

# **MITIGASI SIAGA BENCANA GERAKANTANAH DENGAN PERANGKAT *EARLY WARNING SYSTEM (EWS)* DAERAH BUKIT MANYARAN PERMAI KECAMATAN GUNUNG PATI SEMARANG JAWA TENGAH**

Oleh : Fitri Purwanti

Universitas Diponegoro, Fakultas Teknik, Progam Studi Teknik Geologi, Semarang

## **ABSTRACT**

Mass movement cause catastrophic losses are not small, in addition to loss of property is sometimes also cause human fatalities. Mass movement incident requires ongoing disaster relief efforts ( disaster management), includes a planned and organized effort embodied in a series of activities undertaken to eliminate ( minimize ) some or all of the harm or loss caused by the disaster, as well as avoiding the risk of disasters that might occur, so that the impact can be reduced, or minimized, even if it may be omitted ( Sutikno, 2001). One way is by providing early warning for areas prone to mass movement. Installation of monitoring early detection mass movement intended as a means of mitigation efforts in providing an early warning signal / beginning of the communities living around the disaster -prone areas in order to be able to evacuate mass movement early so as to minimize casualties in the event of disaster mass movement / landslides. Early warning tool is set on a sliding distance tolerance of 3 ( three ) mm, 6 ( six ) mm then 9 ( nine ) mm. The spacing can be changed according to the characteristics of each region .

Observations were made by means of geological mapping which aims to determine the location of the geological conditions in the area of Perumahan Manyaran Bukit Permai, Gunungpati, Semarang and instalation tools of early warning system, by means of a sensor exstensiometer and rainfall. Mass movement type contained in the study area in the form creeping and views of fields including the landslides rotation (rotational slides) and by including the slow-motion speed (very slow). It is influenced by several factors such as claystone lithology of conditions including in the formation of the hoist. Mudstone properties are easy to inflate (expansive clay) caused the landslide .

Early Warning System ( EWS ) is a device that consists of several components, such as modems, local monitoring engine, digital landslide meter, battery, solar panel, regulator, rain gauge, and ancillary equipment. Landslide EWS is a monitoring system that is specifically designed to detect events that preceded the landslide in time to issue a warning immediately and initiate mitigation measures .

At research area is an area of vulnerability mass movement intermediate level, mitigation in accordance with the recommendation that the condition Perumahan Manyaran Bukit Permai. Mass movement can tackle disaster in the following manner: 1. Manufacture of gabions in the northern part of the study area, intended as a buffer on the slopes, except that its happening mengihindari erosion on the creek bank. 2. Control of water channel function to minimize the water that goes into the surface. 3. Grouting with the aim of closing the open discontrution, cavities and holes in the layer intended to improve soil strength .

Keywords : Mitigation, Monitoring, Mass movement

## **I. PENDAHULUAN**

Bencana geologi merupakan bencana yang terjadi akibat proses geologi secara alamiah yang siklus kejadiannya mulai dari skala beberapa tahun hingga beberapa ratus bahkan jutaan tahun. Bencana gerakan tanah (tanah longsor) merupakan peristiwa alam yang seringkali mengakibatkan banyak kerusakan, baik berupa kerusakan lingkungan maupun kerusakan prasarana dan sarana fisik hasil pembangunan seperti

jalan, jembatan dan gedung maupun pemukiman warga. Bencana ini menimbulkan kerugian yang tidak sedikit, selain kerugian harta benda kadang-kadang juga menimbulkan korban jiwa manusia. Kejadian gerakantanaah yang terus menerus tersebut memerlukan upaya penanggulangan bencana (disaster management), meliputi upaya terencana dan terorganisasi yang diwujudkan dalam rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk

meniadakan (meminimalisasikan) sebagian atau seluruh bahaya atau kerugian dari akibat bencana, serta menghindari resiko bencana yang mungkin akan terjadi, agar akibat yang ditimbulkan dapat dikurangi, atau diperkecil, bahkan kalau mungkin dihilangkan (Sutikno, 2001).

Pemasangan alat pantau deteksi dini gerakan tanah bertujuan sebagai sarana upaya mitigasi dalam memberikan sinyal peringatan dini/awal terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar daerah rawan bencana gerakan tanah agar dapat melakukan evakuasi dini sehingga dapat meminimalisir korban jiwa apabila terjadi bencana gerakan tanah/longsor. Peringatan dini alat dimaksud diatur pada jarak geser toleransi pada 3 (tiga) mm, 6 (enam) mm kemudian 9 (sembilan) mm. Pengaturan jarak tersebut dapat dirubah sesuai dengan karakteristik pada tiap-tiap daerah.

## II. GERAKANTANAH

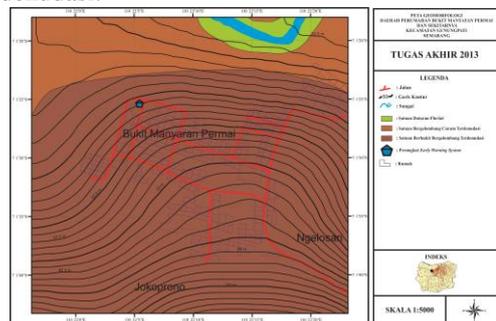
Gerakantana atau longsoran merupakan perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng akibat adanya gangguan (Varnes, 1978. Dalam Dikau, 1996). Karnawati (1997) mengatakan bahwa gerakantana adalah suatu gerakan massa tanah atau batuan ke arah bawah lereng sebagai akibat tidak mempunyai kuat geser tanah atau batuan penyusun lereng untuk mengatasi gerakan massa tersebut. Selanjutnya pada penelitian ini, gerakantana yang dimaksud adalah proses dimana di dalamnya terdapat faktor-faktor fisik geologi, geomorfologi, dan jenis tanah yang rentan terjadinya gerakantana.

## III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian geologi permukaan. Metode ini meliputi kegiatan orientasi lapangan, pengambilandata lapangan, dan analisis data kecepatan yang didapat dari data EWS . Pengambilan data dilakukan secara langsung, yaitu dengan pengamatan langsung di lapangan kemudian dilakukan dokumentasi dan sampling di lapangan, kemudian pengambilan data tidak langsung yaitu pengolahan data kecepatan pada EWS melalui perangkat lunak EWS pada komputer.

## IV. KONDISI GEOLOGI

Lokasi penelitian terletak di Perumahan Bumi Manyaran Permai (BMP), Kecamatan Gunung Pati dan sekitarnya yang termasuk ke dalam wilayah pemerintahan Semarang, Jawa Tengah. Menurut genesa dan proses geomorfik yang terjadi, lokasi penelitian dibagi menjadi 2 satuan geomorfologi yaitu satuan berbukit terjal terdenudasi dan satuan bergelombang curam terdenudasi. Adapun pembagian satuan morfologi lokasi penelitian, didasarkan pada pengamatan relief dan topografi di lapangan, perhitungan beda tinggi dan kelerengan dari klasifikasi Van Zuidam (1983), maka lokasi penelitian dapat dibagi menjadi 2 (dua) satuan morfologi, yaitu : satuan berbukit terjal terdenudasi dan satuan bergelombang curam terdenudasi.



Gambar 4.1 Peta Geomorfologi Lokasi Bumi Manyaran Permai dan Sekitarnya

Stratigrafi daerah dapat dikelompokkan menjadi beberapa formasi yang secara umum termasuk kelompok batuan vulkanik dan batuan sedimen. Menurut Thanden dkk, 1996 (dalam Nugroho, 2002) Stratigrafi Wilayah Kota Semarang dibagi menjadi beberapa formasi. Berikut kolom stratigrafi :

- Formasi Kerek (Tmk)

Formasi batuan ini tersusun oleh interkulasi lempung, napal, batupasir tufan, konglomerat, breksi vulkanik dan batugamping. Secara umum litologi tersebut berwarna kelabu cerah hingga gelap dan bersifat kalkareous gampingan, sebagian terdapat sisipan batulanau, pada lapisan batupasir mengandung fosil foraminifera, moluska dan koloni koral. Formasi ini berumur Miosen Akhir, tersingkap di sekitar wilayah Gunungpati dan Banyumanik, diantaranya di Lembah Kali Kreo, Kali Kripik, Kali Garang serta di sekitar wilayah Jubangan.

- Formasi Kaligetetas (Qpkg)



Kecepatan rayapan dipengerahui oleh geometri lereng dan sifat tegangan-tegangan dan kondisi tekanan air pori dalam tanah atau batuan. Rayapan umumnya bertambah dengan bertambahnya waktu Berikut gambar gejala yang tampak di lapangan:



Gambar 5.1 Gejala *Creep* yang berada pada Perumahan Blok O

## 2. Tipe Gerak Sangat Lambat ( Berdasarkan Kecepatan )

Merupakan kombinasi dua atau lebih dari tipe gerak tanah di atas, seperti gelinciran dan gulingan, gelinciran dan jatuhnya, gelinciran dan aliran. Kombinasi bentuk keruntuhan terjadi karena adanya perubahan bentuk pergerakan massa runtuh selama massa runtuh ini bergerak dan berpindah ke tempat lain yang lebih rendah (Arief, 2007).

Tabel 5.1 Klasifikasi Gerak tanah Berdasarkan Tingkatan Kecepatan Gerakan Menurut Varnes Dan Yague

Tingkatan	Kecepatan Gerakan	
	Yague	Varnes
Ekstrim Cepat	< 1 m/detik	< 3 m/detik
Sangat Cepat	1 m/detik - 1 m/mnt	3 m/detik - 0.3 m/mnt
Cepat	1 m/mnt - 1 m/hr	0.3 m/mnt - 1.5 m/hr
Sedang	1 m/hr - 1 m/bln	1.5 m/hr - 1.5 m/bln
Lambat	1 m/bln - 1 m/thn	1.5 m/bln - 1.5 m/thn
Sangat Lambat	1 m/thn - 0.1 m/thn	1.5 m/thn - 0.06 m/thn
Ekstrim Lambat	< 0.1 m/thn	< 0.06 m/thn

Sumber : Rachwibowo (1988)

Pada daerah penelitian memiliki nilai kecepatan gerakan sebesar 2mm/detik dalam 1 (satu) bulan. Hal ini dapat diklasifikasikan (Tabel 4.2) pada tipe longsoran lambat. Pada evaluasi gerak tanah selama empat bulan terakhir terdapat perubahan jarak sebesar 12mm. Intensitas perubahan terbesar terdapat pada bulan november-desember hal ini dikarenakan mulai tinggi nya curah hujan pada lokasi Semarang.

Kecepatan pada longsoran bergantung pada kemiringan permukaan lereng dan rasio kuat geser residu terhadap kuat geser puncak dari tanah atau batuan pada lereng. Kecepatan Bergeraknya tanah atau batuan selama terjadinya longsoran juga bergantung pada tingkat ketahanan terhadap permukaan.

## 3. Tipe Longsoran Rotasi ( Berdasarkan Bidang )

Merupakan gerakan massa tanah atau massa batuan dengan bidang gelincir berbentuk melengkung menghadap ke atas, dengan letak sumbu putar di atas pusat gaya berat massa tanah atau batuan tersebut. Contoh yang paling umum dari longsoran ini adalah nendatan yang sepanjang bidang longsoran berbentuk melengkung ke atas. Retakan-retakannya berbentuk konsentris dan melengkung ke arah gerakan dan apabila dilihat dari atas berbentuk sendok.



Gambar 5.2 Dampak dari gerak tanah membentuk jurang

Pada lokasi penelitian terlihat dampak kenampakan jurang (Gambar 5.2) yang disebabkan kondisi litologi pada lokasi ini berupa batulempung yang mengalami pelapukan sehingga bersifat mudah mengembang (*expensive clay*) yang mengalami kembang susut, dimana pada saat kondisi basah litologi tersebut mengembang dan ketika kering mengalami susut. Hal ini yang menyebabkan me bentuknya rekahan.

## 4. Nendatan Batuan

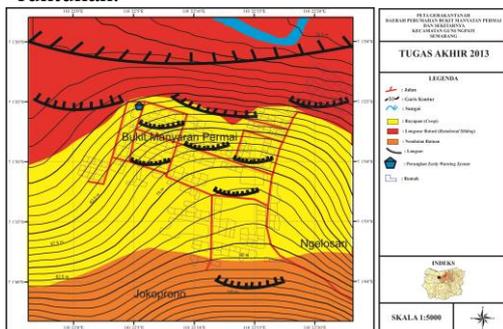
Longsor adalah gerakan yang terdiri dari regangan geser dan perpindahan sepanjang bidang longsoran dimana massa berpindah melongsor dari tempat semula dan terpisah dari massa tanah. Pada lokasi penelitian terjadi

nendatan batuan yang berbeda sebelah selatan perumahan Bumi Manyaran Permai (Gambar 4.9). Pada lokasi berada jauh dari perumahan Bumi Manyaran Permai dan faktor yang mempengaruhi gerakantana adalah faktor eksternal atau dari aktivitas manusia.



.Gambar 5.3 Longsor berupa nendatan

Terdapat nendatan sepanjang bidang longsor yang terbentuk cekung ke atas. Faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor pada lokasi ini kondisi litologi berupa breksi tufan yang merupakan jenis batuan yang bersifat kurang padat dan batuan yang kurang kuat, hilangnya penahan lateral yang disebabkan oleh manusia berupa penggalian dan pemotong tebing dibawah lebih lemah dari lapisan diatasnya dan menyebabkan terjadinya runtuh.



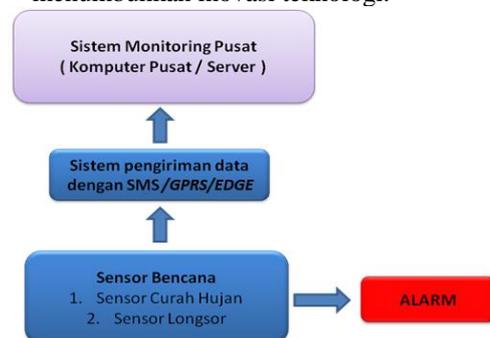
Gambar 5.3 Peta Gerakantana Lokasi Penelitian

## VI. EARLY WARNING SYSTEM

Pemasangan alat pantau deteksi dini gerakantana bertujuan sebagai sarana upaya mitigasi dalam memberikan sinyal peringatan dini/awal terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi rawan bencana gerakantana agar dapat melakukan evakuasi dini sehingga dapat meminimalisir korban jiwa apabila terjadi bencana gerakantana/longsor. Peringatan dini alat dimaksud diatur pada

jarak geser toleransi pada 3 (tiga) mm, 6 (enam) mm kemudian 9 (sembilan) mm. Pengaturan jarak tersebut dapat dirubah sesuai dengan karakteristik pada tiap-tiap lokasi. Konsep monitoring tanah longsor terpusat menggunakan alat EWS (Gambar 4.16) adalah sebagai berikut :

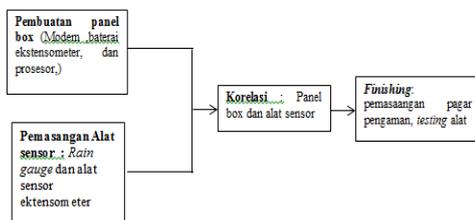
1. Sensor hujan dan extensometer ditempatkan di lokasi yang berpotensi longsor.
2. Pengiriman data menggunakan sinyal GSM, sehingga bisa memonitor lokasi yang sangat jauh dengan biaya relatif murah.
3. Sampling rate 1 menit, pengiriman data setiap 10 menit melalui SMS/GPRS/EDGE. (sampling rate dan pengiriman data optional)
4. Data diterima di base station dan selanjutnya didistribusikan ke instansi terkait dan masyarakat setempat melalui SMS pada nomor yang teregistrasi .
5. Tanda peringatan bahaya (sirene) akan aktif jika sensor telah menunjukkan batas toleransi pergerakan tanah (level waspada, siaga, awas) yang telah ditentukan.
6. Sensor, modem, sistem telemetri dan software diutamakan buatan dalam negeri, supaya menghemat devisa, ketersediaan suku cadang terjamin dan menumbuhkan inovasi teknologi.



Gambar 6.1 Alur Sistem Monitoring Terpusat (Sumber : Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, 2012)

Prinsip kerja data logger ini mendeteksi perubahan pergerakan dari kerja sensor. Data logger tersebut digunakan sebagai acuan monitoring secara terpusat. Sistem monitoring tanah longsor terpusat (Gambar 6.1) merupakan sebuah sistem yang terdiri dari dua modul utama, yaitu *Remote Monitoring Centre* (RMC) dan *Local Monitoring Engine* (LME).

RMC terletak di gedung pusat sedangkan LME terletak di lokasi rawan longsor. Terdiri dari komputer yang berisi Software Monitoring yang setiap satuan waktu tertentu (bisa diatur oleh user) menerima data dari client. Rekaman data longsor juga harus dianalisis dan digunakan untuk mengatur pergerakan yang benar, dengan perangkat lunak manajemen harus mampu menyesuaikan nilai dalam fungsi dari data pemantauan yang tersedia. Strategi mitigasi pada longsor bertujuan sebagai monitoring yang efisien potesnsi longsor, mengurangi biaya bahaya longsor, dan meningkatkan jumlah jiwa yang diselamatkan. Strategi mitigasi bencana longsor dengan cara melakukan memperluas penelitian longsor dengan cara pemetaan, real-time monitoring. *Landslide EWS* adalah sistem pemantauan yang dirancang khusus untuk mendeteksi kejadian yang mendahului tanah longsor pada waktunya untuk mengeluarkan peringatan bahaya segera dan memulai langkah-langkah mitigasi. Perangkat terdiri dari berbagai sensor tunggal beberapa infrastruktur pasokan listrik, transfer data, dan pengumpulan dan pengolahan data unit untuk mengamati berbagai peringatan dini parameter dalam kuasi-real time *EWS* memungkinkan penerapan strategi untuk mitigasi risiko longsor tidak melibatkan pembangunan upaya perlindungan mahal dan merusak lingkungan. Mekanisme instalasi pemasangan alat *EWS* .yaitu sebagai berikut :

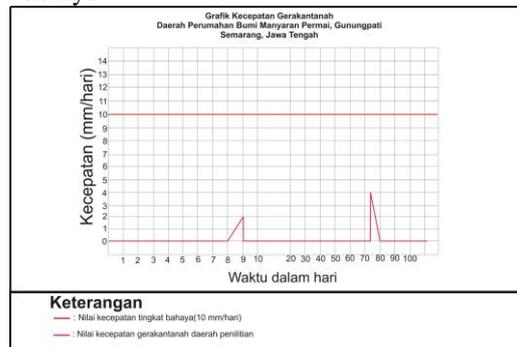


Gambar 6.2 Alur Instalasi Pemasangan Alat *EWS*

## VII. MONITORING GERAKANTANAH

Dari kondisi tipe gerakantana berupa rayapan, pemasangan *EWS* kurang efektif karena dilihat dari tujuannya sebagai alat atau sirene alarm penanda bahaya, rayapan (*creep*) merupakan longsor yang bergerak lambat, namun dampak negatif dari rayapan ini mengakibatkan kemiringan pada tiang listrik, pohon dan rusak bangunan rumah yang tidak stabil. Jadi mitigasi yang lebih sesuai

dengan gerakantana berupa rayapan yaitu penanggulangan langsung terhadap kondisi geologi pada lokasi tersebut. Tipe gerakantana berupa rayapan terdapat pada litologi yang lemah, sehingga ketika terdapat pembebanan yang berlebihan, terjadi pergerakan berupa rayapan dimana beban yang ada diatas menekan bidang lurus pada litologi yang ada dibawah nya dan akan bergerak sesuai dengan beban penahan. Alat *EWS* ini akan lebih berfungsi jika dipasang sesuai dengan kondisi geologi yaitu gerakantana yang bergerak cepat seperti *slump*, *rotational sliding*. dilihat dari tipe gerakantana yang berupa rayapan akan mengalami pergerakan lambat. Pemasangan *EWS* akan memantau gerakantana pada lokasi ini menghasilkan pergerakan lambat (Gambar 6.3), hal ini dilihat pada grafik (Gambar 6.3) nilai kecepatan bergerak lambat dan masih berada di kondisi yang relative aman karena tidak memotong garis tingkat bahaya



Gambar 6.3 Grafik Gerakantana dengan Menggunakan alat *EWS*

Dari grafik kecepatan yang terdapat pada (Gambar 6.3) pergerakan terjadi hanya dua kali yaitu 2mm/ hari pada bulan September dan 4mm/ hari pada bulan November. Dari data tersebut dapat kita klasifikasi ke dalam gerakantana dengan pergerakan lambat dan terhitung cukup aman terhindar dari kerugian korban jiwa namun kerugian secara fisik (bangunan rumah) tidak dapat diatasi dengan mitigasi secara monitoring, namun secara penanggulangan langsung pada lokasi penelitian, dengan cara memperkuat lereng yang dengan tipe gerakantana tersebut. Pada lokasi penelitian alarm / sirene gerakantana pada perangkat *EWS* di atur berdasarkan nilai jarak sebesar 3 mm, 6 mm, 9 mm, keefektifan pada fungsi sirene sebagai penanda gerakantana kurang efektif. Hal ini

dilihat dari tujuan pemasangan alat yang bertujuan untuk meminimalisir ada nya kerugian baik secara nilai ekonomi dan korban jiwa, jika sirine di dasarkan berdasarkan nilai jarak dengan kelipatan 3 tidak efektif, karena nilai jarak merupakan sebuah nilai / angka media (tanah) bergerak. Ketika terjadi pergerakan 3 mm dalam sehari dan bergerak 3mm dalam setahun akan terhitung sama jika perngaturan alarm berdasarkan nilai jarak. Pembunyian alarm/ sirine yang berfungsi sebagai tanda berbahaya dan bertujuan untuk melakukan evakuasi, akan lebih efektif jika diatur berdasarkan nilai *velocity*, nilai kecepatan. Hal ini didasarkan dengan nilai kecepatan tanah bergerak merupakan nilai jarak secara *real time* dan bunyi alarm di atur berdasarkan tingkat bahaya yang didasarkan nilai kecepatan

Kecepatan	Tingkat Peringatan	Kegiatan dan Peringatan	Respon
0,1-0,5 mm/hari 0,5-3 mm/hari	Siaga normal Siaga	Pergerakan minimum Fluktuasi musiman	Kontrol dari staf meningkatkan frekuensi data tujuan membandingkan sensor yang berbeda, menghubungi ahli geologi/geoteknik
2-5 mm/hari	Siaga tinggi	Peningkatan nilai kecepatan	Survey lapangan, menginformasikan kepada pihak kenamaan
5-10 mm/hari	Bahaya tinggi	Percepatan nilai kecepatan	Analisis data, penataan untuk persiapan evakuasi
>10mm/hari	Situasi kritis	nilai percepatan perpendaban terus-menerus > kelebihan ambang batas untuk tingkat 4	Evakuasi

Gambar 6.4 Klasifikasi tingkat peringatan (Sumber : Pusat Kesiapan Darurat di Stranda, Norwegia, 2012)

Dilihat dari korelasi antara grafik gerakantanah dengan klasifikasi tingkat peringatan diperoleh tingkat peringatan siaga dilihat dari nilai kecepatan pada lokasi penelitian sebesar 0-4 mm/hari. Dari data klasifikasi tingkat peringatan, kita dapat mensetting pada program yang ada di *software EWS* sesuai dengan parameter tersebut, sehingga ketika terjadi gerakan akan langsung di kirim kan oleh data *EWS* pusat, sebagai alarm, dan ketika terjadi memelibihi dari nilai parameter, *software* otomatis akan langsung mensetting bunyi sirene keras pada lokasi *EWS* dipasang. Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Mitigasi bencana merupakan suatu aktivitas yang berperan sebagai tindakan pengurangan dampak bencana, atau usaha-usaha yang dilakukan untuk megurangi korban ketika

bencana terjadi, baik korban jiwa maupun harta. Dalam melakukan tindakan mitigasi bencana, langkah awal yang kita harus lakukan ialah melakukan kajian resiko bencana terhadap lokasi tersebut. Dalam menghitung resiko bencana sebuah lokasi kita harus mengetahui bahaya (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas (*capacity*) suatu wilayah yang berdasarkan pada karakteristik kondisi fisik dan wilayahnya.

Tujuan dari strategi mitigasi adalah untuk mengurangi kerugian-kerugian pada saat terjadinya bahaya pada masa mendatang. Tujuan utama adalah untuk mengurangi resiko kematian dan cedera terhadap penduduk. Tujuan-tujuan sekunder mencakup pengurangan kerusakan dan kerugian-kerugian ekonomi yang ditimbulkan terhadap infrastruktur sektor publik dan kerugian-kerugian sektor swasta sejauh hal-hal itu mungkin mempengaruhi hajat hidup masyarakat secara keseluruhan. Penanggulangan dan pencegahan bahaya longsor tanah dapat dilakukan dengan berbagai cara dan metode, baik yang berkaitan dengan tipe longsor dan faktor penyebabnya. Terdapat beberapa tipe longsor tanah yang dapat di tanggulangi melalui rekayasa keteknikan, seperti membuat terasering di kawasan yang berelerng terjal agar lereng menjadi stabil, atau struktur pondasi bangunan yang dapat menahan beban pada longsor.

Penanggulangan bencana gerakantanah berfungsi untuk meminimalisir dampak kerugian baik secara fisik maupun non fisik pada lokasi sekitar. Kajian penanggulan untuk bencana gerakan didasarkan oleh studi kondisi geologi dan sosial masyarakat di sekitar. Dari studi geologi kita dapat memperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi gerakantanah sehingga kita dapat memberikan rekomendasi teknis yang tepat untuk penanggulangan bencana gerakantanah ini.

## VIII. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Pada lokasi penelitian memiliki geomorfologi berupa satuan berbukit bergelombang terdenudasi, satuan bergelombang curam terdenudasi dan satuan bentuklahan dataran fluvial.
2. Tipe gerakan yang terjadi pada lokasi perumahan Bukit Manyaran Permai adalah rayapan, longsor rotasi, dan berdasarkan

gerak lambat termasuk pada tipe gerak sangat lambat.

3. Faktor yang mempengaruhi gerakan tanah adalah litologi yang termasuk dalam formasi kerek berupa batulempung yang mengalami pelapukan sehingga mudah mengembang (*expansive clay*), curah hujan yang dapat memicu terjadi pergerakan tanah dan pola penggunaan lahan juga sangat berperan dalam hal terjadinya gerak tanah pada suatu lokasi.
4. Prinsip kerja alat EWS menggunakan sistem sensor berupa sensor ekstensiometer dan curah hujan yang dapat memonitoring data yang langsung dikirim ke komputer pusat.
5. Dari nilai grafik kecepatan EWS termasuk pada gerak lambat dengan tiap monitoring pergerakan 0-4mm/ hari, dan termasuk pada tingkat aman.
6. Lambatnya nilai kecepatan karena dipengaruhi oleh tipe gerak tanah yaitu berupa rayapan (*creep*).
7. Pada lokasi pemasangan alat *early warning system* termasuk pada tipe gerak tanah yang berupa rayapan yang bergerak dengan kecepatan lambat, termasuk pada golongan mitigasi aman, namun merusak kondisi bangunan rumah, sehingga perlu adanya penanggulangan.

#### Saran

Pada lokasi penelitian merupakan lokasi kerentanan gerakan tanah tingkat menengah, mitigasi yang di rekomendasikan yang sesuai dengan kondisi pada Perumahan Bukit Manyaran Permai. Bencana gerakan tanah dapat ditanggulangi dengan cara :

1. Pembuatan dinding penahan dan bronjong pada sungai kreo yang berada pada bagian utara lokasi penelitian, untuk melindungi bangunan dari runtuhnya dan mencegah erosi yang dipasang pada tebing-tebing, tepi-tepi sungai.
2. Pengendalian saluran *drainase* untuk mencegah genangan dengan mengalirkan air aliran permukaan dengan membuat saluran air permukaan (gorong-gorong) yang dibuat secara horizontal dengan memotong lereng, yang kemudian aliran tersebut di arahkan ke sebuah bak penampungan air yang telah dibuat dan kemudian di salurkan ke Kali Kreo.
3. *Grouting* pada lokasi perumahan Bukit Manyaran Permai dengan perbandingan

campuran semen dan air yaitu menggunakan perbandingan 1:1.

#### IX. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006. *Panduan Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia*. [http://atlasnasional.bakosurtanal.go.id/rawan\\_bencana\\_gerak\\_tanah\\_zona\\_indonesia](http://atlasnasional.bakosurtanal.go.id/rawan_bencana_gerak_tanah_zona_indonesia).
- Anonim, 2007. *Rawan Bencana Gerakan Tanah Zona Indonesia*. [http://atlasnasional.bakosurtanal.go.id/gerak\\_tanah\\_zona\\_indonesia](http://atlasnasional.bakosurtanal.go.id/gerak_tanah_zona_indonesia).
- Anonim, 2007b. *Program Konservasi Lahan dan Pengentasan Kemiskinan Semarang Atas (PKLPKSA) – Japan Social Development Found (JSDF)*. <http://p3b.bappenas.go.id/semarang>.
- Anonim, 2008. *Jawa Barat Paling Rawan Bencana Longsor*. 16 April 2008 [http://www.indonesia.go.id/en/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6330&Itemid=825](http://www.indonesia.go.id/en/index.php?option=com_content&task=view&id=6330&Itemid=825).
- Anonim 2008b. *Diagram Showing Translational Slide and a Rotational Slide*. [http://atlas.nrcan.gc.ca/site/english/transparent\\_spacer.gif](http://atlas.nrcan.gc.ca/site/english/transparent_spacer.gif)
- Ardiaristi, B., 2009. *SKRIPSI: Kajian Penanggulangan Gerak Tanah Berdasarkan Penyelidikan Geoteknik Pada Daerah Perumahan Bukit Manyaran Permai, Kelurahan Sadeng, Kecamatan Gunungpati, Semarang*. Program Studi Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang. Tidak diterbitkan
- Arief, Saifuddin. 2007, *Longsor : Penyebab, tanda-tandanya dan bagaimana tindakan kita?*.
- Bemmelen, RWV. 1949. *The Geology of Indonesia : Vol. IA*. The Hague. Netherlands.
- Bidang Geologi dan Sumberdaya Mineral Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Timur : *Zona Kerentanan Gerak Tanah*
- Bidang Geologi Mineral dan Batubara Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral Provinsi Jawa Tengah : *Mitigasi Siaga Darurat Dengan Alat EWS dan Talud*, 2012
- Blikra, L. H., O. Longva, C. Harbitz and F. Løvholt, 2005. *Quantification of rock-avalanche and tsunami hazard in Storfjorden, western Norway*. London.

- Blikra, L. H. 2008, *The Aknes rockslide: monitoring, threshold values and early-warning*. London
- Blikra, L. H. and L. Kristensen, 2011, *Monitoring concepts and requirements for large landslides in Norway*, Rome.
- BPN-Semarang.Net. 2007. *Gambaran Umum Kota Semarang*. <http://www.bpn-semarang.net/index.php>: Badan Pertahanan Nasional Kantor Pertanahan Kota Semarang.
- Bronto, Sutikno, 2001. *Volkanologi: Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*.
- R. Dikau & H. Saurer (eds.), 1999. *GIS for Earth Surface Systems*. Gebruder Borntraeger. D-14129 Berlin . D-70176 Stuttgart
- Budiyanto, K.Y. 2000, *Pelaksanaan Grouting Bendungan Sangiran, Ngawi, Jawa Timur*, Tim Pelaksana Boring dan Grouting Bendungan Sangiran, Jawa Timur.
- Dwiyanto JS. 2005. *Kestabilan Lereng*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata, 2005. *Pelatihan Grouting*. Semarang: Pemerintah Propinsi Jawa Tengah, Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air
- ....., 2010. *Penanggulangan Tanah Longsor*. Dewan Riset Daerah Jawa Tengah. Semarang
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2006. *Penanggulangan Tanah Longsor dan Erosi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ignatius, Sulastoro Romanus. 1990, *ETD: Gerakan tanah dan akibatnya terhadap lingkungan di Kecamatan Kaligesing Kabupaten Purworejo Jawa Tengah*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Karnawati, D, 1997, *Prediction of Rain-Induced Landsliding by Using Slope Hydrodynamic Numerical Model*, *Forum Teknik*, Vol 20 / No.1, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- ....., 2000. *The Importance of Low Intensity Rainfall on Landslide Occurrence*, *Forum Teknik*, Vol 24 / No.1, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Noor, Djauhari. 2011, *Geologi untuk Perencanaan*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Nugroho, Hadi. 2002, *Thesis : Pengaruh Gerakantahan Terhadap Lahan Permukiman Studi Kasus : Lahan Permukiman Jatisari Kelurahan Pongangan Kecamatan Gunungpati Kota Semarang*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- PoedjoPrajitno, S. 2008, *Reaktivitas Sesar Kaligarang Semarang*. Pusat Survei Geologi. Bandung
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Alam Geologi, Badan Geologi Departemen ESDM : *Gerakan Tanah*
- R. Dikau & H. Saurer (eds.), 1999. *GIS for Earth Surface Systems*. Gebruder Borntraeger. D-14129 Berlin . D-70176 Stuttgart
- Rachwibowo, P. 1988, *Thesis : Penerapan Foto Udara Untuk Pengkajian Gerakan Tanah Di Daerah Semarang Selatan Jawa Tengah*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rovicky, 2008. *Mengenal Tanah Longsor*. <http://rovicky.wordpress.com>.
- Summerfield, M.A., 1991, *Global Geomorphology, An Introduction to The Study of Landforms*, Singapore: Longman Singapore Pub.
- Thanden R.E, 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa. Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tri, C. H, *Menghitung Dinding Penahan Tanahpasangan Batu Kali*. Geoteknikplus
- Van Zuidam, R. A. 1983, *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. International Institute for Aerial Survey and Earth Science (I.T.C). Enschede
- Varnes, D.J., 1958, *Slope Movement Types and Processes, Special Report*, Washington, D.C.
- ....., 1978. *Slope Movement Type and Processes in Landslide Analysis and Control*. Transportation Research Board, National Academy of Science, Wasington: pp. 11-13.