

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah kajian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah Tjandra & Wulandari (2017) dalam jurnalnya yang berjudul “Improving Marine Clays With Electrokinetics <ethod”. Hasil percobaan laboratorium dapat disimpulkan bahwa proses elektrokinetik mengurangi kadar air dan menurunkan nilai pH disekitar anoda. Selain itu, partiker tanah di sekitar anoda menjadi lebih padat.

Romi (2021), yang berjudul “Analisa Penurunan Preloading Di Tanah Lunak Kota Pontianak Dengan Menggunakan Metode Elektrokinetik” Hasil penelitian ini menunjukkan cara untuk mempercepat penurunan tanah adalah salah satunya dengan menggunakan metode kombinasi preloading dan elektrokinetik. Untuk hasil monitoring lapangan dapat hasil pengujian dengan metode prealoding kombinasi elektrokinetik dengan arus 5 A mengalami penurunan sebesar 9,149 cm selama 22 hari, dengan arus 20 A mengalami penurunan sebesar 9,149 cm selama 21 hari dan dengan arus 20 A dengan ditambah air garam mengalami penurunan sebesar 9,379 cm selama 19 hari.

Andriany Kusuma (2017), dalam penelitiannya Pengaruh Lama Pemberian Arus Terhadap Pengembangan Tahan Lempung Ekspansif Dengan Metode Elektrokinetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama pemberian arus pada tanah ternyata mampu menahan pengembangan tanah lebih besar. Semakin lama pemberian arus maka pengembangan semakin kecil. Metode elektrokinetik juga mampu mengurangi kadar air. Selain itu, perbaikan tanah dengan metode elektrokinetik dapat mengurangi jumlah pertikel halus terutama di sekitar katoda.

Berdasarkan penelitian yang sudah disebutkan diatas terlihat bahwa belum ada penelitian yang membahas terkait Pengaruh Injeksi Larutan Asam H_2SO_4 Pada Proses Elektrokinetik Tanah Gambut Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan.

II.2 Tinjauan Umum Tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

II.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aplikasi Elektrokinetik di Tanah

Malekzadeh et al. (2016) menyebutkan ada beberapa faktor-faktor yang perlu untuk dipelajari dan ditinjau guna merancang model percobaan yang efisien. Keberhasilan stabilitas elektrokinetik bergantung pada faktor-faktor yang akan dijelaskan di bawah ini. Berikut ini adalah beberapa faktor-faktornya :

a. Jenis tanah

Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi memiliki respon yang sangat baik terhadap konsolidasi elektroosmosis. Berikut adalah beberapa literatur yang dapat ditinjau berdasarkan penggunaan jenis tanah :

Tabel II.1 Tinjauan Literatur Berdasarkan Penggunaan Jenis-Jenis Tanah (Malekzadeh, Lovisa, & Sivakugan, 2016)

Jenis Tanah	Peneliti	Perbaikan
Tanah organik dan gambut, lempung	Kaniraj et al. (2011a, b), Jayasekera and Hall (2007), Ivliev (2008).	Pengeringan sukses, dekontaminasi fisiko kimia.
Tanah liat	Bjerrum et al. (1967), Fetzer (1967), Lefebvre and Burnotte (2002), Jayasekera and Hall (2007).	Meningkatnya kekuatan geser.

Kaolinit	Liaki et al. (2010), Chien et al. (2009), Hamir et al. (2001).
Lumpur dan pasir (tanah berkapur)	Mohamedelhassan and Shang (2001a, b), Shang and Dunlap (1996, 2004).
Tambang tailing dan lumpur yang dikeruk	Lockhart (1992), Miller et al. (1999), Reddy et al. (2006), Fourie and Jones (2010). Pengerinan sukses.
Tanah ekspansif	Adamson et al. (1967), Abdullah and Al-Abadi (2010). Peningkatan kekuatan geser, tidak ada pengurangan daya tarik.

b. Potensial zeta tanah

Ketika partikel tanah atau bahan koloid lainnya melakukan kontak dengan air maka lapisan ganda akan terbentuk. Zeta potensial adalah potensi yang muncul pada antarmuka tanah dan air. Penting sekali untuk menentukan potensial zeta untuk mengetahui antarmuka partikel tanah, stabilitas partikel, muatannya dan pengaruhnya terhadap aliran elektroosmotik.

Jika tanah memiliki potensial zeta negatif yang tinggi, air memiliki kecenderungan yang sangat besar untuk mengalir melewati massa tanah. Oleh karena itu, tanah dengan potensial negatif lebih diinginkan karena lebih banyak air yang dapat mengalir. Ketika kekuatan ionik tanah meningkat diperlukan kehati-hatian agar tidak membuat potensial zeta menjadi lebih positif. Pada tingkat pH tertentu partikel tanah dapat tidak memiliki muatan listrik tanpa adanya pergerakan partikel.

Potensial zeta sebanding dengan efisiensi pengeringan dan berbanding terbalik dengan tegangan yang diberikan Kaniraj et al. dalam Malekzadeh et al. (2016). Oleh karena itu, tanah dengan potensial zeta yang lebih tinggi menghasilkan pengeringan elektroosmotik yang lebih tinggi dan konsumsi daya yang lebih rendah.

c. Ph

Tanah dengan *buffer capacity* yang tinggi mampu menahan fluktuasi selama proses berlangsung, hal ini lebih disukai untuk stabilisasi elektrokinetik. Namun, nilai pH awal dapat mempengaruhi variasi nilai pH selama stabilisasi elektrokinetik. Oleh karena itu untuk memaksimalkan perlakuan yang efisien, sangat perlu untuk mempertahankan tingkat pH tanah hingga 7 atau di atasnya. Tanah dengan nilai pH >7 atau basa lebih baik karena dapat meningkatkan lingkungan, mengurangi laju korosi pada anoda dan meningkatkan presipitasi tanah, menghasilkan tanah yang efisiensi yang lebih baik dan kekuatan tanah yang tinggi. Ketika pH tanah terlalu ekstrim (terlalu tinggi atau terlalu rendah) komposisi tanah seperti besi, aluminium dan natrium akan tersebar atau bergerak. Tanah dengan nilai pH yang rendah <7 atau asam dapat menyebabkan korosi pada anoda karena terjadi penyebaran pada elektroda.

d. Suhu

Suhu mempengaruhi efisiensi dari stabilisasi elektrokinetik dengan mempengaruhi ketebalan lapisan ganda, konstanta dielektrik, tekanan pori dan konsolidasi tanah. Ketika suhu meningkat, ketebalan lapisan ganda meningkat dan mengakibatkan potensial permukaan untuk muatan permukaan yang sama dan konstanta dielektrik tanah berkurang. Ketika konstanta dielektrik berkurang, lebih banyak energi dibutuhkan untuk mempolarisasi partikel tanah. Suhu di sekitar elektroda meningkat karena aliran termal selama elektroosmosis. Ketika suhu meningkat menyebabkan hilangnya kontak listrik antara tanah dan elektroda Burnotte et al (2004a, 2004b). Sebaliknya, suhu yang lebih tinggi meningkatkan konduktivitas hidrolis dan tekanan pori yang menghasilkan peningkatan konsolidasi tanah dan pengurangan tekananan prakonsolidasi Mitchell (1993).

e. Kadar air

Tanah dengan kadar air rendah tidak konduktif untuk menghantarkan arus listrik, oleh karena itu tanah yang akan dielektrokinetik harus memiliki cukup air agar konduktif untuk memungkinkan aliran elektromigrasi. Kadar air awal sangat penting karena dapat mempengaruhi porositas tanah, rasio rongga dan resistivitas

listrik. Hal ini terbukti dari keberhasilan penerapan elektroosmosis pada tanah berlumpur dengan kadar air yang tinggi dengan pengurangan kadar air hingga 100%, yaitu kira-kira setengah dari kadar air awal, penelitian ini dilakukan oleh Kaniraj et al. (2011a, b) dan Fourie et al. (2007).

f. Tingkat salinitas tanah

Kandungan kadar garam di dalam tanah mempengaruhi potensial zeta dan permeabilitas elektroosmotik yang juga mempengaruhi aliran elektroosmotik. Tanah dengan potensial zeta yang lebih tinggi menunjukkan permeabilitas elektroosmotik yang lebih tinggi juga, hal ini ada kaitannya dengan pergerakan ion yang lebih bebas guna membantu aliran elektroosmotik. Jika salinitas tanah meningkat maka potensial zeta berkurang dan hal ini dapat mengurangi aliran elektroosmotik. Oleh karena itu, konsolidasi elektrokinetik tidak mungkin berhasil di tanah yang sangat salin. Pendugaan tingkat salinitas tanah dari daya hantar listrik biasanya dikorelasikan dengan klasifikasi teksturnya.

g. Konduktivitas listrik

Konduktivitas tanah adalah kemampuan tanah dalam menghantarkan arus listrik. Konduktivitas listrik tanah dapat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu, kadar air, porositas tanah, resistivitas fluida pori, komposisi tanah, salinitas tanah, ukuran dan bentuk partikel dan ukuran atau bentuk pori. Tanah yang memiliki konduktivitas listrik awal yang lebih rendah akan sulit untuk dilakukan metode elektrokinetik, untuk itu dapat dilakukan penambahan bahan kimia dan menggunakan larutan garam.

h. Jenis dan konfigurasi elektroda

Bahan elektroda memiliki peran paling penting dalam stabilisasi elektrokinetik. Dengan berbagai macam bahan elektroda yang tersedia, hasilnya juga bisa sangat berbeda tergantung dari bahannya. Elektroda yang digunakan harus berbiaya terjangkau, tahan panas saat arus dialirkan dan tahan korosi. Berikut ini adalah jenis-jenis elektroda yang telah digunakan dalam berbagai penelitian elektrokinetik, yaitu :

Tabel II.2 Tinjauan Literatur Berdasarkan Jenis Elektroda yang Paling Sering Digunakan (Malekzadeh, Lovisa, & Sivakugan, 2016)

Jenis Elektroda	Kelebihan	Kekurangan	Penulis	Tujuan Studi
Titanium	Tahan korosi, ringan, ekspansi termal dan penyusutan yang rendah.	Mahal.	Rozas and Castellote (2012), Kamarudin et al. (2010).	Electrokinetic decontamination. Elektrokinetic soil improvement.
Tembaga	Tingkat keausan yang lebih rendah, tahan terhadap arus DC.	- Membutuhkan waktu yang lama untuk mengahluuskannya daripada memproduksinya. Selain itu tingkat keausannya tinggi, mencemari tanah dan tidak ramah lingkungan. - Kehilangan tegangan di sekitar katoda dikarenakan produksi gas hidrogen yang tinggi. - Rugi daya tinggi pada katoda.	Yukawa et al. (1976), Jeyakanthan et al. (2011), Lee et al. (2002), Lockhart (1983), Lo et al. (1991a,b).	Electroosmotic dewatering electroosmotic stabilization. Electro-dewatering of sludge. Electro-dewatering of clay.
Silver	Super konduktor, murni dan	Dapat berpartisipasi dengan adsorpsi	Ballou (1955), Olsen (1972),	Electroosmotic flow study.

	integritas struktural.	dan presipitasi, mudah terikat dengan lempung dan garam. Mahal untuk digunakan.	Laursen and Jensen (1993).	Electroosmotic liquid flow. Electroosmotic of sludge.
Grafit, elektroda berbasis karbon	<ul style="list-style-type: none"> - Memiliki titik poin leleh yang sangat tinggi. - Jarang digunakan dibandingkan dengan tembaga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kekuatan mekaniknya rendah daripada elektroda bermaterial logam. Hasil akhirnya mungkin tidak sesuai dengan yang seharusnya. Kualitasnya sangat bervariasi. - Bahan mudah rapuh untuk diaplikasikan. - Kehilangan daya yang lebih tinggi pada antarmuka tanah – elektroda. - Kurang efisien. 	Reddy et al. (2006), Mohamedelhassan and Shang (2001a,b), Yuan and Weng (2003), Yang et al. (2010), Abdullah and Al-Abadi (2010), Kim et al. (2011).	Electroosmotic dewatering. Electroosmotic material effect on electroosmosis. Dewatering. Cationic electrokinetic (expensive soils). Heavy metal extraction.
Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> - Tahan terhadap arus DC yang tinggi. - Ringan dan mudah dibentuk. 	Bereaksi dengan ion hydrogen (memproduksi Aluminium-hidroksida) dan menyebabkan komposisi tanah berubah. Tidak	Adamson et al. (1967), Casagrande (1949).	Soil stabilization and strengthening.

	- Konduktor listrik yang baik.	ramah lingkungan dan sumber kontaminasi.		
Baja, baja ringan, baja tabung	Konduktor yang baik.	Tingkat korosi tinggi yang disebabkan oleh tanah salin.	Bjerrum et al. (1967), Shang and Lo (1997), Shang (1997), Lockhart and Stickland (1984), Lefebvre and Burnotte (2002), Micic et al. (2001), Burnotte et al. (2004a,b), Muraoka et al. (2011), Jayasekera and Hall (2007).	Electroosmotic consolidation. Dewatering. Electroosmotic consolidation. Electrokinetic strengthening. Pore pressure in high salt content slurries. Soil desalination.
Stainless steel	- Mudah dibersihkan. - Tahan gores. - Tahan lama (daya tahan korosi tinggi).	Sulit untuk dibuat, tidak mudah dibentuk seperti logam lainnya.	Chien et al. (2009), Liaki et al. (2010).	Consolidation of foundations. Physiochemical effects.
Kawat emas	- Tidak korosi. - Tidak terjadi pembentukan gas di sekitar elektroda.	Sangat mahal.	Loch et al. (2010).	Geochemical effects of electroosmosis in clays.
Kasa platina atau jarring kawat	Daya tahan korosi lebih tinggi daripada kawat	Mahal.	Casagrande (1948, 1952), Evans and Lewis (1970).	Electroosmosis in soils.

	baja, tembaga dan aluminium.			
--	------------------------------	--	--	--

II.2.2 Kelebihan dan Keterbatasan Stabilisasi Tanah Dengan Elektrokinetik

Beberapa kelebihan stabilisasi tanah dengan metode elektrokinetik menurut Malekzadeh et al. (2016), yaitu :

- a. Dapat diterapkan tanpa penggalian atau gangguan pada tanah yang biasanya diperlukan untuk stabilisasi kimia dengan metode pencampuran.
- b. Dapat diterapkan pada tanah yang telah ada bangunan di atasnya dan meningkatkan tanah di bawah pondasi.
- c. Dapat dilakukan pada setiap lokasi tertentu dan mampu memperbaiki berbagai jenis tanah terutama sangat efektif untuk peraikan tanah lempung karena adanya muatan permukaan negatif dan konduktivitas hidrolis rendah pada tanah lempung.
- d. Dapat menghilangkan kandungan garam (desalinasi) karena konduktivitas listrik tinggi sehingga garam dapat larut dalam air pori tanah. Oleh karena itu dapat menjadi metode alternatif untuk perbaikan lumpur dan tanah dengan salinitas tinggi yang biasanya tinggi kandungan garamnya.
- e. Untuk beberapa tujuan konsolidasi, perkuatan dan dekontaminasi metode ini juga dikenal sebagai metode ramah lingkungan.

Metode elektrokinetik juga memiliki beberapa keterbatasan selama proses stabilitas tanah, berikut adalah beberapa keterbatasan dengan metode elektrokinetik menurut Malekzadeh et al. (2016), yaitu :

- a. Terjadinya pengurangan kerapatan arus listrik selama proses berlangsung dan setelah stabilisasi elektrokinetik yang disebabkan oleh aktivasi, resistansi dan konsentrasi polarisasi.
- b. Timbulnya gelembung-gelembung O_2 dan H_2 di sekitar elektroda yang merupakan hasil reaksi oksidasi dan reduksi di dekat anoda dan katoda mengakibatkan hilangnya kontak elektroda-tanah yang mengurangi potensial arus listrik.

- c. Setelah beberapa waktu arus listrik yang diterapkan ke tanah tidak memiliki konduktivitas listrik yang sama karena peningkatan resistivitasnya terhadap tegangan yang sama.
- d. Pada titik ini, tegangan yang diberikan dapat ditingkatkan untuk mempertahankan arus listrik yang mengarah pada konsumsi daya yang lebih tinggi.

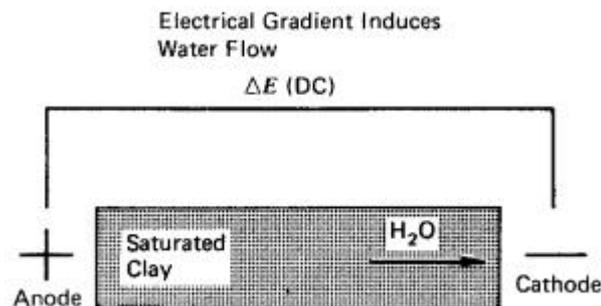
II.3 Teori Elektrokinetik

II.3.1 Pengertian Elektrokinetik

Elektrokinetik merupakan ilmu yang mempelajari mengenai pergerakan partikel yang bermuatan, adanya muatan dihasilkan karena proses ionisasi.

Mitchell dan Soga (2005) menyatakan fenomena elektrokinetik merupakan pengkoplingan antara aliran listrik dan aliran fluida yang diakibatkan oleh beda potensial yang terjadi saat kedua elektroda diberikan tegangan listrik. Proses elektrokinetik menghasilkan beberapa fenomena, fenomena tersebut dibagi menjadi 4 bagian. Berikut ini adalah 4 fenomena yang terjadi :

- i. Elektroosmosis

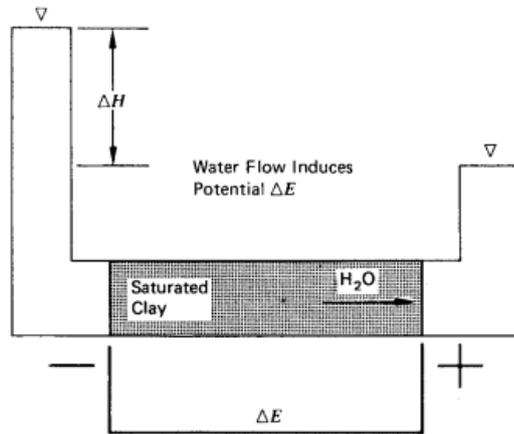


Gambar II. 1 *Elektroosmosis* (Mitchell & Soga, 2005)

Ketika arus listrik diaplikasikan pada tanah basah, kation bereaksi terhadap katoda dan anion bereaksi terhadap anoda. Ion bermigrasi membawa air dan menggerakkan gaya hambat kental pada air disekitarnya. Karena ada lebih banyak kation daripada anion di dalam partikel tanah lempung yang bermuatan negatif, ada air bersih mengalir menuju katoda. Aliran inilah yang disebut elektroosmosis.

j. Aliran Potensial

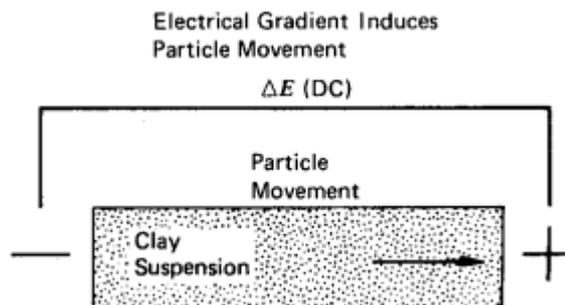
Ketika air mengalir melalui tanah di bawah gradien hidrolis, muatan lapisan ganda bergerak searah aliran. Hal ini menghasilkan perbedaan potensial listrik yang sebanding dengan laju aliran hidrolis diantara ujung-ujung massa tanah yang berlawanan, inilah yang disebut aliran potensial.



Gambar II. 2 Aliran Potensial (Mitchell & Soga, 2005)

k. Elektroforesis

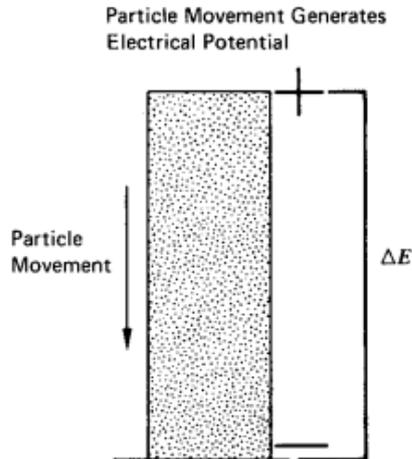
Ketika medan DC ditempatkan melintasi suspensi koloid, partikel bermuatan ditarik secara elektrostatis ke salah satu elektroda dan ditolak dari yang lainnya. Partikel tanah yang bermuatan negatif bergerak ke arah anoda seperti yang terlihat pada gambar II.3 di bawah, hal inilah yang disebut elektroforesis. Elektroforesis melibatkan transportasi partikel diskrit melalui air.



Gambar II. 3 Elektroforesis (Mitchell & Soga, 2005)

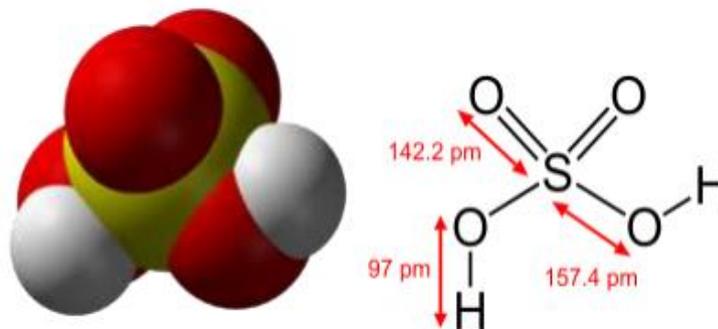
1. Elektromigrasi

Elektromigrasi adalah pergerakan partikel bermuatan seperti lempung relatif terhadap larutan menghasilkan perbedaan potensial. Sebagai contoh seperti selama gravitasi, seperti yang diperlihatkan pada gambar II.4 di bawah ini. Hal ini dikarenakan pengentalan pada air yang menghambat pergerakan kation pada lapisan difus terhadap partikel.



Gambar II. 4 *Elektromigrasi* (Mitchell & Soga, 2005)

II.4 Asam Sulfat (H_2SO_4)



Struktur Asam Sulfat | sulfuric acid structure

Gambar II. 5 *Struktur asam sulfat*

Asam sulfat, H_2SO_4 , merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat dan larut dalam air. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Asam sulfat dengan kandungan 98% lebih stabil untuk disimpan, dan merupakan bentuk asam sulfat yang umum digunakan. Asam sulfat

98% disebut sebagai asam sulfat pekat. Asam sulfat murni berupa cairan bening seperti minyak, H_2SO_4 adalah cairan yang sangat polar. Ia memiliki tetapan dielektrik sekitar 100. Konduktivitas listriknya juga tinggi. Dibandingkan dengan konstanta keseimbangan air, nilai konstanta kesetimbangan autopirolisis asam sulfat 10^{10} . (10 triliun) kali lebih kecil. Walaupun asam ini memiliki viskositas yang cukup tinggi, konduktivitas efektif ion H_3SO^+ dan HSO_4^- tinggi dikarenakan mekanisme ulang alik proton intra molekul, menjadikan asam sulfat sebagai konduktor yang baik dan merupakan pelarut yang baik untuk banyak reaksi.

Jika H_2SO_4 bereaksi dengan air terjadi reaksi hidrasi asam sulfat yang sifatnya eksotermik. Selalu tambahkan asam ke dalam air dan jangan terbalik menambahkan air ke dalam asam. Air memiliki massa jenis yang lebih rendah daripada asam sulfat dan cenderung mengapung di atasnya, sehingga apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat pekat, ia akan dapat mendidih dan bereaksi dengan keras.

II.5 Rumus Kadar Air Basah (*Wet Basis*)

Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase berat bahan basah, kadar air basis basah dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana :

w = kadar air (%)

W_1 = berat cawan kosong (gr)

W_2 = berat cawan + tanah (gr)

W_3 = berat cawan + tanah kering (gr)

$W_2 - W_3$ = berat air (gr)

$W_3 - W_1$ = berat tanah kering (gr)