0,2	0,2	0,1	1,1
3	Kulwaru	0,6	0,2	0,3	0,1	1,2
4	Ngestiharjo	0,6	0,2	0,2	0,2	1,2
5	Triharjo	0,6	0,2	0,3	0,2	1,3
6	Bendungan	0,6	0,2	0,1	0,2	1,1
7	Gripeni	0,6	0,4	0,3	0,3	1,6
8	Wates	1,8	0,6	0,1	0,3	2,8

Selain itu kerentanan sosial juga memiliki objek pengamatan individu maupun kelompok masyarakat berupa parameter kerentanan yang meliputi kepadatan penduduk, jenis kelamin, rasio orang cacat dan rasio kelompok umur, sehingga dari parameter tersebut, kerentanan sosial menjadi parameter yang membutuhkan jalur evakuasi tsunami untuk menambah kapasitas masyarakat.

Analisis daerah rawan dan gedung evakuasi

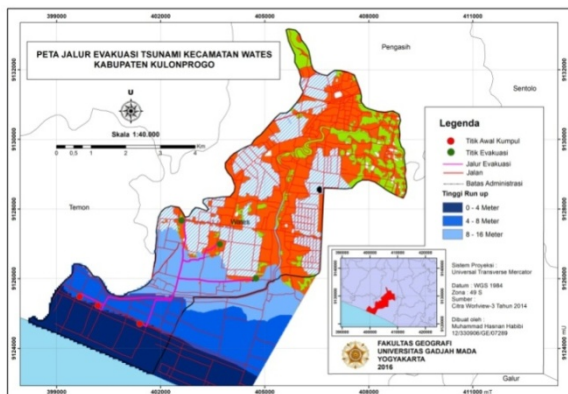
Analisis daerah rawan digunakan untuk menentukan titik kumpul dan juga untuk menentukan titik evakuasi. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah data penggunaan lahan, data run up tsunami dan juga data kerentanan sosial yang telah dilakukan analisis. Data penggunaan lahan, data run up tsunami dan data kerentanan di tumpangsusunkan untuk mengetahui daerah rawan untuk dicari titik kumpulnya.

Penentuan daerah rawan ini memepertimbangkan daerah genangan tsunami berdasarkan skenario tinggi gelombang. Keberadaan permukiman serta gedung diasumsikan dengan banyak orang yang beraktivitas ditempat tersebut sehingga membutuhkan cara evakuasi yang tepat agar resiko semakin kecil. Semakin luas permukiman yang tergenang maka daerah tersebut semakin rawan terhadap tsunami.

Analisis Jalur Evakuasi

Pembuatan jalur evakuasi tsunami merupakan hasil akhir dari penelitian ini. Dalam perencanaan jalur evakuasi tsunami ini mempertimbangkan daerah rawan yang nantinya didapat titik kumpul dan gedung evakuasi untuk titik pengungsian. Kedua titik ini ditentukan berdasarkan dari hasil pemodelan tsunami. Sehingga, daerah yang tidak terkena tsunami bisa digunakan untuk tempat evakuasi. Selain itu dalam perencanaan jalur evakuasi ini juga

mempertimbangkan lebar jalan, kondisi jalan, ada tidaknya jembatan. Kecamatan Wates memiliki wilayah yang terbagi dua yaitu diselatan Sungai Serang dan di utara Sungai Serang sehingga jalur tercepat untuk evakuasi kedua lokasi melalui satu jembatan besar yang ada di kecamatan tersebut serta hanya melewati satu jalan yaitu Jalan Jetis yang paling efektif untuk menuju ke tempat evakuasi. Jalur evakuasi yang dibuat ada 3 jalur berdasarkan tempat titik kumpul dan titik evakuasi. Jalur pertama dimulai dari titik kumpul sebelah barat dengan melewati Jalan Jetis dan dengan panjang jalan 5 km sehingga dapat ditempuh dalam kira – kira waktu 19 menit dengan berlari. Jalur kedua dimulai dari titik kumpul daerah tengah dengan melewati Jalan Jetis dan dengan panjang jalan 4,6 km sehingga dapat ditempuh dalam waktu 18 menit dengan berlari. Jalur ketiga dimulai dari titik kumpul paling timur dengan melewati Jalan Jetis dan dengan panjang jalan 4,2 km sehingga dapat ditempuh dalam waktu 16 menit dengan berlari. Pembuatan jalur evakuasi ini terbagi dalam tiga zona yaitu zona barat, tengah dan timur. Dalam pembuatan jalur evakuasi ini akhirnya kelas jalan tidak terlalu diperhatikan karena hanya ada beberapa jalan di Wates yang bisa digunakan untuk evakuasi tetapi memiliki kelas jalan yang kecil. Hal ini dikarenakan tidak ada jalan yang lain yang lebih efektif menuju titik evakuasi. Oleh karena itu hal pertama yang dipertimbangkan adalah



jalan itu bisa digunakan untuk berlari saat evakuasi.

Analisis yang digunakan untuk perencanaan jalur evakuasi tsunami ini adalah analisis jaringan (*network analyst*). Dengan memanfaatkan *tool* pencarian rute tercepat dari titik kumpul menuju titik evakuasi. Titik kumpul sementara biasanya berupa lahan kosong atau lapangan dan titik evakuasi umumnya berupa gedung pemerintahan seperti kantor kelurahan atau kantor kecamatan. Fasilitas umum seperti kantor kelurahan dipilih karena beberapa faktor diantaranya adalah sebuah barak pengungsian harus terdapat air bersih, mck dan tempat berlindung. Karena biasanya disetiap kelurahan ada gedung serba gunanya.

KESIMPULAN

Berdasarkan apa yang telah dipaparkan peneliti dalam penelitian ini maka dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Interpretasi Citra Worldview-3 digunakan untuk ekstraksi data jalan dan data penggunaan lahan, dan menghasilkan ketelitian interpretasi penggunaan lahan dan jalan sebesar 97 % .
2. Pemodelan *run up* menggunakan skenario gelombang 4 meter, 8 meter dan 16 meter, menghasilkan pengklasasian berdasarkan ketinggian kelas bahaya rendah, sedang dan tinggi dengan cakupan genangan jika terjadi tsunami dengan ketinggian awal 16 meter adalah sebesar 2.273 Ha, sedangkan wilayah yang tergenang tsunami antara lain Desa Karangwuni, Kulwaru dan Sogan.
3. Hasil analisis kerentanan menunjukkan daerah paling rentan jika dilihat dari kerentanan sosial adalah Kelurahan Wates.
4. Penentuan jalur evakuasi terbagi tiga zona yaitu zona barat, tengah dan timur dengan panjang jalan sekitar 5 km dengan waktu tempuh 19 menit dengan berlari.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfina, Paharuddin dan Sakka.(2014).*Analisis Spasial Untuk Menentukan Zona Risiko Bencana Banjir Bandang (Studi Kasus Kabupaten Pangkep)*, Dalam: Prosiding seminar nasional geofisika 2014. Makasar: Unhas
- Berryman, K. (2006). *Riview of tsunami hazard and risk in new zealand*. Lower hutt: institute of geological and nuclear sciences.
- BNPB.(2012). *Menuju Indonesia Tangguh Menghadapi Tsunami*. Jakarta : Badan Nasional Penanggulangan Bencana
- Campbell, James B. (2002). *Introduction to Remote Sensing Third edition*. New York: The Gilford Press,
- Danoedoro, Projo. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta,
- Diposaputro, S dan Budiman.(2006).*Tsunami*. Jakarta: buku ilmiah populer
- Dixon, C dan Leach, B. (2013). *Metode Pengambilan Sampel untuk Penelitian Geografi*, (Diterjemahkan oleh Agus Dwi Martono). Yogyakarta: Ombak
- Islam, Subiyanto dan Sabri.(2014).*Penentuan Resiko Dan Kerentanan Di Kebumen Dengan Citra Alos*. (Januari 2014) Jurnal Geodesi Undip Vol. 3 No. 1
- Jensen, J.R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (3rd edition)*. South California: Pearson.
- Kusumowidagdo.(2006).*Gempa Bumi Yogyakarta dan Sekitarnya adalah Pengalaman Yang Sangat Berharga*. (9 Juli 2006). BERITA INDERAJA Vol V no. 9
- Marfai, Muh Aris. (2011). *Modul Kuliah Manajemen Bencana*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- DLR. (2010). *Peta Bahaya Tsunami untuk Kabupaten Cilacap*. Cilacap : GITWS.
- Jensen, J.R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (3rd edition)*. South California: Pearson.
- Kusumowidagdo.(2006).*Gempa Bumi Yogyakarta dan Sekitarnya adalah Pengalaman Yang Sangat Berharga*. (9 Juli 2006). BERITA INDERAJA Vol V no. 9
- Lillesand.M.T dan R.W. Kieffer, (1990), *Pengindraan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Marfai, Muh Aris. (2011). *Modul Kuliah Manajemen Bencana*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Triatmadja, Radiana.(2010). *Tsunami Kejadian, Perjalanan, Daya Rusak, Dan Mitigasinya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- UU No. 24 tahun 2007 tentang penanggulangan kebencanaan.
- Wahyu. Totok.W. S.Si, M.Sc. (2015). *Petunjuk Praktikum Pemetaan Kebencanaan*. Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta
Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Triatmadja, Radiana.(2010). *Tsunami Kejadian, Perjalanan, Daya Rusak, Dan Mitigasinya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- UU No. 24 tahun 2007 tentang penanggulangan kebencanaan.
- Wahyu. Totok.W. S.Si, M.Sc. (2015). *Petunjuk Praktikum Pemetaan Kebencanaan*. Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta
- Yang, Xiaojun. (2011). *Urban Remote Sensing: Monitoring, Synthesis and Modelling in the Urban Environment*. John Wiley&Son, Inc., New York.