

KAJIAN LAND SUBSIDENCE UNTUK PERKUATAN TANAH (STUDI KASUS SAWAHLUNTO)

Oleh :

Dwina Archenita¹⁾, Silvianengsih²⁾, Desmon Hamid³⁾, Monika Natalia⁴⁾, Merly Misriani⁵⁾

1), 2), 3), 4), 5) Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang
email: dwina_a@hotmail.com, silvianengsih@rocketmail.com, desmon_hamid@yahoo.co.uk,
monikanatalia75@gmail.com, merlymisriani@yahoo.com

ABSTRACT

Sawahlunto have area of 27 345 hectares or 273.45 km², which has a distance of 95 km from Padang. Sawahlunto include by hills, ramps and elevation 250-650 m above sea level. Now, Sawahlunto has problems, which has been land subsidence. Subsidence happens quite significant and can be fatal if there is construction on it, such as roads, houses and other. Land subsidence become a major issue for society. This research aims to determine the classification of land and calculating subsidence and finding solutions for soil reinforcement in Sawahlunto. This research was carried out by bore hole on a 4 point and laboratory test. At bore hole 1, Land subsidence depth of 5.6 cm, bore hole 2 depth of 14.48 cm, bore hole 3 depth of 27.1 and bore hole 4 depth of 15.6 cm. Soil reinforcement with vertical drainage on research 2. The results will be use for Sawahlunto government.

Keywords: land subsidence, bore hole

I. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam perkembangan Kota Sawahlunto yang semakin pesat, muncul masalah baru beberapa tahun belakangan ini, yaitu terjadinya penurunan tanah di sekeliling daerah pusat kota lama. Penurunan yang terjadi sudah cukup signifikan dan dapat berakibat fatal jika terdapat konstruksi di atasnya, seperti jalan, rumah penduduk dan lain-lain. Cukup banyak titik-titik penurunan tanah yang terjadi di daerah ini, hal ini sudah menjadi *issue* utama bagi masyarakatnya.

Karena hal demikian maka diperlukan penelitian bertujuan untuk mencari/mengkaji besarnya penurunan yang terjadi saat ini

serta mencari solusi metode penanggulangannya (upaya perkuatan tanah). Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian lapangan sebanyak 4 titik lokasi kritis. Nantinya, hasil dari pengujian ini akan dijadikan pedoman dan bahan pertimbangan dalam upaya mencari solusi/metode penanggulangannya dalam artian akan sangat bermanfaat bagi warga kota Sawahlunto dan sekitarnya.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Dan dari tinjauan langsung ke lapangan, penurunan tanah yang terjadi disini sudah cukup signifikan. Hal ini sudah mulai berakibat ketidaknyaman warga kota.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai :

- a. Jenis tanah dan klasifikasi tanah di kota Sawahlunto.
- b. Besarnya penurunan tanah yang terjadi.
- c. Mencarikan solusi untuk mengatasi terjadinya penurunan ini (upaya perkuatan tanah).

1.4. MANFAAT PENELITIAN

- a. Untuk mengetahui jenis tanah dan klasifikasi tanah pada lokasi terjadinya penurunan.
- b. Untuk mengetahui besarnya penurunan tanah yang terjadi pada setiap lapisan tanah.
- c. Sebagai pedoman bagi masyarakat dan pemerintahan daerah dalam upaya menanggulangi *Land Subsidence* dan perkuatan tanah.

1.5. URGENSI PENELITIAN

Penurunan tanah sudah terjadi cukup banyak di sejumlah titik di kota Sawahlunto, malahan ada yang menyebabkan amblesnya jalan dan rumah penduduk. Untuk itu, penelitian sangat diperlukan bagi penduduk kota Sawahlunto dan sekitarnya, karena kota Sawahlunto termasuk dalam kategori kota yang perkembangannya sangat pesat (setelah mati suri puluhan tahun lalu) dan juga pendapatan per kapita penduduknya termasuk tinggi di Indonesia. Nantinya, kajian dari penelitian ini akan dikembangkan dalam upaya untuk mengatasi terjadinya penurunan tanah (upaya perkuatan tanah) dan meminimalisir kemungkinan dampak resiko yang akan terjadi. Dan output akhir

yang diharapkan pemerintahan daerah kota Sawahlunto dapat sebagai pedoman dalam perencanaan tata ruang wilayah kota.

II. KAJIAN LITERATUR

2.1. PENURUNAN TANAH

Penurunan muka tanah (*land subsidence*) merupakan suatu proses gerakan penurunan muka tanah yang didasarkan atas suatu datum tertentu (kerangka referensi geodesi) dimana terdapat berbagai macam variabel penyebabnya (Marfai, 2006). Penurunan muka tanah ini di akibatkan oleh banyak hal seperti pembebanan di atas permukaan, hilangnya air tanah akibat eksploitasi berlebihan, gempa yang mengakibatkan rusaknya struktur tanah, ketidakstabilan bidang tanah akibat proses tertentu, dan sebagainya. Penurunan muka tanah ini secara tidak langsung pemaksaan memadatkan struktur tanah yang belum padat menjadi padat. Umumnya terjadi pada daerah yang tadinya berupa rawa, delta, endapan banjir dan sebagainya yang di alihkan fungsi tataguna lahannya tanpa melakukan rekayasa tanah terlebih dahulu.

(<http://syawal88.wordpress.com/2013/04/14/subsidence-turunnya-muka-tanah/>).

Memang penurunan terkadang tidak ekstrem setiap tahunnya di beberapa wilayah tetapi bukan tak mungkin bila di biarkan terus menerus akan berdampak munculnya kerugian tidak hanya material tetapi juga korban jiwa.

2.2. PENYEBAB TERJADINYA LAND SUBSIDENCE

Menurut Whittaker and Reddish, 1989 dalam Metasari 2010, secara umum faktor penyebabnya antara lain ;

1. Penurunan tanah alami (*natural subsidence*) yang disebabkan oleh :

a. Siklus Geologi

Proses – proses yang terlihat dalam siklus geologi adalah : pelapukan (*denuation*), pengendapan (*deposition*), dan pergerakan kerak bumi (*crustal movement*). Adapun keterkaitannya yaitu pelapukan bisa disebabkan oleh air seperti pelapukan batuan karena erosi baik secara mekanis maupun kimia, oleh perubahan *temperature* yang mengakibatkan terurainya permukaan batuan, oleh angin terutama di daerah yang kering dan gersang.

b. Sedimentasi Daerah Cekungan

Biasanya daerah Cekungan terdapat di daerah – daerah tektonik lempeng terutama di dekat perbatasan lempeng. Sedimen yang terkumpul di Cekungan semakin lama semakin banyak dan menimbulkan beban yang bekerja semakin meningkat, kemudian proses kompaksi sedimen tersebut menyebabkan terjadinya penurunan pada permukaan tanah. Sebagian besar penurunan muka tanah akibat faktor ini adalah :

- Adanya gaya berat dari beban yang ditimbulkan oleh endapan dan juga ditambah dengan air menyebabkan kelenturan pada lapisan kerak bumi.

- Aktivitas internal yang menyebabkan naiknya temperature kerak bumi dan kemudian mengembang menyebabkan kenaikan pada permukaan pada permukaan tanah. Setelah itu proses erosi dan pendinginan kembali menyebabkan penurunan muka tanah.
- Karakteristik deformasi dari lapisan tanah yang berkaitan dengan tekanan – tekanan yang ada

2. Penurunan tanah akibat pengambilan air tanah (*groundwater extraction*)

Pengambilan airtanah secara besar – besaran yang melebihi kemampuan pengambilannya akan mengakibatkan berkurangnya jumlah air tanah pada suatu lapisan akuifer. Hilangnya air tanah ini menyebabkan terjadinya kekosongan pori – pori tanah sehingga tekanan hidrostatik di bawah permukaan tanah berkurang sebesar hilangnya airtanah tersebut. Selanjutnya akan terjadi pemampatan lapisan akuifer.

3. Penurunan akibat beban bangunan (*settlement*)

Penambahan bangunan di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab lainnya yang sangat terkait dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Proses pemampatan ini pada akhirnya menyebabkan terjadinya

penurunan permukaan tanah. Secara umum penurunan tanah akibat pembebanan dapat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu :

- a. Penurunan konsolidasi yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori – pori air tanah.
- b. Penurunan segera yang merupakan akibat dari deformasi elastik tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

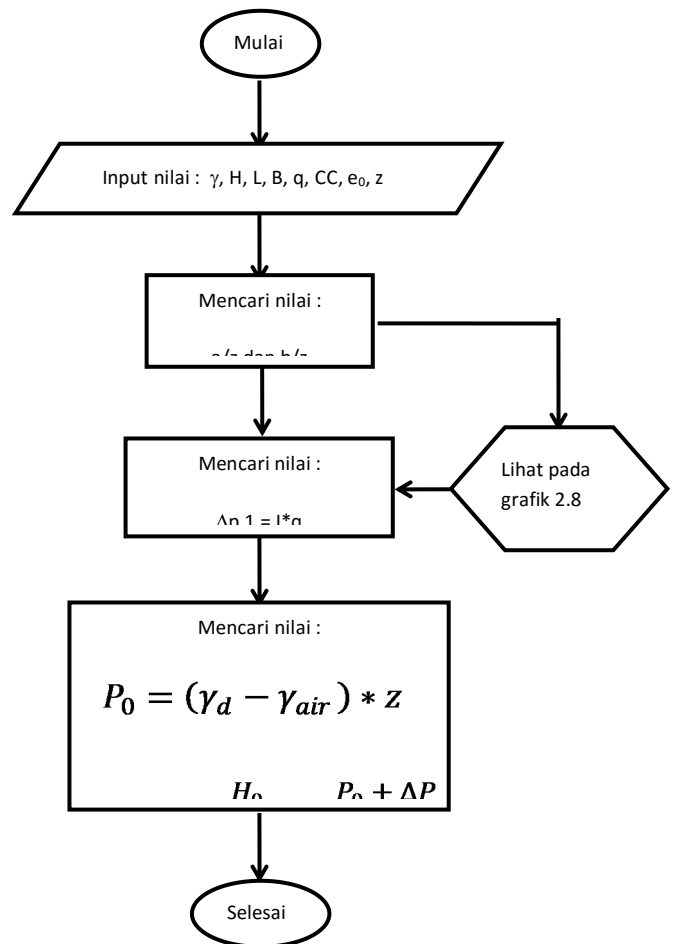
2.3. PENANGGULANGAN LAND SUBSIDENCE

Untuk melakukan penanggulangan turunnya muka tanah biasanya dilakukan beberapa tahap penelitian terhadap struktur tanah seperti daya dukung tanah, tebal dan komposisi struktur bawah permukaan, kondisi geologi, dan berbagai hal yang terkait. Cara penanggulangan pun bermacam macam berdasarkan hasil kajian dari faktor yang mempengaruhi *subsidence* tersebut salah satu penanggulangannya adalah memperkuat daya dukung tanah dengan cara melakukan rekayasa geoteknik seperti suntik semen, melakukan pembangunan pondasi pada struktur tanah yang tepat, melakukan pergantian tanah lunak dengan tanah yang relatif lebih kompak, membuat drainase vertical, memanfaatkan penggunaan air tanah seperlunya tanpa melakukan eksploitasi berlebihan.

2.4. METODA PENYELIDIKAN TANAH

1. Pengujian Lapangan, peralatan yang digunakan yaitu alat uji Bor dalam (*Boring*) dan SPT (*Standar Penetration Test*).
2. Pengujian Laboratorium, meliputi :

- a. Pengujian Indeks Tanah (γ , ω , e , GS dll.) :
 - b. Kuat Geser Tanah (c , ϕ)
 - c. Kompresibilitas (C_c , C_v), dilakukan dengan tes Konsolidasi
3. Hitung penurunan konsolidasi.



Gambar 2.1. Diagram Alir Perhitungan Penurunan Konsolidasi

$$S_c = C_c \frac{H_0}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

Dimana :

- Sc = Penurunan Konsolidasi
- Cc = Koefisien Konsolidasi
- H₀ = Tebal masing-masing lapisan tanah lempung
- e₀ = Angka Pori
- P₀ = Tekanan Vertikal Overburden
- P₀ = γ . h
- γ = berat isi
- h = tebal lapisan tanah

ΔP = Tambahan Tegangan akibat Beban

$$\Delta P = q \cdot I$$

$$q = P/A$$

I didapat dari Grafik 6.2 Buku Mekanika Tanah 2

2.5. KAJIAN TERDAHULU

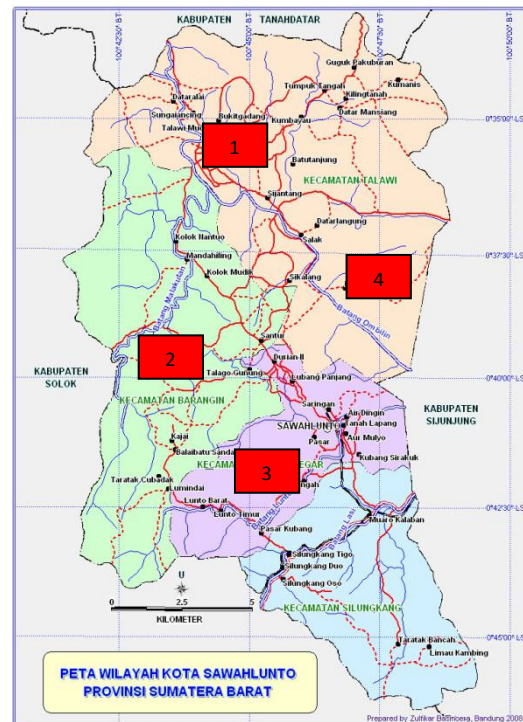
Pada tahun 2003, Rukman, M dkk sudah pernah melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui adanya daerah amblesan di wilayah penambangan batubara Sawahluhung, Ombilin, Sumatra Barat yang saat ini sebagian areal permukaannya mulai ditempati pemukiman penduduk. Hasil pengukuran terhadap 13 titik pantau di permukaan tanah pada GOAF area (Panel SL IIIa, SL Ib, dan SL IV) menunjukkan tidak terjadi penurunan *subsidence* sedangkan secara teoritis dengan menggunakan software UDEC diketahui adanya penurunan pada penampang A-A, B-B, dan C-C sebesar 0,407 - 1,340 mm. Perbedaan hasil analisis disebabkan pengukuran dilakukan setelah area GOAF stabil kembali sehingga

kemungkinan adanya *surface subsidence* didasarkan pada hasil analisis secara teoritis.

Dari angka tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh *subsidence* pada permukaan sangat kecil sehingga tidak membahayakan pemukiman penduduk di daerah Sawahlunto (<http://www.tekmira.esdm.go.id/HasilLitbang/?p=444>).

III. METODE PENELITIAN

3.1. LOKASI PENYELIDIKAN TANAH



Lokasi pengambilan Data primer (■)

- Lokasi 1, Di daerah Talawi Hilir, Kecamatan Talawi
- Lokasi 2, Di daerah Taratak Cubadak, Kecamatan Barangin
- Lokasi 3, Di daerah Pasar Kubang, Kecamatan Lembah Segar

- Lokasi 4, Di daerah Rantih, Kecamatan Talawi

3.2. DATA LABORATORIUM

- a. Pengujian Indeks Tanah (γ , ω , e , GS dll.) :
- b. Kuat Geser Tanah (c , ϕ)
Unconfined Compression Test
- c. Kompresibilitas (C_c , C_v), dilakukan dengan tes Konsolidasi

3.3. ANALISIS DATA

Dari data lapangan dan data laboratorium didapatkan :

1. Jenis dan klasifikasi tanah di Kota Sawahlunto
2. Penurunan konsolidasi (S_c)

- ❖ Nilai e_o pada lapisan 1 = 0,6
Nilai e_o pada lapisan 2 = 0,6
Nilai e_o pada lapisan 3 = 0,6

- ❖ P_o lapisan 1 = 42,5
 P_o lapisan 2 = 50,6
 P_o lapisan 3 = 186

- ❖ ΔP
 $\Delta P(1) = 5,8 \text{ kN/m}^2$
 $\Delta P(2) = 5,9 \text{ kN/m}^2$
 $\Delta P(3) = 2,1 \text{ kN/m}^2$

- ❖ Lapisan 1, $S_c = 1,7 \text{ cm}$
Lapisan 2, $S_c = 1,3 \text{ cm}$
Lapisan 3, $S_c = 2,6 \text{ cm}$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

BORE HOLE 1

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	
1	(Top Soil), Aspal/Grevel	
3,5	Lempung Berpasir	N = 17 $\tau = 16$ qu = 2,1
5,8	Lempung Lanau Berpasir	N = 33 $\tau = 30$ qu = 4,12
10,45	Lempung Lanau	N = 58 $\tau = 30$ qu = 5,9

- ❖ Nilai N didapat dari bacaan SPT
- ❖ $C_c = 0,19$
- ❖ H_o lapisan 1 = 2,5 m
 H_o lapisan 2 = 2,3 m
 H_o lapisan 3 = 4,65 m

BORE HOLE 2

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	
3,5	(Top Soil), Aspal/Grevel	
5	Lempung Berpasir	N = 12 $\tau = 17$ qu = 1,99
8	Lempung Lanau	N = 35 $\tau = 32$ qu = 4,3
12,45	Lempung Sedikit Lanau	N = 59 $\tau = 40$ qu = 6,6

- ❖ Nilai N didapat dari bacaan SPT
- ❖ $C_c = 0,21$
- ❖ H_o lapisan 1 = 1,5 m
 H_o lapisan 2 = 3 m
 H_o lapisan 3 = 4,45 m
- ❖ Nilai e_o pada lapisan 1 = 0,6
Nilai e_o pada lapisan 2 = 0,6

Nilai e_o pada lapisan 3 = 0,6

- ❖ P_o lapisan 1 = 25,5
- P_o lapisan 2 = 96
- P_o lapisan 3 = 176

- ❖ ΔP
 - $\Delta P(1) = 11 \text{ kN/m}^2$
 - $\Delta P(2) = 4,8 \text{ kN/m}^2$
 - $\Delta P(1) = 2,2 \text{ kN/m}^2$

- ❖ Lapisan 1, $Sc = 3,06 \text{ cm}$
- Lapisan 2, $Sc = 8,3 \text{ cm}$
- Lapisan 3, $Sc = 3,12 \text{ cm}$

BORE HOLE 3

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	
2	(Top Soil), Aspal/Grevel	
5,5	Lempung Lanau	N = 18 $\gamma = 16$ qu = 2,5
8,5	Lempung Lanau	N = 19 $\gamma = 17$ qu = 2,7
11,5	Lempung Lanau Berpasir	N = 45 $\gamma = 30$ qu = 5,4
12,45	Lempung Lanau	N = 59 $\gamma = 50$ qu = 53

- ❖ Nilai N didapat dari bacaan SPT
- ❖ $Cc = 0,19$

- ❖ H_o lapisan 1 = 3,5 m
- H_o lapisan 2 = 3 m
- H_o lapisan 3 = 3 m
- H_o lapisan 4 = 0,95 m

- ❖ Nilai e_o pada lapisan 1 = 0,6
- Nilai e_o pada lapisan 2 = 0,6

Nilai e_o pada lapisan 3 = 0,6

Nilai e_o pada lapisan 4 = 0,6

- ❖ P_o lapisan 1 = 56
- P_o lapisan 2 = 51
- P_o lapisan 3 = 90
- P_o lapisan 4 = 47,5

- ❖ ΔP
 - $\Delta P(1) = 3,8 \text{ kN/m}^2$
 - $\Delta P(2) = 4,7 \text{ kN/m}^2$
 - $\Delta P(3) = 4,7 \text{ kN/m}^2$
 - $\Delta P(4) = 20 \text{ kN/m}^2$

- ❖ Lapisan 1, $Sc = 1,2 \text{ cm}$
- Lapisan 2, $Sc = 1,3 \text{ cm}$
- Lapisan 3, $Sc = 7,5 \text{ cm}$
- Lapisan 4, $Sc = 17,1 \text{ cm}$

BORE HOLE 4

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	
1	(Top Soil), Aspal/Grevel	
3,5	Lempung Kaku	N = 20 $\gamma = 17$ qu = 24
11	Lempung Lanau	N = 35 $\gamma = 26$ qu = 41
15	Lempung Berpasir	N = 28 $\gamma = 22$ qu = 34

- ❖ Nilai N didapat dari bacaan SPT
- ❖ $Cc = 0,159$

- ❖ H_o lapisan 1 = 2,5 m
- H_o lapisan 2 = 7,5 m
- H_o lapisan 3 = 4 m

- ❖ Nilai e_o pada lapisan 1 = 0,6
Nilai e_o pada lapisan 2 = 0,6
Nilai e_o pada lapisan 3 = 0,6
- ❖ P_o lapisan 1 (lempung kaku) = 42,5
 P_o lapisan 2 (lempung lanau) = 195
 P_o lapisan 3 (lempung berpasir) = 88

- ❖ ΔP
 - $\Delta P(1) = 6 \text{ kN/m}^2$
 - $\Delta P(2) = 10 \text{ kN/m}^2$
 - $\Delta P(3) = 22 \text{ kN/m}^2$

- ❖ Lapisan 1, $S_c = 2,3 \text{ cm}$
Lapisan 2, $S_c = 3,9 \text{ cm}$
Lapisan 3, $S_c = 9,4 \text{ cm}$

Pada lokasi 1, lapisan pertama terjadi penurunan sebesar 1,7 cm. Lapisan kedua, terjadi penurunan sebesar 1,3 cm. Lapisan ketiga terjadi penurunan sebesar 2,6 cm.

Pada lokasi 2, lapisan pertama terjadi penurunan sebesar 3,06 cm. Lapisan kedua terjadi penurunan sebesar 8,3 cm. Lapisan ketiga terjadi penurunan sebesar 3,12 cm.

Pada lokasi 3, lapisan pertama terjadi penurunan sebesar 1,2 cm. Lapisan kedua terjadi penurunan sebesar 1,3 cm. Lapisan ketiga terjadi penurunan sebesar 7,5 cm. Lapisan keempat terjadi penurunan sebesar 17,1 cm.

Pada lokasi 4, lapisan pertama terjadi penurunan sebesar 2,3 cm. Lapisan kedua terjadi penurunan sebesar 3,9 cm. Lapisan ketiga terjadi penurunan sebesar 9,4 cm.

Melihat kondisi penurunan yang terjadi pada 4 lokasi penyelidikan tanah, maka sangat diperlukan upaya perkuatan tanah untuk meminimalisir resiko yang akan terjadi. Salah satu upaya perkuatan tanah adalah

dengan Drainase Vertikal yang akan dilaksanakan pada penelitian lanjutan.

V. KESIMPULAN

Hasil penyelidikan klasifikasi tanah dan penurunan yang terjadi sebagai berikut ;

1. Pada lokasi 1, pada lapisan tanah lempung terjadi penurunan sebesar 5,6 cm.
2. Pada lokasi 2, pada lapisan tanah lempung terjadi penurunan sebesar 14,48 cm.
3. Pada lokasi 3, pada lapisan tanah lempung terjadi penurunan sebesar 27,1 cm.
4. Pada lokasi 4, pada lapisan tanah lempung terjadi penurunan sebesar 15,6 cm.

Berdasarkan hasil yang didapat, maka sangat diperlukan upaya perkuatan tanah akibat kland subsidence di 3 titik lokasi.

REFERENSI

1. ASTM, 2003, *Annual Book of ASTM Standards*, section 4, volume 04.08 Soil and Rock.
2. <http://umum.kompasiana.com/2009/03/17/sekilas-tentang-kota-sawahlunto/>
3. <http://syawal88.wordpress.com/2013/04/14/subsidence-turunnya-muka-tanah/>
4. <http://syawal88.wordpress.com/2009/03/20/subsidence-salah-siapa/>
5. <http://jendelakita.net/index.php/sumbar/sawahlunto/249-resapan-air-terganggu-picu-potensi-longsor-sawahlunto>
6. Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

7. Marsudi, 2001, *Prediksi Laju Amblesan Tanah di dataran Aluvial Semarang*, Propinsi Jawa Tengah. Disertasi Doktor, Institut Teknologi Bandung.
8. Sobarna,R, 2006, *Masalah Tanah Longsor Dan Penanggulangannya Pada Kawasan Tambang Batubara Airlaya Dan Sekitarnya, Pt. Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Nomor 37, Tahun14, Mei 2006 : 1–9.

