

Sistem Deteksi Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis 3D WebGIS

Deny Prasetya Taruma Wardana¹, Fatwa Ramdani², Fajar Pradana³

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹ contact@denyprasetyatw.com, ²fatwaramdani@ub.ac.id, ³fajar.p@ub.ac.id

Abstrak

Kota Batu memiliki potensi bencana tanah longsor yang cukup tinggi, berdasarkan data BPBD Kota Batu dalam kurun waktu 1 Januari 2016 hingga 31 Juli 2016, telah terjadi 39 kejadian tanah longsor, dengan nilai kerugian material mencapai Rp. 2.836.000.000,00. Sistem deteksi dini bencana tanah longsor yang telah diinstall BPBD Kota Batu saat ini tidak dapat bekerja secara maksimal. Akibatnya hasil keputusan yang dihasilkan tidak akurat. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengajukan solusi sistem deteksi dini bencana tanah longsor berbasis 3D WebGIS dengan fitur *real time monitoring system* dan visualisasi data spasial, guna mengantisipasi bencana tanah longsor dengan lebih baik. Tahap pengembangan perangkat lunak menggunakan model *prototype* untuk menjamin kualitas perangkat lunak sesuai dengan kebutuhan BPBD Kota Batu. Tahap implementasi dilakukan dengan ekstraksi data DEM, mengolah data spasial hasil digitasi BALITBANGDA Kota Batu, ekstraksi data hasil survey, digitasi bangunan, membangun 3D Map dan melakukan visualisasi 3D Map ke dalam WebGIS. Metode pengujian menggunakan *unit testing* dan tingkat akurasi sensor. Hasil *unit testing* menunjukkan bahwa seluruh komponen program telah memiliki hasil output sesuai yang diharapkan, sehingga seluruh fitur dapat berjalan dengan baik, sedangkan hasil pengujian akurasi sensor menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga data yang dipublikasikan oleh sistem merupakan data yang valid.

Kata kunci: tanah longsor, kota batu, WebGIS, real time, 3D map, DEM

Abstract

Kota Batu is threatened by landslide disaster, based on data from BPBD Kota Batu in the period of January 1, 2016 to July 31, 2016, there have been 39 landslide events, with the value of material loss reached Rp. 2,836,000,000,00. Early detection system of landslide disaster that has been installed BPBD Kota Batu currently can not work optimally. As the result the sistem is not appropriated. To overcome these problems, this research proposes a solution of early landslide detection system based on 3D landslide WebGIS with real time monitoring system and spatial data visualization, in order to anticipate landslide disaster. Stage of software development using prototype model to guarantee software quality according to requirement of BPBD Kota Batu. Implementation phase is done by extraction of DEM data, then processing spatial data result of onscreen digitation BALITBANGDA Kota Batu, extraction of survey result data, building digitation, building 3D Map, and doing 3D Map visualization into WebGIS. The test method uses unit testing and sensor accuracy. Unit testing results show that all components of the program unit have the desired output results, so that all features can run well, while the sensor accuracy test results show a high degree of accuracy, so the data published by the system is valid.

Keywords: landslide, kota batu, web GIS, real time, 3D map, DEM

1. PENDAHULUAN

Kota Batu merupakan salah satu daerah yang sering terkena bencana tanah longsor. Menurut data BPBD Kota Batu, pada rentang waktu 1 Januari hingga 31 Juli 2016 di Kota Batu telah terjadi 62 kejadian bencana, dimana tanah

longsor dengan jumlah 39, banjir dengan jumlah 10, angin kencang disertai dengan pohon tumbang dengan jumlah 5, kebakaran rumah dengan jumlah 4, tanah longsor disertai pohon tumbang dengan jumlah 1, dan banjir disertai tanah longsor dengan jumlah 1 (BPBD Kota Batu, 2016a). Dari data tersebut dapat diketahui bahwa tanah longsor berada pada peringkat

pertama, sehingga dapat dikategorikan menjadi salah satu jenis bencana alam yang sering terjadi dibandingkan dengan jenis bencana yang lain di wilayah Kota Batu.

Wilayah Kota Batu berada pada lahan yang terjal dengan kemiringan > 40 %. Sedangkan bila ditinjau dari keadaan klimatologinya Kota Batu memiliki dua perubahan iklim yaitu musim penghujan dan musim kemarau, dimana pada tahun 2014 hampir setiap bulan mengalami musim penghujan dengan rata-rata curah hujan yang tercatat pada stasiun klimatologi Karangploso mencapai 239,17 mm, dengan rata-rata hari hujan sebanyak 14 hari per bulan. Sementara pada tahun 2015 memiliki curah hujan rata-rata 162,83 mm, dengan hari hujan rata-rata 10 hari per bulan (BPS Kota Batu, 2016).

Berdasarkan data rekapitulasi bencana yang diterbitkan oleh BPBD Kota Batu periode 1 Januari hingga 31 Juli 2016 telah terjadi bencana tanah longsor dengan jumlah 39 kejadian, yang mengakibatkan banyak kerusakan bangunan dan fasilitas umum dengan total kerugian ditaksir mencapai Rp 2.836.000.000,00 (BPBD Kota Batu, 2016b).

Untuk meminimalisir jumlah korban jiwa dan kerugian harta benda akibat bencana tanah longsor, BPBD Kota Batu melakukan berbagai upaya pencegahan diantaranya penyuluhan bahaya tanah longsor, pembentukan tim siaga bencana, instalasi sistem peringatan dini dan simulasi evakuasi bencana guna menghadapi ancaman bencana tanah longsor. Akan tetapi sistem peringatan dini yang telah di instalasi oleh BPBD Kota Batu saat ini belum berfungsi secara maksimal, dikarenakan data yang dihasilkan sensor kurang akurat dan data tersebut sering tidak terkirim ke server pusat. Hal ini menyebabkan tidak akuratnya hasil keputusan dari sistem deteksi dini yang telah diinstalasi oleh BPBD Kota Batu. Apabila data yang dihasilkan sensor tidak akurat, maka dapat menyebabkan sensor mengeluarkan peringatan (alarm) secara acak meskipun tidak mempunyai potensi terjadinya tanah longsor. Dengan sensor yang sering berbunyi sendiri tanpa penyebab yang pasti menyebabkan ketidakpercayaan publik pada sistem peringatan dini tersebut.

Untuk memaksimalkan kegiatan antisipasi potensi bencana tanah longsor yang menjadi tanggung jawab BPBD kota batu tersebut dibutuhkan sebuah sistem yang dapat memantau dan mengidentifikasi dini bencana tanah longsor, sistem yang dapat mengumpulkan data

hasil pemantauan terminal sensor secara realtime untuk digunakan sebagai informasi bahaya alam dan dapat mengeluarkan pesan peringatan dini, dan sistem yang dapat memberikan visualisasi potensi yang berpeluang terkena dampak bencana dalam bentuk teknologi 3D web GIS. Hal tersebut dibutuhkan supaya dapat mengantisipasi terjadinya bencana tanah longsor, sehingga dapat meminimalisir jumlah korban jiwa di wilayah kerja BPBD Kota Batu.

Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan *monitoring* curah hujan, dengan menggunakan modul *Arduino rain drop sensor* sehingga dapat dikonversi kedalam parameter deteksi dini bencana tanah longsor?
2. Bagaimana hasil perancangan dan implementasi sistem deteksi dini bencana tanah longsor?

Bagaimana hasil pengujian sistem deteksi dini bencana tanah longsor menggunakan metode *white-box testing* dengan metode *unit testing*, dan pengujian tingkat akurasi sensor menggunakan metode pengujian akurasi?

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini mengacu kepada penelitian sebelumnya, yang telah dipublikasikan oleh Huang, et al. (2015). Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tanah longsor yang terjadi di daerah pegunungan barat daya Cina, yang terjadi hampir setiap musim hujan dalam beberapa tahun terakhir dan telah menjadi salah satu ancaman utama bagi warga sekitar, terutama setelah aliran debris yang terjadi pada tanggal 7 Agustus 2010 di Provinsi Gansu, dimana tanah longsor menimpa pemukiman padat penduduk, sehingga mengakibatkan 1.765 orang meninggal dunia.

Penelitian tersebut ditujukan untuk membantu mencegah korban jiwa dan kerugian material dari bencana tanah longsor dengan membangun sistem peringatan dini secara real time. Dalam paper penelitian, dibahas langkah-langkah membangun sebuah sistem deteksi dini bencana tanah longsor berbasis *3D WebGIS* yang di kombinasikan dengan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk pemantauan aliran debris, analisis ambang batas curah hujan, dan penentuan kriteria awal untuk otomatis peringatan akan terjadinya aliran debris yang berlokasi di utara Kota Qingping,

di Provinsi Sichuan, Cina Barat Daya. Pemanfaatan jaringan WSN dapat mempermudah proses pengumpulan data dari hasil pemantauan terminal sensor yang berbeda, selanjutnya data tersebut disimpan ke dalam database, sehingga dapat dengan mudah untuk dilakukan modifikasi guna memperoleh prediksi terjadinya aliran debris, dan dengan menggunakan antarmuka *3D WebGIS* yang *user friendly* dapat memberikan solusi dalam pengambilan keputusan penanganan bencana.

Penelitian tersebut dijadikan rujukan dikarenakan memiliki beberapa kesamaan dengan penelitian ini yang akan dilakukan, kesamaan tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan antarmuka *3D WebGIS* yang dapat mempermudah sistem dalam memberikan visualisasi solusi dalam pengambilan keputusan penanganan bencana.
2. Menggunakan teknologi WSN yang dapat mempermudah proses pengumpulan data dari hasil pemantauan terminal sensor yang berbeda, guna melakukan analisis ambang batas curah hujan dan menentukan kriteria awal untuk otomatisasi peringatan potensi bencana.
3. Pemanfaatan *rain gauge* sebagai media dalam menghitung curah hujan untuk dikonversi kedalam *warning level* parameter.
4. Dalam menentukan kriteria awal proses otomatisasi peringatan potensi bencana longsor dengan menggunakan curah hujan sebagai parameter.
5. Menggunakan *three tier architecture* dalam pengembangan *3D WebGIS* sistem peringatan dini bencana tanah longsor.

Sedangkan untuk perbedaan antara penelitian yang dilakukan penulis dengan penelitian sebelumnya terletak pada objek penelitian, sensor, *hardware*, dan transmisi data.

Curah Hujan

Curah hujan merupakan indikator bencana tanah longsor yang digunakan dalam penelitian ini. Curah hujan dibagi menjadi 4 kelas, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelas Curah Hujan

| No | Curah Hujan Harian | Curah Hujan Bulanan | Kelas |
|----|--------------------|---------------------|--------|
| 1 | < 20 mm | < 300 mm | Ringan |
| 2 | 20 – 50 mm | 300 – 500 mm | Sedang |

| | | | |
|---|-------------|----------|--------------|
| 3 | 50 – 100 mm | | Lebat |
| 4 | > 100 mm | > 500 mm | Sangat Lebat |

Software Development Life Cycle (SDLC)

Menurut (Pressman, 2010), Metode *prototyping Software Development Life Cycle (SDLC)* dibagi menjadi tiga fase, yaitu:

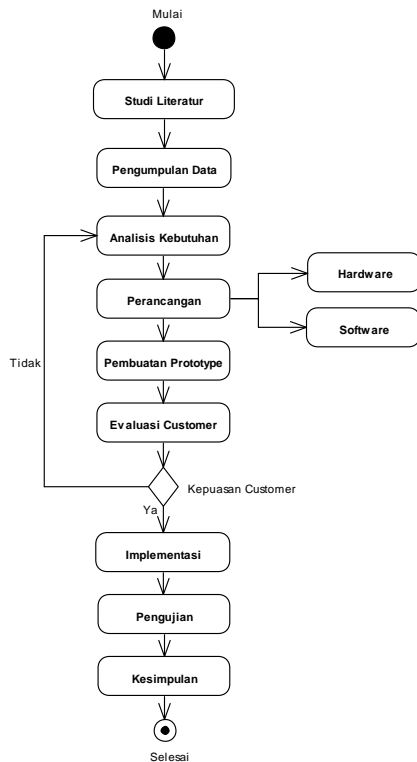
1. *Listen to customer*, yaitu untuk mengidentifikasi kebutuhan *customer* terhadap kebutuhan dasar akan produk perangkat lunak, dengan ditekankan pada spesifikasi *graphical user interface*.
2. *Build/revise mock-up*, yaitu untuk mengembangkan *prototype* dari produk perangkat lunak yang bisa dipahami oleh *customer*, baik berupa sketsa ataupun tampilan *graphica user interface* yang bisa dioperasikan oleh *customer* secara terbatas dengan nuansa yang sama dengan *prototype* perangkat lunak yang sedang dikembangkan.
3. *Customer test drives mockup*, yaitu untuk mempresentasikan ataupun mendemokan *prototype* yang dikembangkan kepada *customer* atau *stakeholder* yang berkepentingan dalam proyek.

Arduino

Arduino merupakan *open-source electronics platform* yang terdiri dari kombinasi antara perangkat keras dan perangkat lunak, dimana perangkat ini bersifat mudah digunakan terutama bagi orang yang tidak memiliki latar belakang elektronika dikarenakan semua komponennya bersifat modular. *Arduino* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Arduino Uno ATmega328*, yaitu jenis *arduino* yang menggunakan *operating voltage* sebesar 5V dengan *input* voltase yang dirokemdasikan sebesar 7-12V, memiliki 14 digital pin *input/output* dimana 6 pin sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, memiliki *crystal oscillator* 16 MHz, memiliki sebuah *interface* berupa *port* USB, colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset* (Arduino, 2017a).

3. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir berikut.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Studi literatur dalam penelitian ini dikumpulkan dari berbagai referensi yang terdiri dari buku, jurnal penelitian, karya tulis ilmiah, artikel ataupun website resmi guna mendalami konsep pengetahuan yang akan diterapkan dalam penelitian yaitu mengenai Sistem Deteksi Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis 3D WebGIS.

Sedangkan pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan wawancara, dan observasi.

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, berupa kebutuhan fungsional dan kebutuhan non fungsional.

Tahap perancangan sistem dibuat berdasarkan pada analisis kebutuhan yang telah didefinisikan, dengan tujuan untuk memberikan gambaran secara jelas tentang arsitektur sistem yang akan dibangun, sehingga dapat digunakan sebagai pedoman dalam tahap *development* atau implementasi. Dalam tahap perancangan sistem terbagi menjadi dua, yaitu perancangan perangkat lunak (*software*) dan perancangan perangkat keras (*hardware*).

Pada tahap pembuatan *prototype*, dilakukan pembuatan *prototype* sistem dari tahap desain yaitu proses perancangan *user interface*, yang di implementasikan menggunakan kode HTML. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran sistem berdasarkan fitur atau menu

dari hasil *requirement analysis* yang didapatkan dari proses wawancara dengan *client*. Pada tahap ini dilakukan implementasi dari *layout* yang telah dibuat kedalam kode program HTML, menggunakan *framework thymeleaf* dan *javascript*, sehingga menghasilkan sebuah *prototype* sistem peringatan dini berupa desain *Graphical User Interface*.

Customer melakukan evaluasi terhadap hasil pembuatan *prototype* yang telah dibuat dengan tujuan menyesuaikan dengan keinginan *customer*, baik dari segi fitur atau tampilan dari suatu program. Jika hasil evaluasi telah sesuai dan *customer* puas dengan hasil *prototype*, pengembangan bisa dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu implementasi.

Hasil dari tahap perancangan diimplementasikan dalam bentuk *source code* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Implementasi *Graphical User Interface* (GUI) terhadap service yang telah dibuat
2. Implementasi sistem peringatan dini terhadap *wildflay 8 application server*

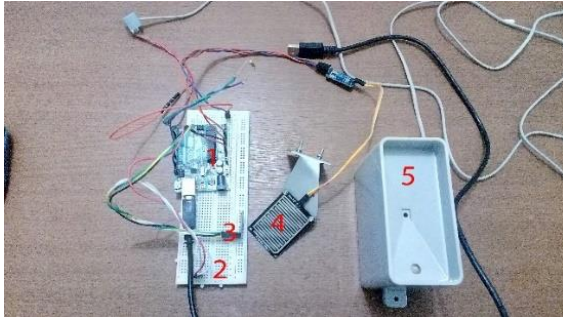
Pengujian sistem dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu pengujian fungsional menggunakan metode *whitebox* dengan unit *testing* serta pengujian non fungsional menggunakan pengujian tingkat akurasi sensor. Pada pengujian menggunakan metode unit *testing* dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian fungsional terkecil dari suatu kode program dengan membandingkan hasil yang diolah oleh komputer, apakah hasil telah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Sedangkan pada pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan curah hujan dengan proses penakaran manual.

Setelah semua tahapan dalam penelitian telah selesai dilakukan, maka dilakukan penarikan kesimpulan. Kesimpulan berisi jawaban atas rumusan masalah yang telah dideskripsikan pada sub bab 1 yang dikombinasikan dengan hasil pengujian, baik pengujian sensor curah hujan ataupun sistem peringatan dini, selain itu juga terdapat penjelasan mengenai saran dari penulis untuk mengembangkan sistem peringatan dini pada penelitian selanjutnya, sehingga dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam penelitian sejenis selanjutnya.

4. PERANCANGAN

4.1. Perancangan Hardware

Hardware yang diperlukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian komponen arduino pada sensor terminal

Masing-masing komponen sensor terhubung dengan board Arduino Uno-R3 dengan menggunakan kabel jumper, bilamana ada penggunaan port yang tidak memenuhi maka kabel jumper dihubungkan dengan papan breadboard untuk melakukan sharing terhadap resource yang digunakan. Masing-masing variabel input yang dihasilkan oleh sensor di hubungkan melalui port analog in, dimana untuk ESP8266 menggunakan analog in A0, Raindrop Sensor A1, dan Tipping Bucket Rain Gauge Sensor menggunakan analog in A2. Untuk lebih detail tentang hardware apa saja yang digunakan dalam sistem ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Komponen Arduino Pada Sensor Terminal

| No | Nama Hardware | Jumlah | Jalur Komunikasi |
|----|----------------------------------|--------|------------------|
| 1 | Arduino Uno-R3 | 1 | - |
| 2 | Breadboard | 1 | - |
| 3 | ESP8266 | 1 | Digital 10&11 |
| 4 | Rain Drop Sensor | 1 | Analog in A1 |
| 5 | Tipping Bucket Rain Gauge Sensor | 1 | Analog in A2 |
| 6 | IP Camera | 1 | Jaringan wifi |

4.2. Perancangan Software

Perancangan software dilakukan dengan membuat beberapa diagram berikut ini:

1. Use Case Diagram

Guest merupakan seluruh masyarakat ataupun pihak BPBD Kota Batu yang terhubung dengan jaringan intranet, sehingga dapat mengakses aplikasi ini. Dia dapat melakukan monitoring daerah rawan bencana beserta melihat dampak bencana.

Administrator, merupakan seorang pengguna aplikasi yang berperan melakukan *maintenance* terhadap sistem dan pemasangana sensor baru. Kebutuhan pokok administrator adalah sebagai berikut:

1. Memiliki *username* dan *password* untuk dapat *log in* kedalam sistem.
2. Dapat mengelola data sensor terminal, melakukan pemasangan sensor baru.
3. Melihat data hasil pemantauan yang dihasilkan oleh sensor curah hujan.
4. Mengelola *threshold warning level*.

2. ER Diagram

ER Diagram hasil *mapping* dari *class diagram* ke dalam tabel pada database, dengan melakukan proses *mapping* akan memberikan konsistensi antara hasil perancangan *class diagram* dengan hasil tabel yang didalam database, baik *schema*, penamaan tabel, colom, dan relasi antar tabel. Pada *schema ews* terdapat, 6 tabel yaitu *t_potential_area* merupakan hasil *mapping* dari *class PotentialArea*, *t_sensor_terminal* hasil *mapping* dari *class SensorTerminal*, *t_ip_camera* hasil *mapping* dari *class IPCamera*, *t_log_rainfall_daily* hasil *mapping* dari *class RainfallDaily*, *t_log_rainfall_monthly* hasil *mapping* dari *class LogRainfallMonthly*, dan *t_warning_level* merupakan hasil *mapping* dari *class WarningLevel*.

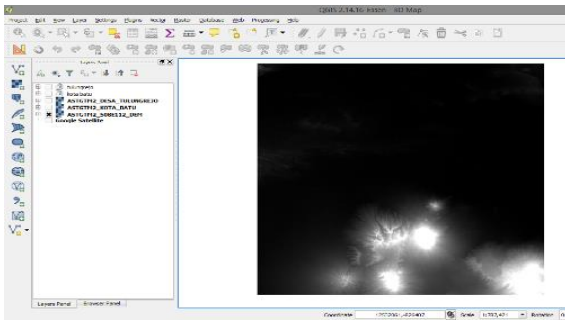
5. IMPLEMENTASI

5.1. Implementasi Sistem

Adapun tahapan dari proses implementasi sistem yang dilakukan antara lain:

1. Ekstraksi Data Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model (DEM) merupakan data ketinggian suatu wilayah dalam sebuah peta, data ini diperoleh dari situs <http://earthexplorer.usgs.gov>, dimana data DEM yang digunakan di akusisi pada tahun 2011 dengan tipe ASTER GLOBAL DEM. Setelah data DEM didapatkan (ASTGTM2_S08E112_dem.tif), dilakukan proses pemotongan atau clip terhadap data DEM tersebut berdasarkan batas wilayah Kota Batu. Data DEM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Data DEM

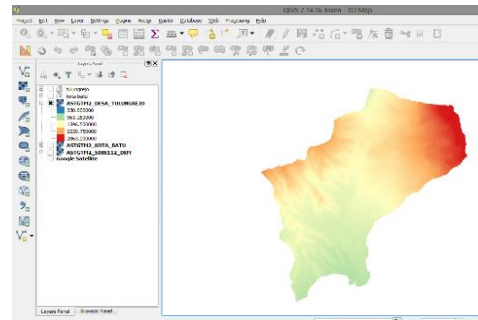
Setelah dilakukan proses pemotongan terhadap data DEM, langkah selanjutnya dilakukan proses klasifikasi berdasarkan ketinggian suatu wilayah di atas permukaan laut, proses klasifikasi ini sangatlah penting karena dari hasil klasifikasi dapat diketahui tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap potensi terjadinya tanah longsor, dan membantu proses rekomendasi dalam pemilihan lokasi pemasangan sensor.

Tabel 3. *Ekstraksi* Data DEM Berdasarkan Ketinggian

| No | Warna | Ketinggian |
|----|--------|----------------------|
| 1 | Biru | 0 <= 330.000 |
| 2 | Hijau | 330.000 <= 932.750 |
| 3 | Kuning | 932.750 <= 1535.500 |
| 4 | Orange | 1535.500 <= 2138.250 |
| 5 | Merah | 2138.250 <= 2741.000 |

Setelah dilakukan proses pemotongan terhadap data DEM, langkah selanjutnya dilakukan proses klasifikasi berdasarkan ketinggian suatu wilayah diatas permukaan laut, proses klasifikasi ini sangatlah penting karena dari hasil klasifikasi dapat diketahui tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap potensi terjadinya tanah longsor, dan membantu proses rekomendasi dalam pemilihan lokasi pemasangan sensor.

Berdasarkan hasil klasifikasi diketahui bahwa Desa Tulungrejo berada pada posisi kelerengan yang terjal diantara ketinggian 330.000 hingga 2.741.000 di atas permukaan laut. Dari data ini dapat dipastikan bahwa Desa Tulungrejo memiliki potensi bencana longsor lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lain yang ada di Kota Batu. Hasil klasifikasi ketinggian di Desa Tulungrejo ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Data DEM Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji

2. Mengolah Data Spasial Hasil Digitasi BALITBANGDA Kota Batu

Untuk dapat memberikan informasi yang akurat kepada user maka dilakukan pengolahan data spasial yang telah dilakukan *digitasi* sebelumnya oleh BALITBANGDA Kota Batu, pengolahan data ini meliputi *clip*, dan melakukan *dekomposisi* ulang terhadap entitas yang ada pada data tersebut. Data spasial yang digunakan yaitu data jaringan jalan, jaringan sungai, dan hutan. Data - data ini kemudian akan dilakukan *overlay* dengan data DEM untuk dapat memberikan informasi spasial kepada *user*.

3. *Ekstraksi* Data Spasial Dari Hasil *Survey*

Untuk mendapatkan koordinat lokasi rawan longsor dilakukan *survey* di Desa Tulungrejo pada tanggal 09-05-2016, dari hasil *survey* didapatkan koordinat titik yang memiliki potensi terjadinya longsor, dan titik yang memiliki potensi terjadinya proses aliran bahan material penyusun longsor. Kegiatan *survey* ini menggunakan GPS SPECTRA, dimana GPS ini dapat menyimpan koordinat berupa *longitude*, *latitude*, dan *altitude*.

Untuk dapat memberikan informasi terhadap *user* koordinat hasil *survey* yang berupa file dengan *extensi* .dxf haruslah dilakukan proses konversi terlebih dahulu ke dalam format .shp, proses *ekstraksi* ini dilakukan melalui *software* QGIS menggunakan library Dxf2Shp terlebih dahulu, setelah itu dilakukan proses pengolahan data sehingga hasilnya bisa dilakukan *overlay* dengan data .shp yang lainnya baik itu data jaringan jalan, jaringan sungai, dan hutan.

4. Melakukan *Digitasi* Bangunan

Untuk dapat memberikan informasi terhadap user tentang objek yang memiliki potensi terkena dampak bencana tanah longsor perlu dilakukan *digitasi* bangunan yang ada di

wilyah yang memiliki potensi bencana tanah longsor. Proses *digitasi* ini dilakukan dengan melakukan *overlay* terhadap *google map* satelit yang dipublikasi pada tahun 2017 sehingga memiliki akurasi objek yang tinggi. Proses *digitasi* ini menghasilkan file berupa *.shp* dimana data ini kemudian akan dibuild kedalam bentuk 3D, sehingga dapat digunakan untuk visualisasi objek pada analisis *buffer* guna mengetahui objek apa saja yang memiliki potensi terkena dampak bencana tanah longsor.

5. Membangun 3D Map

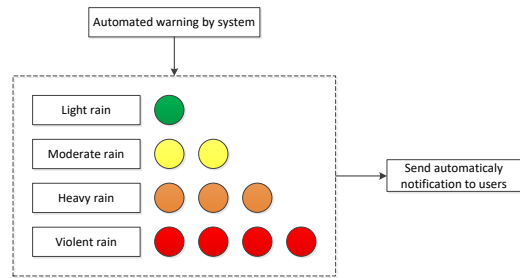
Setelah seluruh proses *extraksi* data dilakukan, tahap selanjutnya adalah membangun 3D Map, proses ini dilakukan dengan bantuan *library qgis2threejs*, Pada proses ini seluruh layer hasil pengolahan menggunakan *software* QGIS dilakukan proses *build* kedalam bentuk 3D Map.

6. Visualisasi 3D Map Kedalam WebGIS

Hasil *build* 3D Map dari *library qgis2threejs* merupakan data yang statik, sehingga perlu dilakukan *editing* terhadap *source code* hasil *build* tersebut, untuk dihubungkan dengan sistem peringatan dini yang memiliki data *dynamic* yang terhubung dengan database. Selain itu 3D Map hasil *build* tersebut perlu diolah lagi supaya dapat ditampilkan dalam WebGIS sistem peringatan dini bencana tanah longsor, dimana pada sistem ini digunakan *thymeleaf* sebagai *template engine* pengganti JSP pada standar web berbasis Java.

7. Klasifikasi Sistem Peringatan Dini

Untuk dapat memberikan informasi tentang potensi bencana tanah longsor, dilakukan klasifikasi terhadap curah hujan yang terekam oleh terminal sensor, dimana curah hujan diklasifikasikan ke dalam empat kelas yaitu, *light rain* dengan indentifikasi warna hijau, *moderate rain* dengan indentifikasi warna kuning, *heavy rain* dengan indentifikasi warna orange, dan *violent rain* dengan indentifikasi warna merah. Proses klasifikasi diautomatisasi oleh sitem peringatan dini dan hasilnya dikirimkan ke *user* berupa notifikasi suara sesuai *warning level*. Untuk memberikan gambaran akan klasifikasi yang dilakukan oleh sistem ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Klasifikasi sistem peringatan dini

Berikut detail data klasifikasi kelas curah hujan, dari Gambar 11, yang mengacu pada data BMKG Karangloso.

Tabel 4. Klasifikasi Sistem Peringatan Dini

| No | Curah Hujan | | Kelas | Action |
|----|-------------|--------------|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| | Harian | Bulanan | | |
| 1 | < 20 mm | < 300 mm | Light rain | Mengirimkan notifikasi kepada user dengan tipe <i>light rain</i> . |
| 2 | 20 - 50 mm | 300 - 250 mm | Moderate rain | Mengirimkan notifikasi kepada user dengan tipe <i>light rain</i> . |
| 3 | 50 - 100 mm | 250 - 500 mm | Heavy rain | Mengirimkan notifikasi kepada user dengan tipe <i>light rain</i> . |
| 4 | > 100 mm | > 500 mm | Violent rain | Mengirimkan notifikasi kepada user dengan tipe <i>light rain</i> . |

5.2. Implementasi Antarmuka Guest

1. Monitoring Area

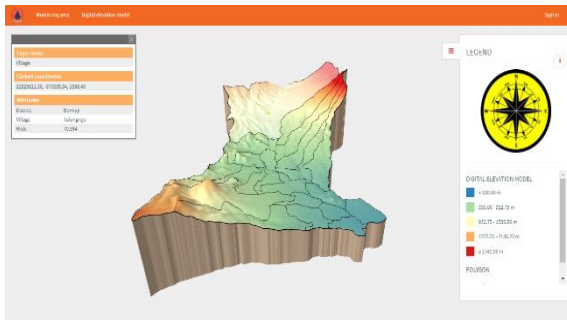
Halaman *monitoring area* digunakan oleh *guest* untuk melakukan *monitoring* wilayah yang memiliki potensi bencana tanah longsor secara *realtime*.



Gambar 6. User Interface Monitoring Area

2. Digital Elevation Model

Digital elevation model memberikan visualisasi data ketinggian wilayah kota batu, dimana dengan data ini dapat diketahui wilayah yang memiliki potensi bencana longsor, dari ketinggian tempat itu berada, kontur, dan kemiringan lokasi.

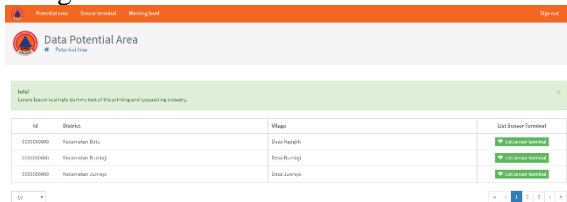


Gambar 7. Digital Elevation Model

5.3. Implementasi Antarmuka Administrator

1. Data Potensial Area

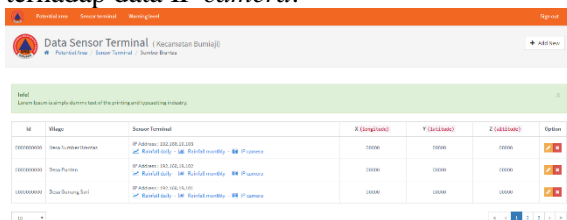
Data potensial area berisi data desa yang ada di Kota Batu, data desa ini akan ditampilkan atau divisualisasikan kedalam 3D Map pada halaman digital elevation model, dan digunakan ketika dilakukan instalasi sensor terminal baru sebagai identifikasi lokasi.



Gambar 8. Data Potensial Area

2. Data Sensor Terminal

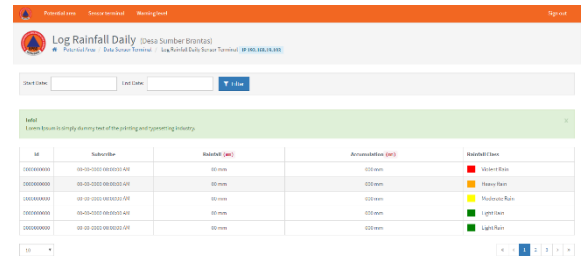
Data sensor terminal berisi data sensor terminal yang terinstall di daerah rawan bencana, data ini didapatkan dari hasil survey lapangan yaitu kordinat pemasangan sensor *latitude*, *longitude*, dan *altitude*. Selain itu juga terdapat menu yang digunakan untuk melakukan navigasi yaitu *rainfall daily* untuk melakukan navigasi terhadap log sensor curah hujan harian. *Rainfall monthly* digunakan untuk melakukan navigasi terhadap log curah hujan bulanan, dan *IP camera* untuk untuk melakukan pengolahan terhadap data *IP camera*.



Gambar 9. Data Sensor Terminal

3. Log Rainfall Daily

Data *IP camera* berisi data *log rainfall daily* yang dihasilkan oleh *raingauge* yang terinstall di terminal sensor yang di *subscribe* secara *realtime*.



Gambar 10. Log rainfall daily

6. PENGUJIAN

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini berupa pengujian akurasi, yang dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem peringatan dini. Pengujian akurasi terhadap *Arduino typing bucket raingauge* sensor, dan *raindrop* sensor.

6.1. Pengujian Akurasi Arduino Typing Bucket Raingauge

Pada pengujian ini dilakukan iterasi sebanyak 10 kali dengan volume air yang dituang memiliki volume yang bervariasi. Pada proses pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor *Arduino raingauge typing bucket* berdasarkan dari jumlah *input*, *output*, dan *log* yang dihasilkan oleh sistem secara *realtime*, dimana dari proses tersebut terdapat status tingkat akurasi sedang, rendah, dan tinggi. Jumlah air yang dituang dibuat bervariasi guna mengetahui tingkat akurasi dan konsistensi ketika di tuang dengan air dengan volume berbeda-beda dengan jumlah air yang keluar dan keluar.

6.2. Pengujian Akurasi Arduino Raindrop Sensor

Pada pengujian ini dilakukan iterasi sebanyak 10 kali dengan volume air yang dituang memiliki volume yang bervariasi. Pada proses pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam mengidentifikasi terjadinya hujan dimana ditengarai dengan *log* hujan *true* ketika terjadi hujan dan *false* ketika hujan berhenti, dengan nilai *raindrop value* yang dinamis atau berubah ubah sesuai dengan besarnya *drop value* air yang mengenai papan, *threshold* dengan nilai 100 dirumuskan dari hasil percobaan sebelumnya dimana telah dilakukan pengujian sebanyak 20 kali penuangan dimana ketika air selesai dituang nilai *drop value* berkisar diantara ≤ 100 ketika papan sensor masih dalam kondisi basah dan 0 ketika papan sudah kering. Berdasarkan hasil ujicoba

dibuatlah status tingkat akurasi sensor yaitu sedang, rendah, dan tinggi.

6.3. Unit Testing

Setelah kebutuhan akan *prototyping* sistem telah terpenuhi, langkah selanjutnya adalah melakukan pembuatan kode program berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan. Untuk meminimalisir *error*, maka dilakukan pengujian terhadap kodeprogram yang baru dibuat menggunakan metode *unit testing* terhadap masing-masing *service* yang telah dibuat. Setelah proses *unit testing* selesai dilakukan terhadap masing-masing *service* maka dapat disimpulkan bahwa *service* yang telah dibuat telah sesuai dengan yang diharapkan sehingga bilamana dilakukan implementasi dengan *userinterface* melalui *controller* dapat dipastikan bahwa fungsionalitasnya sudah bisa dipastikan dapat berjalan sebagaimana yang diharapkan.

7. KESIMPULAN

1. Dengan mengintergrasikan *raindrop* sensor dan *typing bucket* dapat dipergunakan untuk mengetahui besarnya curah hujan serta waktu hujan dari awal sampai berhentinya hujan, yang kemudian data akan dikirim ke *server*, diakumulasikan dan di visualisasikan kedalam bentuk *early warning* parameter berdasarkan masing-masing kelas curah.
2. Penerapan konsep *three tier architecture* pada sistem deteksi dini bencana tanah longsor terbukti dapat digunakan untuk mempublikasikan informasi hasil pemantauan terminal sensor di lokasi yang memiliki potensi bencana longsor kepada masyarakat dan pihak BPBD.
3. Hasil *unit testing* menunjukkan bahwa seluruh komponen program telah memiliki hasil *output* sesuai yang diharapkan, sehingga seluruh fitur dapat berjalan dengan baik, sedangkan hasil pengujian akurasi sensor menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga data yang dipublikasikan oleh sistem merupakan data yang valid.

8. DAFTAR PUSTAKA

Arduino, 2017a. *Arduino Uno Rev3*, Tersedia di: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>> [Diakses: 28 Mei 2017].

BPBD Kota Batu, 2016a. Data Kejadian Bencana Di Kota Malang Tahun 2016. Kota Batu: BPBD Kota Batu.

BPBD Kota Batu, 2016b. Rekapitulasi Kejadian Bencana dan Situasi Darurat Non Bencana Per 31 Juli Tahun 2016. Kota Batu.

BPS Kota Batu, 2016. Analisis Situasi Pembangunan Manusia Kota Batu Tahun 2016. Kota Batu.

Huang, J., Huang, R., Ju, N., Xu, Q. & He, C., 2015. *3D WebGIS-based Platform for Debris Flow Early Warning: A case study. Engineering Geology*, 197, pp.57-66.

Pressman, R. S., 2010. *Software Engineering: A Practitioner's Approach. 5th ed.* New York: McGraw-Hill.